

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Paperitekniiikan koulutusohjelma
Jussi Pesonen

Opinnäytetyö

OCC:n käytettävyys paperinvalmistuksessa

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 8/2009

Diplomi-insinööri Arto Nikkilä
UPM Kymmene Oyj Tervasaari

Tekijä	Jussi Pesonen
Työn nimi	OCC:n käytettävyys paperinvalmistuksessa
Sivumäärä	39 + 1 sivu liitteitä
Työn valmistumisaika	8/2009
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Arto Nikkilä
Työn teettävä	UPM-Kymmene Oyj Tervasaari, valvojana insinööri Mikko Laakso

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä tehtiin kirjallisuusselvitys OCC:n (old corrugated containers) käytettävydestä raaka-aineena paperinvalmistuksessa. Lisäksi selvitettiin haasteellisen raaka-aineen tuomia ongelmatilanteita paperinvalmistusprosessissa sekä pohdittiin niihin mahdollisia ratkaisuja. Kirjallisuuslähteiden lisäksi käytiin keskusteluja yhteistyökumppaneiden kanssa.

Työn tarkoituksena oli tehdä esiselvitys UPM Kymmene Oyj:n Tervasaaren tehtaan paperikone 7:lle OCC:n paperinvalmistusominaisuuksista. Tarkoituksena oli käydä läpi prosessi kiertokuidun hankinnasta lopputuotteeseen sekä tuoda esille kiertokuidun mukana tuomia haasteita, kuten tahmot ja massan säilyvyys.

Työ tehtiin Tervasaaren paperikone 7:lle, koska siellä luovutaan ostosellusta ruskeiden paperilaatujen valmistuksen osalta ja siirrytään kiertokuitumassan, tarkemmin OCC-massan käyttöön. OCC-massan haasteellisen luonteen vuoksi tahdottiin tehdä esiselvitys sen käytettävydestä paperinvalmistuksessa.

Suurimpina haasteina siirryttäessä paperikoneella neitsytkuidusta kiertokuidun käyttöön voidaan pitää kiertokuitumassan mukana tulevia paperinvalmistukseen kuulumattomia jakeita. Suurimpina haasteiden aiheuttajina voidaan pitää erilaisia liimoja, jotka aiheuttavat paperikoneella muun muassa tahmo-ongelmia.

Tahmojen hallinnasta tiedetään paljon, ja niiden eliminoimiseen voidaan käyttää erilaisia prosesseja, kuten oikein suunniteltua hienolajittelua sekä tiettyjä kemikaaleja. Ensisijaisesti tahmoja poistetaan tehokkaalla hienolajittelulla. Ne partikkelit, jotka hienolajittelun läpäisevät, pyritään tekemään mahdollisimman vaarattomiksi kemikaalein.

Tahmojen hallinnan kannalta prosessiolosuhteiden tarkastelu ja tarkkailu on ensisijaisen tärkeää. Suuret ”shokkivaikutukset”, kuten pH-, lämpötila- ja varausvaihtelu, saavat tahmot agglomeroitumaan ja luovat paperikoneelle erittäin haasteelliset, vaikeasti hallittavat prosessiolosuhteet.

Siirryttäessä paperikoneella neitsytkuitumassan käytöstä kiertokuitumassan käyttöön voidaan varmasti sanoa, että paperikoneen tehokas tuotantoaika tulee vähenemään muun muassa epäpuhtauksien aiheuttamien ratakatkojen ja muiden ongelmien myötä. Ongelmia pystytään hallitsemaan ja ongelmat voidaan minimoida, mutta se vaatii prosessin jatkuvaa tarkkailua sekä ongelmien syy-seuraus-suhteiden ymmärtämistä.

Writer	Jussi Pesonen
Thesis	The usability of OCC in paper making process
Pages	39 + 1 page of appendices
Graduation time	8/2009
Thesis supervisor	MSc Arto Nikkilä
Co-operating Company	UPM-Kymmene Inc. Tervasaari, supervisor B.Eng Mikko Laakso

ABSTRACT

The purpose of this thesis was to conduct a literary survey concerning the usability of old corrugated containers (OCC) in paper making process. A disquisition regarding the problems that might occur when using a recycled OCC pulp was carried out. In this thesis the purpose was also to find solutions to eliminate these problems. In addition to literary survey some discussions were made with the business partners.

The goal of this thesis was to make a report on OCC's papermaking potential for UPM Kymmene Oyj, Tervasaari papermill papermachine (PM) 7. The intention was to go through the whole process from the waste paper collection to the end product and to find out the major problems that a factory faces when changing from virgin fibers to recycled fibers.

This thesis was made for the Tervasaari PM 7 because in Tervasaari there is a plan to switch from the virgin fibers to recycled fibers in brown paper grades. Because of the challenges that OCC pulp sets for the papermaking process this preliminary survey was made.

The biggest challenges that a papermaker faces when changing from virgin fibers to recycled fibers are the non-paper components that are carried along with the recycled paper into the process. The most problematic non-paper components are definitely adhesives. When adhesives cumulate in the process it can cause major problems. These problems are called stickies.

There is a lot of knowledge on how to control the stickies and there are many different process equipment to eliminate stickies in the pulp. Primarily stickies are removed by the powerful screening system. Those particles that penetrate the screening system can be altered to less harmful substances using special chemical mixes.

Constant supervision of the process conditions is the key element in controlling the stickies. The most harmful process condition changes are a sudden change (shock) in pH value, temperature or charge. These shocks are the cause of the agglomeration of colloidal or dissolved substances. Agglomeration of colloidal substances will cause the major sticky problems.

When a paper machine is changed from the virgin fiber based pulp to the recycled fiber pulp it is obvious that the effective paper machine run time will decrease. Impurities in the pulp can cause web brokes and other challenges in the paper making process. These problems are controllable but the relations between problems and the reasons must be well known.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	5
2	Kiertokuitu	6
3	OCC Suomessa	9
3.1	Aaltopahvin rakenne	10
3.2	OCC:n saatavuus Suomessa	11
4	OCC:n prosessointi	12
4.1	Paalien varastointi tehtaalla	12
4.2	Pulpperointi	13
4.2.1	Pulperin toimintaperiaate	15
4.2.2	OCC:n pulpperointiin vaikuttavia tekijöitä	16
4.2.3	Pulperin rejektin käsittely	18
4.3	Lajittelu	19
4.3.1	Karkealajittelu	19
4.3.2	Hienolajittelu	22
4.4	Saostus	22
4.5	Varastointi	22
4.6	Jauhatus	23
4.7	Loppukäyttö	24
5	OCC:n käytön ongelmia	26
5.1	OCC-massan varastointi	26
5.2	Tahmot	27
5.3	Tahmojen aiheuttamia ongelmia	29
5.4	Tahmojen hallinta	30
5.4.1	Tahmojen prosessiin pääsyn esto	31
5.4.2	Tahmojen poisto	31
5.4.3	Dispergointi	32
5.4.4	Passivointi	33
5.4.5	Torjuntamenetelmiä	34
6	Johtopäätökset OCC:n käytön kannalta	35
6.1	Varastointi	35
6.2	Massan pH:n säätö	36
6.3	Tahmot	36
	Lähteet	38
	Liitteet	40
	Liite 1: SFS-EN 643, Eurooppalainen luettelo keräyspaperin ja -kartongin standardilajeista	40

1 Johdanto

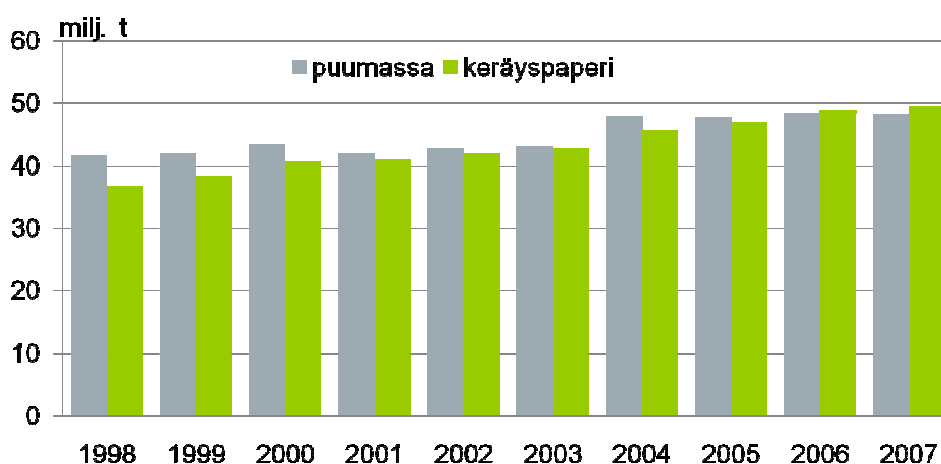
Kierrätyspaperi on merkittävässä asemassa tämän päivän massa- ja paperiteollisuudessa. Raaka-aineena se on edullista, ja sitä on paljon saatavilla. Maailmalla noin 45 % paperinvalmistukseen käytettävästä raaka-aineesta on keräyspaperia. On ennustettu, että tulevaisuudessa tämä luku tulee kasvamaan merkittävästi uusien ympäristölakien ja -säännösten tultua voimaan täysipainoisesti. Myös ihmisten ekologisemman ja luontoa säästävän ajattelumallin yleistyessä nähdään vaikutukset tulevaisuudessa merkittävinä, ei vain paperinkeräyksessä, vaan myös kierrätyksessä kokonaisuudessaan.

Tämä työ käsittelee Euroopan unionin asettaman standardin EN643 laatuluokkaa 1.05 eli aaltopahvilaatikoita, joihin kuuluvat erilaiset käytetyt aaltopahvilaatikot ja -arkit, sekä niiden käytettävyyttä raaka-aineena paperin valmistuksessa. Työ on pääsääntöisesti kirjallisuusselvitys, mutta myös yhteistyökumppaneita, kuten paperiteollisuuden kemikaalitoimittajia, on haastateltu työhön. Työssä käsiteltävää raaka-ainetta kutsutaan pääsääntöisesti OCC-massaksi (old corrugated container).

Tämän kirjallisuusselvityksen tarkoituksena on selvittää yleisesti millaisia haasteita valittu raaka-aine aiheuttaa paperikoneen prosessissa. Raaka-aineen asettamiin haasteisiin ja ongelmatilanteisiin on pyritty löytämään mahdollisia ratkaisukeinoja. On kuitenkin selvää, että jokainen paperikone on yksilö eikä kirjallisuuden perusteella voida absoluuttista totuutta kertoa mahdollisten ongelmatilanteiden eliminoimiseksi.

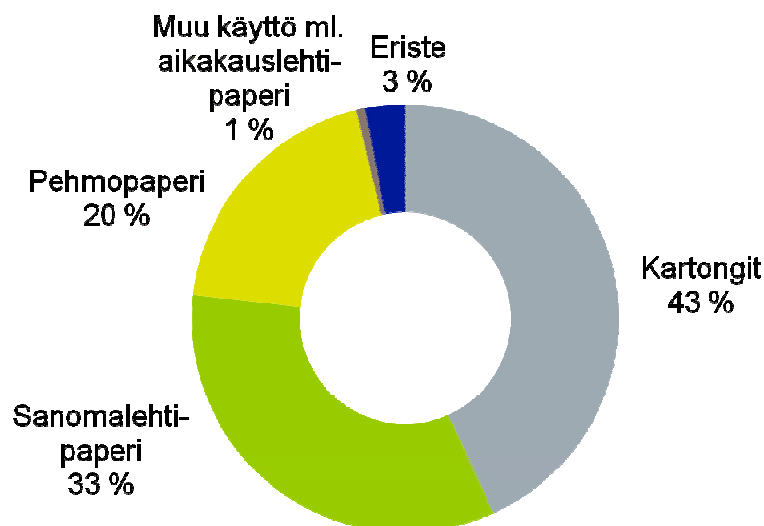
2 Kiertokuitu

Kierrätyskuitua käytetään nykyään erittäin paljon paperin valmistukseen. Euroopassa valmistettavan paperin raaka-aineena kierrätyskuitu ylsi ensimmäistä kertaa vuonna 2006 suurimmaksi paperiteollisuuden raaka-aineeksi (kuvio 1). Maailmalla noin 45 % paperinvalmistukseen käytettävästä raaka-aineesta on keräyspaperia. On ennustettu, että tulevaisuudessa tämä luku tulee kasvamaan merkittävästi uusien ympäristölakien ja säännösten tultua voimaan täysipainoisesti. Myös ihmisten ekologisen ja luontoa säästävän ajattelumallin yleistyessä nähdään vaikutukset tulevaisuudessa merkittävinä, ei vain paperikeräyksessä, vaan myös kierrätyksessä kokonaisuudessaan. (KnowPap 10.0, 2008.)

