

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Kandidaatintyö

**PYÖRREPUHDISTUSLAITOKSEN OHITTAMISEN
VAIKUTUKSET BCTMP-MASSAN OMINAISUUKSIIN**
**By-passing of centrifugal cleaner: the impacts on BCTMP's
attributes**

Työn tarkastaja: Professori Risto Soukka
Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Simo Hammo
Työn ohjaaja: Kehitysinsinööri Miika Sinkko, Metsä Board Oyj

Lappeenrannassa 12.10.2018

Petra Rissanen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan teknillinen yliopisto
LUT School of Energy Systems
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Petra Rissanen

Pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisen vaikutukset BCTMP-massan ominaisuuksiin

Kandidaatintyö

2018

38 sivua, 8 taulukkoa, 11 kuvaa, ja 6 liitettä

Työn tarkastaja: Professori Risto Soukka

Työn ohjaaja: Laboratorioinsinööri Simo Hammo

Työn ohjaaja: Kehitysinsinööri Miika Sinkko, Metsä Board Oyj

Hakusanat: BCTMP, valkaistu kemikuumahierre, pyörrepuhdistus

Tämän kandidaatintyön tavoitteena on selvittää, millaisia vaikutuksia BCTMP-tehtaan pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisella on tutkittavien massalajien laatuun ja ominaisuuksiin. Metsä Board Oyj:n Joutsenon BCTMP-tehtaalla suoritettavien koeajojen avulla selvitetään, onko pyörrepuhdistuslaitos nykyisellään tarpeellinen massan puhdistamiseen, vai voitaisiinko pyörrepuhdistuslaitos ohittaa ilman lopputuotteen laadun merkittävää heikkenemistä.

Työssä perehdytään ensin kirjallisuuslähteiden avulla BCTMP:n valmistusprosessiin sekä pyörrepuhdistuslaitoksen toimintaperiaatteeseen. Työn kokeellinen osuus koostuu tehtaalla suoritettujen kahden koeajon sekä niiden tulosten tulkinnasta. Suureita, joihin työssä perehdyttiin tarkimmin, olivat massan roskaisuus ja tikkupitoisuus.

Koeajojen perusteella huomattiin, ettei pyörrepuhdistuslaitoksella ole merkittävää vaikutusta massan puhtauteen. Massavirtataseiden perusteella akseptiin eli lopputuotteeseen roskaa päätyi jopa enemmän aikayksikössä kuin rejektiin, eli jätevedenpuhdistamolle päätyvään massaan. Tämä kertoo siitä, ettei pyörrepuhdistuslaitos välttämättä ole optimaalisin menetelmä BCTMP-massan puhdistamiseen tänä päivänä.

ABSTRACT

Lappeenranta University of Technology
LUT School of Energy Systems
Degree Programme in Environmental Technology

Petra Rissanen

By-passing of centrifugal cleaner: the impacts on BCTMP's attributes

Bachelor's thesis

2018

38 pages, 8 charts, 11 pictures, and 6 appendices

Examiner: Professor Risto Soukka

Instructor: Laboratory Engineer Simo Hammo

Instructor: Development Engineer Miika Sinkko, Metsä Board Oyj

Keywords: BCTMP, bleached chemi-thermomechanical pulp, centrifugal cleaner

The goal of this thesis is to figure out, how the centrifugal cleaner of BCTMP-factory affects pulp's attributes and quality. The purpose is to find out if centrifugal cleaner is necessary for cleaning the pulp or could it be passed by without significant weakening of product's quality. This thesis and research are done for Metsä Board Oyj's factory in Joutseno.

This thesis first gets acquainted with the BCTMP's process of manufacture and centrifugal cleaner's functioning by a literature review. The experimental part of the thesis consists of two test runs which are done on the BCTMP-factory of Joutseno and of analyzation of the results. Variables that are more specifically analyzed in the thesis, are pulp's impurity and chip content.

The results of the test runs showed that centrifugal cleaner doesn't have a significant impact on the pulp's purity. From the calculated flow balances could be seen that more impurities end up to the accept during a second than what end up to the reject in the same time. Therefore, it can be concluded that centrifugal cleaner might not be the most optimal application for cleaning the chemi-thermomechanical pulp nowadays.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Metsä Board Oyj Joutsenon tehdasta tästä mahdollisuudesta tehdä kandidaatintyö yritykselle. Työ opetti paljon useamman tahon kanssa toimimisesta ja uskon sen antaneen hyvät valmiudet myös diplomityötä ajatellen. Lisäksi haluan kiittää Simpeleen Metsä Boardin tehdasta ja erityisesti Simpeleen tehtaan laboratorion henkilökuntaa yhteistyöstä.

Isot kiitokset kuuluvat luonnollisesti myös työn tarkastajalle ja ohjaajille, Risto Soukalle ja Simo Hammolle, sekä Joutsenon tehtaan puolesta työtä ohjanneelle Miika Sinkolle, joka aina löysi omien töiden ohella aikaa palavereille ja työn aikana heränneiden kysymysten selvittelylle.

Mitä lämpimimmät kiitokset haluan välittää myös Metsä Board Joutsenon työntekijöille ja työvuoroille, etenkin kesän 1-vuoron työntekijöille, joiden kanssa välillä järjesteltiin työvuoroja- ja tehtäviä suuntaan ja toiseen, jotta kandidaatintyö eteni tarvittaessa myös työvuorojen aikana. Koko työyhteisön aito kiinnostus työn etenemistä kohtaan oli valtava tuki koko kesän ajan.

12.10.2018

Petra Rissanen

SISÄLLYSLUETTELO

SYMBOLILUETTELO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Mekaanisten massojen valmistusprosessit	7
1.2 Massan loppukäytön asettamat vaatimukset	8
1.3 Työn rajaukset ja tavoitteet	9
2 BCTMP-MASSAN VALMISTUSPROSESSI.....	10
2.1 Hakkeen käsittely	11
2.1.1 Hakkeen pesu ja imeytys	12
2.1.2 Hiertäminen	12
2.2 Latenssin poisto.....	12
2.3 Lajittelu ja rejektin käsittely.....	13
2.4 Massan valkaisu ja pesu	13
2.4.1 Peroksidi- ja ditioniittivalkaisu.....	14
2.4.2 Massan peseminen.....	15
2.5 Kuivaus ja paalaus.....	16
2.6 Lämmön talteenotto ja haihdutus	16
3 PYÖRREPUHDISTUSLAITOS JA SEN TOIMINTA.....	16
4 KOEAJOJEN JA MITTAUSTEN SUORITTAMINEN	19
5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	21
5.1 Ensimmäisen koeajon tulokset.....	22
5.2 Toisen koeajon tulokset.....	27
5.3 Koeajojen tulosten väliset eroavaisuudet	32
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	32
6.1 Pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisen vaikutus energiavirtoihin.....	33
6.2 Pyörrepuhdistuslaitoksen operoimiseen liittyvät haasteet	34
7 YHTEENVETO	35
LÄHTEET	37

LIITTEET

Liite 1. Massa-arkin valmistaminen

Liite 2. Massan kuumahajotus

Liite 3. Roskaisuuden määrittäminen

Liite 4. Sakeuden määrittäminen

Liite 5. Tikkupitoisuuden määrittäminen

Liite 6. Tuhkapitoisuuden määrittäminen

SYMBOLILUETTELO

BCTMP	valkaistu kemikuumahierre
COD	kemiallinen hapenkulutus
CTMP	kemikuumahierre
EDTA	etyleenidiamiinitetraetikkahappo (kompleksinmuodostaja)
HW	kova puulaji (hard wood)
SW	pehmeä puulaji (soft wood)
TMP	kuumahierre

1 JOHDANTO

Suomi on jo kauan tunnettu yhtenä maailman metsäisimpänä maana, sillä pinta-alastamme noin kaksi kolmasosaa on metsän peitossa. Muun muassa tämä on luonut edellytykset sille, että metsä- ja biotuoteteollisuudesta on kehittynyt yksi teollisuutemme ja vientimme kulmakivistä. (Seppälä et al. 2004, 11.) Suomen merkittävimmät vientituotteet metsäalalla vuonna 2017 olivat paperi ja kartonki 6,9 miljardilla eurolla. Heti toisena tuli sellu kahdella miljardilla eurolla. Tämän jälkeen merkittävimpiä tuotteita olivat mekaanisen metsäteollisuuden tuotteet, eli muun muassa sahatavara. (Metsäteollisuus 2018, 1.)

Parina viime vuotena juuri sellu- ja paperimassateollisuus on ollut metsäteollisuuden viennin kasvava osa. Erityisesti Kiinasta on tullut tärkeä vientimaa Suomen sellutuotteille ja tänä vuonna on ennustettu etenkin havu- ja lehtisellukapasiteetin kasvavan maailmanlaajuisesti. Sellu on viennin lisäksi merkittävä tuote myös kotimaassa, sillä vuonna 2016 reilu puolet, noin 59 % kaikesta tuotetusta sellusta myytiin kotimaan käyttäjille (Viitanen & Mutanen 2017, 33-34.) Kokonaisuudessaan paperimassojen valmistusmenetelmät voidaan jakaa kemiallisiin, mekaanisiin (hioke ja hierre), puolikemiallisiin sekä uusiomassojen valmistusmenetelmiin (Seppälä et al. 2004, 11). Tässä työssä tarkastellaan tarkemmin BCTMP-massan, eli valkaistun kemikuumahierteen valmistamista ja sitä, miten pyörrepuhdistuslaitoksen ohittaminen vaikuttaa massan ominaisuuksiin.

1.1 Mekaanisten massojen valmistusprosessit

Kemikuumahierteen valmistusprosessi sisältää sekä kemiallisen käsittelyn että lämpökäsittelyn. Kemikaalikäsittelyn ansiosta jauhatusta tarvitaan vähemmän. Kemikuumahierteen valmistuksessa yleisimmin käytettyjä kemikaaleja ovat mm. natriumsulfiitti Na_2SO_3 , lipeä eli natriumhydroksidi NaOH sekä vetyperoksidi H_2O_2 . Kemikaaliyhdistelmät ja käsittelyn lopullinen luonne riippuvat massan loppukäytöstä ja sen asettamista vaatimuksista. (Seppälä et al. 2014, 58-59.)

Ensimmäiset kemimekaanisten massojen valmistuslinjat käynnistettiin 1950- ja 1960-lukujen aikana. Alkujaan prosessit suunniteltiin valmistamaan massaa painopapereita varten kovista puulajeista, kuten koivusta ja haavasta. Vuosien saatossa kemimekaanisten massojen valmistusprosesseja on kehittynyt useita erilaisia massan loppukäytön sekä käytettävän puuraaka-aineen mukaan. Puuraaka-aineet luokitellaan yleisesti pehmeisiin ja koviin puulajeihin. Kovia puulajeja ovat esimerkiksi koivu ja haapa, kun taas pehmeitä ovat muun muassa mänty ja kuusi. (Lönnberg 2009, 262, 79, 248-249.) Kemikuumahierrettä käytetään sen alhaisen tikkupitoisuuden, bulkin ja freeness-arvonsa vuoksi muun muassa kartonkien ja pehmapapereiden valmistuksessa (Seppälä et al. 2004, 59).

Kemikuumahierteen valmistusprosessi on erittäin energiaintensiivinen. Prosessin päävaiheisiin kuuluu hakkeen pesu, kemikaalien imeyttäminen imeytystornissa, hakkeen jauhatus, la-
tenssin poisto sekä lajittelu. Lajittelussa erotellaan lopputuotteeksi kelpaamattomat jakeet rejektiksi ja hyväksytyt jakeet akseptiksi, jonka jälkeen rejekti ohjataan rejektinkäsittelyyn ja aksepti valkaisuun. (Lönnberg 2009, 258-259.)

Pyörrepuhdistusta on käytetty jo useiden vuosien ajan laajalti eri teollisuuden aloilla epäpuhtauksien erotteluun tuotetusta massasta, kuten sellusta. Ennen pyörrepuhdistuksella erotettiin lähinnä tiheitä partikkeleita, kuten hiekkaa, mutta myöhemmin sillä on alettu erotella myös tiheydeltään harvempia aineita, kuten muovia. (Covey 2015, 31.)

1.2 Massan loppukäytön asettamat vaatimukset

Metsä Board Joutsenon tehtaalla tuotettua kemihierremassaa käytetään taivekartongin raaka-aineena Metsä Boardin omilla tehtailla muun muassa Äänekoskella, Kyrön tehtaalla sekä Simpeleellä. (Etelä-Suomen Aluehallintovirasto 229/2017/1, 6.) Kartongista valmistetaan erilaisia pakkauksia muun muassa elintarvikkeille ja lääkkeille, joten jo kartongin raaka-ainemassan hygieniavaatimukset ovat korkealla. Lisäksi nykytekniikan sovellukset, kuten QR- ja viivakoodit edellyttävät selkeitä pakkausmerkintöjä. Tämä puolestaan nostaa kartongin raaka-ainemassan laatuvaatimuksia ja täten massatehtaalta vaaditaan muun muassa toimivaa lajittelua ja massan puhdistusta. Sen lisäksi, että elintarvikepakkaukset yleisesti edel-

lyttävät korkeaa laatua raaka-aineilta, on eri tehtailla myös erilaiset vaatimukset raaaka-ainemassan suhteen, joten massatehtaan on pystyttävä mukauttamaan tuotantoaan sen mukaan, minne ja mihin tarkoitukseen massaa tuotetaan.

Aikaisemmin Joutsenon tehtaalla tuotettiin massaa taivekartongin sijaan paperin raaka-aineeksi, jolloin laatuvaatimukset olivat korkeammalla johtuen muun muassa siitä, että paperi on ohuempaa kuin kartonki, jolloin epäpuhtaudet näkyvät lopputuotteessa selkeämmin. Tällöin pyörrepuhdistuslaitos siis oli tarpeen, jotta massasta saatiin riittävän tasalaatuista. Myöhemmin paperimassan tuottamisesta siirryttiin tuottamaan kemikuumahierrettä taivekartongin raaka-aineeksi, jolloin tuli myös ajankohtaiseksi pohtia pyörrepuhdistuslaitoksen tarpeellisuutta uudistuneessa tuotantoprosessissa.

Nykyisin teollisuus kohtaa paljon eri vaatimuksia sekä asiakasryhmiltään, myös nykyajan yhteisöltä, jossa se toimii. Etenkin ympäristönäkökohdat ovat nousseet tärkeäksi tekijäksi siinä, miten ihmiset suhtautuvat teollisuuteen ja sen toimintaan. Tämän takia tehtaan on kyettävä optimoimaan toimintansa siten, että se pystyy saavuttamaan vaaditut laaturajat tuotteissaan, mutta samalla toimimaan mahdollisimman ympäristöystävällisesti. Tähän tähtää myös selvitys pyörrepuhdistuslaitoksen tarpeellisuudesta.

