

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
Kemiantekniikan osasto
Paperitekniikan laboratorio
Kandidaatintyö

UUSIOMASSA JA SEN KÄYTTÖ PAPERINVALMISTUKSESSA

Pvm: 16.10.2008
Tekijä: Heli Määttä, 0295393, kete 4
Tarkastaja: Mika Pulkkinen, DI

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	2
2	UUSIOMASSAN RAAKA-AINEET	3
3	UUSIOMASSAN VALMISTUS	4
3.1	Siistaamattoman uusiomassan valmistus	5
3.1.1	Pulpperointi	5
3.1.2	Karkealajittelu	6
3.1.3	Pyörrepuhdistus	7
3.1.4	Fraktiointi ja pitkän kuidun hienolajittelu	7
3.1.5	Lyhyen ja pitkän kuidun saostus	8
3.1.6	Dispergointi	8
3.1.7	Jätteet ja jätevedet	8
3.2	Siistatun uusiomassan valmistus	9
3.2.1	Pulpperointi	10
3.2.2	Esilajittelu ja massan välivarastointi	12
3.2.3	Painoväriin poisto	12
3.2.4	Jälkilajittelu	14
3.2.5	Sakeutus	14
3.2.6	Dispergointi	14
3.2.7	Valkaisu	15
3.2.8	Jälkivaahdotus	15
3.2.9	Loppusakeutus ja varastointi	15
3.3.0	Veden puhdistus sekä rejektin ja jätteiden käsittely	16
4	UUSIOMASSAN OMINAISUUDET	16
5	UUSIOMASSA PAPERIN VALMISTUKSEN RAAKA-AINEENA	17
6	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET	20

1 JOHDANTO

Uusiomassa on keräyspaperista valmistettu massa, jossa on vain uusiokuituja ja jota käytetään paperin valmistuksessa joko siistattuna tai siistaamattomana. Siistatusta keräyspaperista valmistettua massaa sanotaan DIP -massaksi (De-Inked Pulp). Uusiokuitumassojen sanotaan olevan raaka-ainepohjansa vuoksi koostumukseltaan pääosin heterogeenisiä, sillä ne sisältävät erityyppisten ja erikäisten kuitujen lisäksi tiettyjä määriä paperin valmistuksessa käytettyjä aineita (täyteaineita, pigmenttejä, sideaineita, painovärijäämiä, liimoja ja lisäaineita). /1, 2, 3, 4/

Keräyspaperin hyödyntäminen paperi- ja kartonkiteollisuuden raaka-aineena alkoi Suomessa toisen maailmansodan aikana 1940-luvulla. Keski- ja Etelä-Euroopassa sekä Englannissa oli puukuitujen uudelleenkäyttö ollut tuttua ja merkittävää jo paljon ennen toista maailmansotaa. Keräyspaperin talteenotto on kasvanut Suomessa tasaisesti 1940-luvulta lähtien aina tähän päivään saakka ja kyseinen trendi jatkuu lähitulevaisuudessa edelleen. Nykyään keräyspaperin käytön osuus maailman kartonki- ja paperiteollisuuden raaka-aineena on n. 45 %, minkä vuoksi keräyspaperilla on suuri merkitys paperiteollisuudessa. Tulevaisuudessa merkitys tulee todennäköisesti kasvamaan, mikä riippuu lainsäädännöstä, ohjeistuksesta ja yleisestä mielipiteestä. /1, 2/

Paperinkeräyksen hoidossa ei eri maiden kesken ole suuria eroja. Keräilyjärjestelmät sekä kierrätettävän ja kaatopaikoille joutuvan paperin lähteet ovat maittain samankaltaisia. Keräyspaperin talteenottoaste eli keräysaste on kerätyn paperimäärän suhde kulutettuun paperimäärään /5/. Eri paperituotteiden kesken talteenottoaste vaihtelee suuresti, koska kierrätettyä paperia ei voida käyttää kaikkien paperituotteiden raaka-aineena /5/.

2 UUSIOMASSAN RAAKA-AINEET

Uusiomassa valmistetaan keräyspaperista. Yhteen tai useampaan kertaan paperin muodossa ollut puukuitu käytetään uudelleen paperin raaka-aineena (kuva 1). Koska puukuitu lyhenee jokaisen käyttökerran (paperin valmistuksen vaiheet, jauhatus, kemikaalien lisäys ja kuivatus) jälkeen, voidaan sitä kierrättää vain n. 3-5 kertaa, jotta raaka-ainearvo ei vähene. Kuivauksen seurauksena kuitujen uudelleenturpoaminen estyy, sillä kuidun seinämät luhistuvat sekä kovettuvat. Kuidut eivät pysty sarveistumisen vuoksi muodostamaan enää ollenkaan lujia sidoksia. /1, 2, 3, 6/

Keräyspaperi on teollisuuden käyttöön talteen otettua ja lajiteltua paperia, jossa ei ole suoranaista likaa, kiviä, metalleja tai mädäntynyttä paperia. Keräyspaperin käyttö paperinvalmistuksen raaka-aineena riippuu keräyspaperin saatavuudesta, lainsäädännöstä, käytön taloudellisuudesta ja keräyspaperista saatavan massan paperiteknisistä ominaisuuksista. /1, 2/



Kuva 1. Keräyspaperin kiertokulku. /1/

Keräyspaperin laadun määräävät kuitupohjan ohella paperin sisältämät vieraat aineet kuten eri liimat, bitumi, muovi ja vaha. Keräyspaperin sisältämien

haitallisten vieraiden aineiden määrää rajoitetaan keräysohjeiden ja standardien avulla. /1, 2/

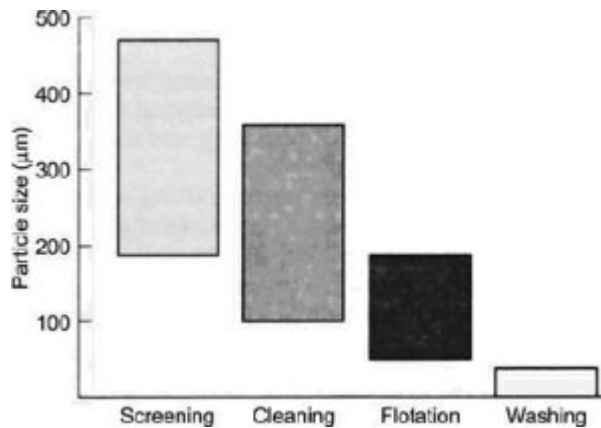
Keräyspaperilajit jaotellaan Suomessa eurooppalaisen keräyspaperistandardin mukaan. Kotikeräyspaperia (laji 1.09) on kaikki postiluukusta tai – laatikosta tullut paperi. Keräyspahviksi (laji 1.05) kuuluvat erilaiset käytetyt aaltopahvilaatikot ja – arkit. Kevyesti painettu valkoinen leikkuutähde (laji 2.03) käsittää lähinnä mekaanisesta massasta valmistetun paperin. Lajiteltua toimistopaperia (laji 3.10) ovat kopio- ja kirjoituspaperit, tulosteet, atk-listat ja ruutulehtiöpaperit ja keräyskartonki (laji 5.02) käsittää kaiken kauppakassin mukana kotiin tuodut paperi- ja kartonkipakkaukset. Yleisesti voidaan sanoa, että keräyspaperilajia voidaan käyttää saman tuotteen valmistamiseen. /1, 2/

Keräyspaperi kuljetetaan uusiomassalaitokselle 250 - 1000 kg:n paaleina joko rekka-autoilla tai rautateitse. Suurin osa paperiteollisuuden tarvitsemasta keräyspaperin tarpeesta saadaan Suomessa Paperinkeräys Oy:n kautta. Kyseisellä yhtiöllä on alihankkijoina osaavia paperinkeräysliikkeitä, urheiluseuroja ja muita vastaavia yhdistyksiä. Jonkin verran puhtaasta uusiomassan raaka-aineesta saadaan suoraan esim. paperitehtaiden yhteydessä toimivilta paperinjalostuslaitoksilta. /1/

3 UUSIOMASSAN VALMISTUS

Uusiomassan valmistuksessa pääasialliset tehtävät ovat keräyspaperin sisältämien epäpuhtauksien poistaminen ja paperikuitujen alkuperäisten ominaisuuksien palauttaminen. Epäpuhtauksien poistamiseen käytetyt menetelmät jaotellaan mekaanisiin, lämpöön perustuviin ja kemiallisiin menetelmiin. Epäpuhtauksien poisto mekaanisesti tapahtuu niiden koon (kuva 2), tiheyden tai pinta-alan perusteella. Lämmönkäytöllä voidaan taas vaikuttaa lämmölle herkkien epäpuhtauksien (esim. bitumi, vaha ja kuumasaumautuva liima) olotilaan siten, että ne ovat helpommin dispergoitavissa tai kokonaan poistettavissa. Kemiallisia

menetelmiä hyödynnetään esim. märkälujan paperin hajotuksessa ja siistauksessa eli painoväriin poistossa. /1, 2/



Kuva 2. Epäpuhtauksien poistoon käytetyt menetelmät partikkelin koosta riippuen. /7/

Yhdestä tonnista keräyspaperia on mahdollista saada uusiomassaa n. 850 kg. Uusiomassatonnin valmistus vie sähköenergiaa 300 - 350 kWh ja jätevettä muodostuu 10 - 15 m³, josta kuivatuksen jälkeen syntyy jätettä 100 - 200 kg. Uusiomassan valmistuksen yhteydessä täytyy myös huomioida kemikaali- ja investointikustannukset. /3/

3.1 Siistaamattoman uusiomassan valmistus

Siistaamattoman uusiomassan valmistusprosessissa voidaan erottaa kuusi eri päävaihetta: pulperointi, karkealajittelu, pyörrepuhdistus, fraktiointi ja pitkän kuidun hienolajittelu, lyhyen ja pitkän kuidun saostus sekä dispergointi. /2/

3.1.1 Pulperointi

Siistaamattoman uusiomassan valmistus alkaa keräyspaperin syötöllä lamellikuljettimella jatkuvatoimiseen pulperiin, joka on yksi uusiomassalaitoksen keskeisimmistä laitteista. Pulperilla päästään eroon suurimmasta osasta raskaasta ja suurikokoisesta rejektistä. Toisiopulperilla erotetaan raskain ja kevyin rejekti ja ragger-laitteella köyttämuodostavat partikkelit. Keräyspaperi hajotetaan pulperissa moottorin avulla pyörivän pulperin roottorin aikaansaaman liike-energian ja veden avulla. Pulperissa on

vesitorni, josta saadaan pulpperiin tarvittaessa laimennus- ja sakeudensäätevettä. Lisäksi vesitorni toimii väliaikaisena varastona kiertovedelle pulpperin ollessa pois päältä. /1, 2/