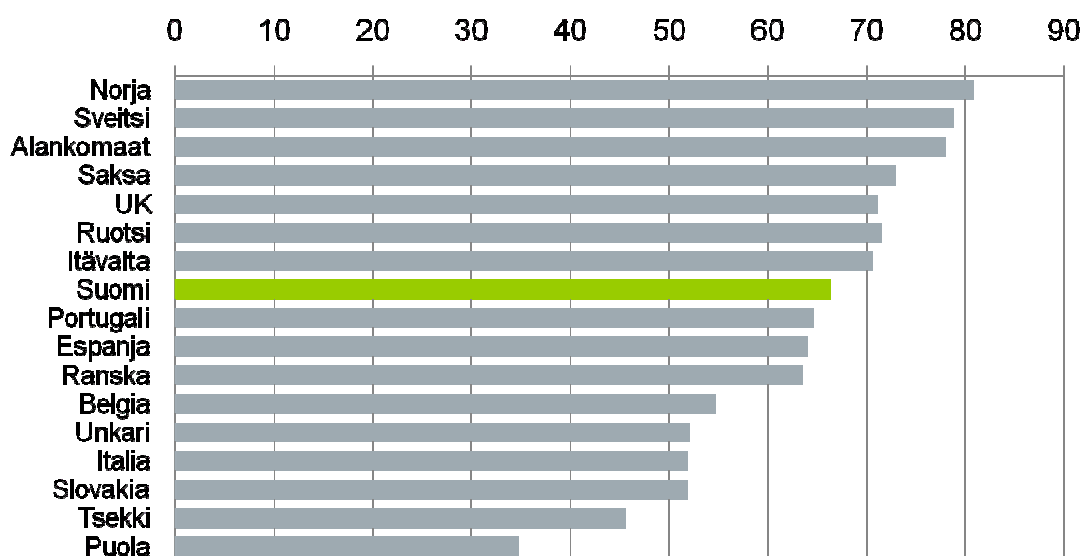


Kuvio 1. Euroopan paperiteollisuuden käyttämät raaka-ainemäärät (Metsäteollisuus, 2009)

Keräyspaperin tehokas käyttö paperiteollisuuden raaka-aineena edellyttää paperin tehokasta keräys- ja lajittelujärjestelmää. Suomessa paperia keräävät yksityiset yritykset, joista merkittävimpana on Suomessa toimivien metsäteollisuusyritysten omistama Keräyspaperi Oy. Suomessa käytettiin vuonna 2007 keräyspaperia ja -kartonkia noin 760 000 tonnia. Suurimpina käyttökohteina kierrätyskuidulle olivat kartonki 43 % osuudella sekä sanomalehtipaperi 33 % osuudella (kuvio 2). Suomessa paperinkeräysaste vuonna 2007 oli noin 66 %, joka on Euroopan 8. paras (kuvio 3). (Metsäteollisuus, 2009.)



Kuvio 2. Kierrätyskuidun käyttö Suomessa 2007 (Paperiteollisuus, 2009)



Kuvio 3. Paperinkeräysasteita Euroopan maissa (Metsäteollisuus, 2009)

Suomessa keräyspaperin luokitteluun käytetään CEN:n (The European Committee for Standardization) marraskuussa 2001 julkaisemaa Euroopan laajuista standardia EN 643, jossa määritellään standardit ja niiden mukaiset luokittelut Euroopassa kerättävälle paperille ja kartongille. Vuonna 2001 julkaistu ja ratifioitu standardi EN 643 perustuu vuonna 1994 julkaistuun samannimiseen standardiin sekä CEPI:n (confederation of european paper industries) ja ERPA:n (european recovered paper association) yhteistyössä vuonna 1999 julkaistuun määritelmään paperin- ja kartongin keräysluokittelusta.

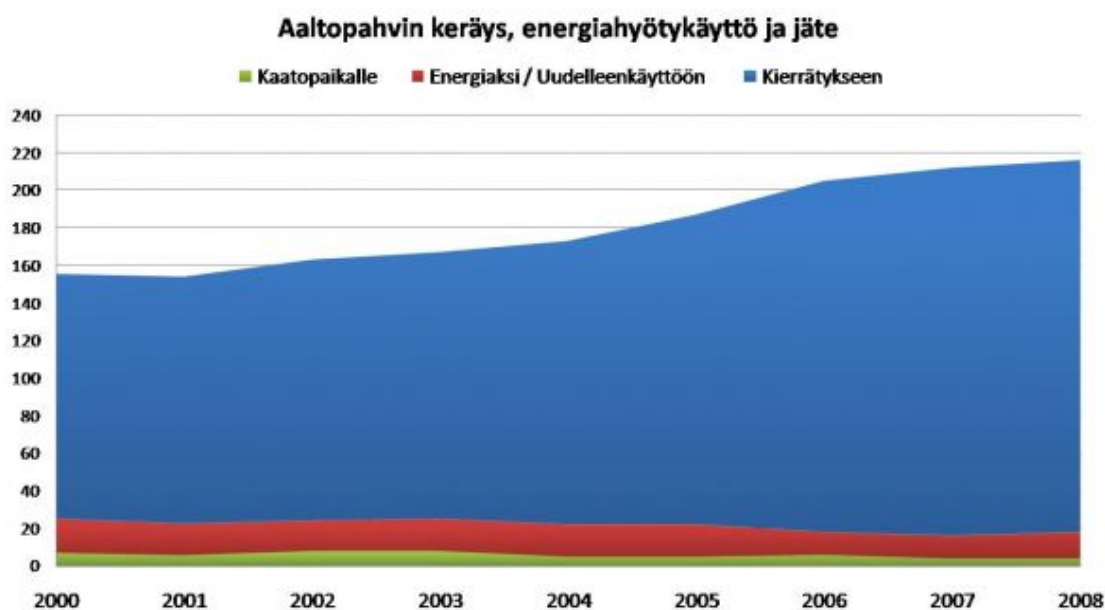
Pääryhmiä standardissa EN 643 on viisi:

1. Ryhmä – alalajit
2. Ryhmä - keskilajit
3. Ryhmä - ylälajit
4. Ryhmä - Voimapaperilajit
5. Ryhmä – Erikoislajit

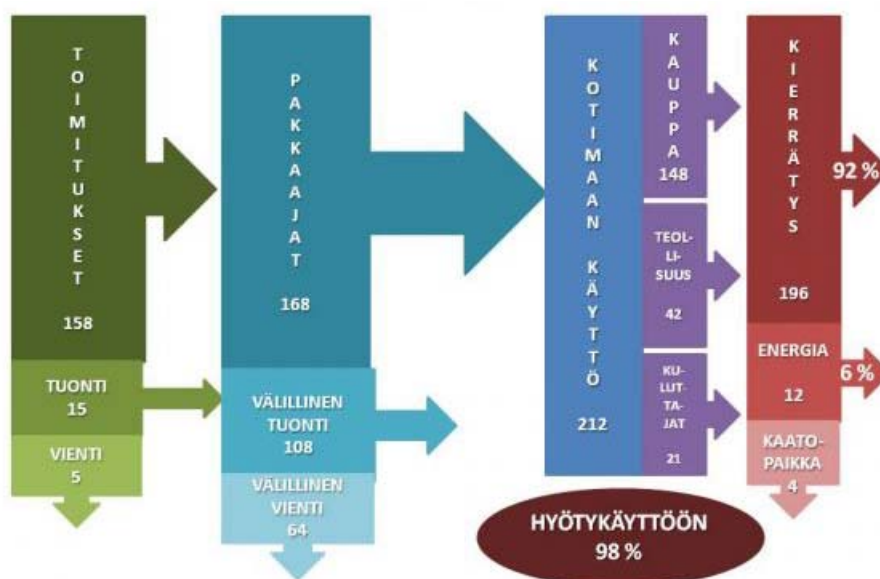
Pääryhmät jakautuvat alaluokkiin, joissa on määritelty tarkasti minkälaiset paperit tai kartongit ryhmään kuuluvat (liite 1). (SFS-EN 634.)

3 OCC Suomessa

Suomessa kerätään aaltopahvia nykyään noin 220 000 t/a (kuvio 4). Suomessa aaltopahvin hyötykäyttö on erittäin pitkälle viety prosessi. Aaltopahvin sisältämä havupuun kuitu on haluttua raaka-ainetta paperiteollisuudessa. Suomessa käytetystä aaltopahvista käytetään 98 % hyötykäyttöön (kuvio 5).



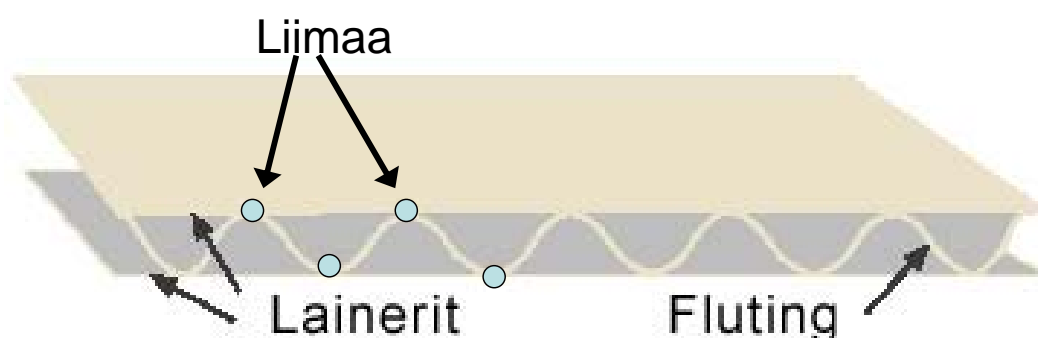
Kuvio 4. Aaltopahvin keräys ja sen käyttö Suomessa 2000 - 2008 (Aaltopahvi, 2009)



Kuvio 5. Aaltopahvin tase Suomessa 2007 (1000tn) (Aaltopahvi, 2009)

3.1 Aaltopahvin rakenne

Aaltopahvi muodostuu yhdestä tai useammasta aallotetusta kartonkikerroksesta (kuvio 6) ja yhdestä tai useammasta pintakartonkikerroksesta. Pintakerrokset on liimattu aaltokerrokseen. Pintakartonkeja kutsutaan lainereiksi ja aallotettua keskiosaa flutingiksi.



Kuvio 6. Yksiaaltoisen aaltopahvin rakenne (Aaltopahvi, 2009)

Lainereita on kahta eri tyyppiä, kraft- ja testlaineria. Kraftlaineria valmistetaan havupuusulfaattimassasta, johon voidaan lisätä oksa-, rejekti- tai uusiokuitua, kuten OCC:ta. Kraftlaineri on lujuusominaisuuksiltaan parempaa kuin testlaineri. Testlaineri valmistetaan yleisesti kiertokuidusta, mutta massan sekaan voidaan lisätä myös pitkäkuituista sellua tuomaan lujuutta. Testlainerin valmistukseen käytettävistä raaka-aineista vaikuttaa myös se, että käytetäänkö valmistettavaa laineria aaltopahvin pinta- vai taustakerroksessa. Pintakerroksessa käytettävä massa on yleisesti puhtaampaa ja enemmän jauhattua massaa kuin taustakerroksessa käytetty massa. Aallotuskartonkia eli flutingia valmistetaan yleensä puolikemiallisesta lehtipuusellusta eli niin sanotusta NSSC-massasta sekä aaltopahvijätteestä eli OCC:sta valmistetusta uusiomassasta. Suomessa yleisimmin käytetty raaka-aine on puolikemiallinen lehtipuumassa.

Aallotettu kartonki, eli fluting, kiinnitetään pintakerrokseen, eli lainereihin, liimalla. Yleisimmin käytetty liima on vesitärkkelysliuos. Liimaukseen voidaan myös käyttää silikaatteja ja erilaisia hartsiliimoja. Yleisesti flutingin ja lainereiden liimasidos ei ole vedenkestävä, mutta liimaan voidaan lisätä lisäaineita, kuten hartsia, jotka parantavat liimaliitoksen kosteudenkestävyyttä sekä säilyvyyttä. Aaltopahvista valmistettuiden laatikoiden sivuliimaukseen käytetään pääsääntöisesti vesidispergoituja hartsiliimoja sekä kuumasulatteita eli hotmelttejä. (KnowPap 10.0, 2008.)

3.2 OCC:n saatavuus Suomessa

Suomessa monet paperinkeräysyritykset keräävät aaltopahvia eli EN643 standardin mukaista 1.05 luokkaa. Suurimpina keräyspisteinä ovat kaupat sekä teollisuuden tuotantolaitokset, joihin yritykset ovat usein toimittaneet omat puristinkontit.

Teollisuuden tuotantolaitoksilta saatava keräyspahvi on usein erittäin puhdasta ja hyvälaatuista. Kauppojen ja erilaisten yhteisastioiden kautta tulevan keräyspahvin laadussa voi ilmetä selviä eroja. Keräyspahville tehdään yleensä silmämääräinen tarkastelu, ja selvästi heikkolaatuinen keräyspahvi ohjataan alempaan keräysluokkaan tai energiakäyttöön.

Keräyspahvin sisältämän kosteuden suhteen paperinkeräysyhtiöiden toimintatavat poikkeavat toisistaan. Paperinkeräys Oy varastoi pahvia ulkona, jolloin seisovaan varastoon kertyy kosteutta joskus jopa 30 %. Yleisesti hyväksyttävänä kosteusprosenttina Paperinkeräys Oy pitää 15 %:a kokonaispainosta. Lassila & Tikanoja varastoi paalit normaalisti sisätiloissa ja toimituskosteus asiakkaalle on ilma-kuiva. Poikkeustilanteissa ulkona varastoitaessa paalit varastoidaan peiteltyinä ja irti maasta. (Anttila, 2009; Jalasjoki, 2009.)

