



Kuitukangastuotteiden kierrätettävyys

Julius Mattila

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikka
Biotuotetekniikka

Mattila Julius
Kuitukangastuotteiden kierrätettävyys

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Toukokuu 2024

Tämä opinnäytetyö on selvitys kaupallisten kuitukankaiden kierrätettävyydestä.

Opinnäytetyö tehtiin osana Tampereen ammattikorkeakoulun Sustafiit-projektia. Kosteuspyyhkeet märkähajotettiin ja massoista tehtiin paperiarkkeja, jos märkähajotus onnistui. Kaupallisista tuotteista valmistettuja paperiarkkeja verrattiin referenssinäytteisiin. Kuitujen ja paperiarkkien ominaisuuksia tutkittiin.

Huuhtoutuvat kosteuspyyhkeet vaikuttavat soveltuvan kierrätettäväksi tulosten perusteella. Biohajoavat kosteuspyyhkeet, joita ei ole määritelty huuhtoutuviksi, eivät ole kierrätettäviä, ainakaan tässä työssä käytetyllä testausmenetelmällä. Luonnonkuiduista tehdyt tuotteet vaikuttavat soveltuvan kierrätykseen paremmin kuin keinotekoisista kuiduista tehdyt tuotteet, sillä keinotekoisista kuiduista tehdyt kosteuspyyhkeet eivät hajonneet märkähajotuksessa.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Bioproduct and process engineering
Bioproduct engineering

Mattila Julius
Recyclability of nonwoven products

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 6 pages
May 2024

This thesis is research of recyclability of commercial wet wipes.

The thesis was done as a part of Tampere University of Applied Sciences' Sustafit project. The wet wipes were disintegrated in a wet disintegrator and the fibers from disintegration were used to make paper sheets if the disintegration was successful. Paper sheets made from the commercial products were compared to paper sheets made from already known fibers. Properties of the fibers and paper sheets used in the tests were analyzed.

Flushable wet wipes seem to be usable for recycling according to the results from this thesis. Biodegradable wet wipes, which are not determined to be flushable, are not recyclable by wet disintegration, at least not with the testing methods used in this thesis. Products made from natural fibers seem to be better for recycling compared to products made from artificial fibers, as wet wipes made from artificial fibers were not wet disintegratable.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KUITUKANKAASTA	7
3	TYÖN TOTEUTUS	8
3.1	Kosteusmäärittäminen	8
3.2	Märkähajotus	9
3.3	Freeness-luku	10
3.4	Arkkien valmistus	12
3.5	Näytteiden analysointi mikroskoopilla	14
3.6	Näytearkkien mittauksien esivalmistelut	15
3.7	Formaatio	16
3.8	Neliömassa	17
3.9	Paksuus	17
3.10	Tiheys	18
3.11	Puhkaisulujuus	19
4	TULOKSET	20
4.1	Kosteus	20
4.2	Märkähajotus	21
4.3	Freeness-luku	21
4.4	Arkkien valmistus	22
4.5	Näytteiden analysointi mikroskoopilla	22
4.5.1	Eco by Naty Unscented 100% Compostable Wipes	23
4.5.2	Fibra Mainio monikäyttöpyyhe	24
4.5.3	Joints Wipes cleaning wipe	26
4.5.4	Lumene klassikko	27
4.5.5	Presto! Gentle Moist Toilet Tissues Unscented	29
4.5.6	Pura flushable toilet tissue wipes	31
4.5.7	Rainbow Sieniliinarulla	34
4.5.8	Wettex classic sieniliina	36
4.5.9	Wettex Soft and Fresh rulla	38
4.5.10	Eukalyptus	40
4.5.11	Mänty	42
4.5.12	Sellu	43
4.6	Formaatio	45
4.7	Neliömassa	45
4.8	Paksuus	46
4.9	Tiheys	46

4.10 Puhkaisulujuus.....	47
5 POHDINTA	49
LÄHTEET	50
LIITTEET	51
Liite 1. Freeness.....	51
Liite 2. Formaatio	52
Liite 3. Neliömassa	53
Liite 4. Paksuus.....	54
Liite 5. Tiheys	55
Liite 6. Puhkaisulujuus	56

1 JOHDANTO

Tämä työ tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululla osana Sustafit-projektia. Työn kokeet suoritettiin Tampereen ammattikorkeakoulun laboratoriotiloissa.

Tässä työssä selvitettiin kaupallisten kuitukangastuotteiden kuitujen kierrätettävyyttä sekä verrattiin kierrätettäväksi todettuja kaupallisten kuitukangastuotteiden kuituja ja kierrätettäväksi tiedettyjä referenssinäytteiden kuituja toisiinsa. Työssä tutkittiin yhdeksää eri kaupallista kuitukangastuotetta ja kolmen referenssinäytteen kuituja. Näytteistä tutkittiin kuitujen ominaisuuksia ja näytteistä valmistettiin paperiarkkeja, joiden ominaisuuksia verrattiin kolmeen referenssinäytteeseen. Saaduista tuloksista nähdään, onko tiettyjä kuitukangastuotteita mahdollista kierrättää.

2 KUITUKANKAASTA

Kuitukankaat ovat kuidusta tehtyjä kankaita. Niitä käytetään useissa kuluttajien ja teollisuuden tuotteissa joko muiden materiaalien kanssa tai yksinään. Kuitukankaat on suunniteltu tiettyyn käyttötarkoitukseen, ohuista ja kevyistä vahvoihin ja kestäviin kuitukankaisiin. Kuitukankaat on määritelty standardien ISO 9092 ja CEN EN 29092 mukaan. (What are nonwovens? n.d.)