Massaltaan kevyt rejekti pyörii massasulpun virtauksen mukana. Pulpperin pohjaan on sijoitettu kanava roottorin ympärille. Raskain rejekti kulkeutuu toisiopulpperin syöttökammioon, jonne myös kevyt rejekti kerääntyy. Raskain rejekti johdetaan laimennusvesivirtauksella romuloukkuun. Laimennusvesi pakottaa kuidut jäämään syöttökammioon. Ennen toisiopulpperia on prosessissa rejektipumppu, jonne kevyt rejekti johdetaan. Rejektipumppu pumppaa sekä pesuun tarkoitettua laimennusvettä että massasuspension toisiopulpperille, joka erottaa sihtilevyn reikiä läpäisemättömät raskaat sekä kevyet likapartikkelit. Toisiopulpperissa on siis sekä pulpperi että sihti. Reikäisen sihdin päällä pyörii roottori, joka aikaansaa kuitumöykyissä ja rejektissä kuituuntumista ja silppuuntumista. Sihtilevyn läpäisseet partikkelit ovat akseptia ja ei-läpäisseet rejektiä. Rejekti kerätään sihdiltä ja kuljetetaan rumpuun. Reijällä varustettu rumpu pyörii ja läpäisee veden, kuidut ja muut pienet partikkelit, jotka kulkeutuvat vesisäiliöön ja joita myöhemmin käytetään huuhteluvetenä toisiopulpperissa. Rummun rejekti kuljetetaan ulos systeemistä myöhempää käsittelyä varten. /2/

Ragger – laitteen (lumpunkeräin) läpi kulkee pulpperiin köysi, johon tarrautuvat suuret ja pitkät komponentit, kuten paalilangat ja isokokoiset muovikalvot. Köysi kasvaa koko ajan massan virratessa sen ympärillä. Pulpperin sakeudensäätevedellä huuhdellaan köysi, jotta kuituhäviötä ei pääse tapahtumaan. Kun köysi on kasvanut tarpeeksi pitkäksi, vedetään sen kasvanut osuus pois pulpperista. Tämän jälkeen köysi käsitellään katkaisulaiteella (tail cutter) ja katkaistut palaset viedään siirtolavalle tai jollekin tietylle alueelle. Ragger-laitteen toimivuus edellyttää tasaista lankojen ja muovikalvojen tuloa pulpperiin. /1, 2/

3.1.2 Karkealajittelu

Massan esipuhdistus isokokoisimmista roskista alkaa jo pulpperoinnin yhteydessä. Pulpperoinnin jälkeen tulee kolme – tai nelivaiheinen karkealajittelu, joka erottaa massasulpusta sihtirumpujen reikiä suuremmat likapartikkelit sekä

vähentää kuituhäviötä. Sekä kolmi- että nelivaiheisessa järjestelmässä on käytössä kaskadikytkentä. /1, 2/

Ensimmäisessä vaiheessa lajittimena toimii pyörivillä rei`illä varustettu sihtirumpu. Reikien läpi tulevat partikkelit ovat akseptia, joka johdetaan akseptisäiliöön. Rejekti puolestaan jatkaa matkaa toiseen vaiheeseen. Nelivaiheisessa systeemissä on toiseen vaiheen lajitin samanlainen kuin ensimmäisessä vaiheessa, kun taas kolmivaiheisessa systeemissä toisen vaiheen lajitin on kuiduttava. Ennen kuiduttavaa lajitinta on prosessiin sijoitettu sakeamassapuhdistin, joka poistaa massasta karkeimmat partikkelit. Viimeisen vaiheen lajitin on reikälajitin, jossa on pyörivä sihtirumpu. Reikälajittimelta tuleva rejekti johdetaan rejektivirtaan ja lopulta pois systeemistä ja aksepti taas kuljetetaan edelliseen vaiheeseen. /2/

3.1.3 Pyörrepuhdistus

Karkealajittelun jälkeen saa prosessissa vuoronsa 3-5 vaiheinen pyörrepuhdistus, joka erottaa massasta reikälajittimen läpi päässeet raskaat partikkelit. Pyörrepuhdistus myös vähentää karkealajittelun tavoin kuituhäviötä. Raskaiden partikkelien erotus perustuu keskipakovoimaan ja painovoimaan, jotka aiheutuvat pyörivästä liikkeestä. Tällöin raskaat partikkelit laskeutuvat alas rejektipäähän ja edelleen seuraavaan vaiheeseen ja lopulta ulos koko systeemistä. /2/

3.1.4 Fraktiointi ja pitkän kuidun hienolajittelu

Pyörrepuhdistuksen jälkeen tulee kaksivaiheinen fraktiointi ja kolmivaiheinen pitkän kuidun lajittelu. Fraktiointi erottaa massasulpusta likapartikkelit ja pitkät kuidut ja akseptiin jää puhdas lyhyen kuidun seos. Pitkän kuidun hienolajittelun tarkoituksena on vastaavasti erottaa pitkäkuitujae likapartikkeleista ja vähentää kuituhäviötä. Sekä fraktioinnissa että pitkän kuidun hienolajittelussa on käytössä painelajittimet, joissa on rakosihtirummut ja roottorit. Fraktioinnin sihtikorit ovat

matalaprofiilisia ja kolmivaiheisen pitkän kuidun lajittelun taas korkeprofiilisia.
/2/

3.1.5 Lyhyen ja pitkän kuidun saostus

Kaksivaiheisen fraktioinnin ja kolmivaiheisen pitkän kuidun lajittelun jälkeen on vuorossa kiekkosuotimilla suoritettava pitkän ja lyhyen kuidun saostus. Lyhyen kuidun saostustapahtuman jälkeen johdetaan massa varastotorniin, kun taas pitkän kuidun saostuksen jälkeen massa kuljetetaan vasta dispergointi -vaiheen kautta varastotorniin. /2/

Kiekkosuotimelta tuleva suodos jakautuu kahteen osaan, sameaan ja kirkkaaseen suodokseen. Samea suodos sisältää kiintoaineita ja se otetaan yksittäisenä virtauksena kiekkosuotimelta. Kirkasta suodosta hyödynnetään laimennusvetenä aikaisemmissa prosessin vaiheissa. Sameaan suodokseen sekoitetaan yleensä kirkasta suodosta ja tätä yhdistelmää käytetään sakeudensäätovetenä kirkkaan suodoksen tavoin aikaisemmissa prosessin vaiheissa. /2/

3.1.6 Dispergointi

Pitkän kuidun saostuksen jälkeinen massa johdetaan siis disperointiin eli massan muokkaukseen, joka pienentää tahmot, tekee massan laadusta tasaista ja parantaa massan lujuuspotentiaalia. Ensin massa tuodaan ruuvipuristimelle, jossa massan sakeutta nostetaan 30 %. Ruuvikuljettimelta massa johdetaan CT lämmittimeen, jossa massa kuumennetaan peräti 100 °C. Lämpötilan nosto on oleellista tahmojen ja muiden ei – toivottujen partikkelien muokkaamiseen. Dispergoinnin jälkeen massa johdetaan pitkän kuidun varastotorniin. /2/

3.1.7 Jätteet ja jätevedet

Siistaamattoman uusiomassan valmistuksessa syntyy jätettä n. 10 % keräyspaperin raaka-aineesta. Jäte on liian märkää poltettavaksi, joten se on vietävä kaatopaikalle. Uusiomassalaitoksella syntyvät jätevedet ohjataan jätevesikaivoon, josta ne kuljetetaan edelleen kartonki-/paperitehtaan jätevesien puhdistuslaitokseen. /1/

3.2 Siistatun uusiomassan valmistus

Siistaus (de-inking) on prosessi, jossa hajotetusta ja lajitellusta keräyspaperista poistetaan täyteaineet, painovärit ja muut paperin valmistuksessa käytetyt lisäaineet. Siistausprosessin myötä massan vaaleus kasvaa ja massasta häviää pääasiassa päällystyspigmenttejä ja täyteaineita, minkä vuoksi uusiomassan sitoutumiskyky kasvaa. Siistatun uusiomassan veden absorptiokyvyn voidaan sanoa paranevan mekaaniseen massaan verrattuna, sillä siistatun uusiomassan uuteainepitoisuus on pienempi kuin mekaanisen massan. DIP – massan ei tarvitse olla erityisen vaaleaa, sen sijaan tärkeämpää on, että massasta saadaan poistettua tahmot mahdollisimman hyvin. Tahmot aiheuttavat nimittäin ongelmia paperikoneiden ajettavuudessa ja tuottavuudessa. /8, 9/

Siistaus tehdään yleensä vaahdottamalla ja harvemmin pesusiistauksena. Menetelmät eroavat toisistaan siten, että vaahdotuksessa värihiukkaset saostetaan ja jotka sitten poistetaan vaahtona sulpusta. Pesusiistauksessa taas vaihdetaan sulpun vesi useaan kertaan eli sulppu ns. pestään, jolloin värihiukkaset kulkeutuvat pois pesuveden mukana. Suomessa siistaus tehdään vaahdottamalla eli massasta irronneet painoväri ja muut epäpuhtaudet nostetaan vaahdotuskemikaalin avulla sulpun pintaan ja kaavitaan tämän jälkeen pois. /1, 8, 10/

Vaahdotuksen etuja ovat mm. pieni kuituhukka (n. 10 %), alhainen veden tarve (n. 10 - 15 m³/tuotetonni), matala energian kulutus, yksinkertainen kiertovesijärjestelmä ja vettä kevyempien muiden epäpuhtauksien (esim. styrox-muovit) poistuminen. Vaahdotuksen haittoina mainittakoon mm. monimutkainen vaahdotuskemia, täyteaineiden epätäydellinen poistuminen ja korkeat kemikaalikustannukset. Pesun hyviä puolia ovat mm. hyvä musteen poistuvuus, yksinkertainen prosessikemia, hyvä täyteaineiden poistuvuus ja alhaiset kemikaalikustannukset. Pesun haittoina vastaavasti ovat mm. suuri kuituhukka (n. 15 - 20 %) ja suuri veden tarve (n. 30 - 150 m³/tuotetonni). /1/

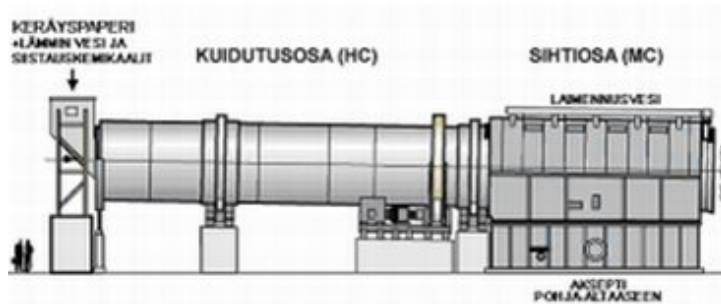
Siistausprosessi koostuu yhdeksästä eri päävaiheesta, jotka ovat melkein samanlaiset kuin siistaamattoman uusiomassan valmistuksessa: keräyspaperin hajotus pulpperissa (pulpperointi), esilajittelu ja massan välivarastointi, painovärin poisto, jälkilajittelu, sakeutus, dispergointi eli muokkaus, valkaisu, jälki- eli viimeistelyvaahdotus, loppusakeutus sekä varastointi ja lopuksi veden puhdistus sekä rejektin ja jätteiden käsittely. /1, 2, 8/

3.2.1 Pulpperointi

Pulpperointi eli keräyspaperin hajotus pulpperissa voidaan suorittaa joko annospulpperissa tai jatkuvana pulpperointina. Kyseisistä pulpperointimenetelmistä jatkuva pulpperointi on vallitsevin menetelmä. Paperin kuidutukseen on kehitetty erilaisia pulppereita, joiden valinta riippuu raaka-aineesta ja linjan kapasiteetista (taulukko I). Jatkuva pulpperointi suoritetaan kuidutusrummulla (kuva 3), joka muistuttaa kuorimarumpua. Kuidutusrummun (rumpupulpperi) halkaisija on 2,5 - 4,0 m ja pituus maksimissaan 30 m ja se pyörii 13 kierrosta minuutissa. Rumpu on kallellaan loivasti massan kulkusuuntaan ja rummun alkupään sakeus on n.13 - 15 % sekä rummun rei'itettyyn loppupäähän johdetaan laimennusvettä. Sulpun sakeus kuidutusrummussa on 4 - 5 %. Kuituuntunut paperi kulkeutuu reikien läpi ja muut jakeet poistuvat rummun päästä. /1, 3, 6/