Paperinkeräys Oy

Suomessa lajin 1.05 keräysmäärä noin 90 000 t/a, joista käsittelypisteillä käsitellään noin 70 000 t/a: Tampereella 11 000 t/a, Urjalassa 2500 t/a, Turussa 11 000 t/a, Vaasassa 5500 t/a sekä Helsingissä yli 10 000 t/a. Loput kerätystä määrästä käsitellään ympäri Suomea olevilla laitoksilla. Tällä hetkellä Paperinkeräys Oy:n Etelä-Suomen käsittelylaitoksilta on saatavilla aaltopahvia yli 20 000 t/a. (Jalasjoki, 2009.)

Lassila & Tikanoja

Suomessa lajin 1.05 keräysmäärä on noin 45 000 t/a. Käsittelypisteet ovat Kerava 16 500 t/a, Jyväskylä 4500 t/a, Tampere 6000 t/a, Oulu 3500 t/a, Hämeenlinna 3000 t/a, Turku 5000 t/a, Mikkeli 1500 t/a, Joensuu 1200 t/a, Lahti 2500 t/a sekä Tammissaari 1500 t/a. (Anttila, 2009.)

4 OCC:n prosessointi

Jotta kerättyä paperia voidaan käyttää paperinvalmistuksessa raaka-aineena, on sen kuljettava usean osaprosessin läpi. Prosessiin kuuluvat paperinkeräys, paalaus, kuljetus, varastointi, pulpperointi, mekaaninen ja kemiallinen puhdistus, jauhatus sekä mahdollinen varastointi ennen loppukäyttöä paperikoneella.

4.1 Paalien varastointi tehtaalla

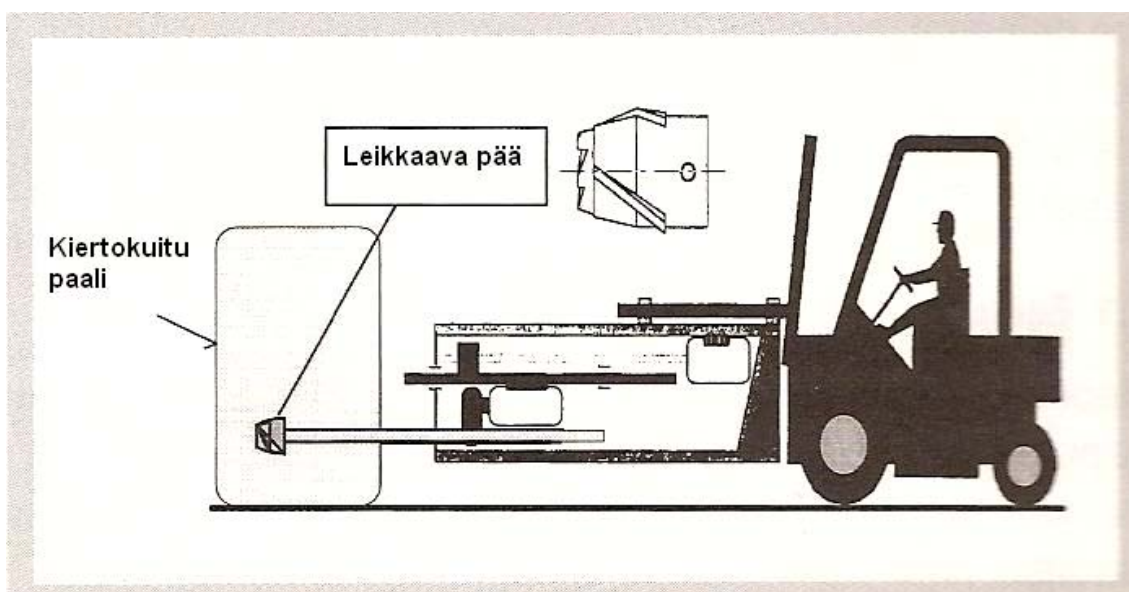
Kierrätyskuitua voidaan varastoida joko irtonaisena tai paaleissa. Irtonainen kierrätyskuitu varastoidaan joko sille erikseen tarkoitetuissa laareissa tai suljetuissa katollisissa tiloissa. Paalit voidaan varastoida sisätiloissa tai ulkoilmassa, huonompilaatuiset keräyspaperilajit varastoidaan yleensä ulkoilmassa. Sisätiloissa varastoidaan korkeampilaatuiset ja kalliimmat keräyslajit.

Tutkimusten mukaan ulkona varastoiduissa paaleissa tapahtuu muutoksia verrattaessa niitä sisällä varastoituihin paaleihin. Tutkimuksessa kävi ilmi, että ulkona varastoitujen paalien pitkien kuitujen pitoisuus, katkeamispituus, ISO-vaaleus sekä taittolujuus heikkenevät varastointiajan funktiona. Sisätiloissa varastoiduilla paaleilla ei huomattu kyseisiä muutoksia ominaisuuksissa.

Mikäli varaston kiertonopeus on riittävän suuri eikä paalien varastointi kestä kuin muutamia kuukausia, ei ulko- ja sisätiloissa varastoitujen paalien välillä ole merkittävää eroa paperiteknisissä ominaisuuksissa. Jos paalien varastointiaika on melko pitkä, on suositeltavaa, että ne varastoidaan sisätiloissa. Suositeltavaa on myös, että keräyspaperi on paalattu ilmakeivätilassa, sillä kostea paperi alkaa mädäntyä jos sitä varastoidaan liian pitkään. Mädäntynyt paperi voi aiheuttaa ongelmia paperikoneella.

Paaleista voidaan ottaa näytteitä siihen erikseen kehitetyllä näytteen porauslaitteella (kuvio 7). Kosteuden mittaamiseen paaleista on myös kehitetty muutamia laitteita. Paalien silmämääräinen tarkistus varastoinnin yhteydessä, etenkin kosteusprosentin mittaaminen, olisi kannattavaa. Standardin EN643 mukaan tehtaalle toimitettavan

keräyspaperin ei tulisi olla kosteampaa kuin sen luonnostaan kuuluisi olla. Kosteuspitoisuuden noustessa yli 10 % ilmakeivasta painosta, voidaan 10 %:n ylittävästä painosta vaatia hyvitystä keräyspaperin myyjältä. Testaus- ja näytteenottomenetelmistä kannattaa neuvotella aina erikseen ostajan ja myyjän kesken. (Göttsching & Pakarinen 2000, 57–58; SFS-EN 634.)



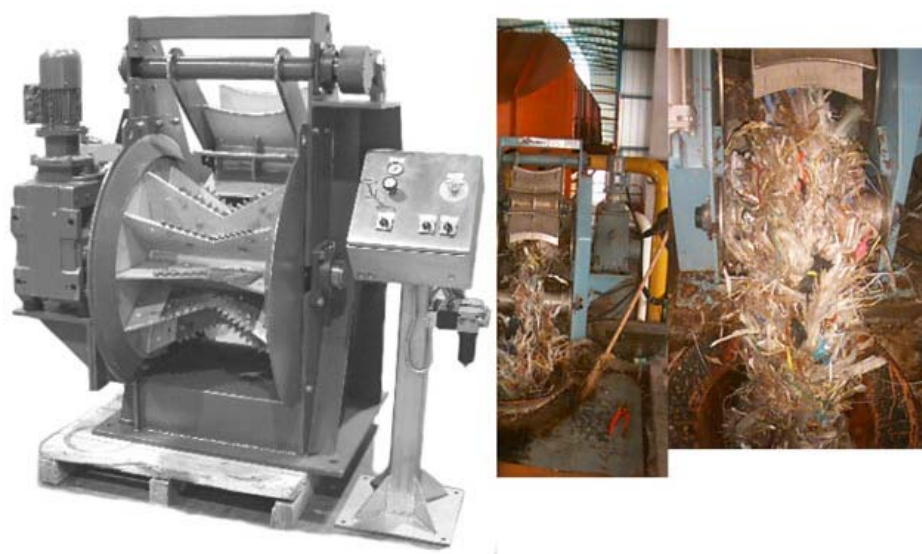
Kuvio 7. Näytteen porauslaitteisto kiertokuitupaaleista kiinnitettynä trukkiin (Göttsching & Pakarinen 2000, 68)

4.2 Pulperointi

Pulperoinnin tarkoituksena on sekoittaa kuivat paalit, vesi ja kemikaalit keskenään sekä hajottaa keräyspaperipaalit mahdollisimman hyvin ja nopeasti pumpattavaan muotoon. Pulperoinnin tärkeänä tehtävänä on myös poistaa karkeat kierrätyskuidun mukana tulleet epäpuhtaudet, esimerkiksi suuret kivet ja metallit. Pulperoinnissa pystytään poistamaan vain suurikokoisia epäpuhtauksia.

Pulperointisysteemiin kuuluvat pulperin syöttölaitteisto, pulperi, mahdollisesti tosiopulperi sekä pulperin rejektin käsittelylaitteisto. Pulperointisysteemien laitteistot vaihtelevat sen mukaan, millaisena raaka-aine tehtaalle toimitetaan. Yleensä raaka-aine toimitetaan paalattuna, jolloin pulperisysteemin syöttölaitteistoon kuuluu paalilankojen katkaisu- tai poistolaitteisto sekä joissain tapauksissa paalien esihajotin.

Mikäli paalilankoja ei poisteta ennen pulpperia, pitää ne poistaa pulpperista raggerilaitteella (kuvio 8). Raggerilaite poistaa pulpperiin joutuneet paalilangat käyttäen hyväksi pulpperin pyörivää massavirtausta. Pulpperiin laitetaan köysi, joka viedään raggerilaitteen läpi. Pulpperissa oleva köysi pyörii pulpperin massavirtauksen mukana, ja siihen takertuvat paalilangat sekä muut mahdolliset sidenarut, mikäli ne ovat tarpeeksi suuria. Köyden ympärille muodostuvaa paalilankavyöhtiä vedetään tasaisella nopeudella pois pulpperista. Ulosvedetty köysi leikataan palasiksi ja siirretään roskalavalle. Kuituhäviöiden estämiseksi ulosvedettävää köyttä tulisi pestä ennen sen pois vetämistä pulpperista, jolloin köyteen tarttuneet paperinpalaset ja kuidut tippuvat takaisin pulpperiin.

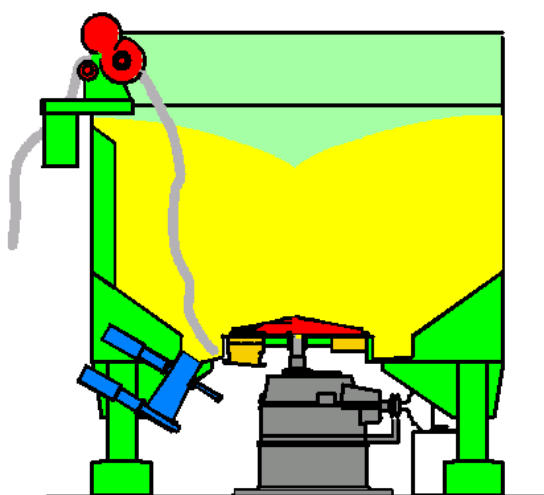


Kuvio 8. Raggerilaite sekä pulpperista ulos vedettyä köyttä (KnowPap 10.0 2008)

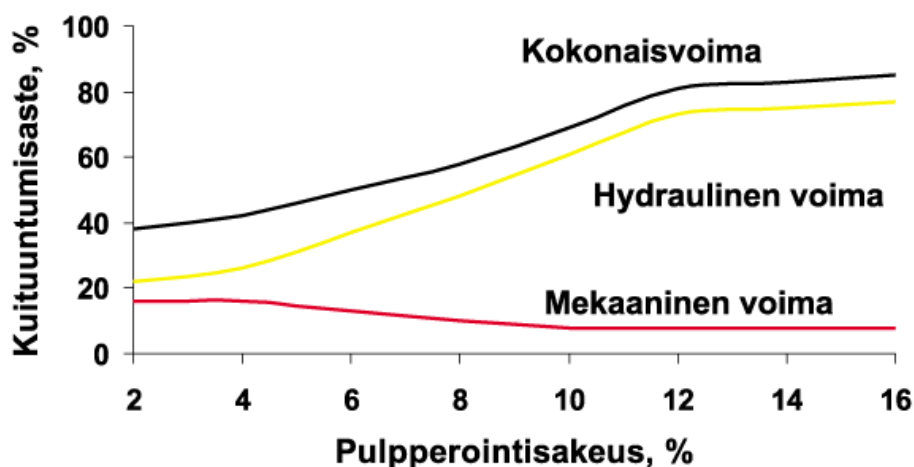
Pulpperointiin on käytössä erilaisia laitekonsepteja useilta eri laitetoimittajilta. Pulpperit luokitellaan kahteen eri pääryhmään, pysty- ja vaakapulppereihin, sen mukaan, kuinka roottori on sijoitettu pulpperiin. Yleisesti käytettyjä pulppereita ovat rumpupulpperi, LC-pulpperi eli matalasakeuspulpperi, MC-pulpperi eli keskisakeuspulpperi sekä HC-pulpperi eli korkeasakeuspulpperi. Raaka-aine määrää suurelta osin millaista pulpperia käytetään. Yleisesti ottaen pystypulpperit ovat tehokkaampia kuin vaakapulpperit. (Göttsching & Pakarinen 2000, 103–104; SFS-EN 643.)