1.3 Työn rajaukset ja tavoitteet

Tässä kandidaatintyössä perehdytään pyörrepuhdistusprosessin toimintaan ja siihen, millainen vaikutus sillä on kemihierretehtaan massan puhtauteen ja muihin ominaisuuksiin. Työssä keskitytään nimenomaan BCTMP- eli valkaistun kemikuumahierteen ominaisuuksiin. Työ on tehty Metsä Board Oyj:n Joutsenon BCTMP-tehtaalle ja se koostuu kahdesta osasta; teoriaosuudesta ja niin sanotusta käytännön osuudesta. Tämän työn kohdalla käytännön osuus tarkoittaa juuri Joutsenon tehtaan pyörrepuhdistuslaitokseen perehtymistä ja massan ominaisuuksien tarkempaa määrittämistä. Pyörrepuhdistuslaitoksen toimintaan liittyen otetaan tarvittavat näytteet, joista analysoidaan muun muassa sakeus, isot ja pienet roskat, kuidunpituus sekä tuhkamäärä. Kyseisistä mittauksista saatujen tulosten avulla pystytään arvioimaan, onko pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisella merkittävää vaikutusta lopputuot-

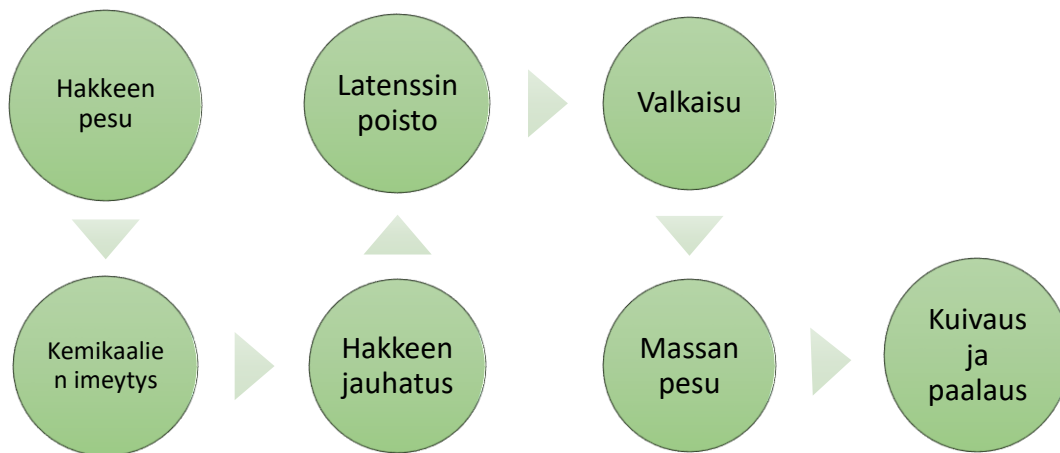
teen ominaisuuksiin. Arvioidaan myös sitä vaikutusta, mikä pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisella olisi esimerkiksi tehtaan sähkönkulutuksessa sekä muodostuvien jätevesivirtojen määrässä.

Työn tavoitteena on siis saada vastaus siihen, onko pyörrepuhdistuslaitoksella vaikutusta kahden tutkittavan massalajin roskaisuuteen sekä muihin tarkasteltaviin ominaisuuksiin ja jos on, niin millainen tuo vaikutus on. Tulosta ei analysoida esimerkiksi sen pohjalta, pysykö massan laatu asiakkaiden vaatimissa rajoissa ilman pyörrepuhdistusta. Työssä ei myöskään pohdita sitä, miten tulevaisuudessa toimitaan, mikäli selviää, että pyörrepuhdistuslaitoksella ei ole merkittävää vaikutusta massan ominaisuuksiin.

2 BCTMP-MASSAN VALMISTUSPROSESSI

Vaikka selluteollisuudella on ollut pitkä historia maailmanlaajuisesti, ovat modernit mekaanisten massojen valmistusprosessit melko uusia. Ensimmäinen kuumahierrettä kaupallisiin tarkoituksiin valmistava tehdas käynnistettiin Ruotsissa vuonna 1968. Jylhävaara käynnisti Suomessa TMP- eli termomekaanista kuidutusprosessia hyödyntävän tehtaan vuonna 1975. Kehitystyöhön on panostettu noista ajoista lähtien muun muassa TMP-prosessin energiain-
tensiivisyyden vuoksi, minkä johdosta mekaanisten massojen valmistusmenetelmät ovat kehittyneet hyvää vauhtia nykyiselle tasolle. (Lönnerberg 2009, 32-33.)

Kuvassa 1 on esitetty valkaistun kemikuumahierteen valmistamisprosessin päävaiheet hakkeen käsittelystä massan paalaamiseen. Kyseinen prosessikaavio on yksinkertaistus todellisesta prosessista, sillä se sisältää lisäksi lukuisia sivuprosesseja, kuten kuorinta, rejektinkäsittely, lämmön talteenotto ja haihdutus. (Lönnerberg 2009, 258.)



Kuva 1. BCTMP - prosessin päävaiheet (muokattu lähteestä Lönnberg 2009, 260)

Seuraavissa kappaleissa käsitellään BCTMP-prosessin vaiheet ja niiden käytännön toteutus yksityiskohtaisemmin. Lisäksi kerrotaan, miten Metsä Board Joutsenon tehtaalla kyseiset toimenpiteet on käytännössä toteutettu.

2.1 Hakkeen käsittely

Metsä Board Oyj:n Joutsenon tehtaalle tulevan puun hankinnasta vastaa Metsäliitto Puunhankinta, kun taas sen vastaanoton ja laadunvalvonnan hoitaa Mittaportti Oy. Kuorinnasta, hakettamisesta ja hakkeen seulonnasta vastaa vieressä sijaitseva Metsä Fibren tehdas. Metsä Boardin tehtaalla hoidetaan siis hakkeen käsittely pesusta alkaen. (Metsä Group Intranet) Hakkeen pesu ja seulonta on erityisen tärkeä vaihe tulevan massan laadun kannalta, sillä TMP-hierrehake on ominaisuuksiltaan hieman tavallista selluhaketta vaativampaa. Esimerkiksi hakepalojen koon ja kuoripitoisuuden tulee olla hieman selluhaketta pienempiä. Lisäksi hakkeen seassa olevat mahdolliset epäpuhtaudet ovat tulevan prosessin kannalta erittäin haitallisia, sillä ne voivat kuluttaa ja vaurioittaa prosessilaitteistoja, esimerkiksi jauhinteriä. (Seppälä et al. 2004, 31.)

2.1.1 Hakkeen pesu ja imeytys

Ennen hierteen valmistamista hake pestään vedellä haitallisten aineiden, kuten hiekan ja muovi- sekä metallipalasten erottamiseksi. Koska hierreprosessi on erittäin energiaintensiivinen, pyritään prosessin jokaisessa vaiheessa ottamaan energia ja pesuvesi talteen. Pesuvaiheessa käytettävä vesi voidaan esimerkiksi kuumentaa riittävän kuumaksi hiertämisestä saadulla energialla. (Seppälä et al. 2004, 60.)

Kun hake on pesty, siirtyy se imeytykseen, jossa hakkeen kuituja sitova ligniini pehmennetään ja hakkeeseen imeytetään kemikaalit imeytystornissa. Tässä vaiheessa käytettäviä kemikaaleja ovat hapetettu viherlipeä, natriumbisulfiitti sekä kompleksinmuodostaja EDTA, joka sitoo raskasmetalleja. (Metsä Group Intranet.)

2.1.2 Hiertäminen

Kemikaalien imeyttämisen jälkeen hake johdetaan jauhatukseen, jossa siitä jauhetaan hiermassaa irrottamalla yksittäisiä kuituja toisistaan. Koska tässä prosessivaiheessa muodostuu runsaasti lämpöä niin haihtuu kosteasta hakkeesta höyryä, jonka lämpöenergiaa voidaan hyödyntää esimerkiksi hakkeen lämmityksessä tai prosessivesien haihdutuksessa. Hiertämisen jälkeen massa johdetaan latenssinpoistoon. (Metsä Group Intranet.)

2.2 Latenssin poisto

Latenssilla tarkoitetaan kuitujen kihartuneisuutta, joka heikentää kuitujen lajittelevuutta ja lujuutta sekä nostaa freeness-arvoa eli suotautumiskykyä. Kuitujen kihartuminen johtuu niihin kohdistuneesta suuresta rasituksesta ja lämmöstä kuidutusprosessin aikana. Latenssinpoisto voidaan suorittaa joko latenssinpoistosäiliöissä tai pulppereissa, joissa massaa sekoitetaan voimakkaasti. Latenssinpoiston johdosta kuidut lajittelevat helpommin, niiden joustavuus ja kestävyys lisääntyy ja kuitupituus kasvaa kihartuneisuuden vähentyessä. (Lönnerberg 2009, 202, 476) Metsä Board Joutsenon tehtaalla latenssinpoisto suoritetaan latenssinpoistosäiliössä. Tässä vaiheessa massaan lisätään myös EDTA:ta. (Metsä Group Intranet.)

2.3 Lajittelu ja rejektin käsittely

Massa voi vielä hiertämisen jälkeen sisältää epäpuhtauksia, jotka muun muassa heikentävät kartongin painettavuutta painokoneilla. Lopputuotteen laadun heikkenemisen lisäksi massan epäpuhtaudet, kuten tikut, roskat, hiekka ja metalli voivat aiheuttaa laitteistojen kulumista ja käyntiongelmia. Näiden tekijöiden vuoksi epäpuhtaudet pyritään erottamaan massasta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa prosessia. (Lönnberg 2009, 284.)

Tehtailla käytettäviin lajittamojärjestelmiin kuuluvat painelajittimet, mahdolliset pyörrepuhdistimet sekä rejektin saostus, jauhatus ja lajittelu. Lisäksi rejekti, eli massaksi kelpaamaton jae, täytyy luonnollisesti pumpata vaiheesta toiseen. Painelajittimissa lajittumisen aiheuttaa nimensä mukaisesti paine-ero, jonka vaikutuksesta hyväksytty jae eli aksepti kulkeutuu lajittimen rakopinnan läpi. Painelajittimia on mahdollista mukauttaa massatyypin ja vaaditun puhtauden perusteella esimerkiksi muuttamalla rakokokoa. Olennaisia seurattavia suureita lajittelun tehokkuutta tarkkaillessa ovat muun muassa massan sakeus, syötön ja akseptin välinen paine-ero, rejektisuhde sekä roottorin pyörimisnopeus. (Seppälä et al. 2004, 65-64.)

Metsä Board Joutsenon tehtaalla rejektin lajittelu alkaa monivaiheisella rakopainesihtilajittelulla, jonka jälkeen erotettu rejekti ohjataan rejektinkäsittelyyn ja aksepti saostukseen. Rejektinkäsittelyssä rejektistä poistetaan ensin vettä ja se saostetaan, minkä jälkeen se jauheetaan hienommaksi ja johdetaan uuteen lajitteluun. Tästä lajittelusta aksepti johdetaan jälleen saostukseen ja rejekti pyörrepuhdistukseen, missä siitä poistetaan hiekka, kivisolut ja tikut. (Metsä Group Intranet.)

2.4 Massan valkaisu ja pesu

Valkaisemisen pääasiallisena tavoitteena on parantaa massasta valmistettavan paperin tai kartongin paino-ominaisuuksia. Vaaleampi ja kirkkaampi massa takaa paremman painojäljen. Mekaanisen massan valkaisu menetelmiä on käytössä kaksi erilaista: peroksidivalkaisu ja ditioniittivalkaisu. Jako perustuu menetelmissä käytettäviin kemikaaleihin. Massan vaaleuden mittana käytetään yleisesti ISO-vaaleutta, joka on mitattu tietyllä aallonpituudella (457 nanometriä) standardiolosuhteissa. (Seppälä et al. 2004, 55, 189.)

Peroksidivalkaisu perustuu hapettumisreaktioon, kun taas ditioniittivalkaisu perustuu pelkistymisreaktioon. Peroksidivalkaisu on näistä kahdesta menetelmästä voimakkaammin valkaiseva, sillä se valkaisee massaa keskimäärin 10-20 yksikköä, kun ditioniittivalkaisulla nousu on 4-10 yksikköä. (Seppälä et al. 2004, 53-54.) Joutsenon Metsä Boardin tehtaalla on käytössä kaksivaiheinen peroksidivalkaisu, jonka vaiheet ovat keskisakeus- ja korkeasakeusvalkaisu. Valkaisujen välissä massa pestään kaksoisviirapuristimilla. (Metsä Group Intranet.)

2.4.1 Peroksidi- ja ditioniittivalkaisu

Peroksidivalkaisun vaihtoehtoisia kemikaaleja ovat natriumperoksidi Na_2O_2 ja vetyperoksidi H_2O_2 , joista vetyperoksidia käytetään tehdasvalkaisussa. Valkaisussa vetyperoksidi reagoi massaa värjäävien yhdisteiden kanssa pilkkoen nämä muiksi, värjäämättömiksi yhdisteiksi. Vetyperoksidi ei ole kuitenkaan ainut prosessissa käytettävä kemikaali, vaan lisäksi tarvitaan apuaineita, kuten natriumhydroksidia ja stabilisaattoria. (Seppälä et al. 2004, 54.)

Jotta valkaisu prosessissa saavutettaisiin haluttu lopputulos, tulee valkaisu laitteiston, viipymäaikojen ja massan ominaisuuksien olla oikeanlaiset. Valkaisu laitteistossa ensimmäisenä on sakeutin, jossa massasta poistetaan vettä, jotta peroksidivalkaisu olisi riittävän tehokas. Sakeuttimessa massa sakeutetaan riittävän sakeaksi ja siihen voidaan lisätä EDTA:ta tai DTPA:ta, jotta raskasmetalli-ionit eivät aiheuttaisi massan tummumista. Lisäksi laitteistoon kuuluu erillinen kemikaalisekoitin, jossa kemikaalit ja massa sekoitetaan keskenään ennen niiden siirtämistä valkaisu torniin. Valkaisu tornissa massaa pidetään keskimäärin joitakin tunteja, jotta kemikaalit ehtivät vaikuttaa kunnolla. (Seppälä et al. 2004, 54.)

Sen lisäksi että peroksidivalkaisu parantaa massan visuaalisia ominaisuuksia, on sillä myös monia muita positiivisia vaikutuksia massan ominaisuksiin. Se muun muassa lisää massan lujuutta ja puhtautta sekä vähentää sen uutepitoisuutta. (Seppälä et al. 2004, 55.)