Taulukko I Keräyspaperin kuidutukseen käytetyt pulpperityypit, niille soveltuvat paperilajit ja tyypilliset toimintaolosuhteet. /6/

Pulpperi- tyyppi	paperi- laji	tila	sakeus %	kapasiteetti min, t/d	kapasiteetti max, t/d	kuidutus- aika, min	toiminta
HC pulppi	sanoma- lehti	irrallinen	< 19	30	400	15 - 25	erä
	aikakausi- lehti	langaton paali					
MC pulppi	sanoma- lehti	irrallinen	< 12	140	500	20 - 30	erä
	aikakausi- lehti	langaton paali					
LC pulppi	fluting liner lajit, joilla korkea märkälujuus	irrallinen hajotetut paalit	< 6	200	1600	5 - 40	jatkuva- toiminen
rumpu	sanomalehti aikakausilehti ruskea kartonki nestepakkaus- kartonki	irrallinen	< 20	100	1600	20 - 40	jatkuva- toiminen



Kuva 3. Kuidutusrummun rakenne. /2/

Keräyspaperin määrä mitataan joko radioaktiivisen säteilyn vaimenemiseen perustuvalla mittarilla tai punnitsemalla syöttökuljetin. Kun rumpu pyörii, paperisulppu nousee sisäpuolisten listojen nostamana n. puoli kierrosta ja putoaa taas takaisin sulppuun. /1/

Rumpupulpperoinnissa on mekaanisen energian käyttö vähäistä, sillä pulpperoinnin yhteydessä ei haluta turhaan hajottaa esim. muoveja ja muita epäpuhtauksia, jotka poistuvat tällöin paremmin rummun lajitteluosalla. Pulpperoinnissa apuna käytetään siten mekaanisen energian korvikkeena erilaisia kemikaaleja sekä kuumasta kiertovedestä vapautuvaa lämpöä (n. 40 - 45 °C). /1/

3.2.2 Esilajittelu ja massan välivarastointi

Pulpperoinnin jälkeinen keräyspaperimassa sisältää käytetystä menetelmästä riippuen erilaisia epäpuhtauksia, joiden määrä vaihtelee massassa. Esi- eli karkealajittimien tarkoituksena on poistaa pulpperoinnin jälkeen hajonneesta keräyspaperista kyseisiä epäpuhtauksia kuten karkea sora, niitit, rautalangan pätkät ja muut raskaat jakeet, jotka ovat läpäisseet kuidutusrummun 6 mm:n rei'jistä. Esilajittimina toimivat sakeamassapyörrepuhdistimet ja 1,4 mm:n rei'ityksellä varustetut painesihdit. Sakeamassapyörrepuhdistimen huono puoli on tosin puhdistustehon heikentyminen, kun sakeus nousee yli 3 %. /1, 2, 8/

Esilajittelun jälkeen varastoidaan keräyspaperimassa n. 4 % sakeudessa, minkä tarkoituksena on sekä toimia puskurivarastona että antaa siistauskemikaaleille enemmän aikaa vaikuttaa painovärien sideaineiden pehmittämiseksi, sillä välivarastosäiliössä saavutetaan 1-2 tunnin viipymä. Jotta tasainen viipymä saavutetaan, täytyy välivarastosäiliön olla läpimittaansa verrattuna korkea sekä sekoituksen olla vain pohjalla. /1/

3.2.3 Painoväriin poisto

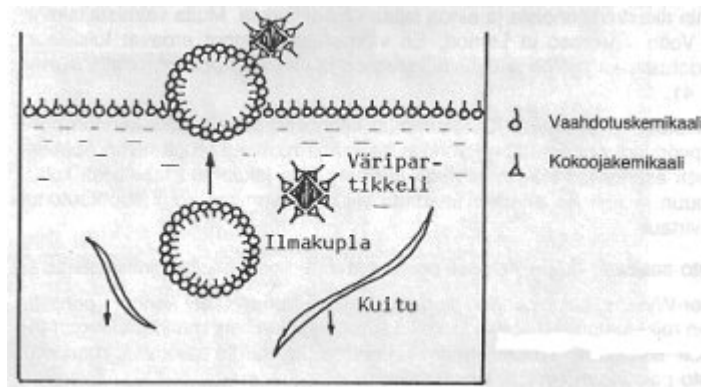
Painoväriin poistaminen kuiduista alkaa jo pulpperissa ja jatkuu tämän jälkeen mekaanisessa käsittelyssä (kuiduttava lajitin) mekaanisen työn ja kemikaalien (natriumhydroksidi ja rasva- tai öljyhapposeokset johdannaisineen)

yhteisvaikutuksen seurauksena (taulukko II). Lipeän vaikutuksesta pH-arvo pysyy pulperissa tasolla 10 - 10,5 ja rasvahaposta muodostetaan sen natriumsuola eli saippua, jonka avulla painoväri saadaan irtoamaan ja irrotetut epäpuhtaudet pysyvät vesiliukoisina. /1/