4.2.1 Pulpperin toimintaperiaate

Raaka-aineen hajotus perustuu pulpperissa (kuvio 9) vallitseviin mekaanisiin ja hydraulisiin voimiin. Mekaaniset voimat, eli pulpperin roottori, hajottaa paperin pieniksi paloiksi ja saattaa hienon sulpun pyörivään liikkeeseen. Voimakas pyörivä liike pulpperissa aiheuttaa sulpun sisälle sisäistä kitkaa eli hydraulisia voimia ja edistää sulpun kuituuntumista. Kuituuntuminen pulpperissa tapahtuu pääosin hydraulisten voimien avulla. Kuituuntuminen tehostuu sakeutta nostettaessa, koska kitkavoimat kasvavat, myös pulpperin hajotusteho kasvaa tiettyyn pisteeseen saakka (kuvio 10). Ongelmana on kuitenkin raggerilaitteen yhtäaikainen käyttö, mikäli pulperoidaan yli 6 % sakeudessa. Massan sakeuden noustessa massan pyöriminen pulpperissa hidastuu ja raggerilaitteen toiminta edellytykset heikkenevät merkittävästi. (Göttsching & Pakarinen 2000, 103–104; KnowPap 10.0, 2008.)



Kuvio 9. Pystypulpperi ja raggerilaitte (KnowPap 10.0, 2008)



Kuvio 10. Pulperointisakeuden vaikutus kuituuntumiseen (KnowPap 10.0, 2008)

4.2.2 OCC:n pulperointiin vaikuttavia tekijöitä

Massan pulperoitavuuteen vaikuttavat useat tekijät, kuten raaka-aine ja sen ominaisuudet, pulperointisakeus, pulperointiaika ja -energia, pulperityyppi, lämpötila, pH sekä pulperointikemikaalit. (KnowPap 10.0, 2008.)

OCC:n märkälujajominaisuudet asettavat haasteita pulperoinnille. Märkälujaliimoja sisältävän raaka-aineen kuituuntuminen pulperissa on hidasta ja vaatii pidemmän pulperointiajan kuin märkälujaliimaamaton massa.

Kuituuntumiseen vaikuttavia tekijöitä pulperoinnin yhteydessä ovat pulperointisakeus, lämpötila, raaka-aineen esi-impregnointi sekä soodan eli natriumkarbonaatin lisääminen pulperisiin. (Fabry & Cochaux 2002, 10–11.)

Sakeuden vaikutus

Korkealla pulperointisakeudella saavutetaan OCC-massan parempi kuituuntuminen, koska pulperissa vallitsevat hydrauliset voimat ovat suurempia. Korkeampi sakeus tarkoittaa samalla myös pienempää vesimäärää kuivaa massatonna kohti, ja näin ollen massan vettyminen on hitaampaa ja kuituuntuminen pulperissa vaatii enemmän aikaa. Korkeammalla sakeudella pulperoitaessa myös kuituuntumattomien pienten paperin palasten lukumäärää sulpuissa kasvaa. Tulokset nähdään eritoten märkälujalaaduilla.

Sakeuden nosto heikentää myös sulpun liikettä pulpperissa, mikä häiritsee raggerilaitteen käyttöä. Korkea massan sakeus heikentää myös sen pumpattavuutta. Korkeat hydrauliset voimat myös pilkkovat tahmopartikkeleita pienemmiksi, mikä vaikeuttaa niiden poistoa prosessista. (Fabry & Cochaux 2002, 11, 15; KnowPap 10.0, 2008.)

Lämpötilan vaikutus

Pulpperointiveden lämpötilan nostaminen laskee veden viskositeettia, mikä parantaa veden penetroitumista paperin kuituverkoston. Paremmalla vesipenetraatiolla kuituverkoston saavutetaan nopeampi paperin vettymisen ja lujuuksien nopeampi heikkeneminen. Lämpötilan nosto vaikuttaa erityisen paljon pienten muuten kuituuntumattomien paperipalasten hajoamiseen pulpperissa. Lämpötilan nosto 20 °C:sta 45 °C:seen vaikuttaa jo merkittävästi massan pulpperointiin. Märkälujaa massaa pulpperoitaessa voidaan joutua nostamaan pulpperointilämpötilaa merkittävästi, jopa 75-90 °C:seen asti. Lämpötilaa nostettaessa on kuitenkin huomioitava, että muun muassa jotkin sulateliimat voivat muuttua nestemäisiksi hyvin alhaisissa lämpötiloissa, jopa alle 60 °C:sta. Veden lämpötilan rajulla nostolla luodaan myös lämpötilashokki, joka voi aiheuttaa ongelmia tahmojen agglomeroitumisen takia. (Fabry & Cochaux 2002, 11.)

Raaka-aineen impregnointi

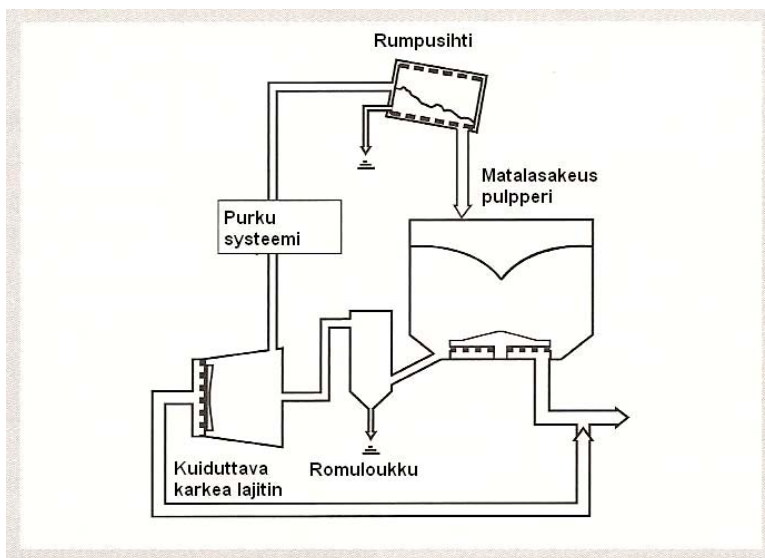
Ennen kiertokuidun laittamista pulpperiin voidaan sitä impregnoida vedellä. Esi-impregnointi heikentää paperin kuituverkostoa ja paperin vettymisen alkaa ennen pulpperia. Esi-impregnoitu kiertokuitu pulpperoituu helpommin kuin raaka-aine, jota ei ole esi-impregnoitu. (Fabry & Cochaux 2002, 11.)

Kemikaalien käyttö

Pulpperiin voidaan lisätä kemikaaleja helpottamaan massan kuituuntumista. Yleisin käytetty kemikaali on natriumkarbonaatti, joka veden kanssa muodostaa natriumhydroksidia eli lipeää. Lipeä turvottaa kuituja ja veden penetroituminen kuituverkoston helpottuu. Yleisesti kuitujen turpoaminen heikkenee matalalla pH:lla, mutta tiettyjä märkälujaliimoja käytettäessä on suotavaa pulpperoita matalassa pH:ssa. (Fabry & Cochaux 2002, 11.)

4.2.3 Pulpperin rejektin käsittely

Jotta jatkuvatoimisessa pulpperoinnissa vältetään roskien kertyminen pulpperiin, on niiden jatkuva poistaminen välttämätöntä (kuvio 11). Rejektoituvien partikkelien mukana kulkeutuu merkittävä määrä kuitua, joten rejekti käsitellään yleisesti toisiopulpperilla ja rumpusihdillä.



Kuvio 11. Pulpperin rejektin käsittelysystemi (Göttsching & Pakarinen 2000, 103)

Toisiopulpperi

Toisiopulpperi (kuvio 12) on pulpperin ja lajittimen yhdistelmä ja sen tehtävänä on erottaa raskaat ja kevyet epäpuhtaudet sulpusta. Toisiopulpperi on yleisimmin käytetty konsepti kiertokuidun pulpperointisysteemeissä, ja se soveltuu OCC:n pulpperointisysteemin parhaiten. Pulpperissa kuituuntumattoneet partikkelit kuituuntuvat toisiopulpperissa sen sisällä vallitsevien leikkausvoimien takia. Aksepti kulkeutuu toisiopulpperin reikälevyn läpi eteenpäin prosessissa. Rejekti johdetaan romuloukkuun ja sieltä toisiopulpperin kautta rumpusihdille. Rumpusihti on pyörivä reikiä täynnä oleva rumpu. Rejekti pestään rumpusihdissä, jolloin pesuvesi pääsee rummun rei'istä läpi ja se kerätään vesisäiliöön. Kerättyä vettä voidaan käyttää esimerkiksi pulpperin laimennusvetenä. Partikkelit, jotka eivät mahdu rumpusihdin reikien läpi, eli rejekti, johdetaan rummista ulos rejektin käsittelyyn. (KnowPap 10.0, 2008.)



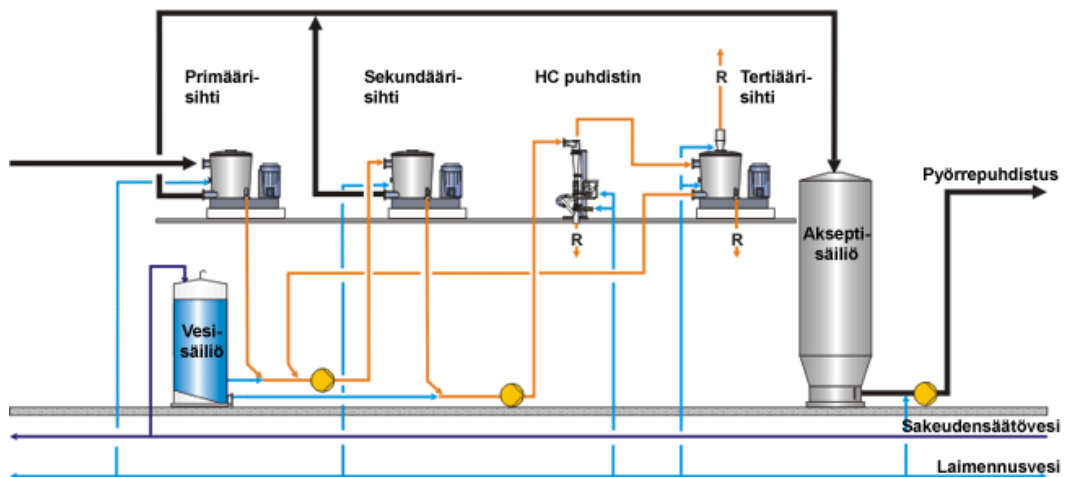
Kuvio 12. Erään tyyppinen toisiopulpperi (Metso)

4.3 Lajittelu

Lajittelun tehtävänä on poistaa kaikki sulppuun kuulumattomat epäpuhtaudet mahdollisimman pienin kuituhäviöin ja tehdä massasta mahdollisimman puhdasta ja tasalaatuista. Lajittelussa poistetaan pulpperin reikälevyn läpipäässeet sulppuun kuulumattomat jakeet, esimerkiksi niitit, sora, hiekka ja muovi. Lajittelussa voidaan myös jakaa kuituja eri fraktioihin, esimerkiksi kuidun pituuden perusteella. Kaikki massaan kuulumattomat jakeet, jotka läpäisevät lajittelun, näkyvät valmiissa paperissa epäpuhtauksina. Lajittelu voidaan jakaa karkeasti kahteen eri osaan, karkea- ja hienolajitteluun. (Seppälä & ym. 2005, 69; KnowPap 10.0, 2008.)

4.3.1 Karkealajittelu

Karkealajittelussa (kuvio 13) pyritään pääsemään eroon massan sekaan joutuneista suurehkon partikkelikoon omaavista epäpuhtauksista. Karkealajittelun laitteina käytetään yleensä kuiduttavaa karkealajitinta tai rumpusihtiä. Molemmat laitteet toimivat paineistettuina. Kuiduttavaa karkealajitinta käytetään yleisesti paljon epäpuhtauksia ja kuituuntumattomia partikkeleita sisältävän massan lajittelussa. (KnowPap 10.0, 2008.)



Kuvio 13. Erään tyyppinen OCC:n karkealajittelu (KnowPap 10.0, 2008)

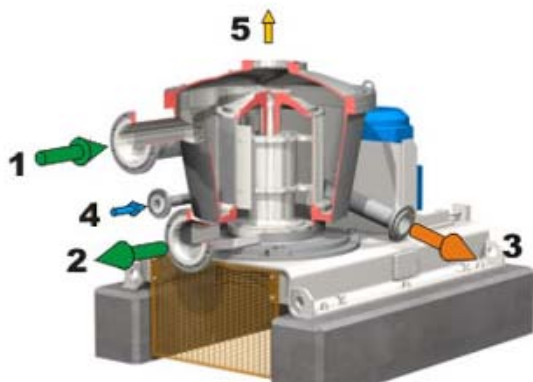
Kuiduttavat karkealajittimet (kuvio 14) soveltuvat hyvin likaiselle massalle, joka sisältää myös kuituuntumattomia partikkeleita. Kuiduttava karkealajitin poistaa tehokkaasti massaan kuulumattomat fraktiot ja samalla kuiduttaa pulperissa kuituuntumattoneet partikkelit. OCC:n prosessointiin kuiduttava karkealajitin sopii erittäin hyvin. (KnowPap 10.0, 2008.)



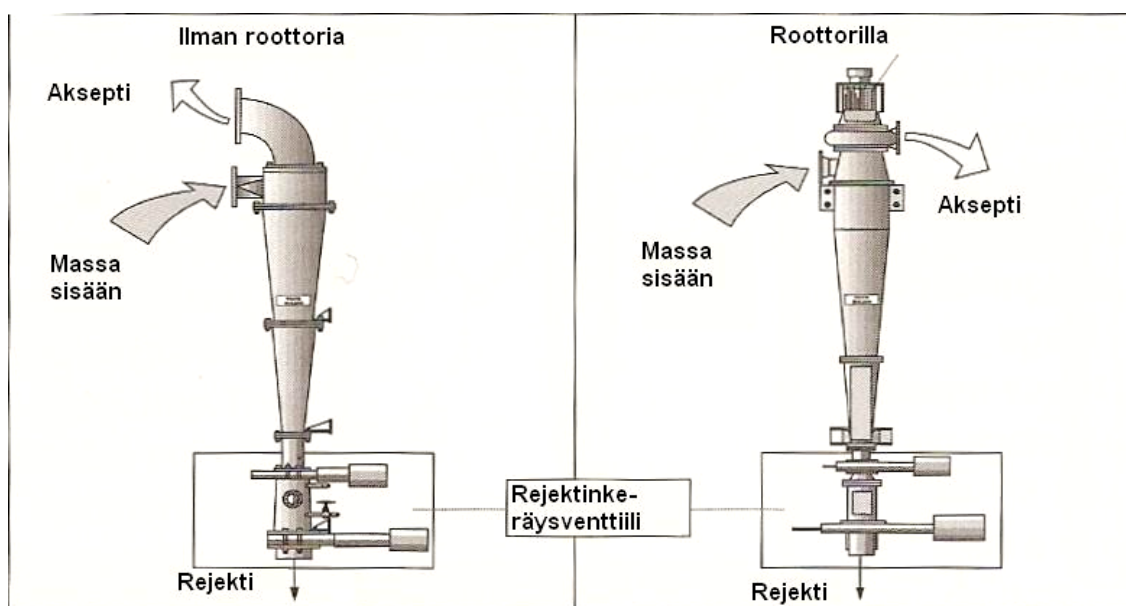
Kuvio 14. Kuiduttava karkealajitin (KnowPap 10.0, 2008)

Rumpusihtejä, eli painelajittimia, käytetään yleensä melko puhtaille massoille sekä prosesseissa, joissa vaaditaan esilajittelun jälkeen erittäin puhdasta massaa (kuvio 15). Hyvin yleistä ja myös suotavaa on käyttää HC-puhdistinta (kuvio 16) poistamaan suuret partikkelit massasta ennen paineistettuja lajittimia. Poistamalla niitit, sora ja muut suuren kokoiset partikkelit ennen karkealajittelua, estetään lajittimien rikkoontuminen. HC-puhdistin poistaa vain suuret partikkelit massasta, partikkeleiden tulee olla

suurempia kuin 1 mm sekä tiheydeltään korkeampia kuin 1g/cm^3 . (KnowPap 10.0, 2008; Göttching & Pakarinen 2000, 120,143.)



Kuvio 15. Erään tyyppinen painelajitin (KnowPap 10.0, 2008)



Kuvio 16. Kaksi erityyppistä HC-puhdistinta (Göttching & Pakarinen 2000, 143)

Karkealajittelun viimeinen vaihe on erittäin tärkeä osa karkealajittelua. Karkealajittelun viimeisen osan tehtävänä on erottaa kaikki edellisten lajitteluportaiden läpi päässeet partikkelit sekä mahdollisesti lajitteluportaiden jälkeen agglomeroituneet partikkelit minimaalisin kuituhäviöin. Kaikki karkealajittelusta akseptin mukana läpipäässeet partikkelit kulkeutuvat hienolajitteluun. Karkealajittelun viimeisen vaiheen lajittimille on ominaista korkea roskien kestokyky sekä minimaalinen kuituhäviön määrä.

(Göttching & Pakarinen 2000, 122.)

4.3.2 Hienolajittelu

Karkealajittelun jälkeen on massasta poistettu karkea rejekti. Jäljelle massaan jääneet epäpuhtaudet ovat pienikokoisia. Hienolajittelussa joudutaan käyttämään kapeilla raoilla varustettuja sihtejä. Sihtien rakokoko vaihtelee käytetyn raaka-aineen mukaan.

Lyhytkuituisella massalla käytetään kapeampaa rakoväliä sihdeissä kuin pitkäkuituisella massalla. Rakoja suuremmat jäykät partikkelit rejektoituvat massasta.

Pyörrepuhdistimilla päästään myös hienoista raskaista partikkeleista, kuten hiekka, hyvin eroon. Käänteisellä pyörrepuhdistuksella saadaan kevyet partikkelit rejektoitua massasta. (KnowPap 10.0 2008; Seppälä ym. 2005, 69; Göttching & Pakarinen 2000, 124.)

Kiertokuidun hienolajittelu

Hienolajittelu on erittäin tärkeässä asemassa, kun valmistetaan uusiomassaa.

Kiertokuitua käyttävien paperikoneiden suurena ongelmana ovat tahmot. Tahmojen poistossa systeemistä hienolajittelulla on avainasema. Tahmot rejektoituvat massasta, mikäli ne ovat rakoja suurempia ja jäykkiä olomuodoltaan. Mikäli sihdeissä käytetään rajuja olosuhteita, on hyvin todennäköistä, että pehmeät ja muotoaan helposti muuttavat tahmot painetaan sihtikorin rakojen läpi akseptin joukkoon. Tahmojen kannalta olisi suotavaa, että hienolajittimissa vallitsevat olosuhteet olisivat mahdollisimman hellät. Pyörrepuhdistimet eivät ole erityisen tehokkaita tahmojen poistossa, koska tahmojen tiheys on usein hyvin lähellä veden tiheyttä. (Knowpap 10.0 2008; Hubbe 2002.)

4.4 Saostus

Hienolajittelun jälkeen puhdas massa saostetaan varastointisakeuteen ja pumpataan varastosäiliöön. Saostimella säädetään massan varastointisakeus. Yleensä massa varastoidaan noin 10 %:n sakeudessa. (Seppälä ym. 2005, 70.)

4.5 Varastointi

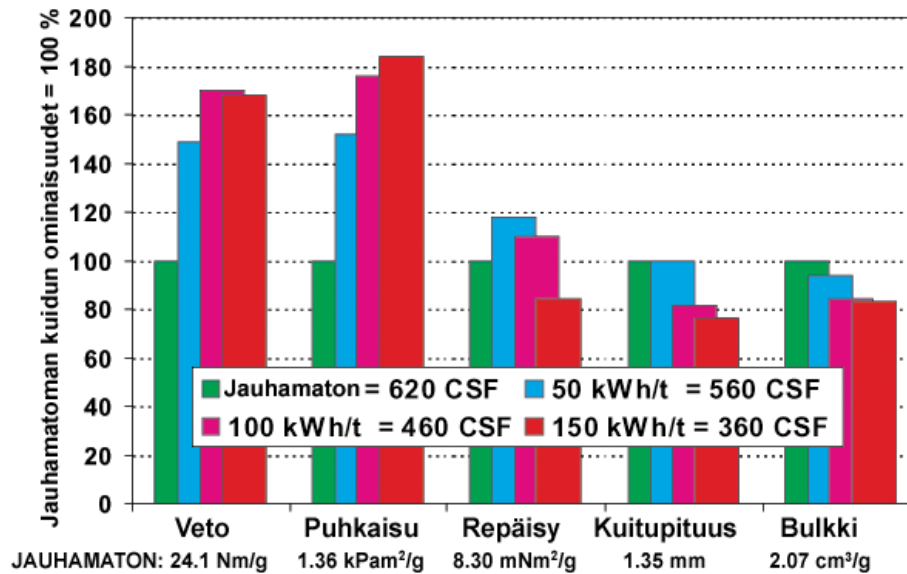
Massa varastoidaan suurissa varastotorneissa. Massan varastointisakeus vaihtelee käytettävissä olevan varastointitilan mukaan. Korkealla varastointisakeudella voidaan

varastoida massaa pienemmissä varastotorneissa. Korkea varastointisakeus kuitenkin vaikeuttaa massan liikuteltavuutta tornin sisällä, ja voi aiheuttaa niin sanottuja kuolleita alueita varastotorniin, jossa massa ei liiku ollenkaan. Kuolleilla alueilla mikrobitoiminta voi myös kiihtyä merkittävästi. (Göttsching & Pakarinen 2000, 204.)

4.6 Jauhatus

Jauhatuksen tavoitteena on parantaa kuidun ominaisuuksia. OCC-massan kuiduilla on erinomaiset lujuusominaisuudet, jotka saadaan esille jauhamalla massaa. Ruskeille OCC-massoille jauhatusta on välttämätöntä. Jauhatukseen käytettävä ominaisjauhatusenergia on yleensä noin 100-200 kwh/t. Jauhatuksen yhteydessä massan freenes laskee, SR-luku kasvaa, bulkki sekä suotautuminen huononee. Jauhatuksen vaikutuksia OCC-massan ominaisuuksiin on esitelty kuviossa 17. Hyvä jauhatustulos on kompromissi toivottujen ominaisuuksien suhteen. Massaa on jauhettava, jotta saadaan toivottua lujuutta paperiin, mutta kuitenkin siten, että menetettäisiin mahdollisimman vähän toivottua bulkkia. Hyvän jauhatustuloksen saamiseksi pitää valita oikeat jauhintyyppit sekä säädettävä ominaisjauhatusenergia sopivaksi. Valitsemalla myös oikeat prosessilaitteet ennen jauhatusa, taataan jauhimien pitkä käynti-ikä sekä toivottu jauhatustulos.

Kiertokuitua jauhetaan yleensä matalasakeusjauhimilla, joissa sakeus on noin 3 – 6 %. Myös suursakeusjauhatusta voidaan käyttää, silloin sakeus on noin 30 %:a. Suursakeusjauhatuksella ei menetetä niin paljon toivottuja ominaisuuksia, kuten kuidun pilkkoontumista ja repäisyjuuutta, verrattaessa sitä matalasakeusjauhatukseen. Suursakeusjauhimilla energian tarve on sitä vastoin suurempi kuin matalasakeusjauhimilla. (Göttsching & Pakarinen 2000, 193-199.)



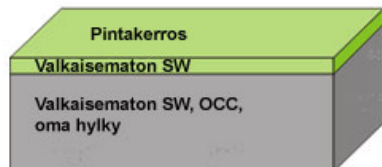
Kuvio 17. Jauhatuksen vaikutus OCC-massan ominaisuuksiin (KnowPap 10.0, 2008)

4.7 Loppukäyttö

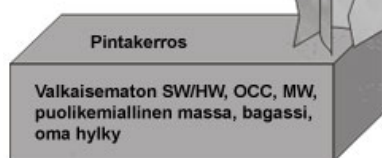
OCC:tä käytetään korvaamaan kallista ensikuitua lujutta vaativiin tuotteisiin. OCC:sta valmistetaan muun muassa aaltopahvin pintakartonkia eli testlaineria (kuvio 18). OCC:tä käytetään myös erilaisten kartonkien keskikerroksissa tuomaan lujutta kartongille (kuvio 19). Suomessa OCC:tä käytetään myös hylsykartongin raaka-aineena. (KnowPap 10.0 2008.)

OCC:n käyttökohteet Ulkopakkauskartongit

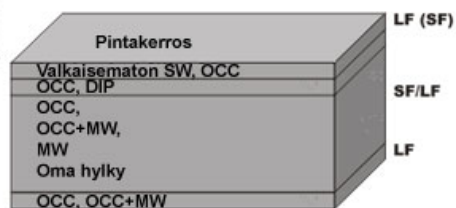
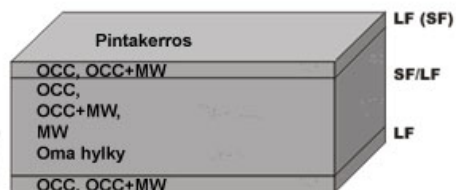
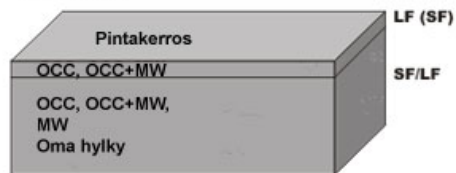
Kraflaineri



Aallotuskartonki

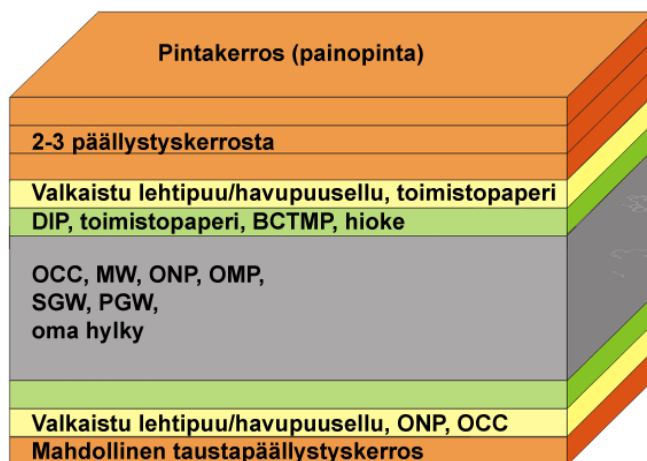


Testlaineri



SW = havusellu MW = mixed waste
HW = lehtipuusellu DIP = deinked pulp
SF = lyhytkuitu OCC = old corrugated container
LF = pitkäkuitu

Kuvio 18. OCC:n eri käyttökohteita (KnowPap 10.0 2008)



Kuvio 19. Uusiokuitukartongin rakenne (KnowPap 10.0 2008)

5 OCC:n käytön ongelmia

OCC:n käyttö edellyttää paljon huomioita prosessin eri osiin. Raaka-aineen käsittely on haastavaa siitä johtuvien epäpuhtauksien takia. Yleisesti tiedetään, miten suurimmat ongelmat voidaan välttää ja millä niistä päästään eroon. On kuitenkin muistettava, että jokainen paperikone on prosessiolosuhteiltaan yksilö, jolloin jokaiseen ongelmaan ei voida sanoa yhtä ja varmasti toimivaa ratkaisua.

5.1 OCC-massan varastointi

Kiertokuitumassan varastointi on haastavaa sen sisältämien epäpuhtauksien vuoksi. Erittäin tärkeää on massan sekoittaminen varastotornissa, jolloin massan koostumus pysyisi mahdollisimman homogeenisenä. Sekoittamisella ehkäistään myös mikrobitoiminnan kiihtymistä. Sekoittamisen yhteydessä on yleistä käyttää myös kierrätyspumppua, eli niin sanottua hullun kiertoa, jolloin massaa kierrätetään varastotornin pohjalta varastotornin pinnalle massapumpuilla. Myös massan syötössä varastotorniin voidaan käyttää kauhaa, joka jakaa massan tasaisesti koko varastotornin pinnan alalle. Tällä menettelyllä ehkäistään niin sanottua tulppavirtausta, jolloin massa ei sekoitu lainkaan varastotornissa vaan virtaa suoraan tornin läpi. Tulppavirtauksesta syntyvä ongelma on se, että varastotornin reunoille jäävä massa voi pahimmissa tapauksissa viipyä jopa useita viikkoja tornissa, ja näin luoda otolliset olosuhteet mikrobiologisille kasvustoille. Varastotornin reunoille kuivuvat ”massaklimpit” ovat myös erittäin otollisia paikkoja mikrobikasvustoille. Torniin sijoitettavilla pesureilla voidaan ehkäistä seinämille syntyvää mikrobikasvustoa, joka voi pahimmissa tapauksessa ruostuttaa varastosäiliön puhki.

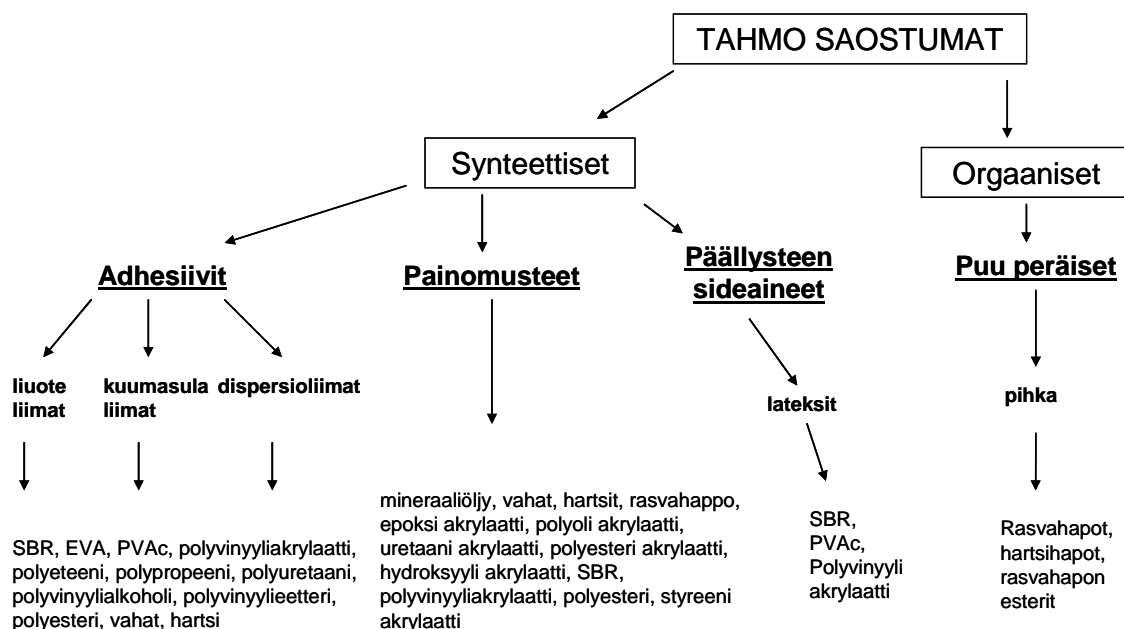
Kiihtynyt mikrobiologinen toiminta varastotornissa voi pahimmissa tapauksissa pilata massan käyttökelpottomaksi. Mikrobiologista toimintaa varastotornissa voidaan estää kierrättämällä massaa, sekoittamalla massaa sekä annostelemalla massan sekaan säilöntäkemikaalia. Eräs käytetty säilöntäkemikaali on peretikkahappo. Mikrobiologista toimintaa massatornissa voidaan seurata muun muassa pH-mittareilla, redox-mittareilla, sekä massanäytteillä. Mikrobitoiminnan kiihtyessä varastotornissa alkaa massan pH

laskea. Normaalista matalammasta pH:sta voidaan päätellä mikrobitoiminnan kiihtyneen varastotornissa.

Varastointisakeuden merkitys varastoinnissa on lähinnä varastointikapasiteetin kannalta tärkeä. Matalassa sakeudessa voi teoriassa massan sisältämät tahmopartikkelit agglomeroitua helpommin kuin sakeassa massassa, mutta oleellisesti tahmojen agglomeroitumiseen vaikuttavat muut tekijät enemmän. (Mäki, 10.6.2009.)

5.2 Tahmot

Tahmot ovat tahmeita hydrofobisia partikkeleita, jotka kulkeutuvat kierrätyskuidun mukana prosessiin. Tahmot voivat muodostua monista eri aineista (kuvio 20). Tahmot voivat näkyä paperissa likatäplinä, useimmin tahmot kuitenkin tarttuvat rainaa kuljettaville pinnoille, kuten viiroihin, huopiin, puristinosan pinnoille tai kuivatusosan pinnoille. Tahmoja luokitellaan kolmen eri ominaisuuden mukaan: koko, tyyppi sekä käyttäytyminen. (Göttsching & Pakarinen 2000, 442.)



Kuvio 20. Yleisimmät tahmojen aiheuttajat (Göttsching & Pakarinen 2000, 447)

Koko

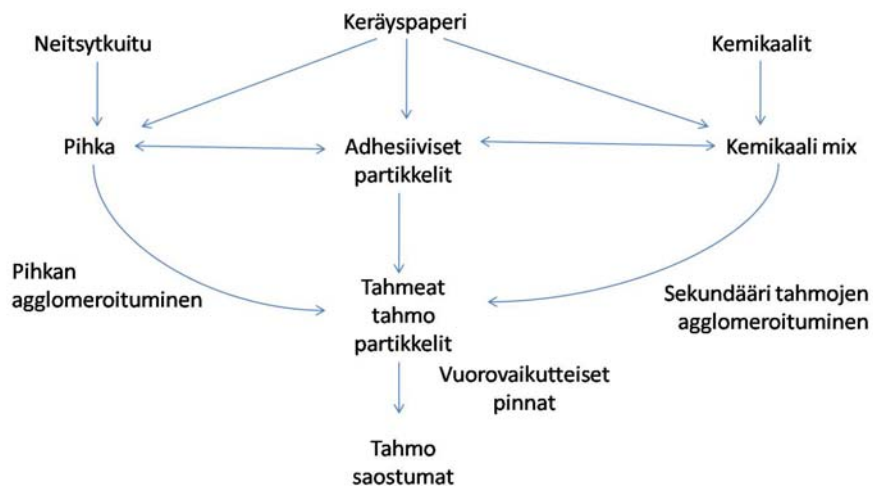
Yleisin käytetty luokittelumenetelmä tahmoille on niiden koko. Tahmot voidaan jakaa makro- ja mikrotahmoihin. Makrotahmat ovat suurempia kooltaan ja jäävät useimmiten hienolajittelussa lajittimeen, mikäli sihdissä käytettävä rakokoko on 0.15 mm tai pienempi. Mikrotahmot ovat niitä, jotka läpäisevät nämä sihdit. Makrotahmat voidaan siis poistaa tehokkaasti prosessista valitsemalla oikeanlaiset sihdit hienolajittelussa. (Göttsching & Pakarinen 2000, 443.)

Tyyppi

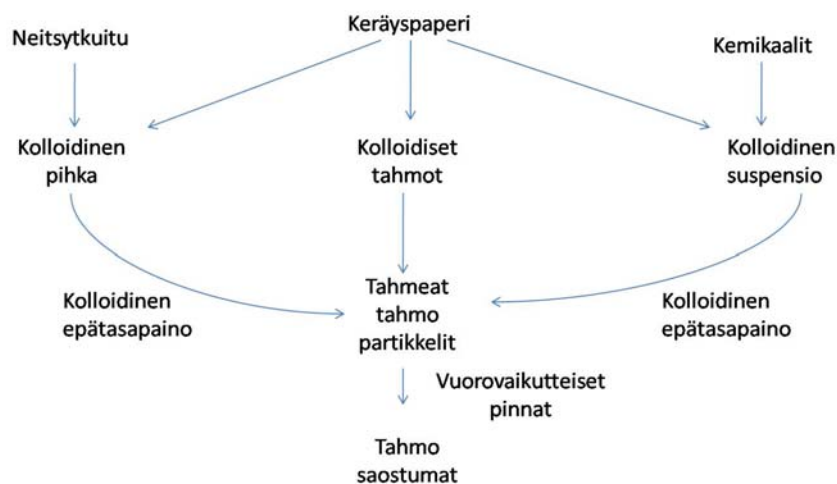
Tahmot jaetaan kahteen eri tyyppiluokkaan primaaritahmot ja sekundaaritahmot. Primaaritahmot ovat tahmoja, jotka voivat olla makro- tai mikrotahmoja, ja jotka ovat olleet läsnä massan pulpperoinnista saakka. Sekundaaritahmot muodostuvat paperikoneen prosessissa tapahtuvien prosessiolosuhteiden muutoksien, kuten lämpötilan vaihtelun, pH:n vaihtelun ja varausvaihtelun takia. Nämä prosessiolosuhteiden muutokset voivat aiheuttaa kolloidaalisten partikkeleiden agglomeroitumisen. Sekundaaritahmot voivat myös aiheuttaa paperikoneella primaaritahmojen kaltaisia ongelmia. (Göttsching & Pakarinen 2000, 443–444.)

Käyttäytyminen

Tahmojen käyttäytymisellä tarkoitetaan sitä, kuinka ne muodostuvat prosessissa, jossa on läsnä neitsytkuitua ja siinä olevaa pihkaa, kierrätyskuitua ja sen mukana tulevia epäpuhtauksia sekä paperikoneen prosessikemikaaleja. Tahmojen muodostuminen on erittäin monimutkainen ja vaikeasti ymmärrettävä prosessi. Alla olevissa kuvaajissa (kuvio 21 ja kuvio 22) on esitetty pelkistetysti, mitkä seikat voivat vaikuttaa tahmojen syntyyn kiertokuitua käyttävissä prosesseissa. Kuviossa 21 on esitetty tekijöitä, jotka vaikuttavat tahmosaostumien syntyyn. Kuviossa 22 on esitetty sekundääritahmojen syntyprosessi silloin, kun niihin kohdistuu shokkivaikutus. Shokki voi olla pH:n, lämpötilan, varauksen tai leikkausvoimien äkillinen muutos. Tahmojen syntyprosessia on tutkittu useita vuosia, mutta vieläkään ei voida täysin varmasti sanoa, kuinka tahmot muodostuvat paperikoneen monimutkaisessa prosessissa. (Göttsching & Pakarinen 2000, 444.)



Kuvio 21. Tahmosaostumien syntyyn vaikuttavia tekijöitä paperikoneen prosessissa (Göttsching & Pakarinen 2000, 444)



Kuvio 22. Sekundääritahmojen muodostuminen ja saostumien synty paperikoneen prosessissa. (Göttsching & Pakarinen 2000, 444)

5.3 Tahmojen aiheuttamia ongelmia

Tahmojen aiheuttamat ongelmat ovat helposti tunnistettavissa. Tahmot aiheuttavat saostumia muun muassa putkiin, kyyppien seiniin sekä perälaatikon seiniin. Tahmot voivat kerätä ympärilleen hienoainesta, kuituja ja mikrobiologista kasvustoa, joista voi muodostua suuria flokkeja. Flokkien vapautumiset putkista tai perälaatikosta paperikoneelle voivat aiheuttaa rataa reikiä tai jopa katkoja.