Ditioniittivalkaisussa $\text{S}_2\text{O}_4^{2-}$ -ioni eli ditioniitti muodostaa veden kanssa pelkistäviä vetyioneja. Tätä menetelmää käyttämällä reaktioaika on hieman lyhyempi kuin peroksidivalkai-

sulla, mutta valkaisu-tulos on heikompi ja lyhytkestoisempi. Ditioniittivalkaisu on valkaisu-laitteiston kannalta vaativampi, sillä laitteiden tulee olla korroosionkestäviä. (Seppälä et al. 2004, 55-56.)

Taulukossa 1 on vielä vertailtu molempien valkaisu-menetelmien prosessiolosuhteita.

Taulukko 1. Prosessiolosuhteet peroksidi- ja ditioniittivalkaisussa (Lönnberg 2009, 368, 370, 376, 385)

	Peroksidivalkaisu	Ditioniittivalkaisu
Kemikaaliannos	1 % - 4 %	0,1 – 1 %
Massan pH	10,5 – 11,5	5 – 6,5
Massan sakeus	30 – 35 %	3 – 5 %
Lämpötila	70 – 80 °C	50 – 70 °C
Viipymäaika reaktiotornissa	2 – 4 tuntia	30 – 60 minuuttia

Taulukossa annetut prosessisuureet ovat suuntaa antavia, sillä ne vaihtelevat hyvin usein eri tehtailla sen mukaan, mitkä on todettu juuri kyseisellä prosessilla kaikkein toimivimmaksi vaihtoehdoksi.

2.4.2 Massan peseminen

Jotta lopputuotteeseen päätyisi mahdollisimman vähän massan valmistusprosessissa käytettyjä kemikaaleja, on massa pestävä huolellisesti prosessin päätteeksi. Joutsenon tehtaalla peseminen on monivaiheinen prosessi, joka perustuu vastavirtapesuun, eli siihen, että laimennusvesiä kierrätetään myöhemmistä pesuvaiheista. Viimeisen pesuvaiheen jälkeen massa laimennetaan ja johdetaan varastotorniin. (Metsä Group Intranet.)

2.5 Kuivaus ja paalaus

Kemikuumahierteen valmistusprosessin viimeiset vaiheet ovat massan kuivaus ja paalaus. Massaa kuivataan kahdella hiutalekuivauslinjalla, joiden tarvitsema lämpö saadaan lämmön talteenoton höyryllä ja maakaasun poltolla. Puhaltimilla massa ohjataan jäähdyttäväksi, jonka jälkeen se siirtyy paalinmuodostajalle. Massapaalit kääritään, leimataan, sidotaan ja siirretään varastoon odottamaan toimitusta asiakkaalle. (Metsä Group Intranet.)

2.6 Lämmön talteenotto ja haihdutus

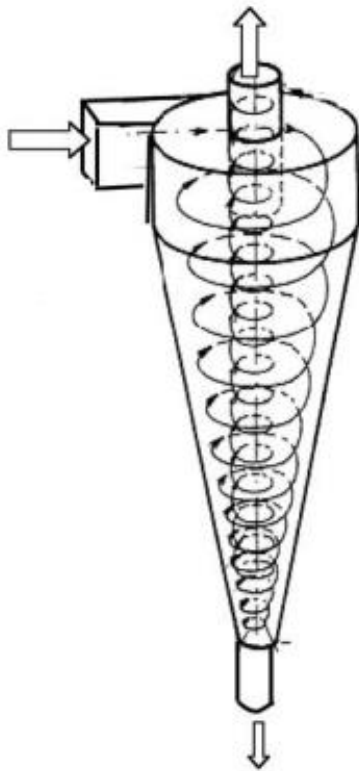
Energiankulutuksen ja kustannusten minimoimiseksi pääprosessin ohessa toimii muun muassa lämpöä ja höyryä kierrättäviä sivuprosesseja. Jauhatusessa muodostuva höyry johdetaan tehtaan lämmön talteenottoon, missä sitä käytetään puhtaan höyryn tuottamiseen. Höyrystimeltä puhdas höyry johdetaan matalapainehöyryverkkoon, jonka kautta se pystytään käyttämään uudelleen esimerkiksi prosessivesihaihduttamalla, kuivausilman esilämmityksessä tai rakennusten lämmityksessä. Käyttökohteissa syntyvä lauhde johdetaan niin ikään höyrystimeen, missä siitä tehdään edelleen uutta käyttökelpoista höyryä. (Metsä Group Intranet.)

Metsä Board Joutsenon tehtaalla haihdutuksessa on käytössä sekä puhallinhaihdutus että 8-vaiheinen tyhjöhaihdutus energian optimoimiseksi. Kaikki tehtaan käytetyt massan pesuvedet johdetaan haihduttamoon. Haihduttamon puhdas lauhde käytetään massan pesemiseen ja haihdutusjäännös eli konsentraatti johdetaan polttoon Metsä Fibren tehtaalle. (Metsä Group Intranet.)

3 PYÖRREPUHDISTUSLAITOS JA SEN TOIMINTA

Pyörrepuhdistimien suuri suosio eri teollisuuden aloilla perustuu menetelmän suunnittelun ja toiminnan yksinkertaisuuteen, korkeaan kapasiteettiin sekä mataliin ylläpito- ja käyttökustannuksiin. Lisäksi laitteisto on yleensä melko pienikokoinen. Pyörrepuhdistin koostuu kartiomaisesta, alaspäin kapenevasta kuoresta, jonka yläosassa on syöttöputki ja akseptin poistoputki ja alaosassa rejektin poistoputki. (Narasimha et al. 2004, 1.)

Sellu- ja paperiteollisuudessa pyörrepuhdistimia käytetään etenkin hiekan ja tikkujen poistamiseen massasta. Massa syötetään puhdistimeen kartion yläosasta, minkä seurauksena puhdistimeen syntyy pyörrevirtaus, mikä saa suurempi-tiheyksiset komponentit siirtymään kartion ulkoreunoille. Tämä ulkoreunoille kertynyt aines poistuu kartion alaosasta rejektinä. (Covey 2015, 31.) Puhdistimessa vaikuttaa neljä voimaa, jotka saavat aikaan akseptin ja rejektin erottumisen: keskipakovoima, kitkavoima, nostevoima sekä työntövoima. Näiden voimien nettovaikutus määrittää sen, erottuuko tietyt ominaisuudet omaava partikkeli akseptista vai ei. (Lönnberg 2009, 316-317.)

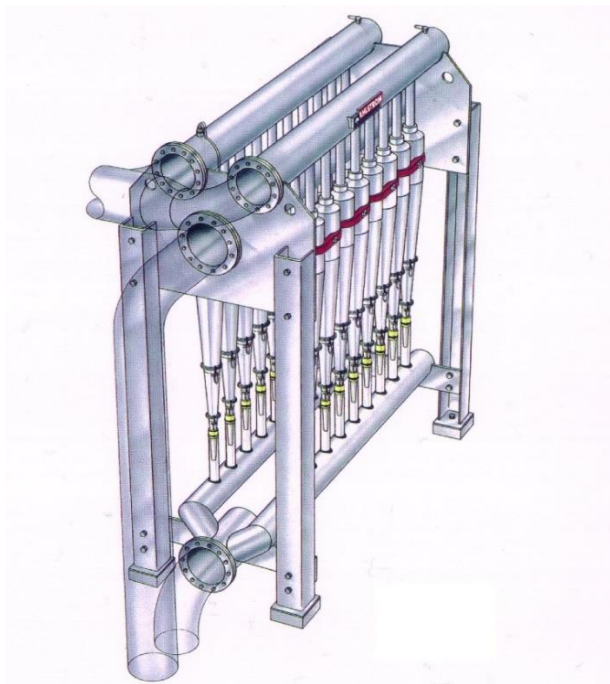


Kuva 2. Kaavio pyörrepuhdistimen toimintaperiaatteesta (muokattu lähteestä Covey 2015, 31)

Suureita, joiden tiedetään vaikuttavan pyörrepuhdistuksen tehokkuuteen ovat muun muassa syötettävän massan sakeus sekä syötön ja akseptin välinen paine-ero (Seppälä et al. 2004, 66). Lisäksi on tutkittu, millainen todennäköisyys erilaisilla partikkeleilla on päätyä rejektin joukkoon. Massaltaan ja kooltaan suuret partikkelit päätyvät rejektiksi helpommin kuin kooltaan pienet partikkelit. Mikäli partikkelin pinta-ala kuitenkin on suuri, se päätyy virtauksen mukana helpommin kartion yläosaan ja akseptin poistoputkeen. (Lönnberg 2009, 317.)

Pyörrepuhdistimia on suunniteltu useampia eri tyyppisiä erottelemaan erilaisia epäpuhtauksia. Näitä eri malleja ovat korkean sakeuden puhdistajat, keskisakeuspuhdistajat, hienojakoiselle massalle käytettävät puhdistajat sekä kevyille partikkeleille käytettävät puhdistajat. Korkean sakeuden tai suuremman kapasiteetin puhdistajia käytetään erottelemaan raskaat ainekset, kuten hiekka tai kooltaan suuret partikkelit. Hienojakoispuhdistajia käytetään erottelemaan muun muassa hiekka, metalli ja kuoriaines. Tätä puhdistintyyppiä käytetään myös selluteollisuudessa, missä puhdistusjärjestelmä koostuu tyypillisesti 2-6 puhdistinportaasta. (Lönnberg 2009, 318-319.)

Joutsenon Metsä Boardin tehtaalla käytössä oleva pyörrepuhdistuslaitos on viisiportainen, joista ensimmäisen portaan puhdistimia voidaan tarvittaessa ajaa rinnakkain. Kyseistä puhdistinmallia (Ahlcleaner RB200) käytetään teollisuudessa yleisestikin mekaanisten massojen puhdistamiseen, sillä se poistaa erityisesti massaan jääneitä tikkuja tehokkaasti. Pyörrepuhdistuslaitoksen kytkentä on toteutettu siten, että edeltävien puhdistinportaiden rejekti etenee seuraaviin puhdistimiin niiden syötön kautta. Viimeisestä portaasta rejekti poistetaan prosessista. Aksepti voidaan ohjata puhdistimista joko eteenpäin prosessissa tai takaisin lajitteluvaiheeseen.



Kuva 3. Ahlcleaner RB200-pyörrepuhdistin (Andritz)

4 KOEAJOJEN JA MITTAUSTEN SUORITTAMINEN

Pyörrepuhdistuslaitoksen koeajot suoritettiin kahdella massalajilla, HW:lla ja HWSW80:llä. Kummastakin koeajosta pyörrepuhdistuslaitoksen näytteitä otettiin yhteensä kuusi ja paalinäytteitä neljä. Pyörrepuhdistuslaitokselta otettiin siis massanäytteitä kummassakin koeajossa 2 näytesarjaa siten, että otettiin näytteet syötteestä, akseptista ja rejektistä. Samoista pisteistä otettiin myös rinnakkaisnäytteet (näytteet 4-6). Näytteet otettiin tilavuudeltaan 16 litran muovikanistereihin, jotka toimitettiin Simpeleen Metsä Boardin tehtaalle analysoitavaksi. Joutsenon tehtaalla suoritettavia mittauksia varten näytteet kerättiin pienempiin ämpäreihin.

Jokaiseen näytteenottoastiaan merkittiin seuraavat tiedot: ottoajankohta, laji, sekä näytteen numero (1-6). Joutsenossa näytteistä määritettiin sakeus, freeness ja tikut, kun taas Simpeleellä määritettiin kuidunpituus, tuhka sekä pienten ja isojen roskien määrät koearkeissa. Suoritettujen mittausten työohjeet ovat liitteenä työn lopussa. Taulukossa 2 on esitettynä koeajoissa otetut näytteet, niiden ottoajankohta sekä näytteenottopiste.

Taulukko 2. Ensimmäisen koeajon pyörrepuhdistuslaitoksen näytteet kun ajossa oli HW-massa.

Näyte	Näytteenotto- piste	Näytteenotto- ajankohta	Täyttymis- aika [s]	Virtaus [l/s]	Massavirta [kg/s]
1	Syöttö	6.8.2018 7:21		28,9	0,416
2	Aksepti	6.8.2018 7:31			0,383
3	Rejekti	6.8.2018 7:41	34,56	2,27	0,033
4	Syöttö	6.8.2018 10:01		29,30	0,410
5	Aksepti	6.8.2018 10:11			0,346
6	Rejekti	6.8.2018 10:19	35,85	2,19	0,032

Taulukossa 2 on esitettyä ensimmäisen koeajon aikana otetut pyörrepuhdistuslaitoksen näytteet, niiden ottoajankohta, rejektisäiliön täyttymisaika (näytteet 3 ja 6), virtausnopeus sekä massavirta. Ensimmäinen koeajo ajettiin HW-massalla.

Taulukko 3. Toisen koeajon pyörrepuhdistuslaitoksen näytteet, kun ajossa oli HWSW80-massa.

Näyte	Näytteenotto- piste	Näytteenotto- ajankohta	Täyttymis- aika [s]	Virtaus [l/s]	Massavirta [kg/s]
1	Syöttö	15.8.2018 12:25		27,6	0,373
2	Aksepti	15.8.2018 12:20			0,341
3	Rejekti	15.8.2018 12:13	36,13	2,17	0,031
4	Syöttö	15.8.2018 14:30		27,90	0,335
5	Aksepti	15.8.2018 14:30			0,305
6	Rejekti	15.8.2018 14:30	38,44	2,04	0,029

Toinen koeajo oli luonteeltaan samanlainen kuin ensimmäinenkin: ensin otettiin näytteet 1-3 ja vähän ajan päästä otettiin rinnakkaisnäytteet 4-6 (taulukko 3). Jotta jokaisesta näytteenottopisteestä saatiin laskettua massavirta, piti rejektin näytteenottopisteistä (näytteet 3 ja 6) laskea säiliön täyttymisaika. Tällöin säiliön tilavuuden (78,5 litraa) ja massan sakeuden avulla saatiin taulukoihin laskettua massavirrat. Massavirran avulla puolestaan voidaan arvioida, kuinka paljon kunkin näyteenpisteen kautta kulkee massaa tietyssä ajassa. Tämän ja roskaisuustuloksien avulla saadaan myös määritettyä roskavirrat akseptiin ja rejektiin.

Taulukoissa 2 ja 3 on taulukoituna koeajojen pyörrepuhdistuslaitokselta otetut näytteet. Näiden lisäksi molemmista koeajoista otettiin paalinäytteet ensin pyörrepuhdistuslaitoksen ollessa päällä ja myöhemmin sen ollessa pois käytöstä. Molempien koeajojen paalinäytteet ovat taulukoituna taulukossa 4.

Taulukko 4. Molempien koeajojen aikana otetut paalinäytteet.

Näyte	Laji	Ottoajankohta	Pyörrepuhdistuslaitos
Paalinäyte 1	HW	6.8.2018 8:05	Ajossa
Paalinäyte 2	HW	6.8.2018 12:05	Ajossa
Paalinäyte 3	HW	7.8.2018 8:05	Ei ajossa
Paalinäyte 4	HW	7.8.2018 10:00	Ei ajossa
Paalinäyte 1	HWSW80	15.8.2018 14:00	Ajossa
Paalinäyte 2	HWSW80	15.8.2018 16:00	Ajossa
Paalinäyte 3	HWSW80	16.8.2018 8:00	Ei ajossa
Paalinäyte 4	HWSW80	16.8.2018 10:00	Ei ajossa

Näytteiden ottoajankohtiin vaikutti muun muassa tehtaan muun tuotannon tilanne. Jotta näytteistä saatiin edustavia, tuli pyörrepuhdistuslaitoksen käytöstäpoistamisen jälkeen odottaa jonkin aikaa, jotta tuotannossa oleva massa ehti tasaantua, ja että laitoksen poisto käytöstä alkoi näkyä myös paalaamon massoissa. Näytteiden ottamisen hoiti kyseisenä ajankohdana työvuorossa oleva kenttähenkilöstö.

5 TULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Tässä osiossa käydään läpi koeajojen laboratoriomittauksista saatuja tuloksia. Tulokset on koottu taulukoihin, joiden pohjalta on sitten tehty erilaisia kuvaajia, jotka havainnollistavat eroja niin koeajojen kuin eri näytesarjojenkin välillä.

5.1 Ensimmäisen koeajon tulokset

Ensimmäinen koeajo suoritettiin HW-massalajilla. Koeajon tulokset ovat taulukoituna alla. Tärkeimmistä tutkittavista ominaisuuksista on tehty lisäksi havainnollistavia diagrammeja.

Taulukko 5. Ensimmäisen koeajon pyörrepuhdistuslaitosnäytteiden mittaustulokset

Näyte	Sakeus [%]	Massavirta [kg/s]	Tikut [%]	Roskat [isot/pienet, kpl/kg]	Roskat [isot/pienet, kpl/s]	Kuidunpituus [mm]	Tuhka [%]
1	1,44	0,416	3,93	131/498	56/207	1,07	5,25
2	0,22	0,383	2,10	35/275	13/105	0,87	10,78
3	1,32	0,033	28,25	63/433	2/14	1,22	0,83
4	1,40	0,410	3,70	56/325	23/133	1,08	7,48
5	0,23	0,379	1,97	72/265	27/100	0,88	8,80
6	1,01	0,032	26,43	92/555	3/18	1,30	0,97

Taulukon 5 perusteella on nähtävissä selkeitä eroja eri näytepisteistä otettujen näytteiden laadussa. Massavirran avulla on laskettu taseet kunkin näytepisteen kautta kulkeville roskille yksikössä kpl/s. Näin voidaan tarkastella pyörrepuhdistuslaitoksen toimintaa tarkemmin, sillä vaikka rejektissä (näyte 3) on selvästi enemmän roskia kuin akseptissa (näyte 2), on rejektin massavirta niin pieni, että sekunnin aikana roskia päätyy enemmän akseptiin kuin rejektiin.

Kun tuloksia siis tarkastellaan taseena, ei pyörrepuhdistuslaitos selvästi poista roskia kovin tehokkaasti pienestä massavirrasta johtuen. Tikkupitoisuutta tarkastellessa näyttäisi siltä, että pyörrepuhdistus onnistuu poistamaan massasta enimmät tikut, sillä tikkupitoisuus on selvästi pienempi akseptissa kuin mitä se on syötteessä.

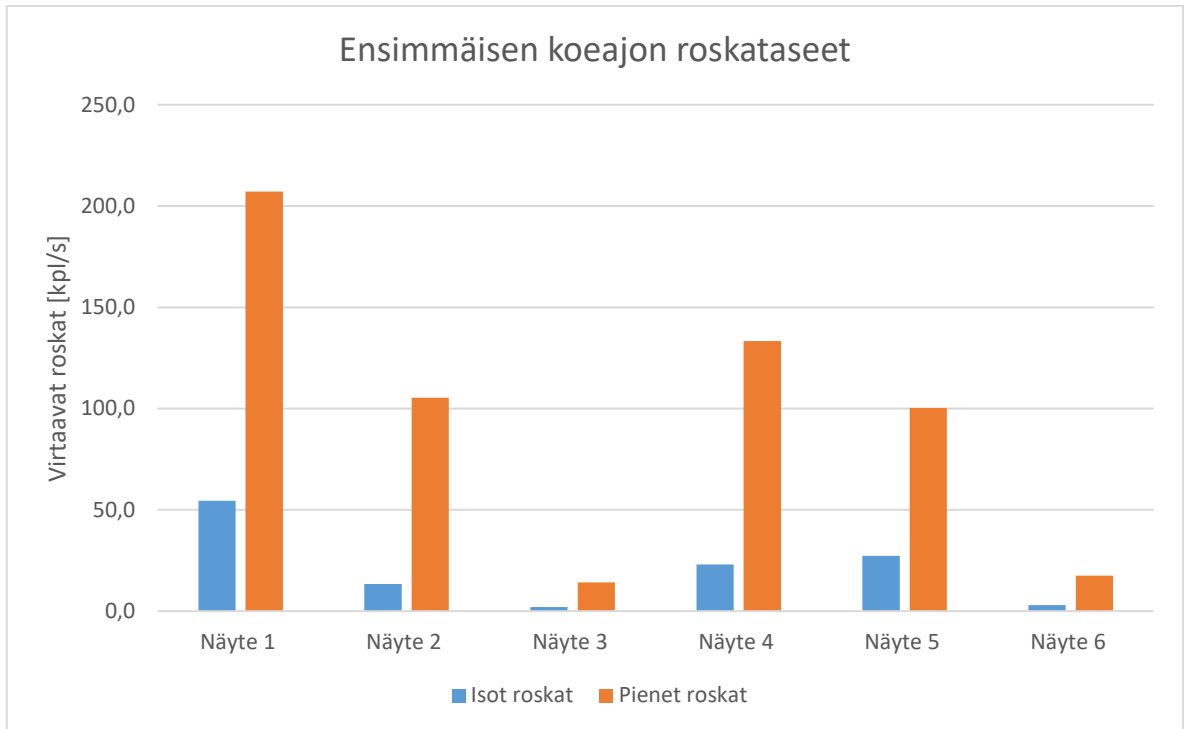
Taulukossa 6 on esitettyä ensimmäisen koeajon paalinäytteiden mittaustulokset.

Taulukko 6. Ensimmäisen koeajon paalinäytteiden mittaustulokset

Näyte	Pyörrepuhdistuslaitos	CSF [ml]	Tikut [%]	Roskat [isot/pienet, kpl/kg]	Kuidunpituus [mm]	Tuhka [%]
1	Ajossa	500	0,63	12/123	0,82	0,98
2	Ajossa	490	0,73	4/110	0,80	0,98
3	Ei ajossa	505	0,79	8/136	0,83	0,92
4	Ei ajossa	495	0,77	21/96	0,79	0,98

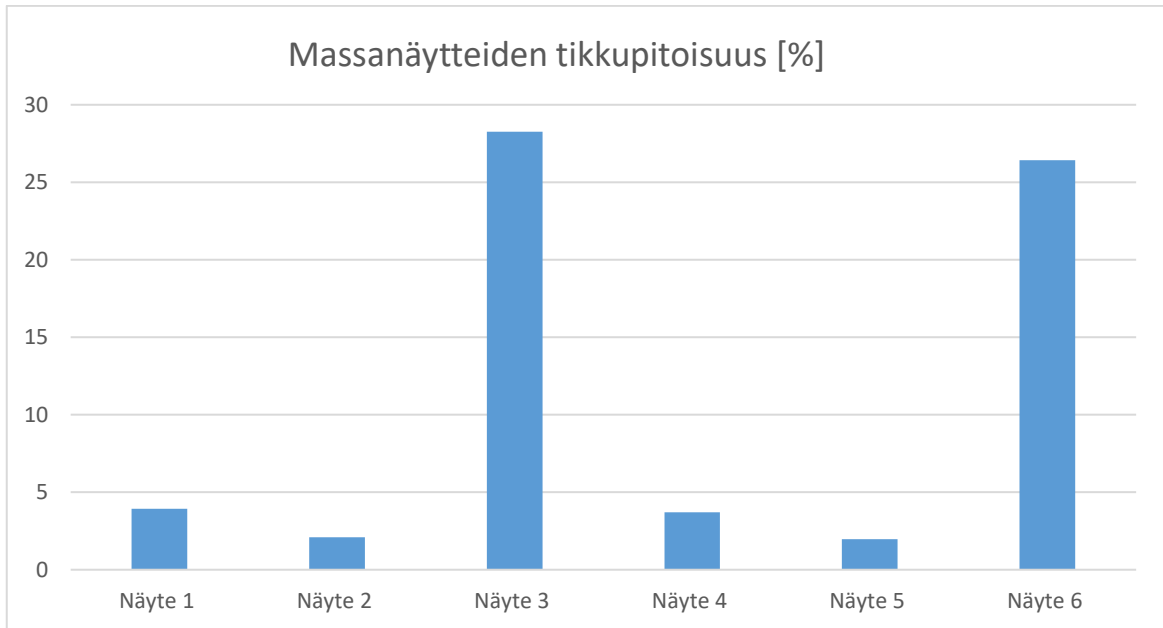
Taulukon 6 perusteella paalituloksissa erot näytteiden välillä ovat selvästi pienempiä ja epäselvempiä kuin pyörrepuhdistuslaitoksen näytteissä. Tämä voi johtua siitä, että massa- ja paalinäytteiden väliin mahtuu vielä lukuisia prosessivaiheita, muun muassa massan valkaisu. Tämä voi häivyttää etenkin roskaisuutta pois näkyvistä lopputuotteessa. Lisäksi erojen näkyvyyteen ja luotettavuuteen voi vaikuttaa se, että otos oli varsin pieni; näytteitä otettiin vain pari kussakin tilanteessa.

Tuloksista eniten oltiin kiinnostuneita roskista ja tikkupitoisuudesta, sillä tikuille asiakkailta on tietyt raja-arvot, joiden ylittyessä lopputuotetta ei voida toimittaa eteenpäin. Muille tutkituille suureille on olemassa tietynlaiset viitekehykset, mutta tarkkoja raja-arvoja niille ei ole määritetty. Tästä johtuen tuloksia havainnollistavat kuvaajatkin tehtiin vain roskaisuudelle ja tikkupitoisuudelle. Vaikka näytteiden freeness-arvot on esitetty taulukossa, ei niitä käsitellä tarkemmin työssä. Freeness-mittaukset tehtiin, koska oltiin kiinnostuneita siitä, pysykö se asiakkaiden asettamissa rajoissa myös pyörrepuhdistuslaitoksen ollessa pois päältä. Tuloksia tarkastellessa huomattiin, että freeness-arvo pysyi sille asetettujen rajojen sisällä.



Kuva 4. Ensimmäisen koeajon pyörrepuhdistuslaitosnäytteiden roskaisuustulokset

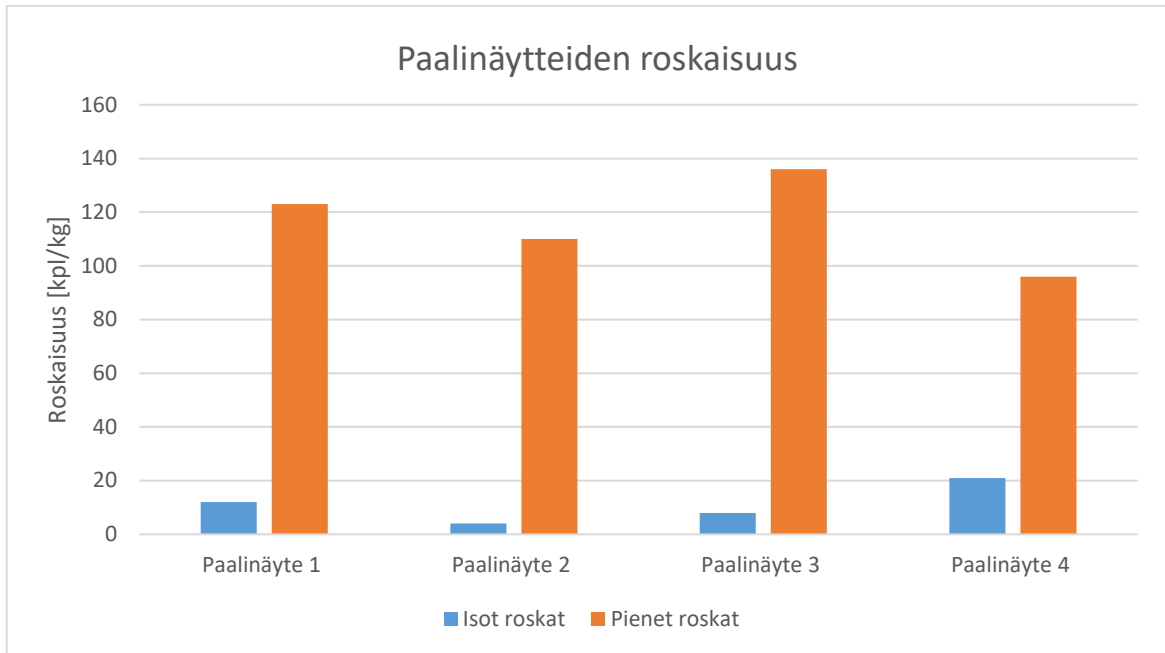
Kuvassa 4 on tarkasteltu ensimmäisen koeajon roskataseita pylväsdiagrammin muodossa. Diagrammista on helposti nähtävissä, että akseptiin päätyy sekunnin aikana paljon enemmän roskaa kuin pyörrepuhdistuslaitoksen kautta rejektiin. Tämä johtuu osittain pyörrepuhdistuslaitoksen rajallisesta läpivirtauskapasiteetista. Rejektiin päätyvästä pienestä roskavirrasta huolimatta ensimmäisen näytesarjan akseptissa (näyte 2) roskavirta on kuitenkin puolet syötteen mukana tulevasta roskavirrasta (näyte 1). Toisen näytesarjan kohdalla kyseinen ero on paljon pienempi (näytteet 4 ja 5). Jonkin verran roskaa siis kuitenkin poistuu lopputuotteen päätyvästä massasta.