Taulukko II Pääasialliset siistauksessa käytetyt kemikaalit. /11/

Chemical	Application
Sodium hydroxide	Fibre swelling
Sodium silicate	Bleaching and deposit control
Chelating agents	Bleaching protection
Hydrogen peroxide	Bleaching
Surfactants	Flotation, washing
Collector chemicals	Flotation
Agglomeration chemicals	Cleaners
Calcium chloride	Flotation
Dispersants	Washing, stock preparation
Sodium hypochlorite	Bleaching
Sodium hydrosulphite	Bleaching
Formamidine sulphinic acid	Bleaching
Contaminant control	Pulper, storage, stock preparation

Vaahdotusta (kuva 4) eli flotaatiota kutsutaan erotusmenetelmäksi, joka perustuu erilaisten partikkeleiden erilaisiin pintakemiallisiin ominaisuuksiin (hydrofiilisyys ja hydrofobisuus). Vaahdotus (10 - 12 min) suoritetaan kennoissa kahdessa vaiheessa siten, että toisessa vaiheessa käsitellään ensimmäisen vaiheen ylijuuksuvaahtoa. Toisen vaiheen kennojen vahto lingotaan 40 % kuivapitoisuuteen ja hävitetään. Kennoissa olevaan laimeaan 1-prosenttiseen massasulppuun lisätään vaahdotuskemikaalina toimiva saippua ja tämän jälkeen seokseen puhalletaan ilmaa. Hydrofobiseksi muuttunut painoväri alkaa tarttua kupliin, jotka nousevat pintaan ja jotka poistetaan ylijuuksuna, kaapimalla tai imun avulla. Hydrofiiliset kuidut jäävät sulppuun. /1/



Kuva 4. Vaahdotustapahtuman periaate. /1/

3.2.4 Jälkilajittelu

Laimean massan jälkilajittelu on aina tehtävä, sillä keräyspaperin mukana tulee suuri määrä erilaisia epäpuhtauksia ja siistatun massan on oltava täysin valmista paperikoneelle saapuessaan. Jälkilajittelu muodostuu kolmesta eri tavalla toimivasta lajittelusysteemistä. Ensimmäisenä ovat pyörrepuhdistimet, joilla erotetaan massasta hiekka ja muut raskaat partikkelit. Seuraavana ovat painelajittimet, jotka poistavat massasta pienikokoiset muovipallot, styroksit, teipit ja kirjojen ja kirjekuorien liimoista peräisin olevat epäpuhtaudet. Viimeisenä vaiheena on kevyen rejektin käänteinen pyörrepuhdistus, joka erottaa kuituja kevyemmät partikkelit. Käänteisessä pyörrepuhdistuksessa epäpuhtaudet poistuvat pyörrepuhdistimen leveästä päästä kun taas aksepti tulee kapeasta päästä. /1, 8/

3.2.5 Sakeutus

Jälkilajittelun jälkeen kuitusulppu saostetaan kiekkosaostimilla ja lopuksi joko ruuvi- tai kaksoisviirapuristimilla. Kiekkosaostimilta peräisin oleva vesi hyödynnetään alkupään laimennuksiin, kun taas puristuksesta saatu vesi puhdistetaan. /8/

3.2.6 Dispergointi

Uusiomassan dispergointi eli muokkaus voidaan sisällyttää siistausprosessiin, mikä riippuu raaka-aineesta ja lopputuotteen laadusta. Ennen dispergointia

massan tulee olla hyvin puhdistettu. Dispergoinnin tarkoituksena on erottaa uusiomassasta jäljelle jääneitä mustepartikkeleja ja likatahroja. Sakeutuksen jälkeen massassa (sakeus 30 %) olevat painovärijäänteet erotetaan kuidun pinnasta ja jauhetaan pieniksi partikkeleiksi levyjauhimilla. Massaan lisätään usein pihkatalkkaa, joka estää jätteiden jälleensaostumisen. Dispergoinnissa kuitujen bulkki kasvaa, mutta dispergointi ei muuta kuitujen lujuusominaisuuksia, päinvastoin lujuusominaisuudet voivat jopa parantua /6, 8/

3.2.7 Valkaisu

Pulpperoinnin jälkeen uusiomassan ISO-vaaleus on n. 40 - 45 ja siistauksen jälkeen massan lopullinen ISO -vaaleus on n. 60. Mikäli massan vaaleutta halutaan edelleen parantaa, voidaan se tehdä valkaisemalla massa. /2/

Dispergoinnissa massa johdetaan valkaisuurnin yläosaan, jossa massa levitetään tasaisesti valkaisuurniin (kuva 18). Massa viipyy valkaisuäiliössä 20 minuutista 2 tuntiin, mikä riippuu säiliön rakenteesta ja mitoituksesta. Maailmalla sovelletaan useita eri uusiomassan valkaisuomenetelmiä, mutta Suomessa käytetään lähinnä peroksidi- ja ditioniittivalkaisua. Tyypillisimpiä valkaisu-kemikaaleja ovat mm. vetyperoksidi, ditioniitti, ja FAS (Formamidine sulfonic acid). /2, 6/

3.2.8 Jälkivaahdotus

Jälkivaahdotuksen eli jälkiflotaation tarkoituksena on poistaa uusiomassasta ilman saippuaa loput epäpuhtaudet ja kemikaalijäänteet. /2, 8/

3.2.9 Loppusakeutus ja varastointi

Rumpusaostimella saavutetaan 4-12 % loppusakeus, kun taas kiekkosaa-ostajalla päästään jopa 20 - 25 % loppusakeuteen. Rumpusaostimella saavutettava sakeus on riittävä massan säilömiselle varastosäiliössä esim. varastotorni, josta massa edelleen johdetaan paperikoneelle. Jos massa halutaan kuivata tai valkaista korkeassa sakedessa, täytyy massa saostaa kiekkosaa-ostajalla. /1, 8/

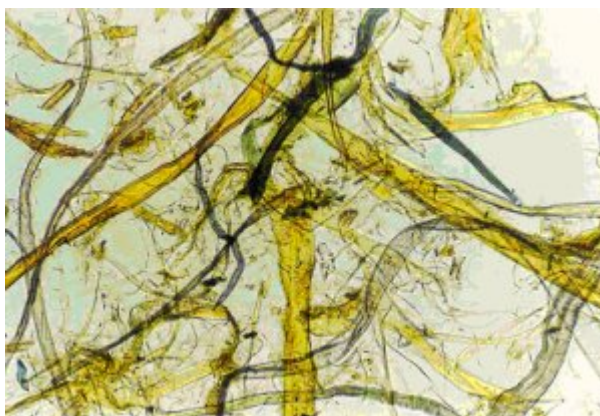
3.3.0 Veden puhdistus sekä rejektin ja jätteiden käsittely

Siistaamolta peräisin oleva vesi käsitellään kemiallisella flokkauksella ja flotaatioselkeytyksellä, minkä jälkeen vesi kuljetetaan tavalliseen jäteveden käsittelyyn. /8/

Suurin osa siistaamon rejektistä (lyhyet kuidut, täyteaineet, painomusteen hiili, sideaineet ja siistauskemikaalien jätteet) syntyy vaahdotuksen ja veden käsittelyn yhteydessä, mutta rejektiä tulee myös pulperointirummusta ja lajittelusta. Siistausjäte viedään kaatopaikalle 40 %:n kuiva-ainepitoisuudessa. /8/

4 UUSIOMASSAN OMINAISUUDET

Käsite ”Kuitujen kierrätettävyys” (recyclability, recycle potential) liitetään kirjallisuudessa kierrätyksen aikana tapahtuviin muutoksiin, jotka tapahtuvat kuitujen paperiteknisissä ominaisuuksissa. Kokeellisten tutkimusten perusteella voidaan sanoa, että kuitujen paperitekniset ominaisuudet muuttuvat, kun kuidut kulkevat paperinvalmistuksen, painatuksen, varastoinnin ja siistauksen kautta uusiokäyttöön. Kuvassa 5 on mikroskooppikuva uusiokuiduista. /4/



Kuva 5. Uusiokuituja (mikroskooppikuva, suurennos 145 x). /2/

Yksittäisen kuitulajin vaikutusta uusiomassan ominaisuuksiin on hankalaa arvioida, sillä uusiokuitumassojen paperitekniset ominaisuudet eivät riipu

yksiselitteisesti niiden sisältämien komponenttien ominaisuuksista ja vuorovaikutuksista. Täten kierrätettävyydelle ei voida määrittää yhteisiä kriteereitä eikä kierrätettävyyden analysointiin voida määrittää mitään yleistä menetelmää. /4/

Uusio- ja ensiökuitumassat eroavat toisistaan monella eri tavalla. Uusiomassa sisältää vaihtelevia määriä esim. jäännösmustetta, täyteaineita, epäpuhtauksia ja lisäaineita ensiökuitumassaan verrattuna. Uusiomassalla on myös korkea tuhkarvo ja suuri tiheys. Lisäksi uusiomassan kuidut ovat muodoltaan, taipuvuudeltaan ja pintakemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia kuin ensiökuidut, mikä johtuu luonnollisesti kierrätyksestä. /6, 12/

5 UUSIOMASSA PAPERIN VALMISTUKSEN RAAKA-AINEENA

Uusiomassa on ollut pakkauspaperien ja – kartonkien raaka-aineena jo 1950-luvulta saakka ja 1970 – luvulla uusiomassaa alettiin hyödyntää sekä graafisten että hygieenisten paperilajien raaka-aineena. Viime aikoina uusiomassaa on alettu käyttää myös superkalanteroidun (SC) ja kevyesti päällystetyn puupitoisen (LWC) paperin valmistuksessa. /6/

Kierrätyspaperista valmistettua uusiomassaa käytetään paperin valmistuksen raaka-aineena monesta taloudellisesta syystä: kierrätys vähentää lajiteltavan jätteen määrää, raaka-aineen hinta on alhainen, kierrätyspaperin saatavuus on tiheästi asutuissa yhteiskunnissa hyvä sekä raaka-ainemarkkinat toimivat erinomaisesti ja kierrätysmassan ominaisuudet täyttävät hyvin loppukäyttökohteiden vaatimukset. /2/

Uusiomassan käyttöä paperituotteiden valmistukseen on suositeltavaa verrata massoihin, joita ne korvaavat. Tällöin puuvapaista keräyspapereista valmistettuja

massoja verrataan selluihin, kun taas puupitoisista keräyspapereista valmistettuja massoja mekaanisiin massoihin. /5/

Uusiokuidun käytön merkittävimmät tekniset esteet paperin valmistuksen raaka-aineena ovat seuraavat: puupitoisia kuituja sisältävän uusiomassan siistaus ja valkaisu korkeavaaleuksisten paperilajien tasolle on kallista ja teknisesti mahdotonta, kuitujen käyttökelpoisuus sekä lujuusominaisuudet heikentyvät, uusiomassassa olevien puupitoisten kuitujen kellertyminen haittaa uusiomassasta valmistetun paperin arkistointikelpoisuutta, paperikoneiden ajettavuus heikentyy ja päästöjen vähentäminen sekä jätteen hävittäminen siistauksessa on kallista. /4/

Uusiomassaa sisältävän paperin laadun vaatimukset kasvanevat tulevaisuudessa. Tällä hetkellä trendit osoittavat, että kierrätyspaperin laatu jatkaa heikentymistään. Koska paperin valmistajat ovat vastahakoisia alentamaan käyttämänsä massan laatustandardeja, täytyy paperin laadun huononemisen ehkäisemiseksi jatkaa koko ajan mahdollisen lisäprosessin kehittämistä paperin valmistuksessa. /13/

6 YHTEENVETO

Uusiomassa on keräyspaperista valmistettua massaa, joka koostuu uusiokuiduista ja jota käytetään paperin valmistuksessa joko siistattuna tai siistaamattomana. Keräyspaperia on hyödynnetty paperin ja kartongin valmistuksen raaka-aineena jo useita vuosikymmeniä ja tullaan edelleen hyödyntämään yhä enemmän, mikä kuitenkin riippuu lainsäädännöstä, ohjeistuksesta ja yleisestä mielipiteestä. Koska kierrätys muuttaa puukuitua, voidaan sitä kierrättää vain n. 3-5 kertaa raaka-ainearvon vähenemisen ehkäisemiseksi.

Uusiomassan valmistuksessa tarkoitus on siis päästä eroon epäpuhtauksista joko mekaanisesti tai kemiallisesti ja palauttaa paperikuidun alkuperäiset ominaisuudet. Siistaamaton uusiomassa valmistetaan viiden eri päävaiheen kautta: keräyspaperin syöttö ja sulputus, massan esipuhdistus, massan muokkaus,

massan jälkipuhdistus ja massan saostus sekä varastointi. Siistatun uusiomassan valmistus on melkein samanlainen prosessi kuin siistaamattoman uusiomassan valmistus ja koostuu yhdeksästä eri vaiheesta: keräyspaperin hajotus pulpperissa (pulpperointi), esilajittelu ja massan väliavarastointi, painovärin poisto, jälkilajittelu, sakeutus, dispergointi eli muokkaus, valkaisu, jälki- eli viimeistelyvaahdotus, loppusakeutus sekä varastointi ja lopuksi veden puhdistus sekä rejektin ja jätteiden käsittely.

Voidaan osoittaa, että kierrätys muuttaa kuitujen paperitekniisiä ominaisuuksia. Ei voida kuitenkaan arvioida yksittäisen kuidun vaikutusta uusiomassan ominaisuuksiin, koska uusiokuitumassojen paperitekniset ominaisuudet eivät riipu yksiselitteisesti niiden sisältämien komponenttien ominaisuuksista ja vuorovaikutuksista. Kierrätettävyydelle ei voida täten määrittää yhteisiä kriteereitä eikä kierrätettävyyden analysointiin voida määrittää mitään yleistä menetelmää.

Uusiomassaa käytetään monesta taloudellisesta syystä paperin ja kartongin valmistuksen raaka-aineena, esim. kierrätys vähentää lajiteltavan jätteen määrää ja raaka-aineen hinta on alhainen. Tosin uusiokuidun käytöllä on myös teknisiä esteitä kuten puupitoisia kuituja sisältävän uusiomassan siistaus ja valkaisu korkeavaaleuksisten paperilajien tasolle on kallista ja teknisesti mahdotonta ja kuitujen käyttökelpoisuus sekä lujuusominaisuudet heikentyvät. Uusiomassalla on kuitenkin kaiken kaikkiaan edessä valoisa tulevaisuus paperin valmistuksen raaka-aineena.

LÄHTEET

1. Metsäteollisuuden työnantajaliitto, Puusta paperiin M-303: Uusiomassan valmistus, Etelä-Saimaan Kustannus Oy, Lappeenranta, 1982, s. 4-9, 40, 43, 46, 48, 50 - 52, 59, 61, 63.
2. VTT Tuotteet ja tuotanto, Prowledge Oy, Know Pap 9.0- paperitekniikan ja automaation oppimisympäristö, [Viitattu: 10.4.2008], Saatavissa: <http://kansi.cc.lut.fi/knowpap/knowpap.htm>
3. Hägglom-Ahnger, U.; Komulainen, P., Paperin ja kartongin valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus II, Opetushallitus, 3. tarkistettu painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 2003, s. 35 - 36.
4. Korpela, A., Kuitujen kierrätettävyys, 1. Kirjallisuuskatsaus, KCL Paper Science Centre, PSC Communications 56, Oy Keskuslaboratorio, 1993, s. 5, 8, 10.
5. Taskinen, J., Kierrätyskuidun ja jätepaperin energiahyötykäyttö, diplomityö, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, energiatekniikan osasto, 1992, s.12, 23.
6. Friman, E., Musteenpoiston optimointi siistausprosessissa, diplomityö, Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, kemiantekniikan osasto, 2002, s. 4-5, 28, 38, 50 - 51.
7. Fricker, A.; Thompson, R.; Manning, A., Novel solutions to new problems in paper deinking, Pigment & Resin Technology, 36/3 (2007), p. 142.
8. Seppälä M. J. (toim.); Klemetti U; Kortelainen V-A.; Lyytikäinen, J.; Siitonen, H.; Sironen, R., Paperimassan valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus I, Opetushallitus, Gummerus Kirjapaino Oy, 2.-3. painos, Saarijärvi, 2005, 68 - 71.
9. Toland, J., Developments in deinking, PPI; Apr 2003; 45, 4; Global, p. 25.

10. Moore, G., Where next for deinking?, PPI; Jul 2005; 47, 7; Global, p. 24.
11. Thompson, R.C., The effect of evolving ink chemistry on the reclamation of paper fibre, Pigment & Resin Technology, Vol. 28, number 1, 1999, p. 16.
12. Krogerus, B., Uusiomassan sisältämän hienojakeen ja liuenneen aineen ominaisuudet ja vuorovaikutukset ensikuitumassasulpun kanssa, 1. Kirjallisuuskatsaus, KCL Paper Science Centre, PSC Communications 51, Oy Keskuslaboratorio, 1993, s. 6.
13. Glass, E., Deinked Pulp Mills Struggle with “More of the Same” Contaminants, Issue Focus: recycling, Dec 2000, p. 46.