Kulkeutuessaan paperikoneelle tahmot jäävät yleensä kiinni liikkuviin pintoihin, kuten viiroihin, huopiin tai sylintereiden pinnoille. Kudoksiin kiinnittyneet tahmot aiheuttavat markkeerausta tai reikiä rainaan sekä huonontavat kudosten vedenpoistokykyä.

Vedenpoistokyvyn huonontuessa tukkeutuneiden kudosten käyttöikä laskee merkittävästi. Sylintereiden pinnoille kiinnijääneet tahmot aiheuttavat sylintereiden likaantumista ja lisäävät merkittävästi katkoriskiä. Kalantereiden pinnalla tahmot voivat aiheuttaa markkeerausta paperiin. Paperiin jääneet tahmot aiheuttavat ongelmia paperin rullauksessa. Toisiinsa kiinni jääneet kerrokset aiheuttavat katkoja aukirullauksessa kalantereilla, pituusleikkureilla sekä painokoneilla. (KnowPap 10.0 2008, Götsching & Pakarinen 2000, 445.)

5.4 Tahmojen hallinta

Tahmojen hallinta ja tahmojen aiheuttamat ongelmat paperikoneella ovat kiertokuitua käyttävien tehtaiden suurimmat haasteet. Tehokas tuotantoaika tulee varmasti vähenemään siirryttäessä kiertokuituun sen aiheuttamien katkojen ja muiden ongelmien myötä. Myös paperin laadun heikkeneminen on mahdollista siirryttäessä kiertokuidun käyttöön. Tahmojen hallintaan paperitehtaalla on käytössä viisi eri päämetodia:

Tahmojen prosessiin pääsyn esto

Pyritään valitsemaan raaka-aineet niin, että mahdollisia tahmeita aineita ei pääse prosessiin sisälle lainkaan.

Tahmojen poisto (Hienolajittelu)

Valitaan laitteet ja menetelmät, joilla päästään mahdollisimman hyvin tahmoista eroon.

Dispergointi

Dispergoidaan tahmot mahdollisimman pieniksi partikkeleiksi, jolloin niistä on vähemmän harmia prosessissa.

Passivointi ja fiksaus

Vaikutetaan tahmojen pintoihin aineilla, jotka vähentävät tahmojen pintojen adheesiota, ja kiinnitetään haitalliset partikkelit kuituihin tai hienoainekseen.

Torjuntamenetelmiä

Hallitaan dispergoituneiden tahmojen tuomia ongelmia prosessissa sekä estetään suurten flokkien syntyminen paperikoneella ja suojataan tärkeitä koneen osia kemikaaleilla. (Göttsching & Pakarinen 2000, 473–478.)

5.4.1 Tahmojen prosessiin pääsyn esto

Valitaan raaka-aineet sillä tavalla, että pyritään minimoimaan haitallisten aineiden pääsy prosessiin. Kaikkien tahmoja sisältävien raaka-aineiden prosessiin pääsyä ei voida hallita, tärkeää on ilmaista raaka-aineketjussa toimiville yrityksille raaka-aineen puhtaudesta ja sen merkityksestä. (Göttsching & Pakarinen 2000, 477.)

5.4.2 Tahmojen poisto

Hienolajittelu

Massan lajittelu on tehokkain tapa päästä eroon tahmoista sekä muista makrokoon partikkeleista. Hienolajittelu suoritetaan yleensä moniportaisissa systeemeissä. Nykyään hienolajittimissa voidaan käyttää hyvin pientä rakoa (0.10 mm). Kokemusten ja suoritettujen kokeiden perusteella voidaan kuitenkin sanoa, että ainoastaan rakokoolla ei ole merkitystä parhaimman tuloksen saamiseksi. Lajittimien sisällä vallitsevat voimat sekä lajittimien erilaiset tekniset ratkaisut vaikuttavat merkittävästi tahmojen poistoon. Yleisesti, mitä hellempät olosuhteet lajittimissa on, sitä korkeampi on niiden erottelukyky. Pitkäkuituista massaa käytettäessä lajitteluolosuhteet on kuitenkin säädettävä sille tasolle, että kuituhäviöt eivät kasva liian suuriksi.

Hienolajittelulla päästään yleensä eroon 40 - 90 %:sti tahmoista. Valitsemalla oikeat rakokoot, oikeat olosuhteet ja oikeanlaiset foilit hienolajittimissa, voidaan saavuttaa jopa 90 %:n tehokkuus. (Julien Saint Amand & Perrin 2002; 1-2, Delagoutte ym. 2002, 2-3.)

Pyörrepuhdistus

Pyörrepuhdistimilla päästään eroon pienistä, pehmeistä, muotoaan helposti muuttavista partikkeleista, jotka ovat päässeet hienolajittelussa sihtien läpi. Partikkeleiden rejektoitumisen ehtona on kuitenkin niiden tiheys, jonka tulee olla erisuuri kuin veden. Tahmojen poistossa pyörrepuhdistin on juuri tästä syystä huono laite. Useimmat tahmot, kuten vahat, lateksit, kuumasulaliimat ja kumi, ovat tiheydeltään hyvin lähellä veden tiheyttä eli 1 g/cm^3 . (Göttsching & Pakarinen 2000, 483–485.)

Kevyistä partikkeleista, kuten muovista ja styroksista, jotka tavallisessa pyörrepuhdistimessa kulkeutuvat akseptin mukana prosessissa eteenpäin, päästään eroon käänteisellä pyörrepuhdistuksella. Pyörrepuhdistimien heikon tehokkuuden takia on välttämätöntä, että käytetään moniportaista pyörrepuhdistuslaitosta. (Seppälä ym. 2005, 69.)

Flotaatio eli vaahdotus

Vaahdotus soveltuu hyvin tahmojen poistoon useiden tahmojen hydrofobisen luonteen vuoksi. Tahmopartikkelit kiinnittyvät ilmakupliin ja kulkeutuvat pinnalle, josta ne ovat helppo poistaa ylijooksun mukana pois. Vaahdotusprosessi poistaa myös tehokkaasti painomustetta massasta. (Göttsching & Pakarinen 2000, 485–486.)

5.4.3 Dispergointi

Dispergointia ei yleisesti käytetä tahmojen poistoon massasta, vaan sitä käytetään yleensä irrottamaan kuiduissa kiinni olevaa mustetta. Dispergointia voidaan tosin myös käyttää pilkkomaan tahmoja. Dispergoinnin tarkoituksena on pilkkoa massassa olevat tahmot niin pieniksi partikkeleiksi, jolloin ne eivät vaikuta enää paperikoneen ajettavuuteen. Dispergoinnin hyvänä puolena on myös se, että se parantaa kuitujen lujuusominaisuuksia jauhatusvaikutuksen avulla. Tämä parantaa paperikoneen ajettavuutta sekä lopputuotteen lujuusominaisuuksia.

Dispergoinnin huonona puolena on kuitenkin se, että se ei poista tahmoja massasta vaan pilkkoo ne pienempään kokoon. Tahmojen määrä massassa ei muutu, kun taas tahmopartikkeleiden ominaispinta-ala kasvaa. Voidaan vain toivoa, että

dispergointilaitteisto pilkkoo tahmot niin pieniksi, että ne poistuvat lopullisesti kiertovesijärjestelmästä prosessiveden puhdistuksen kautta. Ongelmia dispergoituneille tahmoille aiheuttavat lämpötila- sekä pH-shokit, jotka saavat tahmopartikkelit agglomeroitumaan. (Göttsching & Pakarinen 2000, 491-492.)

5.4.4 Passivointi

Tahmojen passivoinnilla pyritään pääsemään eroon tahmojen ominaisuudesta takertua pintoihin kiinni. Passivoinnilla vaikutetaan tahmojen pintoihin. Pinnat pyritään muuttamaan tahmeista passiivisiksi. Tahmojen passivointiin voidaan käyttää useita eri mineraaleja, kuten talkkia, bentoniittia ja kalsiumkarbonaattia, myös erilaisia kemikaaleja on käytössä runsaasti. Ongelmana mineraalien käytölle ovat niiden suuret annostelumäärät. Suuret annostelumäärät vaativat suuret annostelulaitteet jotka ovat myös kalliita. Talkille yleinen annostelumäärä on noin 5-20 kg/t massaan. Yleisemmin käytetään passivointikemikaaleja, joiden annostelumäärät ovat pieniä ja helposti hallittavia.

Tahmojen passivointiin käytetään myös erilaisia fiksatiiveja, joko yksinään tai yhdessä, passivointikemikaalien kanssa. Fiksatiiveilla kiinnitetään tahmot kuituihin, jolloin ne eivät pääse muodostamaan saostumia prosessiin, vaan kulkeutuvat rainan mukana pois prosessista. Kemikaaleja, joista löytyvät molemmat ominaisuudet, passivointi ja fiksaus, on myös saatavilla.

Paperiteollisuuden kemikaalitoimittajilta löytyy useita erilaisia vaihtoehtoja tahmojen passivointiin. Usein tuotteiden toimivuutta joudutaan testaamaan paperikoneolosuhteissa ennen kuin voidaan tarkemmin spekuloida niiden toimivuudella. Passivoinnin kannalta tärkeintä on selvittää passivointituotteiden annostelupaikka ja -määrä prosessissa. Annostelu tulisi suorittaa ennen kuin pienet tahmopartikkelit ehtivät agglomeroitua suuriksi partikkeleiksi, jolloin estetään mahdollisten saostumien syntyminen prosessiin. (Göttsching & Pakarinen 2000, 492–497; Markkanen 5.7.2009.)

5.4.5 Torjuntamenetelmiä

Välttämällä lämpötila- ja pH-shokkeja estetään dispergoituneiden tahmopartikkeleiden agglomeroituminen. Lämpötila- sekä pH-shokkien välttäminen on tahmopartikkeleiden agglomeroitumisen ja prosessiin kumuloitumisen kannalta tärkein hallittava suure paperikoneella.

Suojaamalla tiettyjä paperikoneen osia, kuten viiroja ja sylintereitä, voidaan vähentää tahmojen aiheuttamia ongelmia tärkeissä paperikoneen osissa. Suojaustoimenpiteet eivät varsinaisesti ole ratkaisu tahmo-ongelmaan, mutta niillä voidaan ehkäistä katkoja ja siten parantaa koneen käyntiaikaa.

Käytettäessä kationisia polymeerejä anionisten tahmopartikkeleiden neutralisoimiseen, joudutaan käyttämään suuria määriä kemikaaleja. Suuret kemikaalien annostelumäärät voivat aiheuttaa ongelmia märänpään kemiassa. Tämän takia on hyvin yleistä, että kemikaalia ruiskutetaan suoraan viiralle, jolloin se muodostaa viiran pinnalle suojaavan kerroksen tahmopartikkeleita vastaan. Polymeerit estävät tahmopartikkeleiden kiinnittymisen viiraan ja ehkäisevät viiran tukkeutumista. Dispergoituneet tahmopartikkelit kulkeutuvat rainan mukana pois systeemistä. Lisättäessä kationisia polymeerejä massan sekaan, ovat annostelumäärät varsin suuria, noin 2.0-5.0 kg/t, kun taas ruiskutettaessa kemikaalia viiralle, päästään huomattavasti pienempiin annostelumääriin, noin 1.0-1.3 kg/t.

Samanlaisella tekniikalla voidaan myös päällystää huopia ja sylintereitä. Yleisesti, esimerkiksi keskitelalle suihkulla applikoitava kemikaalimäärä, on melko pieni, 5-20 ml/min/m. Huovan kunnostukseen lisätään kemikaalia yleensä 200-2000 ppm suihkuveteen. Määrät ovat tuoteriippuvaisia ja erittäin merkittävästi ongelman laajuudesta kiinni. (Göttsching & Pakarinen 2000, 497–498; Markkanen 5.7.2009.)

6 Johtopäätökset OCC:n käytön kannalta

OCC:n käytön suurimpana yksittäisenä haasteena ovat selvästi tahmot. On kuitenkin muistettava, että OCC-massan mukana kulkeutuu prosessiin myös joukko muita sinne kuulumattomia jakeita, jotka voivat aiheuttaa prosessiin päästessään ongelmia. Myös OCC-massan pitkäaikainen säilöminen aiheuttaa omat haasteensa mahdollisten mikrobikasvustojen vuoksi.

6.1 Varastointi

Paalien varastointi tehtaalla

Suosittelavaa on varastoida paalit sisätiloissa. Kosteassa ilmanalassa varastoiduissa paaleissa mikrobitoiminta kiihtyy ja mätänemisprosessi voi alkaa. Varastoitaessa kierrätyspaperia sisätiloissa tulisi terveysturvallisuuden kanssa selvittää mahdollisten henkilösuojainten käyttömääräyksistä.

Varastoinnin yhteydessä olisi suotavaa ottaa tehtaalle saapuvasta kiertokuiduista näytteitä. Erittäin suositeltavaa on vähintään kosteusprosentin valvonta. Mikäli kosteusprosentti nousee yli 10 prosentin, ilmakehän painosta voidaan 10 prosentin ylittävistä osuudesta hakea korvauksia. (SFS-EN 643.)

Massan varastointi

Massan varastoinnissa on huomioitavaa massan kierrätys varastotornissa.

Varastointiajan pidentyessä useista päivistä jopa muutamiin viikkoihin, on massalle välttämätöntä sen kierrätys varastotornissa. Massan kierrätys varastotornissa, esimerkiksi ”hullunkierrolla”, ehkäisee mikrobitoiminnan kiihtymistä. Hullunkierrolla yhteyteen on myös helppo lisätä säilöntäkemikaalien annostelupaikka. Varastoitaessa kiertokuitumassaa, on säilöntäkemikaalin käyttö lähes välttämätöntä. Peretikkahappoa tai ammoniumbromidia voidaan käyttää säilöntäkemikaalina kiertokuitumassatorneissa, joissa ne tappavat mikrobitoimintaa tehokkaasti. Myös viuhkapesureiden käyttö on erittäin suositeltavaa varastotorneissa. Viuhkapesureilla ehkäistään massatornin seiniin

kuivuvien ”massatilojen” synty. Tornin seinämille jääneiden ”massatilojen” alle voi muodostua korroosiota kiihdyttävää mikrobitoimintaa. Pahimmassa tapauksessa massatornin säiliö voi ruostua puhki.

Varastoinnin valvontaan voidaan käyttää pH-mittaria, Redox-mittaria tai perinteisempää massanäytteen ottoa. Kiihtyneestä mikrobitoiminnasta kertoo muun muassa massan laskenut pH, ja myös hajuhaittoja voi ilmetä.

Massan sekaan lisättävän säilöntäkemikaalin käyttömäärät voivat vaihdella merkittävästi mikrobiongelman vakavuuden mukaan. Ongelman laajuuden mukaan myös hinta voi vaihdella merkittävästi, mutta yleisesti mikrobinhallinta maksaa noin 1-3 €/t. (Mäki, 10.6.2009.)

6.2 Massan pH:n säätö

Massan pH:n säätö ei yleisesti ole ongelmallinen kiertokuitua käytettäessä. Yleensä kiertokuidun mukana prosessiin kulkeutuva karbonaatti nostaa massan pH:ta, jota on helppo säätää pulpperiin lisättävän hapon avulla. pH:n säädössä on käytetty muun muassa sitruunahappoa, joka on edullinen vaihtoehto. pH:n mittauspisteitä tulisi prosessiin sijoittaa muutamia. Ensimmäinen mittauspiste tulisi olla melko lähellä pulperointia, esimerkiksi pumppaussäiliössä. Toinen mittauspiste voidaan sijoittaa esimerkiksi massan varastotorniin. (Mäki, 10.6.2009.)

6.3 Tahmot

Tahmojen hallinnan kannalta erityisen tärkeää on välttää lämpötila- sekä pH-shokkeja prosessissa. Lämpötila- ja pH-shokit saavat tahmopartikkelit agglomeroitumaan.

Passivointi ja fiksaus

Tahmojen passivointiin voidaan käyttää useita eri menetelmiä. Suositeltavaa on käyttää passivoivaa ja fiksaavaa kemikaalia yhdessä. Tällä menettelytavalla saadaan passivoidut hydrofobiset häiriöainekset kiinnitettyä kuidun tai hienoaineksen pintaan ja kulkeutumaan ulos prosessista. Kemikaalin annostelupaikka voisi olla massatornin

hakuveden yhteyteen liitettävä annostelulaitteisto. Kemikaalien hinnat vaihtelevat suuresti niiden ominaisuuksien mukaan mutta yleisesti voidaan todeta, että passivoinnissa ja fiksauksessa liikutaan hintaluokassa 2-5 €/t.

Myös erilaisia mineraaleja, kuten talkkia ja bentoniittia, on käytetty massan tahmojen passivointiin. Mineraalien käyttöä tahmojen passivoinnissa rajoittaa kuitenkin niiden suuret annostelumäärät sekä kalliit annostelulaitteet. (Mäki, 10.6.2009, Markkanen 5.7.2009.)

Suojakemikaalit

Paperikoneen tiettyjä osia voidaan suojata erityisillä suojakemikaaleilla.

Suojakemikaaleja käytetään yleisesti suojaamaan viiroja, huopia sekä teloja. On erityisen suositeltavaa ottaa suojakemikaalit käyttöön, käytettäessä kiertokuitua ensimmäistä kertaa. Kemikaalit luovat suojattavalle pinnalle kalvon, johon tahmopartikkelit eivät pääse tarttumaan. Suositeltavaa on suojata ainakin märkäviirat sekä keskitela. Suojaamalla, esimerkiksi viiroja suojakemikaaleilla, voidaan niiden käyttöikää pidentää merkittävästi. Suojakemikaalit annostellaan yleisesti suihkuvesiin, ja niiden annostelumäärät määräytyvät suihkuissa käytettävien vesimäärien mukaan. Suojakemikaalien hinnat ovat 1,5-2,5 €/kg. (Mäki, 10.6.2009; Markkanen 5.7.2009.)

Lähteet

- Anttila, Sauli. 2009. Materiaalijohtaja. Kysymyksiä paperinkeräyksestä. S-posti. sauli.anttila@lassila-tikanoja.fi. Tulostettu 26.5.2009. Lassila & Tikanoja Oyj
- Delagoutte, Thierry, Julien Saint Amand, Francois & Perrin, Bernard 2002. The evaluation of industrially relevant screening parameters for the removal of PSA in paper recycling mills, 4th CTP recycled fibres forum. TOME II. 26.-27. February, 2002 Grenoble
- Fabry, Benjamin & Cochaux, Alain 2002. Defibering and deflaking behaviour of HRP and OCC raw materials in different pulpers for different pulping conditions, 4th CTP recycled fibres forum. TOME II. 26.-27. February, 2002 Grenoble
- Göttsching, Lothar & Pakarinen, Heikki 2000. Papermaking Science and Technology Book 7, Recycled Fiber and Deinking. Helsinki: Fabet Oy
- Hubbe, Martin A 2002. A Cure for Stickies [online] [viitattu 5.4.2009] Saatavissa: <http://moodle.tamk.fi/mod/resource/view.php?id=87451>
- Jalasjoki, Timo. 2009. Laitospäällikkö. Kysymyksiä paperinkeräyksestä. S-posti. timo.jalasjoki@paperinkerays.fi. Tulostettu 17.4.2009. Paperinkeräys Oy
- Julien Saint Amand, Francois & Perrin, Bernard 2002. Optimisation of screen plate design, 4th CTP recycled fibres forum. TOME II. 26.-27. February, 2002 Grenoble
- Markkanen, Kirsi. 2009. Technical Sales Consultant. OCC tahmot paperikoneella. S-posti. kmarkkanen@herc.com. Tulostettu 7.5.2009. Hercules Finland Oy
- Metsäteollisuus Ry. [www-sivu]. [viitattu 2.4.2009] Saatavissa: <http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu/TilastokuviotVanh/Metsavarat/Forms/AllItems.aspx>
- Mäki, Petri. 2009. Myyntipäällikkö. OCC tahmot paperikoneella. S-posti. petri.maki@banmark.fi. Tulostettu 18.5.2009. Banmark Oy
- Mäki, Petri. 2009. Myyntipäällikkö. Puhelinkeskustelu 10.6.2009. Banmark Oy
- Seppälä, Markku J., Klemetti, Ursula, Kortelainen, Veli-Antti, Lyytikäinen, Jorma, Siitoinen, Heikki & Sironen, Raimo 2005. Kemiallinen metsäteollisuus 1, Paperimassan valmistus 2-3. painos. Helsinki: Opetushallitus

SFS-EN 643 Eurooppalainen luettelo keräyspaperin ja -kartongin standardilajeista 2002. 2. Painos. [online] [pdf] [viitattu 3.5.2009] Saatavissa: UPM Kymmene Oyj:n intranet. Sopimus 178/2003.

Suomen aaltopahvi yhdistys Ry. [www-sivu]. [viitattu 12.6.2009] Saatavissa: <http://www.aaltopahvi.fi/index.php?documentid=15&sub=4>

Suomen aaltopahvi yhdistys Ry. [www-sivu]. [viitattu 11.7.2009] Saatavissa: <http://www.aaltopahvi.fi/index.php?documentid=3>

VTT Tuotteet ja tuotanto 2008. KnowPap Versio 10.0. VTT tuotteet ja tuotanto.[online] [viitattu 1.4.2009]. Saatavissa: file:///knowpap/suomi/knowpap_system/user_interfaces/tuotantoprosessit/papvalm.htm

Liitteet

Liite 1: SFS-EN 643, Eurooppalainen luettelo keräyspaperin ja -kartongin standardilajeista

- Ryhmä 1 - alalajit**
- 1.01 Sekalainen paperi ja kartonki, lajittelematon
 - 1.02 Sekalaiset paperit ja kartongit (lajiteltu)
 - 1.03 Hammaa kartonki
 - 1.04 Supermarketeista kerätty paperi ja kartonki
 - 1.05 Aaltopahvilaatikot
 - 1.06 Myymättä jääneet aikakauslehdet
 - 1.06.01 Myymättä jääneet aikakauslehdet ilman liimaa
 - 1.07 Puhelinluettelot
 - 1.08 Sekalaiset sanomalehdet ja aikakauslehdet 1
 - 1.09 Sekalaiset sanomalehdet ja aikakauslehdet 2
 - 1.10 Sekalaiset sanomalehdet ja aikakauslehdet
 - 1.11 Lajiteltu, siistaukseen tarkoitettu graafinen paperi
- Ryhmä 3 - ylälajit**
- 3.01 Sekalainen, lievästi värillinen, puuvapaa painokoneen leikkuutähde
 - 3.02 Sekalainen, lievästi värillinen, puuvapaa painokoneen leikkuutähde
 - 3.03 Puuvapaat sidokset
 - 3.04 Revitty, valkoinen leikkuutähde
 - 3.05 Valkoiset, puuvapaat kirjoituspaperit
 - 3.06 Valkoiset littekirjelomakkeet
 - 3.07 Valkoiset, puuvapaat tietokonetulosteet
 - 3.08 Painettu, valkaistu sulfaattikartonki
 - 3.09 Kevyesti painettu, valkaistu sulfaattikartonki
 - 3.10 Moniväripainettu paperi
 - 3.11 Voimakkain värein painettu, valkoinen monikerroskartonki
 - 3.12 Valkoinen monikerroskartonki, jossa kevyt väripainatus
 - 3.13 Valkoinen, painamaton monikerroskartonki
 - 3.14 Valkoinen sanomalehtipaperi
 - 3.15 Valkoinen, mekaanisesta massasta valmistettu, päällystetty ja päällystämätön paperi
 - 3.15.01 Valkoinen, mekaanisesta massasta valmistettu, päällystetty paperi
 - 3.16 Valkoinen, puuvapaa, päällystetty paperi, joka ei sisällä liimaa
 - 3.17 Valkoinen leikkuutähde
 - 3.18 Valkoinen, puuvapaa leikkuutähde
 - 3.18.01 Valkoinen, puuvapaa, päällystämätön leikkuutähde
 - 3.19 Painamaton, valkaistu sulfaattikartonki
- Ryhmä 2 - keskilajit**
- 2.01 Sanomalehdet
 - 2.02 Myymättä jääneet sanomalehdet
 - 2.02.01 Myymättä jääneet sanomalehdet, fleksopainatus ei sallittu
 - 2.03 Kevyesti painettu valkoinen leikkuutähde
 - 2.03.01 Kevyesti painettu valkoinen leikkuutähde ilman liimaa
 - 2.04 Voimakkain värein painettu valkoinen leikkuutähde
 - 2.04.01 Voimakkain värein painettu valkoinen leikkuutähde ilman liimaa
 - 2.05 Lajiteltu toimistopaperi
 - 2.06 Värilliset kirjoituspaperit
 - 2.07 Valkoiset puuvapaat kirjat
 - 2.08 Värilliset puuvapaat aikakauslehdet
 - 2.09 Itsejäljentävä paperi
 - 2.10 Valkaistu puuvapaa PE-päällystetty kartonki
 - 2.11 Muu PE-päällystetty kartonki
 - 2.12 Mekaanisesta massasta valmistetut tietokonetulosteet
- Ryhmä 4 - voimaperilajit**
- 4.01 Aaltopahvin leikkuutähde
 - 4.01.01 Käyttämätön aaltopahvi
 - 4.01.02 Käyttämätön aaltopahvi
 - 4.02 Käytetty aaltopahvi 1
 - 4.03 Käytetty aaltopahvi 2
 - 4.04 Käytetyt voimaperisäkit
 - 4.04.01 Käytetyt voimaperisäkit, mukana muovipäällysteistä paperia
 - 4.05 Käyttämättömät voimaperisäkit
 - 4.05.01 Käyttämättömät voimaperisäkit, mukana muovipäällysteistä paperia
 - 4.06 Käytetty voimaperi ja -kartonki
 - 4.07 Uusi voimaperi ja -kartonki
 - 4.08 Uusi pullopakkaukskartonki
- Ryhmä 5 - erikoislajit**
- 5.01 Sekalainen keräyspaperi ja -kartonki
 - 5.02 Sekalaiset pakkaukset
 - 5.03 Nestekartonkipakkaukset
 - 5.04 Käärepaperi
 - 5.05 Märkälujat tarrat
 - 5.06 Painamattomat, valkoiset, märkälujat puuvapaat paperit
 - 5.07 Painetut, valkoiset, märkälujitetut puuvapaat paperit