Kuva 5. Ensimmäisen koeajon pyörrepuhdistuslaitosnäytteiden tikkupitoisuudet

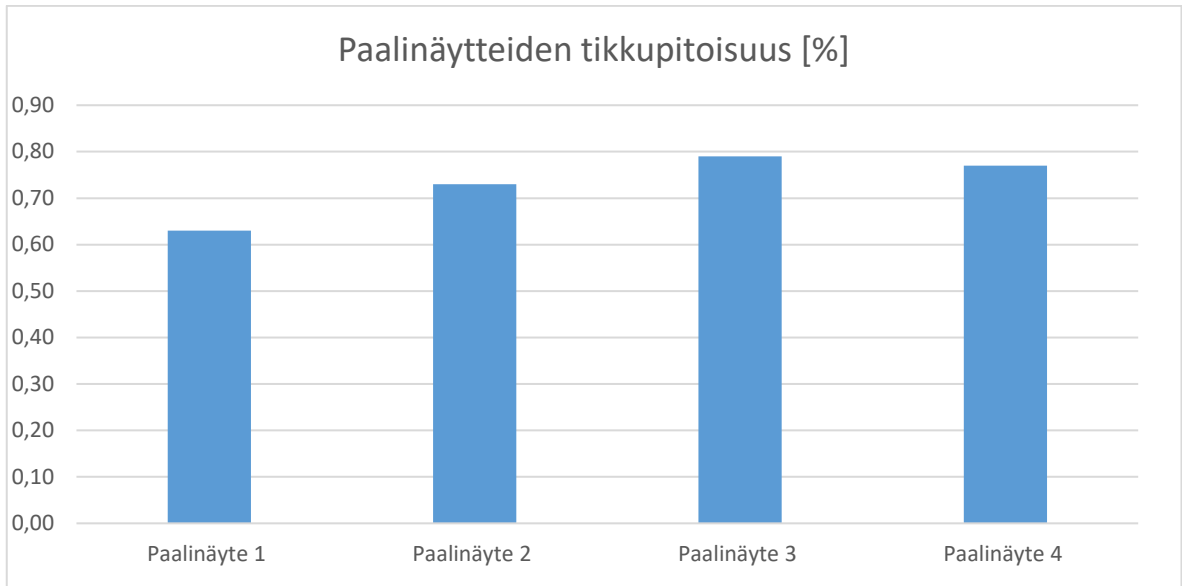
Kuvan 5 diagrammin mukaan ensimmäisessä näytesarjassa tikkupitoisuus akseptissa on ollut 1,84 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin syötteessä. Rinnakkaisessa näytesarjassa akseptin tikkupitoisuus oli 1,73 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin syötteessä. Kuvan 5 diagrammin perusteella voidaan siis todeta että pyörrepuhdistuslaitos pystyy poistamaan massasta sen laatua heikentäviä tikkuja.

Paalinäytteissä erot tutkittavissa suureissa olivat kaiken kaikkiaan selvästi pienempiä kuin massanäytteissä. Kuten aikaisemmin työssä mainittiin, tähän voi vaikuttaa etenkin massan valkaisu.



Kuva 6. Ensimmäisen koeajon paalinäytteiden roskaisuustulokset

Kuvan 6 pylväsdiagrammin perusteella pyörrepuhdistuslaitoksella ei ole merkittävää vaikutusta paalien roskaisuuteen. Pyörrepuhdistuslaitoksen vaikutusta voidaan tarkastella laskeamalla näytteiden 1 ja 2 sekä 3 ja 4 roskamäärille keskiarvot. Täten saadaan isojen roskien määräksi paalimassassa pyörrepuhdistuksen ollessa päällä 8 kpl/kg ja pienten roskien määräksi 116,5 kpl/kg. Ilman pyörrepuhdistuslaitosta samaiset keskiarvot ovat isoille roskille 14,5 kpl/kg ja pienille roskille 116 kpl/kg. Tästä voitaisiin päätellä, että isoja roskia päätyy lopputuotteeseen enemmän pyörrepuhdistuslaitoksen ollessa pois päältä. Sattumaa ei kuitenkaan voida rajata näin pienen otoksen perusteella pois, varsinkaan kun pienten roskien määrässä ei ole havaittavissa juurikaan eroa.



Kuva 7. Ensimmäisen koeajon paalinäytteiden tikkupitoisuudet

Ensimmäisen koeajon paalinäytteissä (kuva 7) on nähtävissä pieni ero tikkupitoisuuksissa kun pyörrepuhdistus on käytössä, verrattuna tilanteeseen, jossa se on pois käytöstä. Kun lasketaan keskiarvot näytteiden 1 ja 2 sekä näytteiden 3 ja 4 tuloksista, saadaan tikkupitoisuudeksi pyörrepuhdistuksen ollessa käynnissä 0,68 %. Kun pyörrepuhdistus on pois käytöstä, on tuo luku puolestaan 0,78 %. Ero on kuitenkin niin pieni, että mikäli haluttaisiin sulkea sattuman mahdollisuus pois, olisi näytteitä ja samalla näytteenottokertoja pitänyt olla useampi. Tämän koeajon perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että pyörrepuhdistuslaitoksella on pieni vaikutus lopputuotteen tikkupitoisuuteen.

5.2 Toisen koeajon tulokset

Toinen koeajo suoritettiin 15. – 16.8. HWSW80-massalajilla. Selkeyden ja vertailtavuuden vuoksi tuloksista on tehty alle samanlaiset taulukot ja diagrammit kuin ensimmäisen koeajon tuloksista. Lisäksi analysoidaan hieman koeajojen välillä esiintyviä eroja ja niiden mahdollista vaikutusta tulosten tulkintaan.

Taulukko 7. Toisen koeajon mittaustulokset

Näyte	Sakeus [%]	Massa- virta [kg/s]	Tikut [%]	Roskat [isot/pienet, kpl/kg]	Roskataseet [isot/pienet, kpl/s]	Kui- dunpi- tuus [mm]	Tuhka [%]
1	1,35	0,373	6,62	152/370	57/138	1,30	2,58
2	0,21	0,341	4,35	41/244	14/83	1,13	5,04
3	0,98	0,031	42,9	69/602	2/19	4,06	0,94
4	1,20	0,335	3,33	92/268	31/90	1,23	3,33
5	0,19	0,305	1,66	88/195	27/60	1,06	5,40
6	1,11	0,029	25,1	145/249	4/10	1,45	0,87

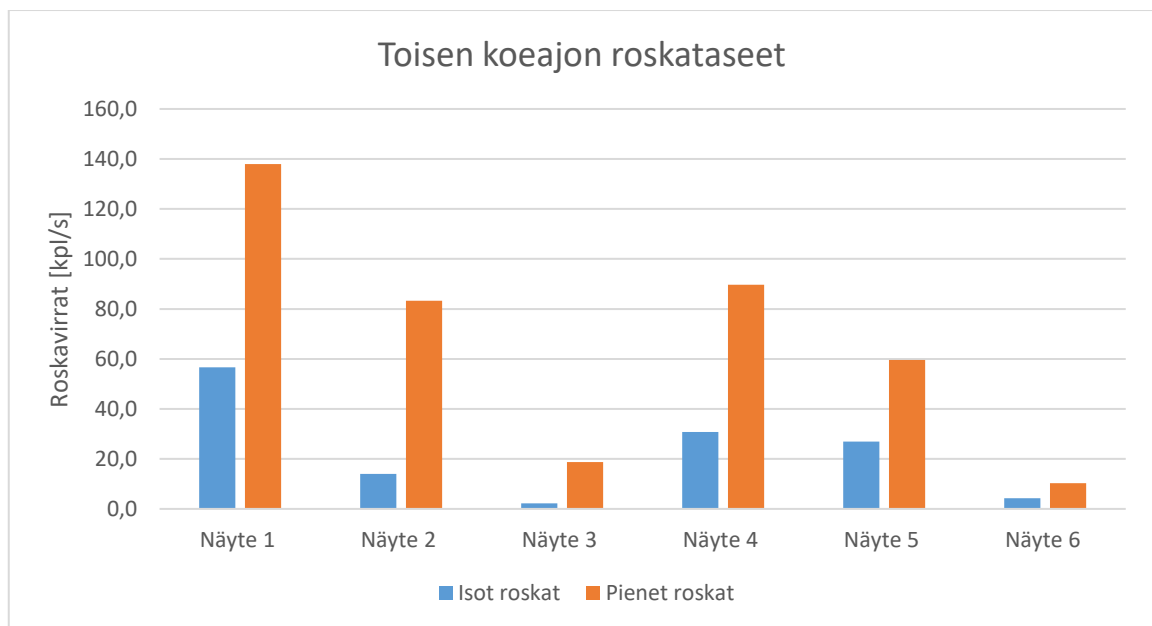
Toisen koeajon massanäytteiden tuloksissa (taulukko 7) erot näytteiden välillä ovat hyvin samansuuntaisia kuin ensimmäisen koeajon tuloksissa (taulukko 5). Syötenäytteiden (näytteet 1 ja 4) välillä on edelleen jonkin verran puhtauseroa, mikä voi vaikuttaa tulosten tulkitavuuteen. Tämä on kuitenkin koeajotilanteissa normaalia, sillä puuaineksen laadun vaihdeltaessa myös kunakin ajanhetkenä tuotannossa valmistettavan massan laatu vaihtelee. Massan laadun vaihtelu on nähtävissä taulukossa etenkin näytteen 3 kohdalla, sillä sen kuidunpituudessa on selvä poikkeama muiden näytteiden arvoista. Myös tikkupitoisuus on ollut kyseisessä näytteessä varsin korkea. Kyseessä voi olla mittausvirhe tai vain karkeampilaatuinen massa.

Taulukosta 7 on kuitenkin huomattavissa, että edelleen rejektiin päätyy kuitenkin paljon vähemmän roskia sekunnissa kuin mitä niitä päätyy akseptiin. Tämä viittaa, kuten ensimmäisessäkin koeajossa, siihen, että pyörrepuhdistuslaitos ei ole optimaalisin menetelmä massan puhdistamiseen.

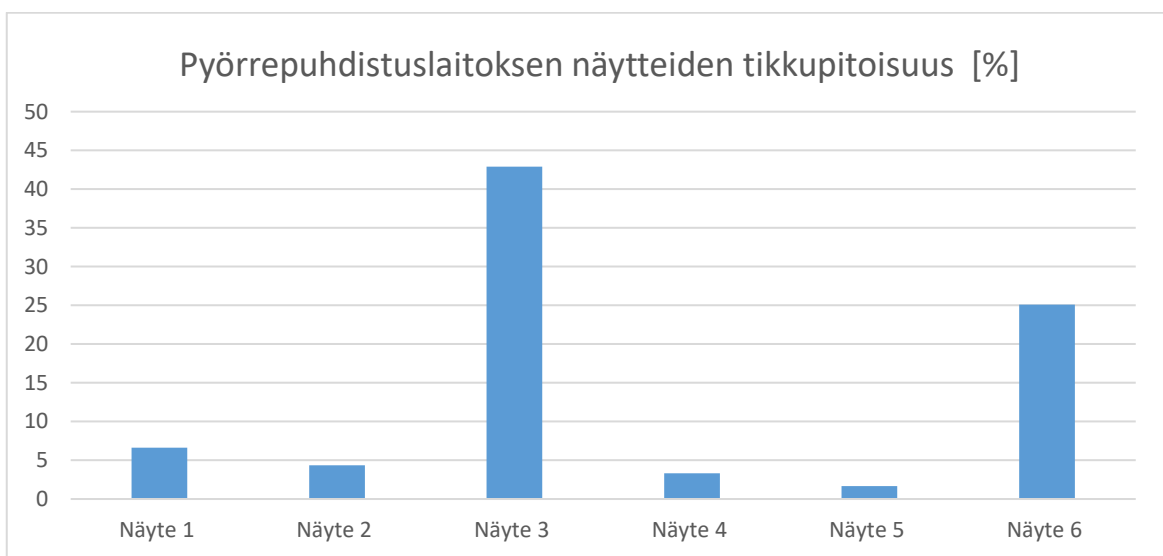
Taulukko 8. Toisen koeajon paalinäytteiden mittaustulokset

Näyte	Pyörrepuhdistuslaitos	CSF [ml]	Tikut [%]	Roskat [isot/pienet, kpl/kg]	Kuidunpituus [mm]	Tuhka [%]
1	Ajossa	530	1,30	4/39	0,92	0,80
2	Ajossa	525	1,20	16/81	0,93	0,81
3	Ei ajossa	525	0,93	16/53	0,96	0,88
4	Ei ajossa	530	0,88	12/45	0,98	0,85

Taulukon 8 tuloksista ei ole juurikaan huomattavissa pyörrepuhdistuslaitoksen vaikutusta massan ominaisuuksiin. Tikkupitoisuuden osalta massa näyttää jopa puhtaammalta ajanhetkellä, jolloin pyörrepuhdistuslaitos ei ole ollut päällä. Samaten massan roskapitoisuudessa ei juurikaan ole eroa eri näytteenottoilanteiden välillä.

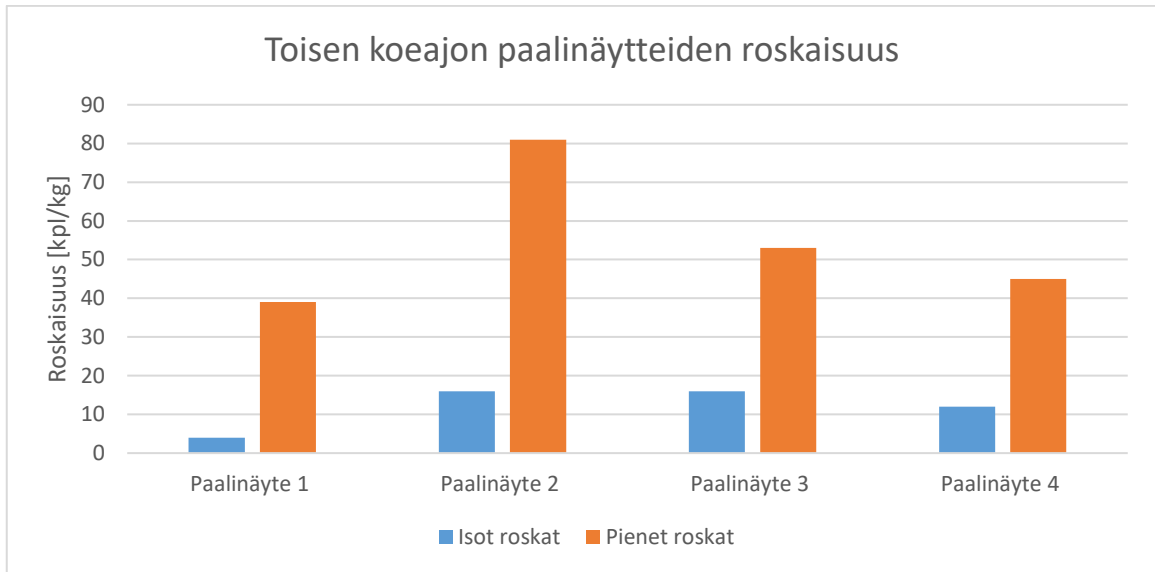
**Kuva 8.** Toisen koeajon pyörrepuhdistuslaitosnäytteiden roskaisuustulokset

Kuvassa 8 on kuvattuna pylväsdiagrammina toisen koeajon massanäytteiden roskaisuustulokset. Tuloksista on tulkittavissa sama asia kuin ensimmäisen koeajon tuloksista: akseptiin päätyy edelleen paljon enemmän roskaa aikayksikössä kuin rejektiin pyörrepuhdistuslaitoksen kautta. Toisen näytesarjan kohdalla näyttäisi siltä että roskaa päätyy akseptiin lähestulkoon sama virta kuin mitä niitä on tullut syötteen mukana. Tulokset viittaavat edelleen hyvin vahvasti siihen, että pyörrepuhdistuslaitos ei ole kykeneväinen poistamaan BCTMP-massan roskaa.



Kuva 9. Toisen koeajon pyörrepuhdistuslaitosnäytteiden tikkupitoisuudet

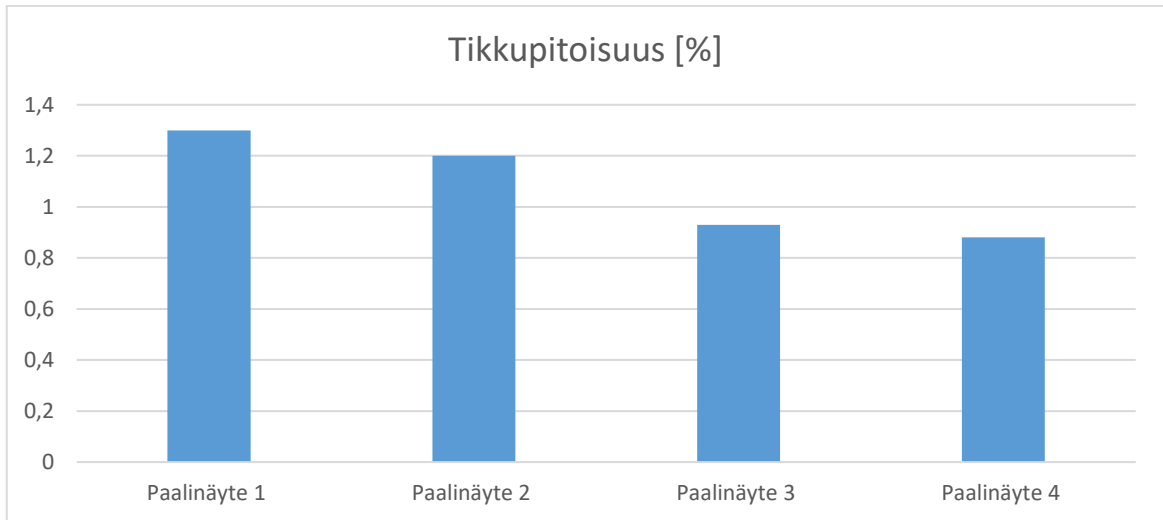
Vaikka massan tikkupitoisuus on ollut selkeästi pienempi toisella näytteenottokerralla, on kuvan 9 diagrammista selvästi nähtävissä pyörrepuhdistuslaitoksen vaikutus akseptin tikkupitoisuuteen. Ensimmäisessä näytesarjassa tikkupitoisuus syötteen ja akseptin välillä (näytteet 1 ja 2) on laskenut 2,27 prosenttiyksikköä, kun taas toisessa näytesarjassa (näytteet 4 ja 5) se on laskenut vain 1,67 prosenttiyksikköä. Tästä on kuitenkin selvästi huomattavissa sama kuin ensimmäisen koeajon tuloksista, eli se, että pyörrepuhdistuslaitos on toimiva menetelmä massan tikkupitoisuuden pienentämiseen.



Kuva 10. Toisen koeajon paalinäytteiden roskaisuustulokset

Kuten ensimmäisen koeajon paalinäytteiden tuloksista, ei toisenkaan koeajon roskaisuustuloksista (kuva 10) löydy viitteitä sille, että pyörrepuhdistuslaitoksella olisi juurikaan vaikutusta lopputuotteen roskaisuuteen. Mikäli näytteiden 1 ja 2 sekä näytteiden 3 ja 4 roskaisuustuloksista laskee keskiarvot, selviää, että pyörrepuhdistuslaitoksen ollessa päällä lopputuotteeseen päätyy noin 10 kpl/kg isoja roskia ja 60 kpl/kg pieniä roskia. Kun pyörrepuhdistuslaitos poistetaan käytöstä, päätyy lopputuotteeseen puolestaan 14 kpl/kg isoja ja 49 kpl/kg pieniä roskia. Tulokset on vielä selkeämmin nähtävissä, mikäli lasketaan roskapitoisuuksista keskiarvot jättäen roskien kokoluokitus huomioimatta. Tällöin pyörrepuhdistuksen ollessa päällä lopputuotteeseen kertyy roskia noin 70 kappaletta massakiloa kohti, kun taas pyörrepuhdistuksen ollessa pois käytöstä noin 63 kappaletta massakiloa kohti.

Voidaan siis päätellä, että pyörrepuhdistuslaitoksella ei ole juurikaan vaikutusta massan roskaisuuteen valkaisemisen jälkeen. Massa on ollut selvästi puhtaampaa toisella näytteenotokerralla, mikä on nähtävissä tuloksissa vaikka pyörrepuhdistuslaitos on ollut pois käytöstä. Tämä on kuitenkin vain yhden koeajon pohjalta saatu tulos, ja tuloksen luotettavuuden lisäämiseksi koetta olisikin hyvä toistaa eri ajankohtina ja mahdollisuuksien mukaan eri olosuhteissa.



Kuva 11. Toisen koeajon paalinäytteiden tikkupitoisuudet

Kuvassa 11 esitetyistä paalinäytteiden tikkupitoisuustuloksista ei ole nähtävissä, että pyörrepuhdistuslaitoksella olisi merkitystä massan tikkupitoisuuteen enää valkaisun jälkeen. Näytteitä otettiin kuitenkin varsin vähän, ja luotettavien tulosten saamiseksi tulisi näytteiden ottokertoja lisätä.

5.3 Koeajojen tulosten väliset eroavaisuudet

Suoritettujen koeajojen tulokset ovat pääpiirteittäin hyvin samansuuntaisia ja johdonmukaisia. Merkittävin ero koeajojen tulosten tarkastelussa oli, että toisen koeajon aikana massa oli selvästi puhtaampaa. Tämä voi osaltaan vaikuttaa siihen, että ensimmäisen koeajon näytteissä puhtauserot syötteen ja akseptin välillä olivat jonkin verran selkeämpiä kuin toisen koeajon näytteissä.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettujen koeajojen tuloksista on pääteltävissä, että pyörrepuhdistuslaitoksella ei ole juurikaan vaikutusta BCTMP-tehtaan lopputuotteen laatuun. Laboratoriomittausten perusteella pyörrepuhdistuslaitoksella olisi selvä vaikutus valkaisemattoman massan roskaisuuteen, mutta kun tuloksia tarkastellaan taseena laskemalla roskamäärille arvot yksikössä kpl/s, selviää, että rejektiin päätyy minimaalinen määrä roskaa verrattuna siihen, mitä niitä päätyy

akseptiin. Tulosten perusteella näyttäisi siis siltä, ettei pyörrepuhdistuslaitos ole pätevä menetelmä BCTMP-massan roskaisuuden pienentämiseen.

Jotta pyörrepuhdistuslaitoksen vaikutuksesta massan laatuun saataisiin kattavampia tuloksia, tulisi koeajoja tehdä enemmän ja erilaisissa olosuhteissa. Olisi huomioitava muun muassa vuodenaikojen merkitys puuaineksen laatuun. Kesällä puun mukana voi kulkeutua enemmän hiekkaa ja vierasesineitä kuin talvella, mikä puolestaan lisää massan puhdistustarvetta. Lisäksi se, mistä puu on tuotu, vaikuttaa sen laatuun. Lisäksi olisi hyvä tutkia, miten eri puulajisuhteet vaikuttavat siihen, miten paljon massa vaatii puhdistamista.

Sen lisäksi, että kattavampien tulosten saamiseksi olisi otettava huomioon eri olosuhteet, olisi myös laadittava suunnitelma sille, miten toimitaan pyörrepuhdistuslaitoksen käytöstä poistamisen jälkeen. Tähän liittyy muun muassa pohdinnat siitä, miten ohitus tapahtuu ja tarvitaanko sitä varten esimerkiksi uusia putkistoja. Tulisi myös mahdollisesti laatia jonkinlainen indikaattori hakkeen laadulle. Tällöin saataisiin tieto hakkeen laadun muutoksista, jolloin voitaisiin tarvittaessa ottaa pyörrepuhdistuslaitos väliaikaisesti käyttöön asiakkaiden laatuvaatimusten saavuttamiseksi.

6.1 Pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisen vaikutus energiavirtoihin

Luonnollisesti pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisella olisi positiivinen vaikutus BCTMP-tehtaan energiankulutukseen ja jätevesivirtoihin. Pyörrepuhdistuslaitoksen toiminta vaatii lukuisia pumppuja, jotka kuluttavat kokonaisuudessaan melko paljon sähköä. Mikäli pyörrepuhdistuslaitos voitaisiin ohittaa, voitaisiin nämä pumput poistaa käytöstä ja siten säästää sähköä. Samaten jätevedenpuhdistamolle päätyvän rejektin määrässä pyörrepuhdistuslaitoksen ohittaminen näkyisi selkeästi. Tämä vaikutus saadaan selville hyödyntämällä taulukoissa 2 ja 3 taulukoituja rejektimassojen massavirtoja. Esimerkiksi laskemalla yhtälön 1 mukaisesti saadaan selville kuinka paljon pyörrepuhdistuslaitokselta siirtyy rejektimassaa jätevedenpuhdistamolle päivässä:

$$0,031 \frac{kg}{s} * 86400 = 2678,4 \frac{kg}{d} \quad (1)$$

Yhtälössä on hyödynnetty taulukosta 3 löytyvää näytteen 3 massavirtaa. Jätevedenpuhdistamolle menee pyörrepuhdistuslaitokselta noin 2,7 tuhatta kiloa kiintoainetta päivässä. Mikäli pyörrepuhdistuslaitos päätettäisiin ohittaa, päätyisi tuo sama määrä massaa lopputuotteeseen ja siten myyntiin. Sen lisäksi, että jätevedenpuhdistamon kuormitus vähenisi, lisääntyisi siis myös tehtaan saanto. Jätevedenpuhdistamon kiintoainekuormituksen lisäksi pienenesi pyörrepuhdistuslaitoksen ohituksen myötä myös puhdistamon COD-kuormitus. COD (eng. Chemical oxygen demand) kuvaa orgaanisen aineksen aiheuttamaa kemiallista hapenkulutusta jätevesissä (Valtonen 2005, 9).

Esimerkiksi taulukon 3 avulla on mahdollista arvioida myös, kuinka paljon vähemmän vettä jätevedenpuhdistamolle päätyisi vuorokaudessa mikäli pyörrepuhdistuslaitos ohitettaisiin. Hyödyntämällä samalla tavalla taulukosta 3 näytteen 3 arvoja yhtälön 2 mukaisesti, voidaan laskea jätevedenpuhdistamolle päätyvä vesimäärä:

$$\frac{0,031 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,0098} * 86400 \approx 275\,837 \frac{\text{l}}{\text{d}} \quad (2)$$

Massavirran ja sakeuden avulla saadaan siis selville, että kyseisessä tilanteessa pyörrepuhdistuslaitoksen kautta päätyy jätevedenpuhdistamolle vettä noin 276 tuhatta litraa vuorokaudessa. Mikäli pyörrepuhdistuslaitos ohitettaisiin, pienentyisi jäteveden puhdistamon kuormitus niin kiintoaineen kuin vesivirtauksenkin osalta huomattavasti.

6.2 Pyörrepuhdistuslaitoksen operoimiseen liittyvät haasteet

Itse pyörrepuhdistuslaitoksen operoimiseen ei liity merkittäviä haasteita. Yleisin pyörrepuhdistuslaitoksen operoimiseen liittyvistä ongelmista on Joutsenon tehtaan operaattorien mukaan puhdistusportaiden kartioiden tukkeutuminen. Lisäksi ilmenee luonnollisesti osien kulumista veden, hiekan ja muun aineksen vaikutuksesta, minkä vuoksi laitosta on huollettava säännöllisesti. Edellisessä kappaleessa kuvattujen etujen lisäksi myös pyörrepuhdistuslaitoksen huoltokustannukset jäisivät pois mikäli laitos ohitettaisiin. Pyörrepuhdistuslaitosta operoidessa seurattavia prosessisuureita ovat eri puhdistusportaiden paineet, sakeudet ja virtaukset, eikä näiden suureiden seuraamiseen liity operoimista hankaloittavia tekijöitä.

7 YHTEENVETO

Tässä kandidaatintyössä tutkittiin, onko Joutsenon BCTMP-tehtaan pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamisella merkittäviä vaikutuksia kahden tutkittavan massalajin, HW- ja HWSW80-massan ominaisuuksiin. Tavoitteena oli saada vastaus siihen, onko pyörrepuhdistuslaitos toimiva ratkaisu massan roskaisuuden vähentämisessä ja olisiko sen ohittamisella merkittävästi vaikutusta kahden massalajin laatuun. Työn ulkopuolelle rajattiin pohdinnat siitä, olisiko ilman pyörrepuhdistuslaitosta ajettu massa asiakkaan asettamien puhtausvaatimusten tasolla. Ulkopuolelle rajattiin myös tutkimukset siitä, miten pyörrepuhdistuslaitos kannattaisi ohittaa tai tulisiko se korvata jollain muulla samankaltaisella menetelmällä.

Tutkimus suoritettiin järjestämällä tehtaalla kaksi erillistä koeajoa, yksi molemmilla tutkitavilla massalajeilla. Koeajoista otettiin tarvittavat näytteet ja näytteistä tehtiin mittaukset Simpeleen ja Joutsenon Metsä Boardin tehtailla. Mittauksissa selvitettäviä suureita olivat näytteiden sakeus, freeness, tikkupitoisuus, roskamäärät sekä tuhkapitoisuus. Lisäksi massanäytteiden näytteenottopisteistä määritettiin massavirrat, jotta saatiin taseet pisteiden kautta kulkeville tikku- ja roskamäärille. Tarkemmin tarkasteltiin suureita, joilla on suurin merkitys siihen, voidaanko lopputuotetta myydä asiakkaalle vai ei. Tällaisia suureita olivat tikkupitoisuus ja roskaisuus.

Työn tulosten perusteella akseptiin päätyy enemmän roskia aikayksikössä kuin pyörrepuhdistuslaitoksen kautta rejektiin. Tulos oli samanlainen molemmissa koeajoissa, joten tulosta voidaan pitää paikkansapitävänä. Paalinäytteiden laadussa ei ollut havaittavissa selvää laskua pyörrepuhdistuslaitoksen ollessa pois päältä. Massan tikkupitoisuudessa puolestaan oli jonkin verran eroa syötteen ja akseptin välillä, mutta ero ei ollut kovin suuri. Tuloksista voidaan siis päätellä, että pyörrepuhdistuslaitoksella ei ole merkittävää vaikutusta tutkittujen massalajien laatuun. Se poistaa jonkin verran tikkuja ja roskia lopputuotteesta, mutta tase-
muotoiset tulokset viittaavat siihen, ettei pyörrepuhdistuslaitosta tarvittaisi. Pyörrepuhdistuslaitoksen ohittaminen myös vähentäisi tehtaan jätevesikuormitusta ja lisäisi lopputuotteen päätyvän massan määrää ja näin tehtaan saantoa. Myös tehtaan sähkönkulutus pienenesi jonkin verran.

Jotta pyörrepuhdistuslaitoksen ohittamiselle saataisiin vankemmat perusteet, tulisi koeajoja tehdä useampia eri ajankohtina. Massaa olisi hyvä myös ajaa kauemmin ilman pyörrepuhdistuslaitosta, jotta nähtäisiin mahdollisten raaka-aineen laatuvaihteluiden vaikutus lopputuotteeseen. Koeajoja olisi hyvä tehdä eri vuodenaikoina, sillä puuaineksen laadussa ja roskaisuudessa voi olla suuriakin eroja kesällä ja talvella. Tämän lisäksi olisi hyvä tutkia puulajisuhteiden vaihteluiden vaikutus lopputuotteen laatuun. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa koeajomassaa voisi myös toimittaa asiakkaalle, jotta nähtäisiin, näkyykö pyörrepuhdistuslaitoksen käytöstä poistaminen kartongin laadussa ja painojäljessä.

LÄHTEET

Andritz

Banerjee, P.K., Sripriya, R., Narasimha, M. 2004. CFD modelling of hydrocyclone – prediction of cut size. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 16.7.2018]. Saatavissa: https://ac-els-cdn-com.ezproxy.cc.lut.fi/S0301751604000201/1-s2.0-S0301751604000201-main.pdf?_tid=1b2637d9-7cf4-4b60-96b2-1834cb4f6aaf&ac-dnat=1531733385_5041c0e3d0471de6351cb0bba20529e1

Covey, Geoff. 2009. Separation performance of centrifugal cleaners. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 13.6.2018]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/266244642_Separation_performance_of_centrifugal_cleaners?enrichId=rgreq-celld62b59cab9ef02f75b5aa1efc2ce2-XXX&enrich-Source=Y292ZXJQYWdlOzI2NjI0NDY0MjtBUzoxOTkwNTM0MjcxMjIxOD-BAMTQyNDQ2OTQ0Mzk2NQ%3D%3D&el=1_x_3&_esc=publicationCoverPdf

Etelä-Suomen Aluehallintovirasto. 2017. Joutsenon tehtaan ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Lappeenranta. [Ympäristölupapäätös]. Päätösno. 229/2017/1.

Lönnberg, Bruno. 2009. Papermaking Science and Technology – Mechanical Pulping. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy. 549 s. ISBN 978-952-5216-35-6.

MacKenzie, Jordan, Marinez, D. Mark, Olson, James A. 2014. A Quantitative analysis of turbulent drag reduction in a hydrocyclone. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 5.5.2018]. Saatavissa: <https://onlinelibrary-wiley-com.ezproxy.cc.lut.fi/doi/epdf/10.1002/cjce.21989>

Metsä Fibre. 2015. Sellunvalmistus. [Verkkoaineisto]. Päivitetty: 2015. Viitattu: [17.5.2018]. Saatavissa: <https://www.metsafibre.com/fi/yhtio/Pages/Sellunvalmistus.aspx#>

Metsä Group Intranet.

Metsäteollisuus. 2018. Suomen merkittävimmät vientituotteet. [verkkodokumentti]. Päivitetty: 6.3.2017. [viitattu: 3.5.2018]. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/metsateollisuus/>

Mutanen, A, Viitanen, J. 2017. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2017-2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 66/2017. Helsinki: Luonnonvarakeskus. 80 s. ISBN 978-952-326-481-6.

Seppälä, Markku J., Klemetti, Ursula, Kortelainen, Veli-Antti, Lyytikäinen, Jorma, Siitonen, Heikki, Sironen, Raimo. 2004. Paperimassan valmistus. 2. painos. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy. 195 s. ISBN 952-13-1142-8.

Valtonen, Marja. 2005. Yhdyskuntajätevesien yhteispuhdistus sellu- ja paperitehtaan aktiivilietelaitoksessa. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, energia- ja ympäristötekniikan osasto. Kuusankoski. 109 s.

Työohje: Massa-arkin valmistaminen (Metsä Board Intranet)



TYÖOHJE

1 (3)

Metsä Board Simplele

Päivitetty 16.3.2016

MASSA-ARKIN VALMISTUS

1 PERIAATE

Massa-arkki valmistetaan suotauttamalla arkkimuotissa laimea massasulppu viirakankaalle, huopauttamalla arkki irti viirasta, märkäpuristamalla ja kuivattamalla se.

2 STANDARDIMENETELMÄ

ISO 5269-1:2005. Tämä menetelmä on muunneltu standardimenetelmästä seuraavissa kohdissa:

- massa-sulppua ei laimenneta 0,2 - 0,5 %:n sakeuteen ennen arkkien valmistamista
- arkkien kuivatus tapahtuu kuumennettavalla metallilevyllä (standardissa kuivatus kuivatuslevyllä ilmastoidussa huoneessa)

3 LAITTEET JA VÄLINEET

Arkkimuotti
Arkkipuristin
Arkkikuivaaja
Vaaka, tarkkuus 0.01 g
Huopautustela tai -paino
Kuivatuslevyjä, jotka ovat samankokoisia kuin viirakudos
Imukartonkeja, jotka ovat samankokoisia kuin viirakudos
Kehikko laboratorioarkkien pinoamiseen
Mitta-astia

Taulukko massamäärän tarkistusta varten tai laske kaavasta:

$$X = \frac{\text{koearkin neliömassa (g/m}^2\text{)} \cdot \text{koearkin pinta-ala (m}^2\text{)}}{\text{massasulpun sakeus (g/kg)}} \cdot 1000$$

Missä

X=massamäärä g

Taulukko massa-arkin neliömassan määrittystä varten tai laske kaavasta:

$$X = \frac{\text{arkin kuivamassa (g)}}{\text{arkin pinta-ala (m}^2\text{)}}$$

Missä

X=neliömassa g/m²

4 TESTATTAVAT NÄYTTEET

Massanäytteet

5 LAITTEEN TARKISTUS

Tarkista vesivaa'asta, että vaaka on suorassa ja taaraa vaaka.

Arkkimuotti tyhjennetään vedestä, avataan muotin yläosa ja tarkistetaan, että viira on puhdas ja ehjä. Mikäli viira on likainen, voidaan se huuhdella avaamalla vesiventtiili, jolloin vesi virtaa viiran alta ja valuu laitteen ylivuotoaltaan kautta viemäriin. Huuhdellaessa viiraa, on sitä painettava alaspäin, että se kestäisi paikallaan.



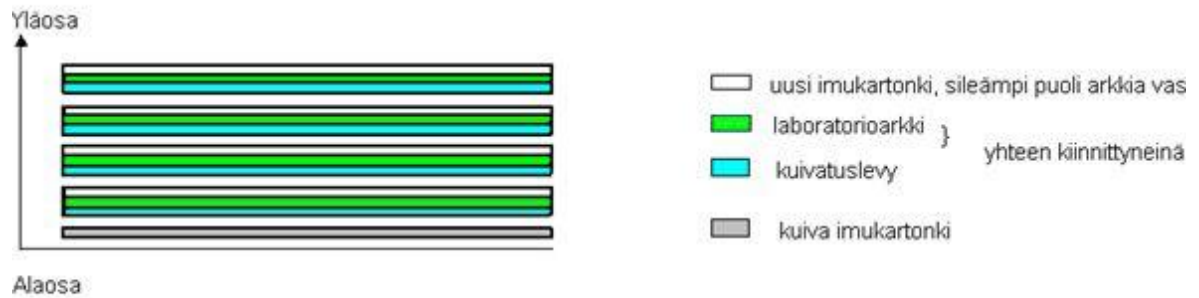
Metsä Board Simplele

TYÖOHJE

3 (3)

Päivitetty 16.3.2016

alimmaiseksi jne. alla olevan kuvan 2 mukaisesti. Toisessa puristuksessa imukartonkien konesuunnalla ei ole merkitystä. Nosta paine nopeasti $(4,1 \pm 0,1)$ kp/cm²:iin. Säilytä tämä paine $2 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$:n ajan.



Kuva 2.

Ota puristuksen jälkeen arkkipino pois puristimesta ja poista kaikki imukartongit. Aseta massa-arkit kuivatuslevyineen arkkikuivaajan levyn päälle siten, että kuivatuslevy tulee arkkikuivaimen metallilevyä vasten. Kiristä kuivaajan kangas arkkien päälle. Arkkien kuivatusaika on vähintään 25 minuuttia tai kunnes arkit tuntuvat kuivilta kankaan läpi. Kuivauksen jälkeen arkkien on irrottava helposti kuivatuslevyistä ja oltava tasaisen kiiltäviä. Varo arkkien taivuttamista irrottamisvaiheessa.

Punnitse massa-arkki 15 minuutin ilmastoinnin (vakiokosteushuoneessa) jälkeen vaa'alla $0,01 \text{ g}$:n tarkkuudella ja katso vaa'an viereisestä taulukosta arkin neliömassa, g/m².

7 VIRHELÄHTEET

Arkkia ei ole kuivattu kunnolla.

Massamäärä on väärä.

8 TURVALLISUUS JA YMPÄRISTÖNÄKÖKOHDAT

Varo kuumaa kuivatuslevyä.

Laita määräyksestä jääneet kuivat jakeet poltettaviin roskiin ja jäljelle jäänyt massa massaviemäriin.

Työohje: Massan kuumahajotus (Metsä Board Intranet)

Metsä Board Joutseno	3 OHJEET	Tunnus : OH_32_9 Lähti Sivu : 1 (2) Revisio : 1
Laboratoriomääritykset		
Pvm: 22.12.2002	Pvm: 8.11.03	Hier: M/A

MASSAN KUUMAHAJOTUS**Yleistä**

Massan kuumahajotus tarvitaan, jotta voidaan poistaa massasta latenssia. Latenssilla tarkoitetaan korkeassa sakeudessa ja lämpötilassa valmistetuilla mekaanisilla massoilla (hierre) esiintyvää tilaa, missä kuidut ovat kietoutuneet toisiinsa ja pysyvät suuren sakeuden vaikutuksesta epänormaalityyppisellä tavalla kiertyneinä ja vääntyneinä.

Periaate

Kun tutkitaan mekaanisia massoja, jotka on valmistettu korkeassa lämpötilassa tai/ja suuressa sakeudessa, voidaan saada merkittävästi erilaisia testituloksia sen mukaan onko näyte hajotettu kuumassa vai kylmässä vedessä. Kuumahajotusmenetelmää käytetään, kun tällainen hajotuslämpötilan vaikutus esiintyy. Massa hajotetaan 85 °C:n lämpötilassa ja noin 20 g/l sakeudessa. Sulppu laimennetaan hajotuksen jälkeen kylmällä vedellä noin 5 g/l sakeuteen.

Välineet

Kuumahajotin
Yläkuppivaaka

Määritys

Punnitse 50 ± 5 g abs.kuivaa massaa kuumahajotusta varten:

Punnittava määrä = 50/(oletettu kuiva-aine-%) * 100

Lisää kuumahajottimeen 85 ± 3 °C vettä niin, että tilavuudeksi tulee n. 2,5 l (merkkiin asti). Jauha kuumahajottimella 30 000 kierrosta. Kuumahajottimen laskurin asetusarvo tarkastetaan kalibroinneissa. Kuumahajottimen laitekortista näet hajottimessa käytettävän asetusarvon. Asetusarvon laskennassa on otettu huomioon laskurin virhe. Kun kuumahajotin on pysähtynyt, kaada massa n. 15 litran astiaan ja laimenna kylmällä vedellä n. 10 litraksi. Massasulpun loppulämpötilaksi yritetään saada n. 20 °C.

Viitteet

Viitemenetelmä SCAN-M 10:77

Metsä Board Joutseno	3 OHJEET	Tunnus : OH_32_9 Lähti : Sivu : 2 (2) Revisio : 1
Laboratoriomääritykset		

Työturvallisuus

A	B	C	D	E	F	G	H	MUU
	X							

- A = kuulosuojaimet
 B = suojakäsineet
 C = suojalasit
 D = kasv suojain
 E = hengityssuojain
 F = kypärä
 G = suojavaatteet
 H = kumisaappaat

Työohje: Roskaisuuden määrittäminen (Metsä Board Intranet)



Metsä Board Simpele

TYÖOHJE

1 (4)

Päivitetty 10.10.2014

KARTONGIN ROSKAISUUS

1 PERIAATE

Kartongin pinnassa ja taustassa näkyvien roskien ja tikkujen kokoa verrataan vertailukarttaan ja kooltaan vähintään 1.00 mm² tikkujen ja roskien lukumäärä lasketaan.

2 LAITTEET JA VÄLINEET

Valopöytä
Repimislevy, A4
Vertailukartta

3 TESTATTAVAT NÄYTTEET

Tee testi joko konerullanäytteistä tai erikseen toimitettavista poikkiratanäytteistä 4:stä arkista. Näytteitä ei ilmastoida.

4 TYÖN SUORITUS

Aseta näyte valopöydälle. Piirrä tutkittava alue näytteeseen repimislevyn reunoja myötäillen. Vertaa näytteessä näkyviä roskia ja tikkuja vertailukarttaan ja merkitse kooltaan vähintään 1.00 mm² roskat ja tikut. Merkitse roskat piirtämällä niiden ympärille O ja tikut piirtämällä niiden ympärille [].

Merkitse roskat ja tikut näytteen sekä pinta- että taustapuolelta ja laske merkityt roskat ja tikut kaikista 4:stä arkista yhteen pinta- ja taustapuolelta erikseen.

5 VIRHELÄHTEET

Valaisulaite on tehoton.

Tutkittava alue on väärän kokoinen.

6 TULOKSET

Ilmoita roskien ja tikkujen lukumäärä yksiköissä kpl/m² ja kpl/kg erikseen sekä pinta- että taustapuolelta.

Laske roskien ja tikkujen lukumäärä, kpl/m², kaavasta:

$$\frac{A * 10\,000}{4 * (21.0 * 29.7)} = A * 4$$

Missä

A = roskien tai tikkujen yhteismäärä 4:ssä arkissa, kpl

21.0 * 29.7 = A4:n pinta-ala, cm²

4 = tutkittavien arkien lukumäärä

10 000 = yksikkömuunnosvakio, cm²/m²

Laske roskien ja tikkujen lukumäärä, kpl/kg, kaavasta:

$$\frac{B * 1000}{W}$$

Missä



Metsä Board Simplele

TYÖOHJE

2 (4)

Päivitetty 10.10.2014

B = roskat tai tikut, kpl/m²**W** = näytteen neliömassa, g/m²**1000** = yksikkömuunnosvakio, g/kg

Näytteen neliömassaa ei mitata, vaan neliömassa määräytyy käytöntarkkailun tulosten perusteella.

Ilmoita tulokset kokonaisluvuina.

Roskien suure tehdastietojärjestelmässä on pinnassa ropikg ja taustassa rotakg, tikuille pinnassa tipikg ja taustassa titakg.

7 LIITTEET

1 Vertailukartta

LIITE 1 Vertailukartta.

RYHMÄ					mm ²
1.	■	▬	▬	●	5,00
2.	-	-	-	•	1,00
3.	•	-	-	•	0,40
4.	•	-	-	•	0,15
5.	•	•	-	•	0,04

EPÄPUHTAUKSIEN JA TIKKUJEN VERTAILUKARTTA

Työohje: Sakeuden määrittäminen (Metsä Board Intranet)

SAKEUSMÄÄRITYS

Sakeusmääritys yli 2 % massoista

Välineet

vaaka Mettler Toledo PB3002-S (tarkkuus 0,01 g)
 suodatinpaperia (Schleicher & Schull n:o 589¹, halk. 110 mm, eli ns. mustanauha)
 kannuja
 kauha
 pikakuivain
 büchner-suppilo

Suoritus

Sakea massanäyte sekoitetaan hyvin ja koko ajan sekoittaen otetaan massaa taarattuun astiaan 200 - 300 g ja otetaan paino ylös (A). Massa laimennetaan vedellä astian ollessa vaa'alla 1000 - 1500 g:n kokonaispainoon. Paino ylös (B). Laimennos sekoitetaan hyvin ja siitä otetaan puhtaaseen taarattuun astiaan 200 - 300 g:n näyte ja otetaan paino ylös (C). Näyte suodatetaan büchner-suppilossa olevan kuivatun ja punnitun suodatinpaperin läpi (D). Huuhdellaan myös astian reunoille jäänyt massa ja suodatetaan huuhtovesi ja kuivataan suodatinpapereiden välissä pikakuivaimella 5 min (tarvittaessa pidempään). Kuiva kakku punnitaan (E).

Massan sakeus eli kuiva-aine-% saadaan kaavasta:

$$X = \frac{100 * (E - D) * B}{A * C}$$

X = Massan kuiva-aine-%
 A = Laimennettava sakea massa, g
 B = Sakea massa + laimennosvesi, g
 C = Suodatettava laimennos, g
 D = Suodatinpaperin kuivapaino, g
 E = Suodatinpaperin ja suodatetun massan kuivapaino, g

Sakeusmääritys alle 2 % massoista:**Välineet**

vaaka Mettler Toledo PB3002-S (tarkkuus 0,01 g)
 suodatinpaperia (Schleicher & Schull n:o 589¹, halk. 110 mm, eli ns. mustanauha)
 kannu
 muki
 kauha
 pikakuivain
 büchner-suppilo

Suoritus

Massanäyte sekoitetaan hyvin ja koko ajan sekoittaen otetaan esim. mukilla massaa taarattuun astiaan 100-300 g. Paino ylös (A). Näyte suodatetaan büchner-suppilossa olevan kuivatun ja punnitun suodatinpaperin läpi (C). Huuhdellaan myös astian reunoille jäänyt massa ja suodatetaan huuhdevesi ja kuivataan suodatinpapereiden välissä pikakuivaimella 5 min (tarvittaessa pidempään). Kuiva kakku punnitaan (B).

Massan sakeus eli kuiva-aine-% saadaan kaavasta:

$$X = \frac{B - C}{A} * 100$$

X = Massan kuiva-aine-%
 A = Näytteen paino, g
 B = Kuivan kakun paino, g
 C = Kuivan suodatinpaperin paino, g

Työturvallisuus

A	B	C	D	E	F	G	H	MUU
	X							

A = kuulosuojaimet
 B = suojäkäsineet
 C = suojalasit
 D = kasv suojain
 E = hengityssuojain
 F = kypärä
 G = suojavaatteet
 H = kumisaappaat

Työohje: Tikkupitoisuuden määrittäminen (Metsä Board Intranet)

PULMAC TIKKUMITTAUS

Yleistä

Pulmac-tikkumittaus perustuu tikkujen mekaaniseen, rakosihtiperiaatteella tapahtuvaan erotteluun. Menetelmää käytetään mekaanisen massan tikkupitoisuuden määrittämiseen. Erottelulevyn raon leveydet voidaan valita halutuiksi riippuen massan rakenteesta. Massan kuidut ja hienoaines huuhtoutuvat erottelulevyn raoista läpi, kun taas karkeammat osaset (tikut) jäävät levyn toiselle puolelle, josta ne voidaan kerätä talteen ja tutkia edelleen. Laitte ei varsinaisesti mittaa mitään, vaan se erottelee massasta halutun suuruiset tikut.

Määrittämissä käytetään erottelulevyä, jonka raonleveys on 0,003", kun CSF on alle 250 ml ja 0,004" erottelulevyä, kun CSF on yli 250 ml ja kartonkiajossa. Mikäli testattavassa massassa on latenssia, on latenssi ensin poistettava kuumahajotuksen avulla. Katso ohje Massan kuumahajotus OH_32_9.

Jauhinnäytteiden tikkumääritys tehdään aina käyttämällä erottelulevyä, jonka raonleveys on 0,004". Lajittelun sekä muut näytteet lajin mukaan eli kartonki ajolla erottelulevy 0,004" ja Kankaan ajolla erottelulevy 0,003".

Välineet

Pulmac-tikkuanalysaattori
erottelulevy; raonleveys 0,08 mm/0,003 " (CSF alle 250 ml)
erottelulevy, raonleveys 0,1 mm/0,004 " (CSF yli 250 ml)
analyysivaaka Mettler Toledo AB204-S, tarkkuus 0,1 mg
mittalasi
büchner-suppilo
lämpökaappi
suodatinpapereita
kannellinen punnitusastia

Näytemäärän laskeminen

Tarvittava näytemäärä on 3 g abs.kuivaksi laskettuna. Massanäytteestä määritetään sakeus (katso ohje Sakeusmääritys), minkä perusteella lasketaan määrittämiseen tarvittava näytemäärä:

Laimentamaton massa:

$$x = 100 \cdot a / b, \text{ missä}$$

x = tarvittava massamäärä, ml

a = tarvittava massamäärä kuivaksi laskettuna, g (= 3 g)

b = massan sakeus, %

5-kertaisesti laimennettu näyte:

Määritykseen otetaan laimennettua näytettä.

$$x = 5 \cdot 100 \cdot a / b, \text{ missä}$$

x = tarvittava massamäärä, ml

a = tarvittava massamäärä kuivaksi laskettuna, g (= 3 g)

b = alkuperäisen sakean massan sakeus, %

Kuumahajotettu massa:

Määritykseen mitataan kuumahajotettua massaa, josta on tehty sakeusmääritys (katso ohjeesta Freeness-määritys kohta Sakeuden määrittäminen freeness-määritystä varten).

$$x = 500 \cdot a / c, \text{ missä}$$

x = tarvittava massamäärä, ml

a = tarvittava massamäärä kuivaksi laskettuna, g (= 3 g)

c = sakeuskakun paino sakeusmäärityksessä, g

Tikut 0,5 g

Kuumahajotettu massa laimennetaan kymmeneksi (10) litraksi, josta tehdään sakeusmääritys (katso ohjeesta Sakeusmääritys kohta Sakeus alle 2 % massat).

$$x = 100 \cdot a / c, \text{ missä}$$

x = tarvittava massamäärä, ml

a = tarvittava massamäärä kuivaksi laskettuna, g (=0,5 g)

c = sakeuskakun paino sakeusmäärityksessä, g

Tulosten laskeminen

Tulos ilmoitetaan milligrammoina grammaa kohti kuivaa näytettä ja lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$x = (a-b)/c, \text{ missä}$$

x = tikkupitoisuus, mg/g

a = tikkujen + suodatinpaperin massa, mg

b = suodatinpaperin massa, mg

c = näytemäärä abs.kuivaksi laskettuna, g (= 0,5 g)

Suoritus

Laita vesihana auki, jolloin säiliöön alkaa virrata vettä. Kun säiliö on täynnä, uimuri katkaisee automaattisesti veden tulon. Vedä "power"-vivusta laite päälle. Odota, että ylijouksusta tulee vettä ennen kuin aloitat mittauksen. Paina "wash"-nappulaa, joka käynnistää puhdistussuihkun 30 sekunnin ajaksi. Suihku huuhtoo sihtikammion ja erottelulevyn puhtaaksi. Laita keräilysihti sille varattuun telineeseen sihtikammion alle.

Paina "start"-nappulaa, jolloin vesi alkaa virrata sihtikammioon ja edelleen syöttösäiliöön. Veden noustessa syöttösäiliön alimman anturin kohdalle sekoitin käynnistyy. Kaada näyte säiliöön (huuhtelee myös näyteastia), missä se sekoittuu alhaalta tulevaan lisäveteen. Säiliö täyttyy, kunnes veden pinta on ylärajaa osoittavan anturin kohdalla. Tämän jälkeen säiliö alkaa tyhjäntyä ja näyte virtaa sihtikammioon. Katso, että nestepinta on yhdysputken puolella välissä. Pinta ei saa laskea sekoituskammioon asti, sillä tyhjiö kärsii ja analyysi on pielessä. Virtausta voi säätää kammion vasemmalla puolella olevalla käsiventtiilillä (katso kuva kohta 14). Analyysi kestää noin viisi minuuttia, minkä jälkeen laite huuhtoo tikut keräilysihdille. Analyysin kestäessä pidempään, tee uusi määrittely. Huuhtelee laite painamalla "wash"-nappulaa. Poista sihti.

Suodata tikut valmiiksi punnitulle suodatinpaperille, jota on kuivattu 30 min. 165-asteisessa lämpökaapissa ja jäädytetty yksi tunti eksikaattorissa (suodatinpaperi kannellisessa punnitusastiasassa). Kuivata suodatinpaperi tikkuihin lämpökaapissa (165 °C, 30 min.) ja jäädytä yksi tunti (tarvittaessa kauemmin) eksikaattorissa. Punnitse paperi ja laske tulos.

Tulosten laskeminen

Tulos ilmoitetaan milligrammoina grammaa kohti kuivaa näytettä ja lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$x = (a-b)/c$, missä

x = tikkupitoisuus, mg/g

a = tikkujen + suodatinpaperin massa, mg

b = suodatipaperin massa, mg

c = näytemäärä abs.kuivaksi laskettuna, g (= 3 g)

Työohje: Tuhkapitoisuuden määrittäminen (Metsä Board Intranet)



Metsä

Metsä Board Simplele

TYÖOHJE

Päivitetty 11.7.2016

1 (2)

KARTONGIN PINNAN/TAUSTAN TUHKA

1 PERIAATE

Testissä määritetään kartongin pinta- tai taustakerroksen tuhkapitoisuus polttamalla tietty määrä pinta- tai taustakerrosta tuhaksi.

2 STANDARDIMENETELMÄ

ISO 2144:2015. Tämä menetelmä on muunnos standardimenetelmästä.

3 LAITTEET JA VÄLINEET

Vaaka, tarkkuus 0,001 g
Irrallinen vaakakuppi
Tuhkauuni, lämpötila 800 °C ± 50 °C

4 TESTATTAVAT NÄYTTEET

4.1 Konerullanäytteet

Revi kartongin pinta- tai taustakerros irti runkokerroksesta ja raaputa mahdollisesti kiinnijäänyt runkokerros repimislevyllä pois. Näytteitä ei ilmastoida.

4.2 Muut näytteet

Näytteiden valmistus kuten kohdassa 3.1.

5 LAITTEIDEN TARKISTUS

Tarkista vesivaa'asta, että vaaka on suorassa ja taaraa se.

Tarkista, että tuhkauunin polttoputki on hehkuvan kuuma. Mikäli uunin sisus ei hehku kunnolla, vältä uunin käyttöä ja tee siitä merkintä vikavihkoon lämpötilan tarkistusta varten.

6 TYÖN SUORITUS

6.1 Konerullanäytteet

Punnitse 1,000 ± 0,001 g pinta- tai taustakerrosta ja kääri se löysäksi rullaksi. Polta näytettä tuhkauunissa vähintään 15 minuuttia ja punnitse se uudelleen.

Mikäli näytettä on vähän tai se palaa huonosti, voit käyttää pienempää näytemäärää. Hyvin palanut näyte on vaalean harmaa tai valkoinen.

6.2 Muut näytteet

Testin suoritus kuten kohdassa 5.1. Mikäli tuhkamäärä on pieni, polta 2,000 ± 0,001 g tarkemman tuloksen saamiseksi.

7 VIRHELÄHTEET

Näyte ei ole täysin palanut; näyte on tällöin väriltään harmaa tai musta.



Metsä Board Simpele

TYÖOHJE

2 (2)

Päivitetty 11.7.2016

Pinta- tai taustanäytteeseen jää runkokerrosta tai raaputtaessa irtoaa myös pinta- tai taustakerrosta.

Osa tuhkasta on varissut vaakakupin ohi vetokaappiin.

8 TULOKSET

Laske tuhkapitoisuus seuraavasti:

$$X = \frac{a}{b} \cdot 100\%$$

Missä

X = tuhkapitoisuus, %
a = tuhkan paino, g
b = näytteen paino, g

Ilmoita tulos 0,1 %-n tarkkuudella.