Kuitukankaita käytetään laajasti jokapäiväisessä elämässä vaatteissa, pakkauksissa, kosteuspyyhkeissä ja monessa muussa tarkoituksessa. (Nonwovens in daily life, n.d.)

3 TYÖN TOTEUTUS

Tässä työssä näytteiden tutkiminen aloitettiin selvittämällä näytteiden kosteus. Kosteuden määrittämisen avulla saatiin selville märkähajotukseen tarvittava määrä näytettä, minkä jälkeen näytteet märkähajotettiin ja näytteistä otettiin freeness-luvut. Tämän jälkeen märkähajotuksen läpäisevistä näytteistä tehtiin arkit. Näytteiden kuidut tutkittiin mikroskoopilla. Lopuksi arkeista otettiin mittaukset.

Näytteille ei tehty jauhatusta työn aikana. Työssä toimittiin standardeja seuraten.

3.1 Kosteusmäärittäminen

Ennen kosteusmäärittämistä näytteiden annettiin saavuttaa vakiokosteus vakiokosteushuoneessa. Tämän lisäksi kosteuspyyhkeet kuivatettiin lämpökaapissa 80 °C:n lämpötilassa, sillä veden haihtuminen märistä kosteuspyyhkeistä huoneenlämmössä on hidasta.

Näytteiden kosteus määritettiin haihduttamalla vesi näytteistä lämpökaapissa SCAN-P 4:63-standardin mukaisesti. Näytettä punnittiin vähintään 0,5 g:n verran ja se laitettiin astiaan ilman kantta, jonka jälkeen astia näytteineen vietiin lämpökaappiin, jossa vallitsi 105 °C:n lämpötila. Näyte punnittiin useasti, kunnes peräkkäisten mittausten erot olivat häviävän pienet. Kosteus saatiin jakamalla täysin kuivan näytteen massa kosteushuoneessa olevan näytteen massalla.



KUVA 1. Työssä käytetty lämpökaappi

3.2 Märkähajotus

Märkähajotus suoritettiin SCAN-C 18:65-standardin mukaisesti. Saatua selville näytteiden kosteudet, punnittiin 30 g täysin kuivaa näytettä, mistä oli laskettu veden massa pois, eli vettä sisältävän näytteen massa ylitti 30 g. Punnituksen jälkeen näyte revittiin noin 15 mm x 15 mm kappaleiksi. Revitty näyte laitettiin astiaan ja astiaan laitettiin huoneenlämpöistä vettä sen verran, että veden ja näytteen yhteenlasketuksi tilavuudeksi tuli kaksi litraa. Näytteen annettiin liota yön yli astiassa märkähajotusta varten. Liotuksen jälkeen vesi näytteineen siirrettiin märkähajotukseen tarkoitettuun astiaan, jonka jälkeen näytettä märkähajotettiin 30 000 kierroksen verran märkähajotuslaitteistolla.

Näytteet, jotka eivät hajonneet märkähajotuksessa, hajotettiin uudelleen pienemmässä mittakaavassa eri laitteella, jotta näytteitä saataisiin tutkittua mikroskoopilla. Hajotus toteutettiin 0,8 l:n kapeassa metalliastassa, missä veden ja näytteen yhteenlaskettu tilavuus oli 300 ml ja näytettä oli 15 mg. Nämä näytteet eivät soveltuneet arkkien valmistukseen, sillä hajotuksessa käytetyn näytteen

määrä ei riittänyt edes yhteen arkkiin. Tämä hajotus tehtiin IKA T-18 Basic Ultra Turrax-laitteella.

Hajoamattomia näytteitä yritettiin myös hajottaa tehosekoittimella, mutta hajotukset eivät onnistuneet, sillä näytteet jäivät pyörimään tehosekoittimen terään.



KUVA 2. Epäonnistunut Eco by Natyn märkähajotus märkähajotuslaitteistolla

3.3 Freeness-luku

Testit suoritettiin SCAN-C 21:65-standardin mukaisesti. Märkähajotuksen jälkeen tutkittiin näytteen freeness-lukua, eli veden nopeutta virrata massan läpi. Näyte vesineen siirrettiin astiaan, jossa oli sekoitus päällä, jotta eri mittauksissa olisi mahdollisimman vähän vaihtelua näytteen määrissä. Astiaan lisättiin huoneenlämpöistä vettä sen verran, että näytteen ja veden yhteenlasketuksi tilavuudeksi tuli kymmenen litraa. Tämä sen takia, että mittauksissa käytetty 3 g/l sakeus tulisi saavutettua, sillä näytettä oli 30 g täysin kuivana.



KUVA 3. Työssä käytetty freeness-laite

Mitta-astiaan mitattiin yksi litra näytemassaa sekoittuvasta astiasta, jonka jälkeen näytemassan vesi suodatettiin freeness-laitteen viiran läpi ja siten saatiin näytteen freeness-luku. Freeness-luvun mittauksissa käytetyt näytteet ja vedet otettiin talteen arkkien valmistusta varten.

3.4 Arkkien valmistus

Näyteastiaan lisättiin vettä sen verran, että veden ja näytteen yhteenlasketuksi tilavuudeksi saatiin 15 l. Näytteen sakeudeksi saatiin 2 g/l. Astia pidettiin sekoitettuna, jotta näyte jakautui mahdollisimman tasaisesti astiaan. Näin saatiin tasalaatuisempia arkkeja.



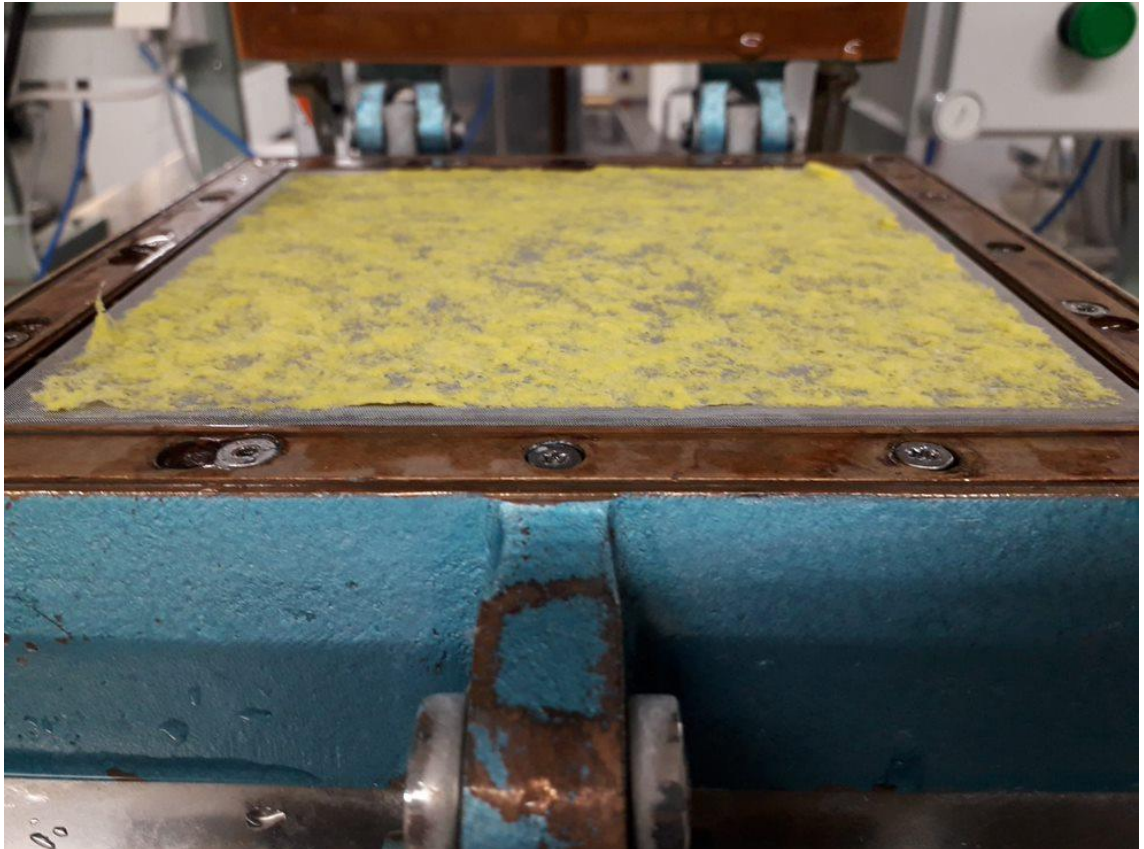
KUVA 4. Märkähajotetun näytteen sekoitus arkkienvalmistusta varten

Mitta-astiaan mitattiin 800 ml näytettä, mistä saatiin 1,6 g arkkeja. Arkkimuottiin, millä arkit valmistettiin, täytettiin lähes täyteen vedellä, jonka jälkeen lisättiin 800 ml näytettä. Arkkimuotin sisältö sekoitettiin. Arkkimuotista tyhjennettiin vesi ja paperiarkki muodostui arkkimuotin viiran päälle. Muodostuneen paperiarkin päälle laitettiin imukartonkeja ja niiden päälle laitettiin metallilevy. Metallilevyn päältä rullattiin yli kaulimella edestakaisin viisi kertaa painamatta metallilevyä kaulimella. Näytteestä valmistettu arkki laitettiin imukartonkien väliin ja sen jälkeen siirrettiin arkkitelineeseen. Näytearkkeja tehtiin 15 kappaletta. Arkkiteline vietiin näytearkkeineen märkäpuristimeen, jossa vettä poistettiin mekaanisesti puristamalla arkkeja levyjen välissä.



KUVA 5. Työssä käytetty arkkimuotti

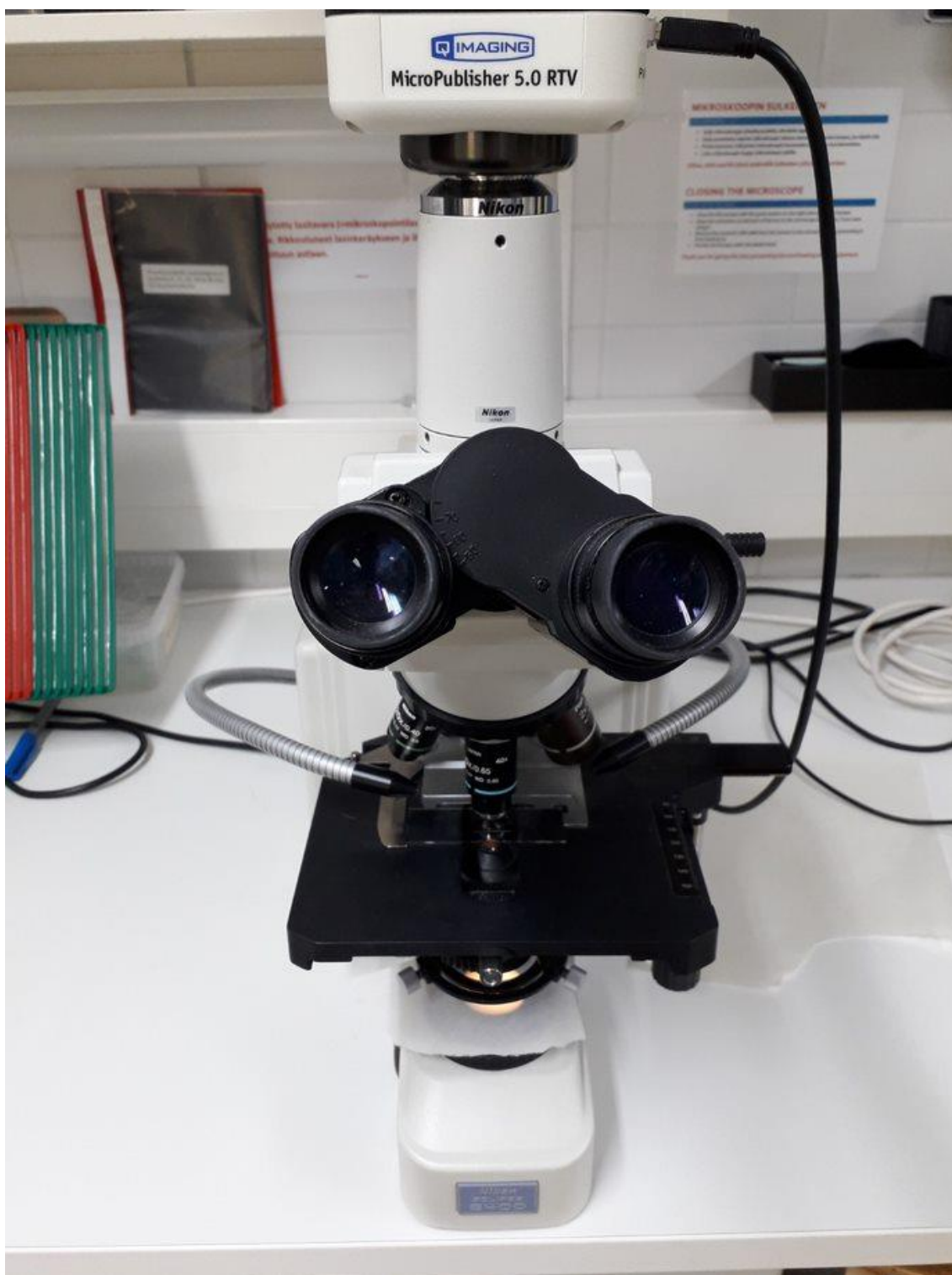
Märkäpuristuksen jälkeen näytearkit siirrettiin rumpukuivaimeen. Näytearkit olivat imukartonkien välissä kuivatuksen ajan. Arkkeja kuivatettiin neljä tuntia 80°C:ssa. Kuivatuksen jälkeen näytearkit vietiin vakiokosteushuoneeseen ilmastoitumaan mittauksia varten. Ylijääneistä näytemassoista suodatettiin vesi, jonka jälkeen ne kuivatettiin ja otettiin talteen.



KUVA 6. Työssä tehty epäonnistunut arkki arkkimuotilla

3.5 Näytteiden analysointi mikroskoopilla

Näytteiden kuidut irotettiin toisistaan manuaalisesti, jotta kuidut näkyvät mikroskooppikuvissa selkeästi niiden ollessa erillään toisistaan. Mikroskoopille tarkoitettulla ohjelmistolla otettiin näytteiden kuiduista kuvia eri suurennoksilla ja tutkittiin kuitujen ominaisuuksia.



KUVA 7. Työssä käytetty mikroskooppi

3.6 Näytearkkien mittauksien esivalmistelut

Näytearkit vietiin vakiokosteushuoneeseen niiden kuivattamisen jälkeen saavuttamaan mittauksiin sopivat olosuhteet. Näytearkkien reunat leikattiin tasaisiksi. Näytteet leikattiin 100 cm² kokoisiksi ympyräleikkurilla, paitsi

referenssinäytteistä eukalyptus ja sellu leikattiin ilman ympyräleikkuria niiden heikon lujuuden vuoksi.



KUVA 8. Työssä käytetty neliömassaleikkuri

3.7 Formaatio

Näytearkeista mitattiin formaatio eli neliömassanvaihtelu, mikä kertoo kuitujen määrän vaihtelusta eri kohdissa.

Formaation mittaus suoritettiin β -formaatiolaitteella. Näytearkki asetettiin laitteeseen, mittauksen parametrit asetettiin tietokoneella ohjelmistoon ja mittaus käynnistettiin. Laite otti mittaukset 29 mm x 19 mm alueelta 600 pisteestä. Mittaus päättyi automaattisesti mittauksen suorituksen jälkeen, minkä jälkeen tilalle laitettiin uusi näytearkki ja toistettiin mittauksia. Jokaisesta kaupallisesta näytteestä sekä referenssinäytteestä otettiin 15 mittausta.



KUVA 9. Työssä käytetty formaatiolaite

3.8 Neliömassa

Ennen neliömassan laskemista punnittiin 100 cm²:n kokoisiksi leikatut näytearkit. Neliömassan yksikkö on g/m². Näytearkin pinta-ala oli 1 % neliömassassa käytetystä neliömetristä, joten näytearkin massa kerrottiin sadalla, jotta saatiin näytearkin neliömassa. Jokaisesta kaupallisesta näytteestä sekä referenssinäytteestä otettiin 15 mittausta.

3.9 Paksuus

Mittaukset suoritettiin ISO 534-standardin mukaan. Näytearkkien paksuus mitattiin paksuuden mittaamiseen tarkoitetulla laitteella. Paksuuden yksikkö on µm. Jokaisesta kaupallisesta näytteestä sekä referenssinäytteestä otettiin 15 mittausta.



KUVA 10. Työssä käytetty paksuusmittauslaite

3.10 Tiheys

Tiheys saatiin laskettua kun tiedettiin näytearkkien neliömassa ja paksuus. Tiheyden yksikkö on kg/m^3 . Tiheys laskettiin kertomalla neliömassa tuhannella,

jonka jälkeen tulos jaettiin paksuudella. Jokaisesta kaupallisesta näytteestä sekä referenssinäytteestä otettiin 15 mittausta.

3.11 Puhkaisulujuus

Mittaukset suoritettiin ISO 2758-standardin mukaan. Näytearkkien puhkaisulujuus mitattiin puhkaisulujuuden mittaamiseen tarkoitettulla laitteella. Puhkaisulujuuden yksikkö on kPa. Puhkaisulujuus kertoo yleisesti arkin lujuudesta. Jokaisesta kaupallisesta näytteestä sekä referenssinäytteestä otettiin 15 mittausta.



KUVA 11. Työssä käytetty puhkaisulujuuslaite

4 TULOKSET

Näytteet 1-9 ovat kaupallisia tuotteita. Näytteet 10-12 ovat referenssinäytteitä. Tuotetietojen mukaan kaupallisista tuotteista näytteet 5 ja 6 ovat huuhtoutuvia, muut kaupalliset tuotteet ovat biohajoavia.

TAULUKKO 1. Näytetietoja

	Näyte	Kuidut pakkaustiedoissa	Kuituselvitys	Märkähajotus kierros	Arkit tehty
1	Eco by Naty		Viskoosi	345	Ei
2	Fibra Mainio		Viskoosi	367	Ei
3	Joints Wipes		Synteettinen	30000	Ei
4	Lumene klassikko		Viskoosi	30000	Ei
5	Presto! Toilet Tissues		Kuusi	30000	Kyllä
6	Pura toilet tissue		Mänty	30000	Kyllä
7	Rainbow sieniliina	70 % sellu, 30 % puuvilla		30000	Ei
8	Wettex classic	70 % sellu, 30 % puuvilla		30000	Ei
9	Wettex soft and fresh	70 % sellu, 30 % puuvilla		30000	Ei
10	Eukalyptus			30000	Kyllä
11	Mänty			30000	Kyllä
12	Sellu			30000	Kyllä

4.1 Kosteus

Näytteiden kosteudet olivat 2,8 % ja 11,7 % välillä. Joints Wipes erottuu alhaisella kosteudellaan, mikä johtuu mahdollisesti synteettisistä kuiduista.

TAULUKKO 2. Kosteus

Näyte	Kosteus (%)
Eco by Naty	11,7
Fibra Mainio	10,6
Joints Wipes	2,8
Lumene klassikko	10,0
Presto! Toilet Tissues	8,2
Pura toilet tissue	9,5
Rainbow sieniliina	11,1
Wettex classic	10,4
Wettex soft and fresh	10,3
Eukalyptus	5,8
Mänty	6,7
Sellu	6,3

4.2 Märkähajotus

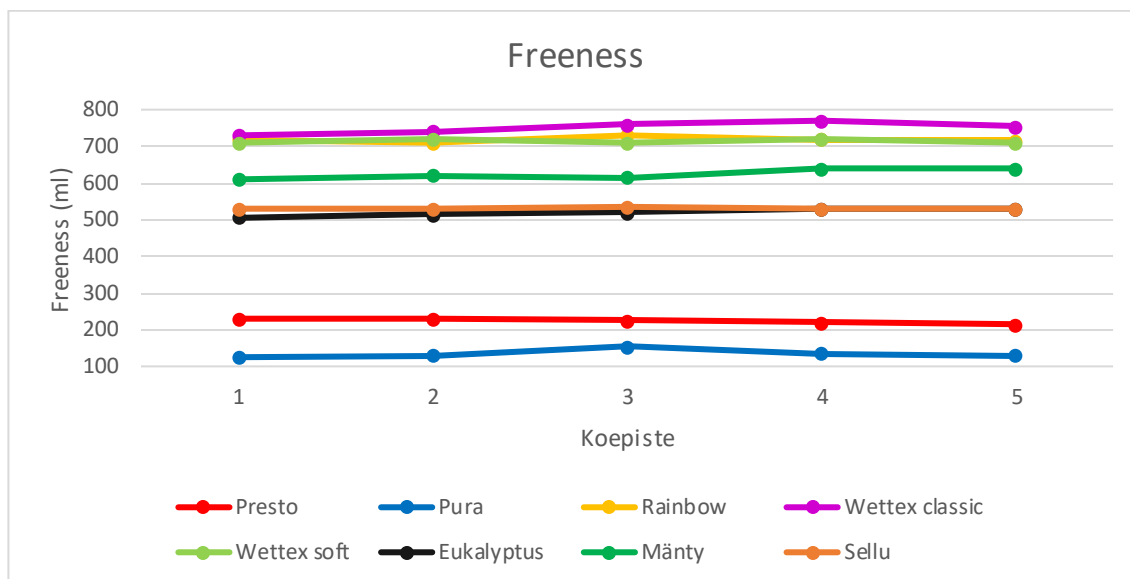
Näytteiden 5-12 märkähajotukset onnistuivat kahden litran kokonaistilavuudessa. Näytteiden 1-4 märkähajotukset eivät onnistuneet, mutta näytteet 1-2 sekä näyte 4 hajotettiin pienemmässä mittakaavassa. Näyte 3 ei hajonnut pienessä mittakaavassa, joten näyte 3 hajotettiin käsin mikroskopointia varten.



KUVA 12. Epäonnistunut Joints Wipesin märkähajotus

4.3 Freeness-luku

Freeness-luku otettiin kaikista näytteistä, joiden märkähajotus onnistui kahden litran kokonaistilavuudessa. Presto ja Pura olivat fibrilloituneita, jonka seurauksena niiden freeness-luvut olivat matalia.



KAAVIO 1. Freeness

4.4 Arkkien valmistus

Arkit valmistettiin niistä näytteistä, joiden märkähajotus onnistui. Näytteistä 5 ja 6 sekä näytteistä 10-12 saatiin valmistettua arkit. Näytteistä 7-9 yritettiin valmistaa arkit, mutta arkit eivät tarttuneet imukartonkeihin arkkeja valmistettaessa, joten näytteiden 7-9 arkkien valmistus epäonnistui.

4.5 Näytteiden analysointi mikroskoopilla

Kaikki näytteet analysoitiin mikroskoopilla. Kaikkia näytteitä märkähajotettiin paitsi näytteet 1, 2 ja 4 hajotettiin pienessä mittakaavassa, sillä nämä näytteet eivät hajonneet märkähajotuksessa. Näyte 3 hajotettiin käsin työkaluilla, sillä se ei hajonnut pienessäkään mittakaavassa.

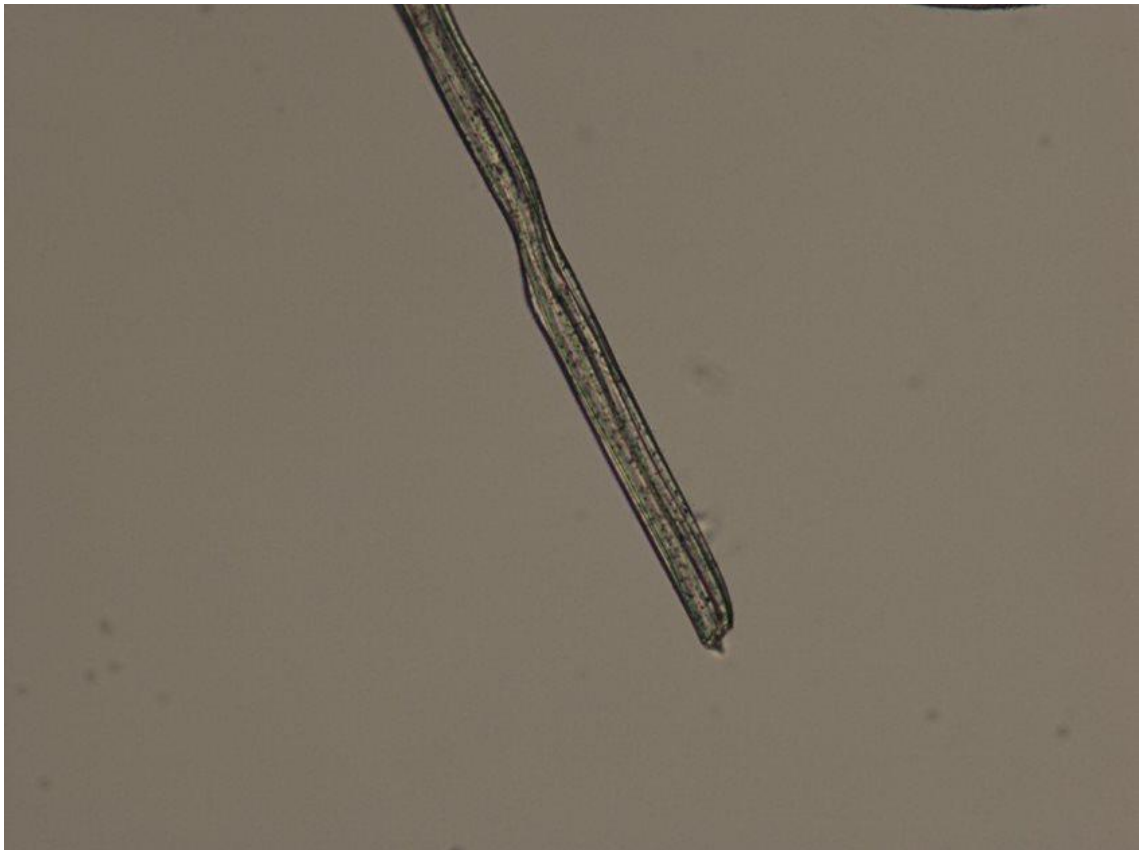
Referenssinäytteet eli näytteet 10-12 tunnettiin etukäteen. Näyte 10 oli eukalyptusta, näyte 11 mäntyä ja näyte 12 sellua.

Näytteet 7-9 koostuivat sellusta ja puuvillasta.

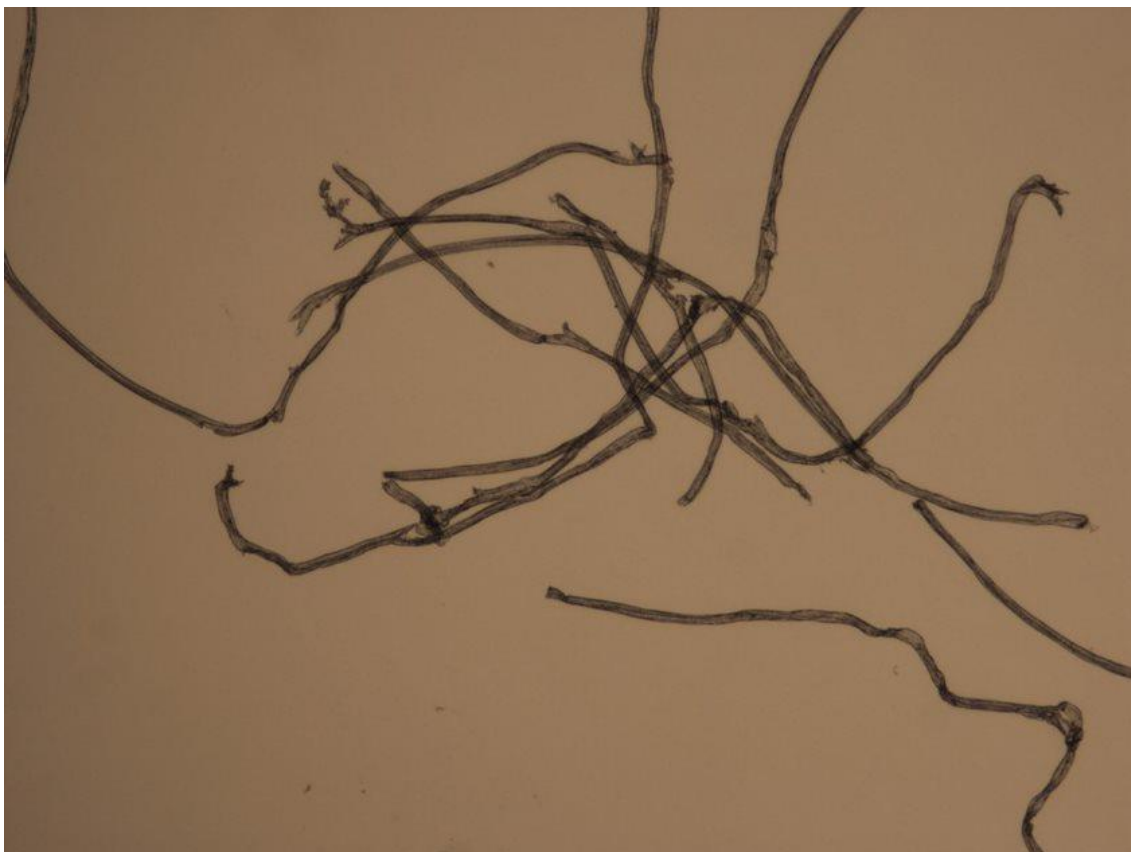
Näytteet 1, 2 ja 4 vaikuttavat olevan viskoosia. Näyte 3 vaikuttaa olevan synteettistä kuitua. Näyte 5 vaikuttaa olevan kuusta. Näyte 6 vaikuttaa olevan mäntyä.

4.5.1 Eco by Naty Unscented 100% Compostable Wipes

Tuote on määritelty biohajoavaksi. Tuote vaikuttaa olevan viskoosia. Märkähajotettu 345 kierrosta. Märkähajotuksessa kuidut kasaantuivat märkähajottimen propellin varteen pitkäksi ja kestäväksi langaksi. Märkähajotuksen epäonnistuttua näytettä hajotettiin pienemmässä mittakaavassa kuitujen analysoimiseksi mikroskoopilla. Arkkeja ei saatu valmistettua näytteestä.



KUVA 13. Viskoosikuitu mikroskooppkuvassa



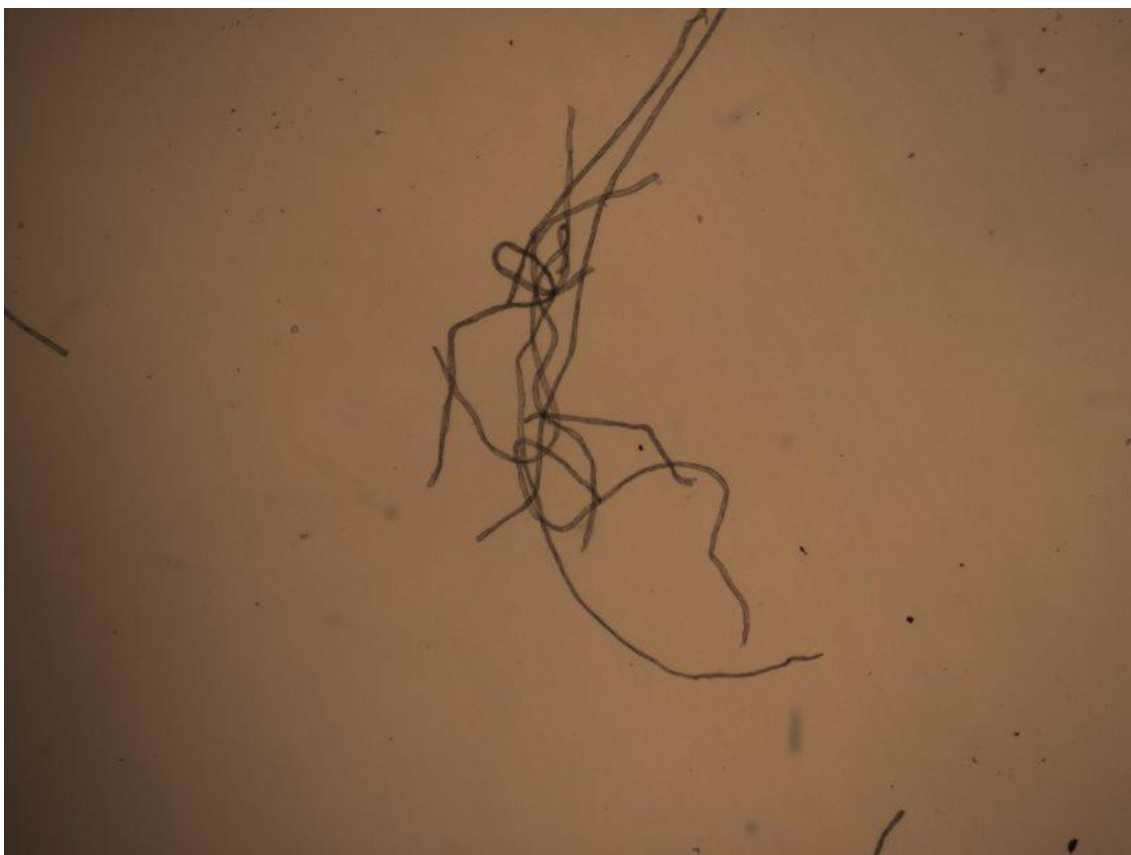
KUVA 14. Viskoosikuituja mikroskooppikuvassa

4.5.2 Fibra Mainio monikäyttöpyyhe

Tuote on määritelty biohajoavaksi. Tuote vaikuttaa olevan viskoosia. Märkähajotettu 367 kierrosta. Märkähajotuksessa kuidut kasaantuivat märkähajottimen propellin varteen pitkäksi ja kestäväksi langaksi. Märkähajotuksen epäonnistuttua näytettä hajotettiin pienemmässä mittakaavassa kuitujen analysoimiseksi mikroskoopilla. Arkkeja ei saatu valmistettua näytteestä.



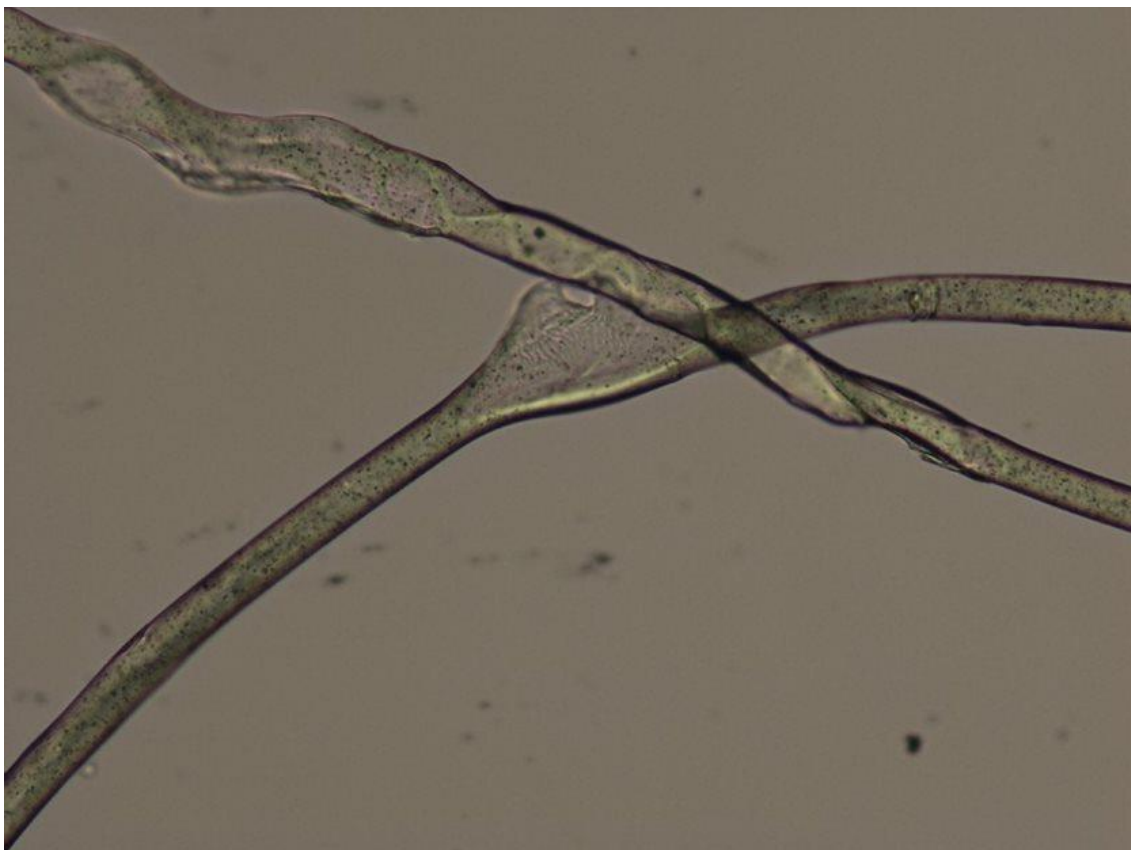
KUVA 15. Viskoosikuitu mikroskooppikuvassa



KUVA 16. Viskoosikuituja mikroskooppikuvassa

4.5.3 Joints Wipes cleaning wipe

Tuote on määritelty biohajoavaksi. Tuote vaikuttaa olevan synteettistä kuitua. Märkähajotettu 30 000 kierrosta sekä yritettiin märkähajotusta pienemmässä mittakaavassa mutta näytettä ei saatu kunnolla hajotettua. Märkähajotuksessa kuidut kasaantuivat märkähajottimen propellin varteen. Näytettä hajotettiin lopulta käsin mikroskopointia varten. