



# Siistauksen työohjeen kehittäminen

Alina Himanen

OPINNÄYTETYÖ  
Marraskuu 2024

Biotuotetekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Biotuotetekniikan tutkinto-ohjelma

HIMANEN, ALINA:  
Siistauksen työhjeen kehittämien

Opinnäytetyö 41 sivua, joista liitteitä 10 sivua  
Marraskuu 2024

---

Opinnäytetyössä laadittiin uusi työhje laboratoriomittakaavassa toteutettavalle siistausprosessille. Työn tavoitteena oli kehittää uusi ja visuaalinen versio vanhasta laboratoriotyöhjeestä. Työhje laadittiin opinnäytetyön yhteistyötahon Tampereen seudun ammattiopiston Tredun prosessilaboratorioon. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli TAMK. Työhjetta tulevat hyödyntämään laboratoriossa työskentelevä henkilöstö sekä Tredun ja TAMKin opiskelijat.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin siistauksen teoriaa ja siistausprosessin toteutusta laboratoriossa sekä laboratoriolaitteiston toimintaperiaatteita. Kokeellisessa osuudessa tehtiin testiajoja vanhalla työhjeellä uuden ohjeen kehittämiseksi. Koeajoissa selvitettiin myös, miten eri tekijät vaikuttavat prosessin lopputulokseen sekä siistatun massan vaaleuteen. Kokeellinen osuus toteutettiin Tredun prosessilaboratoriossa laboratoriolaitteistoa hyödyntäen.

Työssä kartoitettiin myös laboratoriossa työskentelemiseen liittyvät riskit. Prosessi laboratorion yleisimmistä riskitekijöitä tehtiin riskienarvioinnit ja analysoitiin riskien suuruutta. Riskien arvioinnissa selvitettiin mitä suojavarusteita ja muita tekijöitä liittyy turvalliseen työskentelemiseen laboratoriossa. Riskienarviointi suoritettiin hyödyntäen riskien arviointityökalua.

Tuloksena saatiin uusi kehitetty versio työhjeestä laboratoriomittakaavan siistausprosessille. Uuden työhjeen tekemisessä hyödynnettiin SOP:ia, Standard Operation Prochure, jonka ansiosta saatiin luotua selkeä ja helposti käytettävä työhje. Uuden työhjeen avulla työ voidaan suorittaa turvallisesti ja onnistuneesti työnsuorittajasta riippumatta.

---

Asiasanat: työhje, siistaus, flotaatio, pulpperointi, riskien arviointi

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Bioproduct Engineering

HIMANEN, ALINA:  
Development of the Deinking Work Instructions

Bachelor's thesis 41 pages, appendices 10 pages  
November 2024

---

The purpose of this thesis was to create new improved work instructions for the laboratory-scale deinking process. The project aimed to create a new and visually improved version of the old laboratory work instructions. The commissioning party for the project was TAMK, and the collaborative partner was Tredu, whose laboratory the work instruction was designed for.

The theoretical section explored the deinking process in general and in a laboratory setting as well as the operating principles of the laboratory equipment. In the experimental section, test runs were conducted using the old work instructions to develop the new version. The test runs results suggested that the different parameters of the deinking process have different effects on the outcome and the brightness of the pulp. Finally, the thesis presented the key results and reflections on the project.

The final product of the thesis was a new, improved version of the work instructions for the laboratory-scale deinking process. Risk assessments and analyses of the laboratory process were also conducted during the thesis process. With the new work instructions, the task can be performed and repeated safely and successfully.

---

Key words: work instructions, deinking, flotation, pulping, risk assessment

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	KERÄYSPAPERIN SIISTAUS FLOTAATIOILLA .....	7
	2.1 Siistausprosessi yleisesti .....	7
	2.2 Pulpperointi .....	7
	2.3 Flotaatio .....	8
3	NYKYISEN PROSESSIN KUVAUS .....	10
	3.1 Työn suoritus.....	10
	3.2 Käytettävät kemikaalit .....	13
	3.3 Vaahdotuskennon toimintaperiaate.....	14
4	RISKIENARVIOINTI.....	16
5	TYÖOHJE.....	19
	5.1 Työohje yleisesti.....	19
	5.2 Standard Operating Procedure – SOP.....	19
6	TYÖN TOTEUTUS.....	21
	6.1 Ohjeen kehittämisen lähtökohdat .....	21
	6.2 Vanhan ohjeen testaus .....	21
	6.3 Uuden ohjeen työstäminen .....	22
7	TULOKSET JA TULOSTEN ANALYSOIMINEN .....	24
	7.1 Ensimmäisen koeajon havainnot.....	24
	7.2 Toisen koeajon havainnot .....	25
	7.3 Testi arkkien mittaukset .....	26
	7.4 Uusi työohje .....	27
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	29
	LÄHTEET .....	30
	LIITTEET .....	32
	Liite 1. Riskienarviointi taulukko ja analyysit.....	32
	Liite 2. Uusi työohje.....	36

**ERITYISSANASTO**

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
Tredu	Tampereen seudun ammattiopisto
Siistaus	Keräyspaperin kierrätysprosessi
Pulpperointi	Keräyspaperin hajotus pumpattavaan muotoon
Flotaatio	Painovärien poisto vaahdotuksella
Agglomeraatti	massa, joka koostuu pienemmistä osasista
Hydrofiili	Vesihakuinen eli liukenee veteen
Hydrofobinen	Vesipakoinen eli hylkii vettä
SOP	Standard Operation Procedure, vakiintunut tai määritetty työmenetelmä

## 1 JOHDANTO

Selkeät työohjeet ovat keskeinen osa työskentelyä. Työohjeet parantavat turvallisuutta, laatua, tehokkuutta ja johdonmukaisuutta, samalla kun ne auttavat työntekijöitä ymmärtämään, mitä heiltä odotetaan ja miten työ tehdään oikein. Erilaiset työohjeet ovat olennainen osa ihmisten jokapäiväistä arkea.

Siistauksessa poistetaan epäpuhtauksia, kuten mustetta ja muita vieraita aineita, kierrätyspaperimassasta. Prosessissa hyödynnetään erilaisia kemikaaleja ja menetelmiä, kuten flotaatiota ja pulpperointia, jotka auttavat irrottamaan epäpuhtauksia ja parantamaan massan laatua. Laboratorioprosessin tarkoituksena on tutustua siistausprosessiin flotaation ja pulpperoinnin avulla laboratoriomittakaavassa sekä tutkia siistauksen vaikutusta laboratorioarkkien vaaleuteen.

Tämän työn tarkoituksena on kehittää uusi selkeämpi ja visuaalisempi työohje laboratoriossa suoritettavaan siistausprosessiin. Uudesta työohjeesta hyötyy laboratoriossa työskentelevä henkilökunta. Työohjeen avulla siistausprosessi on helposti ja turvallisesti toteutettavissa työn suorittajasta riippumatta. Toimeksiantajana opinnäytetyössä toimi Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK ja yhteistyötahona Tampereen seudun ammattiopisto Tredu, jonka prosessilaboratorioon työohje tulee käyttöön.

Opinnäytetyössä kartoitetaan myös laboratoriomittakaavan prosessin riskien arviointi. Riskien arviointi on tärkeää, koska se auttaa tunnistamaan vaarat, ehkäisemään tapaturmia ja vahinkoja, suojelemaan työntekijöiden turvallisuutta, sekä varmistamaan toiminnan tehokkuuden. Se myös ohjaa turvatoimien kohdentamista ja vähentää tapaturmien sattumista.

Työssä toteutetaan koeajojen pohjalta uusi työohje, jonka apuna käytetään standardisoitua työohjeen mallia. Standardisoidun malli takaa, että tehtävä suoritetaan aina samalla tavalla, turvallisesti ja laadukkaasti.

## 2 KERÄYSPAPERIN SIISTAUS FLOTAATIOILLA

### 2.1 Siistausprosessi yleisesti

Siistaamisella tarkoitetaan keräyspaperin kierrätysprosessia. Prosessissa puhdistetaan ja poistetaan painovärejä keräyspaperista. Prosessissa poistetaan lisäksi keräyspaperista esimerkiksi niittejä, muovin paloja ja muita ei haluttuja komponentteja. Tässä voidaan hyödyntää sekä kemiallisia, että mekaanisia menetelmiä, jotta saataisiin mahdollisimman puhdasta ja vaaleaa uusiomassaa. Siistatua uusiomassaa käytetään pääosin hygieniapapereiden sekä kirjoitus- ja painopapereiden valmistuksessa. (KnowPap versio 25.0, 2024a)

Kierrätyspaperin uusiokäyttöön on monia syitä. Näitä syitä ovat esimerkiksi kierrätetyn raaka-aineen suhteellisen halpa hinta, raaka-aineen helppo saatavuus ja kaatopaikalle joutuvan jätteen määrän pienentäminen. Usein kierrätysmassan ominaisuudet vastaavat hyvin loppukäyttökohteiden haluttuja vaatimuksia lopputuotteen mukaan. Lopputuotteen vaatimuksia voivat olla esimerkiksi massan laatu, eri ominaisuudet ja puhtaus sekä erilaiset ympäristö ja säädösvaatimukset. Osa päivittäin käytetyistä tuotteista ei myöskään saa lisäarvoa siitä, että ne sisältäisivät ensiökuitua. (KnowPap versio 25.0, 2024a)

### 2.2 Pulperointi

Ennen siistauksen aloittamista on hajotettava keräyspaperi massaksi, jotta sitä voidaan pumpata prosessiin. Tätä vaihetta kutsutaan pulperoinniksi eli märkähajotukseksi. Pulperoinnissa massan hajottamisen lisäksi massan joukkoon sekoitetaan kemikaaleja, irrotetaan painoväriä ja poistetaan suurin osa karkeasta rejektistä. (KnowPap versio 25.0, 2024b)

Keräyspaperin pulperointiin syötetään vesi ja kemikaalit yhdessä. Tyypillisiä rumpuun lisättäviä kemikaaleja ovat peroksidi, natriumsilikaatti, natriumhydroksidi (NaOH) ja saippua. Kemikaalien syöttömäärät suhteessa raaka-aineen kokonaissyöttöön ovat seuraavat: peroksidi 0–2,0 %, natriumsilikaatti 0–2,0 %,

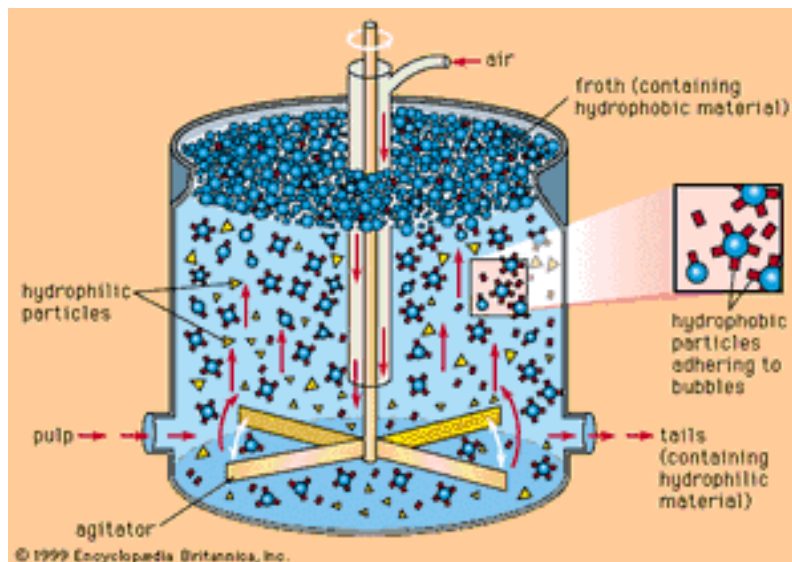
NaOH 0–1,0 % ja saippua 0–0,7 %. Pulperoinnin jälkeen massan sakeus säädetään 4 %:iin. (KnowPap versio 25.0, 2024b)

Tuotantolaitoksilla, joissa suoritetaan pulperointia, pulperointisysteemi koostuu pulperista ja pulperin rejektinkäsittelystä. Syöttölaitteistoon kuuluu keräysmateriaalipaalien sidelankojen poisto, paalien hajotus ja lastauskuljetin. Syöttölaitteisto riippuu esimerkiksi siitä, että toimitetaanko raaka-aine tuotantolaitokselle paaleina vai irtotavarana. Pulperityyppi voi olla panostoiminen korkea-sakeuspulperi tai rumpupulperi. (KnowPap versio 25.0, 2024b)

### **2.3 Flotaatio**

Keräyspaperista tulee poistaa ei-kuitumateriaalit, kuten muovit ja metallit, sekä näiden lisäksi painovärit mahdollisimman korkean kierrätysasteen ja vaaleuden saamiseksi. Värien irrottamiseen ja erottamiseen tarvitaan sekä kemiallisia että mekaanisia keinoja. Mekaanisia menetelmiä ovat massan vaahdotus eli flotaatio ja pesumenetelmä. Yleisimmin käytetty prosessi massan puhdistamiseksi on flotaatio eli vaahdotus, sillä siinä saadaan poistettua pienemmätkin väripartikkelit ja lopputuloksena syntyy vaaleampaa uusiomassaa. Vaahdotuksessa saadaan korkea saanto sekä alhainen rejektin määrä ja veden kulutus. Vaahdotuksessa aksepti ja rejekti erotetaan käyttäen hyväksi partikkeleiden pintaominaisuuksia. (Höke & Schabel 2010)

Vaahdotuksessa ilmaa puhalletaan laimeaan kuitu-vesisulppuun, jolloin vettä hylkiviksi eli hydrofobeiksi muuttuneet painovärihiukkaset tarttuvat kupliin ja nousevat pintaan. Vesihakuiset eli hydrofiilit kuidut jäävät sulppuun (kuva 1). Pinnalle muodostunut painovärejä ja epäpuhtauksia sisältävä vahto voidaan poistaa kaapimalla, ylijuoksuvirtauksella tai imun avulla. (Lassus n.d.)



KUVA 1. Flotaation periaate (Kuva: Britannica n.d.)

Onnistunut siistäminen on usean tekijän summa. Pulperoinnin ja flotaation lisäksi prosessin lopputulokseen vaikuttaa moni muukin asia. Eniten siistauksen tulokseen vaikuttaa keräyspaperin laji. Laboratoriossa työ tehdään sanomalehdestä. Päälystetyn paperin siistattavuus on selvästi parempi verrattuna päälystämättömään paperiin. Myös painovärien erotusprosessin tehokkuus riippuu suurelta osin painovärien ominaisuuksista. Vesipohjaiset painovärit, kuten flexo- ja muistesuihkutulostusvärit, omaavat hydrofiilisen pinnan ja eivät näin ollen kiinnityä ilmakupliin flotaatiossa. Tämän takia vesiohenteiset värit kerääntyvät kierrätysveteen ja voivat saastuttaa näin koko siistausprosessin. Öljypohjaiset painovärit puolestaan voidaan poistaa flotaatiolla tehokkaasti niiden hydrofobisen pinnan vuoksi (Höke & Schabel 2010).

### 3 NYKYISEN PROSESSIN KUVAUS

#### 3.1 Työn suoritus

Tredun laboratoriossa suoritettava keräyspaperin siistäminen on hyvin supistettu versio siistauksen kokonaisprosessista ja siinä siistäminen suoritetaan ainoastaan märkähajotuksen ja flotaation avulla. Laboratoriossa siistaukseen ei käytetä esimerkiksi erotteluja eikä valkaisuja ja flotaatio suoritetaan vain yhden kerran. Tarkoituksena laboratoriotyössä on lähinnä havainnollistaa, kuinka siistäminen vaikuttaa uusiomassan vaaleuteen ja esitellä sen keskeisimmät vaiheet.

Kierrätyspaperin siistäminen tapahtuu Tredun prosessilaboratoriossa hyödyntäen märkähajotinta ja laboratoriomittakaavan vaahdotuskennoa. Muita työssä käytettäviä työvälineitä ovat muoviset dekantterilasit, mittalasi ja pipetit.

Ennen työn aloitusta tulee laskea tarvittava määrä keräyspaperia, jotta sakeudeksi saadaan 0,5 massaprosenttia. Siistaussäiliön kokonaistilavuudeksi on annettu työohjeessa noin 18,6 litraa eli 18 600 grammaa. Paino  $m$  on laskettu hyödyntäen veden tiheyttä ja säiliön kokonaistilavuutta kaavalla

$$m = \rho \cdot V \quad (1)$$

jossa  $\rho$  on vedyn tiheys ja  $V$  on säiliön kokonaistilavuus.

Veden tiheys on  $1 \text{ kg/dm}^3$  eli  $1 \text{ g/cm}^3$ . Yksi litra vastaa yhtä kuutiodesimetriä, jolloin kokonaistilavuuden nesteen massaksi saadaan kaavalla (1)

$$m = 1 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \cdot 18,6 \text{ dm}^3 = 18,6 \text{ kg} = 18\,600 \text{ g}$$

Työ aloitetaan keräyspaperin pulperoinnilla, eli massan hajotuksella. Tredun prosessilaboratoriotiloissa pulperointi on toteutettu Lorentzen & Wettre märkähajottimella (kuva 2). Hajotusta varten tulee repiä aiemmin laskettu määrä ke-

räyspaperia pieneksi silpuksi. Tämän jälkeen punnittu määrä lisätään märkähajottimen astiaan. Astiaan lisätään työohjeen mukaan 1,5 litraa kuumaa vettä hanasta ja 23 millilitraa 1 M natriumhydroksidia mittalasilla, jonka jälkeen massaa hajotetaan märkähajottimella noin kymmenen minuuttia. Hajotettuun massaun lisätään halutut kemikaalit, joilla saadaan halutut ominaisuudet massasta. Laboratoriossa käytetyt kemikaalit on listattu myöhemmin kohdassa 2.3. Kemikaalien lisäämisen jälkeen hajotusta jatketaan vielä kymmenen minuuttia.



KUVA 2. Laboratorio Lorentzen & Wettre märkähajotin (Kuva: Alina Himanen 2024).

Veden kovuus siistauksessa on oltava 10–14 °dH. Tämän saavuttamiseksi tulee tarkastaa Tampereen veden sivuilta, paljonko veden kovuus on Tampereella. Veden kovuuden säätämiseksi käytetään  $\text{CaCl}_2$ :ta, jolloin 1 °dH nosto vaatii 1,75 g:n  $\text{CaCl}_2$  lisäyksen. Tampereella veden kovuus on noin 5 °dH:n tasolla, joten prosessiin tulee lisätä vähintään 8,75 g  $\text{CaCl}_2$ :ta.

Kun massa on hajotettu pulperoinnissa tarpeeksi, voidaan siirtyä massan siistämiseen. Tredun laboratoriossa suoritettava siistaus tapahtuu flotaation avulla VOITH:n laboratoriomittakaavan vaahdotuskennossa (kuva 3). Pulperoinnissa

hajotettu massa siirretään vaahdotuskennoon ja kenno täytetään kuumalla hana-vedellä ylijouksuun asti. Kennoon lisätään vielä tarvittava kalsiumkloridi määrä-veden kovuuden nostamiseksi.



KUVA 3. VOITH:n laboratorio vaahdotuskenno (Kuva: Alina Himanen 2024)

Seuraavaksi voidaan aloittaa flotaatio. Ensin avataan paineilmahana ja säädetään rotametritilta ilman virtaukseksi 5 l/min. Tämän jälkeen voidaan käynnistää siistauskennon sekoitin. Flotaatiossa musteet ja täyteaineet nousevat vaahdotuksessa pintaan, josta ne kaavitaan lastalla pois. Vaahdotuksen yhteydessä lisätään kennoon lämmintä vettä tarpeen mukaan. Kun musteista vaahtoa ei enää synny, lopetetaan siistaus ja otetaan siistattu massa ämpäriin pohjaventtiilin kautta. Jätejäte laitetaan sivuun omassa astiassaan, josta se myöhemmin suodatetaan Larox-paineilmasuodattimella kakuksi, joka laitetaan jäteastiaan.

Seuraavaksi työssä valmistetaan siistatusta massasta laboratorioarkkeja ja mitataan näistä arkeista kuivauksen jälkeen vaaleudet. Vertailuarkkeja varten valmistetaan vielä vertailumassa, johon punnitaan 1/9 osa siistatun massan keräyspaperi määrästä. Massaan lisätään vettä ja hajotetaan sitä märkähajottimessa ilman kemikaaleja. Lopuksi vertaillaan siistatusta ja siistaamattomasta massasta valmistettujen arkien vaaleutta AUTOELREPHOLLA.

### 3.2 Käytettävät kemikaalit

Siistauksessa käytetään erilaisia kemikaaleja turvottamaan kuituja ja poistamaan painovärejä massasta. Painoväriin erotusprosessi vaatii tietyt kemialliset olosuhteet onnistuakseen. Nämä luodaan kemikaalilisäyksillä ennen flotaatiota. (Know-Pap versio 25.0, 2024c)

Flotaatio onnistuu parhaiten, kun hiukkaset saadaan kerättyä suuremmiksi agglomeraateiksi ja niille saadaan öljymäinen pinta. Kokoojiksi kutsutaan kemikaaleja, jotka kasaavat painovärihiukkasia suuremmiksi partikkeleiksi ja antavat niille hydrofobisen pinnan. Kokoojakemikaalia lisätään joko massan sekoittimeen, pulpperiin, tai juuri ennen flotaatio-prosessia. Usein flotaatiossa käytetään myös synteettisiä pinta-aktiivisia aineita parantamaan kuitujen kastumista ja sopivan vaahdon muodostumista. (Lassus n.d.)

Tässä työssä laboratoriossa halutaan lähinnä poistaa painovärit massasta ja havainnoida, kuinka eri kemikaalit vaikuttavat massan vaaleuteen. Työssä märkehajottimeen lisätään natriumhydroksidia, natriumsilikaattia, vetyperoksidia, saippuaa ja etyleenidiamiinitetraetikkahappoa EDTA:aa. Kun massa on hajotettu tarpeeksi lisättyjen kemikaalien kanssa, se siirretään vaahdotuskennoon. Vaahdotuskennoissa massaan lisätään vielä kalsiumsuolaa veden kovuuden nostamiseksi. Alla olevassa taulukossa on lueteltu kaikki laboratoriossa käytetyt kemikaalit ja niiden käyttötarkoitukset.

TAULUKKO 1. Siistauksessa käytettävät kemikaalit laboratoriossa

Nimi	Käytetty määrä	Ominaisuudet
Natriumhydroksidi 1 M (NaOH) lipeä	23 ml	Turvottaa kuituja, jolloin painoväri irttoa helpommin. Luo "saippuaiset" olosuhteet ja hajottaa painoväriin sideaineita.
Natriumsilikaatti eli vesilasi 5 %	3 ml	Estää vapautuneen värin uudelleen flokkautumisen ja tasaa emäksisyyden. Toimii valkaisuaineen stabilisaattorina.
Vetyperoksidi 30 % (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	10 ml	Valkaisuaine, joka estää korkeasta pH:sta johtuvan mekaanisten kuitujen kellertymisen.
Saippua	10 g	Vaahdotuksen kokoojakemikaali yhdessä kalsiumin kanssa.
EDTA (etyleenidiamiinitetraetikkahappo) 1 M	5 ml	Sitoo metalli-ioneja ja estää niiden haitalliset vaikutukset siistausprosessissa. Helpottaa epäpuhtauksien, kuten painoväriin, irtoamista, tehostaa käytettävien kemikaalien vaikutusta ja vähentää kuitujen menetystä.
Kalsiumkloridi (s) (CaCl <sub>2</sub> )	>8,75 g	Reagoi saippuan kanssa muodostaen tahmeita hiukkasia. Nämä vedessä liukeneemattomat hiukkaset tarttuvat tehokkaasti ilmakupliin ja mustepartikkeleihin.

### 3.3 Vaahdotuskennon toimintaperiaate

Tredun prosessilaboratoriossa on käytössä VOITH:n laboratoriomittakaavan vaahdotuskenno. Vaahdotuskennolla arvioidaan keräyspaperin regenerointimahdollisuutta ja saavutettavaa vaaleutta kuten myös sopivia flotaatiokemikaaleja sekä prosessin kulkua. Prosessiin ja siitä saatuihin tuloksiin vaikuttavat esimerkiksi keräyspaperin ja painoväriin laatu, erilaiset kemikaalit, vaahdotuksen kesto ja keräyspaperin laji sekä määrä. Vaahdotuskennolla saatavat vaaleusasteet ovat vertailukelpoisia vastaaviin teollisuusmittakaavassa saavutettaviin asteisiin. (VOITH n.d.)

Laboratoriomittakaavan vaahdotuskennolla voidaan poistaa painoväriosat, kun keräyspaperista tehty kuituseos on ensin esikäsitelty kemikaaleilla ja kuidutuksella. Painovärin irrottamiseen käytetään säännöllisesti NaOH:ta ja kerääntymistä auttaa saippua Ca-ioninen avulla. Puupitoisen kuituaineen kellastumisen välttämiseksi lisätään vetyperoksidia kuten myös Natriumsilikaattia ja kompleksinmuodostajia. (VOITH n.d.)

Laboratoriokennossa kuitumateriaali kiertää juoksupyörässä, joka imee massan. Erillisestä putkesta tuleva ilma ohjautuu juoksupyörään ja sekoittuu kuituihin. Tämän seurauksena muodostuva painoväriä sisältävä vaahto poistetaan, ja neste tappio korvataan tuoreella vedellä tai esimerkiksi edellisestä vaahdotusprosessista saadulla suodoksella. (VOITH n.d.)

Vaahdotuskkenno on valmistettu pleksilasilaatoista, jotka on liimattu vesitiiviiksi erikoisliimalla. Kennon nesteen korkein sallittu lämpötila on 60 °C. Nelikulmainen pleksilasikkenno ja teräksinen moottorin kannatin ovat yhteisellä peruslevyllä. Vaahdotuksen moottorin nimellisteho on 0,18 kW ja sen vakio on 1500 kierrosta minuutissa. Moottori liitetään kaapelin avulla voimapistokkeeseen. Sekoittimen juoksupyörä pyörii samalla nopeudella kuin moottori, ja sen pyörimissuunta on oikealle, kun katsotaan ylhäältä. Tyhjennysventtiili sijaitsee säiliön syvimässä kohdassa, mistä voi ottaa näytteitä tai tyhjentää kennon kokeen jälkeen. (VOITH n.d.)

## 4 RISKIENARVIOINTI

Riskien arvioinnissa kartoitetaan työssä esiintyvät vaaratekijät, arvioidaan niiden vakavuus ja todennäköisyys. Arvioinnin pohjalta päätetään keinoista, joilla pyritään vähentämään vaaratekijöiden aiheuttamaa riskiä joko pienentämällä niiden vakavuutta tai todennäköisyyttä. Tavoitteena on luoda turvallisempi työympäristö kaikille. Tämä prosessi muodostaa riskienhallinnan, joka on olennainen osa työturvallisuuden kehittämistä, sillä tuntemattomia vaaroja ei voida ehkäistä. Riskienarviointi tulee päivittää säännöllisesti, esimerkiksi vuosittain ja aina merkittävien muutosten yhteydessä.

Vaara- ja haittatekijöiden tunnistamisvaiheessa pyritään löytämään mahdollisimman kattavasti työhön liittyvät vaaratekijät ja riskit. Näihin kirjataan myös mahdolliset seuraukset sekä nykyiset torjuntakeinot, jotka merkitään riskienarviointipohjaan. (työturvallisuuspakki n.d.)

Tämän jälkeen analysoidaan tunnistettujen riskien todennäköisyys ja mahdolliset seuraukset. Näille annetaan arviot asteikolla yhdestä kolmeen, ja niiden perusteella määritetään riskin vakavuus asteikolla yhdestä viiteen taulukkoa 2 hyödyntäen. Riskienarviointipohjassa on myös ohjeelliset kriteerit, jotka auttavat arvioimaan eri tasojen todennäköisyyksiä ja seurauksia. (työturvallisuuspakki n.d.)

TAULUKKO 2. Riskien arvioinnissa käytettävä taulukko

Tapahtuman todennäköisyys	Seurausten vakavuus		
	1. Vähäiset	2. Haitalliset	3. Vakavat
1. Epätodennäköinen	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
2. Mahdollinen	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
3. Todennäköinen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

Riskien arvioiminen on hyvin tärkeää laboratorio työskentelyssä, sillä ollaan tekemässä erilaisten kemikaalien ja laitteistojen kanssa. Näiden operoimiseksi on hyvä perehtyä etukäteen käyttöturvallisuustiedotteisiin ja -ohjeisiin, jotta kaikkien olisi turvallista työskennellä laboratorio tiloissa. Riskitekijöiden minimoimiseksi ja onnettomuuksien estämiseksi prosessilaboratoriotiloissa tulee aina olla käytössä siistaustyötä suoritettaessa tarvittavat suojavarusteet, kuten turvakengät, laboratoriotakki sekä suojakäsineet ja -lasit. Laboratoriossa työskentelevän henkilöstön tulee myös olla tietoisia esimerkiksi mahdollisista hätäpoistumisreiteistä sekä ensiapupakkauksien, hätäpoistumisteiden, hätäsuihkun ja sammutuslaitteiston sijainnista. Tredun prosessilaboratoriossa on merkittynä kulkureitit mahdollisia vierailijoita varten, joita pitkin on turvallista liikkua vierailun aikana.

Riskienarviointi on suoritettu hyödyntäen apuna Työturvallisuuspakin riskien arviointityökalua. Liitteessä 1 on selvitetty arviointityökalulla yleisimmät Tredun prosessilaboratoriossa esiintyvät riskitekijät ja niiden merkittävyydet. Analyysiin on listattu vaaratekijät eli riskit, seuraukset, lueltu tärkeimmät olemassa olevat riskienhallinta- ja torjuntakeinot, riskienarviointi ja riskin suuruus. Lisäksi siinä on analysoitu, mitä toimenpiteitä tulee tehdä vaaratilanteiden hallitsemiseksi ja torjumiseksi (kuva 4).

1. Nr	2.Vaaratekija	3.Seuraus	4. Luetele tärkeimmät olemassa olevat riskienhallinta- ja torjuntakeinot	5. Riskin arviointi		6. Riski	7. Tarvittavat toimenpiteet vaaratilanteiden hallitsemiseksi ja torjumiseksi.
				Seurauksen vakavuus 1-3	Todennäköisyys 1-3		
1	Kemikaali roiskeet	Syövyttävät, myrkylliset aineet tai herkistävät aineet voivat aiheuttaa terveyshaittoja iholle joutuessa.	Käyttöturvallisuustiedotteiden tarkastaminen sekä varautuminen vaaratilanteisiin, suojavarustuksen käyttäminen.	2	2	3	Suojavarustuksen käyttäminen ja saatavuus, riskienarvioinnin päivitys.

Kuva 4. Kemikaali roiskeiden riskienarviointi työkalun avulla (Liite 1)

Työturvallisuuspakin riskienarviointi työkalussa on myös analysoitu riskien vakaavuudet niiden suuruuden laskemiseksi. Riskit on jaettu työkalussa tapaturmiin, fyysikaalisiin ja kemiallisiin vaaratekijöihin, tulipalo- ja räjähdysvaaroihin, ergonomiaan, psykososiaalisiin kuormitustekijöihin ja muihin mahdollisiin vaaratekijöihin. Kuvassa 5 on esitelty kemiallisten vaaratekijöiden tapahtumien seurauksia ja todennäköisyyksiä.

KEMIALLISET VAARATEKIJÄT			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET Epämukava ärsytys, ohimenevä sairaus.	HAITALLISET Palovammat, pitkäkestoisia vakavia vaikutuksia. Pysyviä lieviä haittoja.	VAKAVAT Työperäinen syöpä, astma, pysyvät vakavat vaikutukset, elämää lyhentävät sairaudet.
Epätodennäköinen Kemikaalia käsitellään harvoin. Pitoisuudet ovat pieniä.	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Kemikaalia käsitellään usein. Pitoisuudet ovat kohtalaisia.	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Kemikaalia käsitellään usein. Pitoisuudet ovat kohtalaisia. Oireita on esiintynyt	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

KUVA 5. Kemialliset vaaratekijöiden analysointi seurausten ja todennäköisyyden kannalta (Liite 1)

## 5 TYÖOHJE

### 5.1 Työohje yleisesti

Työohjetta tarvitaan varmistamaan, että tietyt tehtävät suoritetaan oikein, turvalisesti ja tehokkaasti, riippumatta työn suorittajasta. Työohje auttaa ylläpitämään työn laatua, vähentämään virheitä, säästämään aikaa ja resursseja sekä tukemaan työntekijöiden perehdyttämistä ja koulutusta. Se on erityisen tärkeä monimutkaisissa prosesseissa, joissa johdonmukaisuus ja tarkkuus ovat kriittisiä, sekä tilanteissa, joissa noudatetaan sääntelyä tai standardeja. (Reinikainen 2021)

Hyvä työohje on selkeästi ja yksityiskohtaisesti laadittu, jotta se on helposti ymmärrettävä kaikille käyttäjille. Siinä määritellään tehtävän tavoite, tarvittavat materiaalit ja työvälineet, vastuuhenkilöt sekä vaiheittaiset toimintaohjeet. Lisäksi hyvä työohje sisältää mahdolliset riskit ja niiden hallintakeinot, laadunvalvontaan liittyvät kohdat sekä ohjeet dokumentointiin. Ohjeen tulisi olla visuaalisesti selkeä, sisältäen tarvittaessa kaavioita, kuvia tai taulukoita, jotka tukevat ymmärrystä. On myös tärkeää, että työohje on helposti saatavilla, ajan tasalla ja mukautettavissa tarvittaessa. (Reinikainen 2021)

### 5.2 Standard Operating Procedure – SOP

Uuden ohjeen kehittämisessä päätettiin hyödyntää SOP:ia. SOP:n avulla saadaan luotua tarkka ja yhden mukainen työohje. SOP:n avulla luotu työohje sisältää kaikki tarvittavat tiedot työntoteuttamiseksi ja siinä onnistumiseksi.

SOP (Standard Operating Procedure) viittaa yksityiskohtaisesti dokumentoituihin ohjeisiin, jotka määrittävät tietyt toimintatavat tai prosessit tehtävien suorittamiseksi. Sen tavoitteena on taata toiminnan yhdenmukaisuus, laatu, tehokkuus ja vaatimustenmukaisuus. SOP:a hyödynnetään monilla eri aloilla, kuten teollisuudessa, laboratorioissa, ja turvallisuussektorilla. Esimerkkejä ovat ohjeet koneiden käytöstä, hygieniakäytännöistä ja tietoturvatyömenpiteistä. (Krzyszczanowski, Nucci & Sevilla 2024)

SOP sisältää yleensä selkeät tavoitteet, soveltamisalueen, vastuuhenkilöt, vaiheistetut ohjeet, turvallisuuteen liittyvät ohjeistukset ja dokumentointivaatimukset. Hyvin suunnitellut ohjeet auttavat välttämään virheitä, säästävät resursseja, tukevat uusien työntekijöiden perehdyttämistä, varmistavat turvallisuuden ja toimivat pohjana laadunvalvonnalle ja auditoinneille. SOP takaa, että tehtävä suoritetaan aina samalla tavalla, turvallisesti ja laadukkaasti riippumatta siitä, kuka sen toteuttaa. (Krzyzanowski, Nucci & Sevilla 2024)

## 6 TYÖN TOTEUTUS

### 6.1 Ohjeen kehittämisen lähtökohdat

Uuden työohjeen työstäminen aloitettiin tutustumalla Tredun prosessilaboratorion tiloihin ja siellä suoritettavaan siistausprosessiin. Prosessissa käytettävät kemikaalit ja laitteet sekä käytössä olevan työohjeen eri vaiheet käytiin huolellisesti läpi. Laboratoriossa päästiin myös seuraamaan erään ryhmän työskentelyä vanhalla työohjeella rasteittain ja tästä sai myös hyvää havainnollistavaa kuvaa työn suorituksesta.

Tutustumiskerran jälkeen aloitettiin hakemaan taustatietoa laboratoriossa suoritettavasta prosessista sekä siinä hyödynnettävistä laitteistosta ja kemikaaleista. Lähteinä ohjeen kehittämisessä toimivat pääasiassa laboratorio vaahdotuskennon kirjallinen käyttöopas sekä aiemmat käytössä olleet vanhat työohjeet siistausprosessista laboratoriossa. Teoriaa haettiin myös sähköisistä lähteistä ja mietittiin, millä perustein juuri kyseiset määrät ovat valikoituneet työohjeeseen ja voisiko niitä mahdollisesti muokata.

### 6.2 Vanhan ohjeen testaus

Ennen uuden työohjeen laatimisen aloittamista, on hyvä kokeilla käytössä olevaa työohjetta käytännössä. Tässä prosessissa voidaan hyvin havaita mahdolliset puutteet ja kehitysmahdollisuudet uudelle ohjeelle. Vanhan käytössä olevan työohjeen kokeileminen toteutettiin lokakuussa 2024.

Tarkoituksena oli suorittaa työ mahdollisimman tarkasti työohjetta noudattaen. Työn suoritustapaan ja eri vaiheisiin perehdyttiin tarkemmin jo aiemmin kohdassa 3.1. Työ aloitettiin laskemalla tarvittavan sanomalehden määrä työohjeessa annetun siistattavaan massaan sakeuden ja tilavuuden avulla. Tämä saadaan laskettua kaavalla 2

$$sakeus (\%) = \frac{kuiva - aine\ määrä}{kokonaistilavuus} \cdot 100 \% \quad (2)$$

Vanhan työohjeen testauksessa keräyspaperia revittiin 93,6 grammaa massan valmistamiseksi ja prosessiin lisätyt kemikaalit mitattiin mittalasin tarkkuudella työohjeessa annettujen määrien mukaan. Vaahdotuskennoon testiajossa lisättiin 9,0 grammaa kalsiumkloridia.

Siistausprosessin jälkeen valmistettiin vielä vertailumassa, jota ei siistattu ollenkaan. Myös tämä vaihe suoritettiin työohjeen mukaisesti ja märkähajottimen astiaan punnittiin 10,4 grammaa revittyä sanomalehtipaperia. Molemmista massoista tehtiin kolme arkkiä, joista voidaan huomata erot siistatussa ja ei siistatussa massassa.

### **6.3 Uuden ohjeen työstäminen**

Uuden työohjeen työstäminen aloitettiin miettimällä, miten nykyisestä työohjeesta voitaisiin saada vielä selkeämpi kokonaisuus ja mitä siitä tulisi säilyttää ja mitä ei. Koska nykyinen ohje koettiin kuitenkin osittain hyväksi, päätettiin kokeilla tehdä pieniä muutoksia prosessiin ja katsoa miten ne vaikuttavat lopputulokseen.

Työssä oli myös tilaa itse kehittää asioita. Alkuvaiheessa todettiin kuitenkin, että aihealueesta tulisi liian laaja käytössä olevalle ajalla, jos lähdettäisiin muuttamaan ja tutkimaan kaikkia prosessin lopputuloksiin vaikuttavia tekijöitä. Tällöin jokaisen yksityiskohdan muuttamista olisi tullut testata erikseen, jotta voitaisiin havaita mikä tekijä prosessissa vaikutti lopputulokseen. Työssä mitattavan massan vaaleuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi kemikaalit ja niiden suhteet sekä käyttömäärät, ilmanpaine, sakeus, veden kovuus, kennon puhtaus ja paperilaji. Vaahdotuksen saantoon puolestaan vaikuttaa esimerkiksi veden kovuuden lisäys, missä suurempi kovuus aiheuttaa suuremman hävikin. (Lassus, n.d.) Työssä päädyttiinkin siis keskittyä lähinnä vanhan ohjeen kehittämiseen sen rakenteen osalta.

Työ päätettiin toteuttaa toisen kerran muuttamalla joitakin tekijöitä prosessissa, jotta huomataan, onko niillä suurta vaikutusta lopputulokseen. Vanhoja työohjeita läpikäydessä huomattiin, että jotkin asiat toistuivat samana teoriassa ja van-

hoissa työohjeissa, jotka tehtiin eri lailla nykyisessä työohjeessa. Esimerkiksi kemikaalien lisäys järjestys prosessiin oli erilainen aikaisemmissa työohjeissa sekä märkähajotuksen aika poikkesi eniten ohjeiden välillä. Tämän perusteella päätettiin siis toteuttaa siistausprosessi uudestaan vanhojen ohjeiden arvoja hyödyntäen. Toinen koeajo suoritettiin marraskuussa 2024.

Toisessa koeajossa sanomalehteä revittiin 93,1 grammaa ja kemikaalit mitattiin tälläkin kertaa mittalasin tarkkuudella. Tällä kertaa koeajossa kuitenkin hajotusastiaan lisättiin ensin vesi, natriumhydroksidi, EDTA, natriumsilikaatti ja näiden jälkeen lisättiin keräyspaperi. Seosta hajotettiin ensin keskenään märkähajotuksessa 5 minuutin ajan ja sen jälkeen seokseen lisättiin vasta vetyperoksidi. Tämä tehtiin, jotta vältettäisiin peroksidin hajoamien. (VOITH n.d.) Massaa hajotettiin vielä 15 minuutin ajan vetyperoksidin kanssa. Flotaatio vaiheessa vaahdotuskennoon lisättiin 9,0 grammaa kalsiumkloridia veden kovuuden nostamiseksi. Loppu prosessin osalta työ suoritettiin toisessa koeajossa työohjeiden mukaisesti.

## 7 TULOKSET JA TULOSTEN ANALYSOIMINEN

### 7.1 Ensimmäisen koeajon havainnot

Vanhan ohjeen testauksessa ensimmäistä kertaa huomattiin, että vaahdotuksessa käytettävä saippua oli vähissä laboratorioissa. Prosessi päätettiin kokeilla tehdä ilman saippuaa ja lisätä tarpeen tullen jotain muuta vastaavaa ainetta, jos se ei lähtisi vaahtoamaan hyvin ilman. Työskennellessä kuitenkin huomattiin, että flotaatioissa syntyi hyvin vaahtoa ja väripartikkelit irtosivat yhtä hyvin ilman saippuaakin.

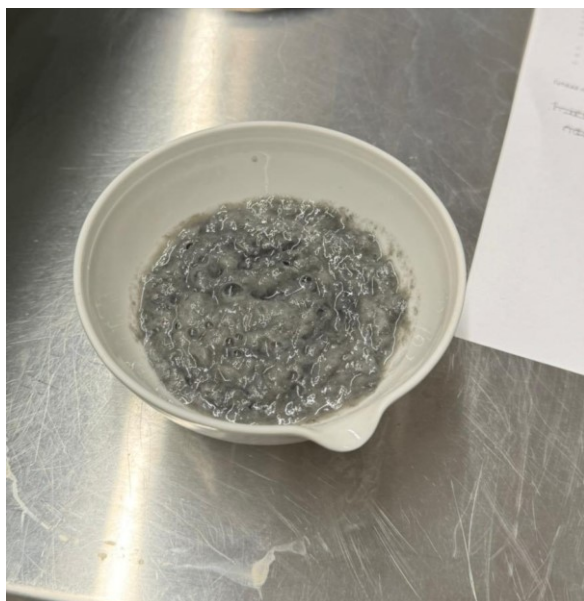
Aikaisemmin pääsimme vierailemaan Tampereella sijaitsevaan yritykseen, Oy Essity Finland Ab Nokialle, jossa siistausta toteutettiin tehdasmittakaavassa. Yritysvierailulla kerrottiin, että he eivät käytä prosessissa ollenkaan saippuaa, joten voitiinkin olettaa, että tilanne olisi myös sama laboratorio olosuhteissa. Näin ollen todettiin, että voidaan jättää prosessin suorittamisesta yksi kemikaali pois.

Laboratorioissa suoritettu työ nykyisellä siistausohjeella sujui hyvin ja ohjetta oli helppo seurata. Ongelmia tuli enemmän vasta työn loppu puolella, sillä työohjeessa oli ei ollut selitetty yhtä selkeästi loppu vaiheiden suoritusta kuin alkuvaiheiden. Todettiin, että paperiarkkien tekoon tarvitsee ainakin tehdä lisäohjeita, sillä tähän osaan ei ollut annettu työohjeessa tai laboratorioissa ollenkaan ohjeistusta.

Työohjeen selkeyteen ja työn suorituksen sujuvuuteen vaikuttivat varmasti henkilökohtaisesti se, että oli lukenut ohjeet tarkasti ja huolellisesti lävitse ennen työn suoritusta. Myös biotuotetekniikan opiskelijana ja siistauksen teoriaan perehtyneenä aihe oli entuudestaan tuttu, kuin taas henkilölle, joka ei ole yhtä tietoinen siistauksesta ja siihen liittyvistä prosesseista. Siistausprosessia on esimerkiksi käsitelty biotuotetekniikan opinnoissa kursseilla *Puu- ja tekstiilikuitujen prosessointi* sekä *Kiertotalous insinöörien ammatilliseksi perusosaamiseksi*. Uusi työohje tehdään ammattiopiskelijoille, joilla ei ole välttämättä yhtä paljon tietoa ja kokemusta aiheesta entuudestaan, joka on hyvä ottaa huomioon työohjeen tekemisessä.

## 7.2 Toisen koeajon havainnot

Toisessa koeajossa syntyi myös hyvin vaahtoa flotaatiossa ja massa vaaleni huomattavasti. Tällä kertaa kuitenkin jätevaahdosta havaittiin, että se sisälsi silminnähtävän huomattavasti enemmän kuitua kuin edellisessä ajossa. Jätevaahtoa päätettiin ottaa haihdutusmaljaan kuivumaan, jotta voidaan selvittää sisältääkö se kuitua (kuva 6).



KUVA 6. Kuidullista jätevaahto haihdutusmaljassa (Kuva: Alina Himanen)

Muutaman päivän haihdutuksen jälkeen voidaan todeta, että jätevaahto sisältää selkeästi kuitua (kuva 7). Tästä voidaan todeta, että kemikaalien lisäämisjärjestyksellä sekä hajotuksella on merkitystä työn lopputulemaan. Syntyi kuituhäviötä, joka on negatiivinen asia. Kuituhäviö ei ole toivottavaa siistauksessa, koska se tarkoittaa arvokkaan kuidun menetystä, mikä heikentää materiaalin taloudellista hyötyä ja voi lisätä jätteen määrää. Pienempi kuituhäviö parantaa prosessin kustannustehokkuutta ja ympäristöystävällisyyttä. Kuituhäviö koeajossa johtui todennäköisesti pidemmästä hajotusajasta kemikaalien kanssa. Hajotusaika kemikaalien kanssa toisessa koeajossa oli noin kymmenen minuuttia pidempi kuin ensimmäisessä koeajossa.

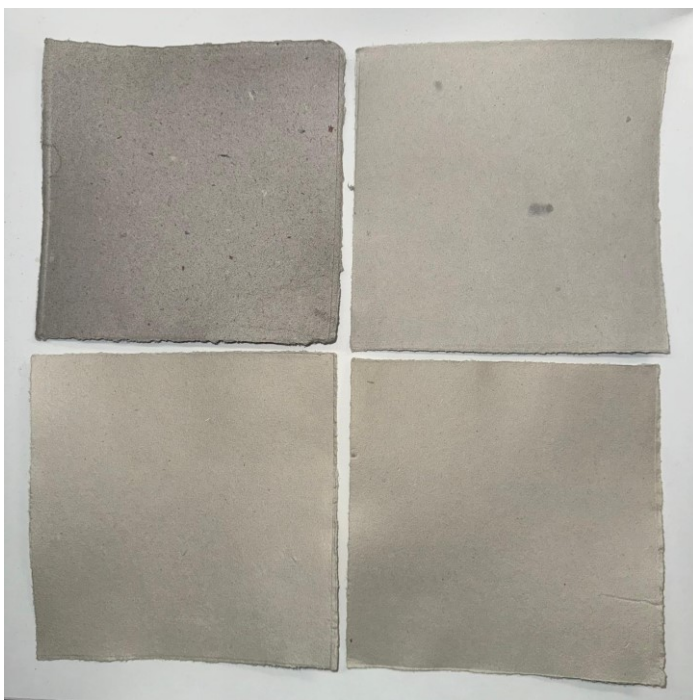


KUVA 7. Kuivattu kuidullista jätevaahtoa (Kuva: Hanna Toivonen 2024)

### 7.3 Testi arkkien mittaukset

Osana työtä oli tarkoitus mitata valmistettujen siistattujen arkkien vaaleudet ja verrata niitä siistaamattomien arkkien vaaleuteen. Tästä olisi saanut hyvän kuvan siistauksen vaikutuksesta massan vaaleuteen ja sen tehokkuudesta. Vaaleuden mittausta tehdään työohjeen mukaan Tredun laboratoriossa AUTOELREPHOLLA.

Opinnäytetyötä työstettäessä, mittari oli kuitenkin rikki, joten valmistettujen arkkien vaaleuksia ei voitu mitata laboratoriossa. Tämän takia päätettiin tehdä mittaukset TAMKin paperilaboratoriossa laboratoriolaitteiston avulla, mutta tässäkin asiassa tuli esteitä vastaan, joten valmistettujen arkkien vaaleuksia ei saatu mitattua ollenkaan. Kuvasta 8 voidaan kuitenkin havaita selkeät erot siistattujen ja siistaamattomien arkkien vaaleuksien välillä. Kuvassa vasemmassa yläkulmassa on siistaamattomasta massasta valmistettu arkki, oikeassa yläkulmassa ensimmäisessä koeajossa valmistettu siistattu arkki ja ala rivillä toisessa koeajossa valmistetut arkit. Kuten aikaisemmin todettiin, toisessa koeajossa syntyi kuituhäviötä, joka näkyy arkkien paksuudessa. Ensimmäisen koeajon arkeista tuli paksumpia kuin toisen koeajon arkeista.



KUVA 8. Koeajoissa valmistetut laboratorioarkit (Kuva: Alina Himanen)

#### 7.4 Uusi työohje

Tulosten ja havaintojen pohjalta koottiin uusi työohje. Työohjeen tukena käytettiin aikaisemmin luvussa 5.2 esiteltyä SOP:ia. Uusi työohje löytyy liitteestä 2. Uudessa työohjeessa työn eri vaiheet on jaoteltu selkeästi omiin lyhyisiin osioihin, jolloin työn etenemistä on helpompi seurata.

Uusi työohje aloitetaan esittelemällä työn tarkoitus ja soveltumisala. Tästä ohjeen käyttäjä saa hyvän kuvan työn tarkoituksesta ja sen keskeisistä tehtävistä. Seuraavaksi työohjeessa esitellään työn keskeisimmät laitteet ja välineet. Työn tärkeimmistä laitteista on myös värilliset kuvat havainnollistamassa työn toteutustapaa. Toisessa luvussa esitellään myös työssä käytetyt reagenssit ja niiden käyttötarkoitukset prosessissa. Tästä työn suorittajien on helppo havainnoida, mikä on kunkin kemikaalin tehtävä prosessissa.

Koeajojen perusteella saippua poistettiin uudesta työohjeesta, koska sen todettiin olevan tarpeeton työn onnistumisen kannalta. Reagenssien määrät ja lisäsjärjestyksen päätettiin kuitenkin pitää samana uudessa työohjeessa kuin vanhassakin, sillä työn tarkoituksena on lähinnä havainnollistaa siistauksen merkitystä paperien uusiokäytössä.

Työohjeen kolmannessa luvussa esitellään työturvallisuus ja varotoimet laboratoriossa työskentelemiselle. Luvussa kuvataan tarvittavat suojavarusteet ja varotoimet, jotka on tehtävä ennen työn aloittamista ja joita on noudatettava laboratorion työskentelyn aikana.

Seuraavaksi siirrytään toteutettavan siistausprosessin menetelmä osioon, joka on jaettu neljään osuuteen: näytteen valmistamiseen, märkähajotukseen, veden kovuuden säätämiseen ja vaahdotukseen. Jokaisessa kohdassa on kerrottu tarkasti työn suorituksen eri vaiheet ja käytetty tarvittaessa kuvia apuna havainnollistamassa työn suoritusta. Näytteen valmistelu kohdassa on annettu uudessa ohjeessa revittävä paperimäärä valmiiksi laskettuna, jotta kaikki työn suorittajat voivat suorittaa työn onnistuneesti. Lisäksi säilytettiin myös alkuperäisen ohjeen pulpperointi ajat ja kemikaalien lisäysjärjestys toisessa koeajossa syntyneen kuituhäviön vuoksi.

Viidennessä luvussa kerrotaan vertailumassan valmistamisesta ja sen hajotuksesta. Kuudennessa luvussa siirrytään arkkien valmistamiseen, joka sisältää arkkien suodatuksen, puristamisen sekä kuivaamisen. Tämä luku poikkeaa eniten vanhasta työohjeesta, sillä vanhassa ohjeessa ei ollut ollenkaan annettu ohjeita arkkien tekoon ja niiden kuivaamiseen. Tähän prosessiin ei myöskään ollut laboratoriossa erillisiä työohjeita. Arkkien kuivaamista rumpukuivaimella ja vaaleuden mittaamista ei toteutettu koeajoissa. Niihin tarkempi ohjeistus on saatavilla laboratoriossa.

Lopuksi työohjeessa on vielä kerrottu prosessin päättämisestä ja puhdistustoimenpiteistä. Laboratoriossa työskentely on helpompaa ja turvallisempaa, kun omat jäljet on siivottu, tavarat laitettu paikoilleen ja käytettyjen laitteiden virrat katkaistu sekä varmistettu että käytetyt paineilma- ja vesihanat ovat suljettu. Lopuksi uudessa työohjeessa kerrotaan vielä työn vaihtoehtoisesta dokumentoinnista ja mitä siihen voi liittyä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tutkimuksessa havaittiin, että saippuan lisääminen siistausprosessiin ei ole ratkaisevan tärkeää painoväriin irtoamisen kannalta laboratorioprosessissa. Flotaatiossa syntyy runsaasti vaahtoa myös ilman saippuaa, ja massan vaaleutta saatiin parannettua ilman tätä reagenssia. Saippuan poistaminen prosessista tekee työskentelystä helpompaa, koska sen liuottamista ei tarvita, mikä säästää aikaa. Lisäksi saippuan hankintaan liittyvät kustannukset ja vaivannäkö vähenevät.

Toisessa koeajossa myös havaittiin edellisten työohjeiden mukaisten hajotusaikojen lisäämä kuituhäviö massassa. Näin ollen voidaan todeta, että käytössä olevan työohjeen hajotusajat ovat toimivia siistausprosessin onnistumisen kannalta ja mahdollisen kuituhäviön minimoimiseksi. Tällöin saadaan mahdollisimman suuri kierrätysaste ja vähennettyä syntyvän jätteen määrää.

Työn keskeisimpinä tuloksina saatiin uusi työohje ja riskien arviointi. Uusi työohje toteutettiin SOP:lla, jonka avulla varmistetaan toistettavuus, tarkkuus ja turvallisuus laboratoriomittakaavan siistausprosessissa. Riskien arviointi uuden työohjeen tukena varmistaa turvallisen työskentely ympäristön kaikille laboratoriossa työskenteleville. Riskien arvioinnin avulla työskentelemisestä tulee myös tehokasta, sillä säästetään ylimääräiset loukkaantumiset ja vahingot, kun riskit tiedotetaan.

Jatkossa työohjeen voisi viedä myös sähköiseen oppimisympäristöön. Tässä työssä keskusteltiin myös mahdollisuudesta viedä ohje ThingLinkin sähköiseen oppimisympäristöön, mutta haasteita toi lisenssi oikeudet. Sähköisessä muodossa ohjeeseen voisi lisätä erilaista mediaa, kuten kuvia ja videoita oppimisen avuksi. Tällöin saataisiin luotua visuaalisen ohje, josta työn etenemistä olisi helppo seurata esimerkiksi omalta puhelimelta. Sähköisessä versiossa kuvat olisivat myös aina varmasti värillisiä ja näin helpommin tulkittavissa. Ohjeeseen saisi sisällytettyä eri linkkien avulla esimerkiksi kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet, jolloin ne olisivat helposti saatavilla työohjeen yhteydessä. Sähköisessä oppimisympäristössä työohje olisi myös tulevaisuudessa helposti muokattavissa.

## LÄHTEET

Höke, U & Schabel, S. 2010. Osa 7 – Kierrätyskuitu ja siistaus. ForestBioFacts-oppimisympäristö. Viitattu 15.10.2024. Vaatii käyttöoikeuden. <https://forestbiofacts.com/fi/papermaking-science-and-technology-books/volume-7-recycled-fibre-and-deinking/>

Lassus, A. n.d. Siistauksen kemia. Raisio Chemicals. Tulostettu tiedosto. Viitattu 8.10.2024.

KnowPap versio 25.0.2024a. AEL/Proledge Oy. Siistauslinja – yleistä. Viitattu 13.10.2024. Vaatii käyttöoikeuden. [http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper technology/01 recycled pulp/2 deinked pulp/1 general/frame.htm?zoom\\_highlightsub=siistaus](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper%20technology/01%20recycled%20pulp/2%20deinked%20pulp/1%20general/frame.htm?zoom_highlightsub=siistaus)

KnowPap versio 25.0.2024b. AEL/Proledge Oy. Pulpperointi. Viitattu 13.10.2024. Vaatii käyttöoikeuden. [http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper technology/01 recycled pulp/2 deinked pulp/2 slushing/frame.htm?zoom\\_highlightsub=pulpperointi](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper%20technology/01%20recycled%20pulp/2%20deinked%20pulp/2%20slushing/frame.htm?zoom_highlightsub=pulpperointi)

KnowPap versio 25.0.2024c. AEL/Proledge Oy. Siistauksen kemia. Viitattu 14.10.2024. Vaatii käyttöoikeuden. [http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper technology/01 recycled pulp/2 deinked pulp/10 deinking chemistry/frame.htm?zoom\\_highlightsub=natriumhydroksidi](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/ext-ranet/suomi/paper%20technology/01%20recycled%20pulp/2%20deinked%20pulp/10%20deinking%20chemistry/frame.htm?zoom_highlightsub=natriumhydroksidi)

Krzyzanowski, A, Nucci, R & Sevilla, D. 2024. Mikä on SOP? Getguru. Verkkosivu. Viitattu 1.11.2024. <https://www.getguru.com/fi/reference/what-is-an-sop-definition-examples-how-to-make-one>

Reinikainen, V. 2021. Työohjeilla vaihtelu hallintaan. ProAgria. Verkkosivu. Viitattu 21.10. <https://www.proagria.fi/blogit/johtotehtavissa/tyoohjeilla-vaihtelu-hallintaan>

Riskienhallinta. nd. Työturvallisuuspakki. n.d. Verkkosivu. Viitattu 10.11. <https://xn--tyturvallisuuspakki-r6b.fi/riskienhallinta/>

Parrott-Sheffer, C. n.d. Flotation. Britannica. Verkkosivu. Viitattu 28.10.2024. <https://www.britannica.com/technology/flotation-ore-dressing>

Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi. n.d. Työturvallisuuskeskus ry. Verkkosivu. Viitattu 12.11. <https://ttk.fi/tyoturvallisuus/vastuut-ja-velvoitteet/tyonantajien-yleiset-velvollisuudet/vaarojen-tunnistaminen-ja-riskien-arviointi/>

VOITH. n.d. Hoito- ja käyttöohjeet. Vaahdotuskennon käyttöohje. Viitattu 15.10.2024.

## LIITTEET

## Liite 1. Riskienarviointi taulukko ja analyysit

1 (1)



## Riskienarviointi

## Prosessilaboratorio

Arvioinnin tekijä: Alina Himanen  
Päivämäärä: 4.11.2024

1. Nr	2.Vaaratekijä	3.Seuraus	4. Luettelö tärkeitimmät olemassa olevat riskinhallinta- ja torjuntakeinot	5. Riskin arviointi		6. Riski	7. Tarvittavat toimenpiteet vaaratilanteiden hallitsemiseksi ja torjumiseksi.
				Seurausten vakavuus 1-3	Todennäköisyys 1-3		
1	Kemikaali roiskeet	Syövyttävät, myrkylliset aineet tai herkistävät aineet voivat aiheuttaa terveyshaittoja iholle joutuessa.	Käyttöturvallisuustiedotteiden tarkastaminen sekä varautuminen vaaratilanteisiin, suojaruokituksen käyttäminen. Kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteet ja niihin perehtyminen, aineiden oikeaoppinen käsittely ja säilytys.	2	2	3	Suojaruokituksen käyttäminen ja saatavuus, riskienarvioinnin päivitys.
2	Haihtuvat aineet	Alistuminen kaasuille tai höyryille, joista voi aiheutua terveyshaittoja hengitettäessä.	Käyttöturvallisuustiedotteet ja niihin perehtyminen, aineiden oikeaoppinen käsittely ja säilytys.	2	2	3	Riskienarvioinnin päivitys ja kemikaalien oikeaoppinen säilytys sekä käsittely. Suojaruokitukset.
3	Reaktiiviset aineet	Räjähdyks- tai palovaaralliset kemikaalit: räjähdys ja tulipalo vaara.	Käyttöturvallisuustiedotteet, oikeaoppinen säilytys ja käyttö.	2	2	3	Riskienarvioinnin päivitys ja kemikaalien oikeaoppinen säilytys sekä käyttö. Suojaruokitukset.
4	Terävät esineet, viillot	Lasiesineiden rikkoutuessa lasin sirut voivat aiheuttaa viiltoriskin sekä paperia käsiteltäessä paperihaavat.	Suojakäsineiden käyttö laboratorio työkentelyssä koko ajan.	1	2	2	Suojakäsineiden koko aikainen saatavuus. Myös paksummat käsinneet käytössä tarpeen tullen.
5	Lämpötilat	Laitteet saattavat kuumentua käytettäessä.	Suojakäsineiden käyttö työkentelyssä ja varovaisuus.	1	1	1	Suojakäsineiden koko aikainen saatavuus.
6	Melutaso	Laitteiden aiheuttama haitallinen melu voi johtaa kuulo ongelmiin tai päänsärkyyn pitkäaikaisessa rasituksessa.	Tarvittaessa kuul suojaajien tai korvatulppien käyttö.	1	1	1	Saatavilla kuul suojaajia, jos melu alkaa rasittamaan.
7	Laiterikot	Viilliset tai virheellisesti käytetyt laitteet voivat aiheuttaa vaaratilanteita, kuten puristumisvaaran.	Laitteiden käyttöön opastaminen ja virtojen sekä paineilman kytkeminen pois päältä kun laite ei käytössä.	3	2	4	Riskienarvioinnin päivitys sekä työohjeistuksen kehittäminen myös turvallisuuden kannalta.
8	Sähköturvallisuus	Alistuminen sähköiskuille viallisten laitteiden tai johtojen vuoksi.	Virtojen pois päältä kytkeminen kun niitä ei käytetä.	2	2	3	Riskienarvioinnin päivitys sekä työohjeistuksen parantaminen laitteistolle.
9	Paineastiat	Kaasupullot tai muut paineella toimivat laitteet voivat räjähtää tai vuotaa.	Paineilman kytkeminen pois päältä kun ei käytössä.	2	1	2	Riskienarvioinnin päivitys ja laitteiden oikeaoppisen käytön opastus työohjeessa.
10	Huono työasento	Pitkäkestoinen työ epämuokavassa asennossa voi johtaa jumiehin ja fyysisiin ongelmiin.	Työkentelyn välissä tauot pitkäkestoisesta rasituksen välttämiseksi.	1	1	1	Pitää huolehtia taukojen pitämisestä.
11	Työpisteiden huono suunnittelu, sotkuinen työpiste	Epäergonominen tila voi johtaa rasitusvammoon ja tilanpuute aiheuttaa lisäriskejä.	Työn suorituspisteiden sijoittelu laboratorioon väljästi, että jokaisella pisteellä on hyvin työkentely tilaa.	1	1	1	Tavaroiden pois vieminen niiden käytön päättyttyä sekä työympäristön siisteydestä huolehtiminen.
12	Stressi	Tiukat aikataulut tai monimutkaiset työprosessit voivat johtaa huolimattomaan työkentelyyn joka lisää vaaratilanteiden syntymistä sekä mielenterveyden heikentymistä.	Työn suorituksen annettu tarpeeksi suoritus aikaa.	2	1	2	Työn suorittaminen vaihe kerrallaan, taukojen pitäminen.
13	Virheelliset ohjeet	Riittämätön koulutus tai puutteelliset työohjeet voivat virheisiin tai riskeihin.	Työohjeen saatavuus fyysisenä versiona, josta voi seurata työn etenemistä. Avun pyytäminen tilanteissa joissa epävarma olo.	2	2	3	Uuden työohjeen kehittäminen, joka sisältää tarkemmat ohjeet työn toteuttamisesta.

14	Huono ilmanvaihto	Kemialliset höyryt tai pölyt voivat, jos ilmanvaihto puutteellinen. Aiheuttaa turvallisuusriskejä kuten altistumista kemikaaleille ja voi johtaa myös huonovointisuuteen.	Ilmanvaihdon hyvä saatavuus laboratoriossa, riittävän iso työskentely tila. Kemikaalien käsittely vetokaapeissa kemiallisten höyryjen pääsemiseksi laboratorion yleisiin tiloihin.	2	2	3	Vetokaappien käyttäminen kemikaaleja käsiteltäessä.
15	Valaistus	Riittämätön valaistus voi vähentää tarkuutta ja lisätä onnettomuuksien riskiä.	Riittävä ja hyvä valaistus koko laboratorion tiloissa.	1	1	1	Valojen käyttäminen laboratoriotyöskentelyssä aina.
16	Liukkaat ja epätasaiset lattiat	Liukastuminen tai kompastuminen voi aiheuttaa fyysisen vamman, joka johtaa työn keskeytymiseen.	Laboratoriossa työskenneltäessä käytössä turvakengät, jotka suojaavat ja vähentävät liukastumis vaaraa. Osassa laboratorion käytössä ritiliikkö, jonka alle voi laskea vettä kaivoihin.	2	1	2	Turvakengien käyttö laboratoriotiloissa aina ja liikkuminen vain merkityllä alueella.
17	Jätteiden käsittely	Epäsianmukaisesti hävitetyt jätteet, kuten kemikaalit, voivat aiheuttaa reaktioita ja turvallisuusriskejä.	Jokaiselle jätteelle laboratoriossa omat kierrätyspisteet ja mahdolliset uusiokäyttö tarkoitukset.	1	2	2	Jätteiden lajittelu oikeisiin astioihin ja kemikaalien hävittäminen oikeaoppisesti.
18	Kaapelien ja letkujen asennot	Irralliset letkut ja keepelit voivat johtaa kompastumisiin, joista voi aiheutua fyysisiä vammoja.	Letkujen ja kaapelien säilytys omilla paikoillaan ja omilla telineissään.	2	2	3	Letkujen palautus aina paikalleen niiden käytön jälkeen.
19	Suojaimien väärin käyttö	Esimerkiksi suojakäsineiden väärä valinta tai niiden käyttäminen liian pitkään voi heikentää suojaa.	Sopivien suojavarusteiden käyttäminen sekä vaihtaminen rikkoutuessa.	2	2	3	Esimerkiksi suojakäsineiden vaihtaminen niiden rikkoutuessa tai joutuessa kosketuksiin kemikaalien kanssa. Käsien peseminen ennen uusien käsineiden laittoa.

TAPATURMAVAAROJEN ARVIOINTI			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET  Poissaolo alle 3 pv. Ohimenevät lievät vaikutukset, nyrjähdykset, mustelmat.	HAITALLISET  Poissaolo 3-30 pv. Pitkäkestoisia vakavia vaikutuksia. Pysyviä lieviä haittoja.	VAKAVAT  Poissaolo yli 30 pv. Pysyvä työkyvyttömyys. Kuolema.
Epätodennäköinen Satunnainen, vaaratilanteita esiintyy harvoin	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Vaaratilanteet päivittäisiä. Läheltä piti-tapauksia on sattunut	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Vaaratilanteita esiintyy usein ja säännöllisesti. Tapaturmia on sattunut	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

FYSIKAALISET VAARATEKIJÄT			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET  Epämukava ärsytys, ohimenevä sairaus.	HAITALLISET  Palovammat, pitkäkestoisia vakavia vaikutuksia. Pysyviä lieviä haittoja. Kuulovaurio.	VAKAVAT  Työperäinen syöpä, pysyvät vakavat vaikutukset, elämää lyhentävät sairaudet.
Epätodennäköinen Vakavat vaikutukset 10-50 % ohjearvoista	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Vakavat vaikutukset 50-100% ohjearvoista	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Yli ohjearvojen	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

KEMIAALISET VAARATEKIJÄT			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET  Epämukava ärsytys, ohimenevä sairaus.	HAITALLISET  Palovammat, pitkäkestoisia vakavia vaikutuksia. Pysyviä lieviä haittoja.	VAKAVAT  Työperäinen syöpä, astma, pysyvät vakavat vaikutukset, elämää lyhentävät sairaudet.
Epätodennäköinen Kemikaalia käsitellään harvoin. Pitoisuudet ovat pieniä.	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Kemikaalia käsitellään usein. Pitoisuudet ovat kohtalaisia.	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Kemikaalia käsitellään usein. Pitoisuudet ovat kohtalaisia. Oireita on esiintynyt	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

TULIPALO- JA RÄJÄHDYSVAARA			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
Epätodennäköinen Satunnainen, vaaratilanteita esiintyy harvoin	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Vaaratilanteet päivittäisiä. Läheltä piti-tapauksia on sattunut	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Vaaratilanteita esiintyy usein ja säännöllisesti Tapaturmia on sattunut	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

ERGONOMIA			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
Epätodennäköinen Kuormittuminen on satunnaista, esiintyy harvoin.	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Vaara- ja kuormitusilanteet päivittäisiä.	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Vaara- tai kuormitusilanteita on jatkuvasti.	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

PSYKOSOSIAALISET KUORMITUSTEKIJÄT			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
Ohimenevä epämiellyttävä tunne		Työtä haittaava stressi / pelko. Satunnaisia poissaoloja.	Vakavat vaikutukset, pitkiä tai toistuvia poissaoloja.
Epätodennäköinen Satunnainen, harvoin esiintyvä uhka.	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Päivittäin läsnäoleva uhka. Läheltä piti-tapauksia on sattunut	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Uhka on jatkuva, pysyväisluonteinen. Tapahtuma on toteutunut.	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

MUUT MAHDOLLISET VAARATEKIJÄT			
TAPAHTUMAN SEURAUKSET TAPAHTUMAN TODENNÄKÖISYYS	VÄHÄISET	HAITALLISET	VAKAVAT
Lievää haittoja, vähäisiä aineellisia vahinkoja.		Haittaa yrityksen toiminnalle, aineelliset vahingot vakavia. Vaaraa henkilöstölle.	Merkittäviä haittoja, aineellisia vahinkoja, vakava vaara yrityksen toiminnalle tai henkilöstölle.
Epätodennäköinen Satunnainen, harvoin esiintyvä uhka.	1. Merkityksetön riski	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski
Mahdollinen Päivittäin läsnäoleva uhka. Läheltä piti-tapauksia on sattunut	2. Vähäinen riski	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski
Todennäköinen Uhka on jatkuva, pysyväisluonteinen. Tapahtuma on toteutunut.	3. Kohtalainen riski	4. Merkittävä riski	5. Sietämätön riski

## Liite 2. Uusi työohje

1 (2)

**KERÄYSPAPERIN SIISTAUS FLOTAATIOLLA**

Standard Operating Procedure (SOP)

**1. Tarkoitus ja soveltamisala**

Tämän työohjeen tarkoitus on kuvata menetelmä, jolla keräyspaperimassa siistataan laboratoriomittakaavassa käyttäen märkähajotinta, vaahdotuskennoa ja tarvittavia apuvälineitä. Menetelmä soveltuu massan puhdistukseen ja epäpuhtauksien poistamiseen siistausta tutkittaessa.

**2. Tarvittavat välineet ja laitteet**

Märkähajotin (kuva 1)

Vaahdotuskenno (kuva 2)

Muoviset dekantterilasit

Mittalasi

Pipetit

Vaaka

Ajastin/kello



KUVA 1.



KUVA 2.

**2.1 Reagenssit:**

**Natriumhydroksidi eli lipeä 1M** turvottaa kuituja, jolloin painoväri irtoaa helpommin. Luo "saippuaiset" olosuhteet ja hajottaa painovärin sideaineita.

**Natriumsilikaatti (NaOH) eli vesilasi 5 %** estää vapautuneen värin uudelleen flokkautumisen ja tasaa emäksisyyden. Toimii valkaisuaineen stabilisaattorina.

**Vetyperoksidi 30 %** on valkaisuaine, joka estää korkeasta pH:sta johtuvan mekaanisten kuitujen kellertymisen.

**EDTA (etyleenidiamiinitetraetikkahappo)** sitoo metalli-ioneja ja estää niiden haitalliset vaikutukset. Helpottaa epäpuhtauksien, kuten painovärin, irtoamista, tehostaa käytettävien kemikaalien vaikutusta ja vähentää kuitujen menetystä.

**Kalsiumkloridi (CaCl<sub>2</sub>) (s)** reagoi saippuan kanssa muodostaen tahmeita hiukkasia. Nämä vedessä liukenemattomat hiukkaset tarttuvat tehokkaasti ilmakupliin ja mustepartikkeleihin.

### 3. Työturvallisuus ja varotoimet

Käytä asianmukaisia henkilönsuojaimia (suojalasit, suojakäsineet, laboratoriotakki, turvakengät).

Tutustu käytettävien kemikaalien käyttöturvallisuustiedotteisiin (KTT) ennen työn aloittamista.

Tutustu laitteiden turvallisuusohjeisiin laiteohjeista.

Työskentele hyvässä ilmanvaihdossa tai vetokaapissa, jos käytät haihtuvia kemikaaleja.

Käsittele märkähajotinta ja vaahdotuskennoa huolellisesti välttämällä ylikuormitusta tai laitteiston vaurioitumista.

### 4. Menetelmä

#### 4.1. Näytteen valmistelu

Siistaussakeuden tulee olla 0,5 m-%. Vaahdotuskennon kokonaistilavuus on n. 18,6 litraa eli 18 600 grammaa. Keräyspaperia tulee repiä täten 93 grammaa, jotta siistaussakeus on 0,5 %.

Revi sanomalehtipaperit pieneksi silpuksi 2 litran muoviseen astiaan ja punnitse tarkasti.

Lisää punnittu paperimäärä märkähajottiminen astiaan.

Lisää astiaan 1,5 litraa kuumaa hanavettä kannulla ja 23 ml 1 M natriumhydroksidia mittalasilla pipetin avulla.

#### 4.2. Märkähajotus

Kiinnitä astia märkähajottimeen. Käynnistä laite kytkemällä virta laitteen takaa päälle sekä painamalla START painiketta.

Hajota massaa märkähajottimella 10 minuutin ajan.

Pysäytä hajotin painamalla STOP napista ja lisää seuraavat kemikaalit massan joukkoon:

- Natriumsilikaatti 5 %: 3 ml
- Vetyperoksidi 30 %: 10 ml
- EDTA 1 M: 5 ml

Jatka hajotusta vielä 10 minuuttia.

Sammuta laitteesta virta käytön jälkeen.

#### 4.3. Veden kovuuden säätäminen

Veden kovuuden tulee olla siistauksessa 10–14 °dH (saksalainen kovuusaste).

Tarkista Tampereen Veden sivuilta paljonko on veden kovuus Tampereella.

Säätä veden kovuus 10–14 °dH:ksi kalsiumkloridilla.

1 °dH:n nosto vaatii 1,75 g:n kalsiumkloridi lisäyksen.

Punnitse tarvittava määrä kalsiumkloridia vaa'alla.

#### 4.4. Vaahdotus

Syötä hajotettu massa ja punnitu kalsiumkloridi vaahdotuskennoon.

Täytä vaahdotuskenno kuumalla hanavedellä ylijuoksuun asti.

Avaa paineilmahana (kuva 3) ja säädä ruuvimeisselillä rotametрилta (kuva 4) ilman virtaukseksi 5 l/min.

Käynnistä vaahdotuskennon sekoitin painamalla virtakytkimestä (kuva 5) virta päälle ja laitteen takana olevasta pääkytkimestä ON (kuva 6).

Vaahdota massaa ja tarkkaile vaahdon muodostumista.

Kaavi syntyvää vaahtoa ylijuoksusta astiaan ja lisää samalla kuumaa vettä kennoon.

Lopeta siistaus, kun musteista vaahtoa ei enää synny. Sammuta vaahdotuskennon sekoitin ja paina laitteen takana oleva pääkytkin OFF asentoon.

Laske siistattu massa saaviin/ämpäriin avaamalla pohjaventtiilin hana.

Säädä ruuvimeisselillä rotametрилta ilman virtaus nolnaan ja sulje paineilmahana.



KUVA 3.

KUVA 4.

KUVA 5.

KUVA 6.

### 5. Vertailumassa

#### 5.1. Näytteen valmistelu

Revi 1/9 osa siistatun massan paperimäärästä muoviseen astiaan.

Lisää punnitu määrä märkähajottimen astiaan.

Lisää joukkoon litra kuumaa vettä kannulla.

#### 5.2. Märkähajotus

Kiinnitä astia märkähajottimeen ja käynnistä laite.

Hajota ilman kemikaaleja märkähajottimella noin 10 minuutin ajan.

Sammuta laitteesta virta käytön jälkeen.

Siirrä hajotettu massa isompaan astiaan ja laimenna kolmeksi litraksi kuumalla vedellä.

## 6. Laboratorioarkkien valmistus

### 6.2. Arkkien suodatus

Tarkista, että arkinmuodostus yksikön kenno ja verkkokangas on puhdistettu (kuva 7).

Sulje kenno ja avaa vesiputken ja ilmajärjestelmän venttiilit.

Mittaa litra siistattua massaa ja lisää se kennoon.

Täytä kenno puolilleen vedellä kennon vasemmanpuoleista vipua nostamalla (kuva 7).

Sekoita massaa painamalla vihreää sekoita nappia muutaman sekunnin ajan.

Kun vesi ja massa ovat sekoittuneet, poista vesi verkkokankaan läpi vetämällä oikeanpuoleisesta vivusta.

Kun vesi on valunut kennosta pois ja kuuluu suhinaa, sulje kennon tyhjennys oikeanpuoleisesta vivusta.

Avaa kenno ja aseta imupaperi muodostuneen paperiarkin päälle.

Käytä metallirullaa paperiarkin puristamiseen. Rullaa muutaman kerran.

Irrota imupaperi ja muodostunut paperiarkki verkkokankaasta. Aseta yksi uusi imupaperi arkin päälle.

Valmista molemmista massoista samalla tavalla 3 laboratorioarkkia.

Puhdista arkintekokoneen verkkokangas ja sulje paineilmahana.



KUVA 7. Arkin valmistus yksikkö

### 6.3. Puristaminen

Tee arkeista pino ja aseta paperiarkit puristussyksikköön (kuva 8).

Sulje puristussyksikön ovi. Aseta kuvassa 9 näkyvä verkko vipu niin, että siinä palaa valo ja käynnistä puristus painamalla vasemmanpuoleista punaista Press painiketta (kuva 10).

Jatka puristusta, kunnes arkeista ei enää irtoa vettä (n. 5 min).

Lopeta puristus painamalla mustaa Return painiketta (kuva 10). Sammuta verkko ja ota arkit puristimesta.



KUVA 8. Puristussyksikkö



KUVA 9.



KUVA 10.

### 6.4. Kuivaaminen

Käytä rumpukuivainta paperiarkkien kuivaamiseen.

Aseta yksittäiset arkit rumpukuivaimelle.

Kuivattuasi arkit rumpukuivaimella, mittaa niiden vaaleudet AUTOELREPHOLLA. Tähän löytyy lisäohjeet laboratoriosta.

### 7. Prosessin päättäminen ja puhdistus

Tyhjennä ja puhdista kaikki käyttämäsi laitteet (märkähajotin, vaahdotuskenno, mittalasiit yms.) huolellisesti.

Varmista, että laitteiden virrat ja hanat ovat suljettu.

Hävitä kerätty vahto ja siistausjäännös asianmukaisesti laboratoriosta noudatettavien jätehuolto-ohjeiden mukaisesti.

Dokumentoi kokeen tiedot.

**8. Dokumentointi**

Täytä työssä pyydettävät tiedot laboratoriopäiväkirjaan.

Näitä voivat olla esimerkiksi:

Päivämäärä ja operaattorin nimi.

Käytetyn keräyspaperimassan tyyppi ja määrä.

Kokeen parametrit (pH, ilmavirtaus, hajotus- ja vaahdotusaika).

Tulokset (epäpuhtauksien poisto, kuitujen määrä vaahdossa).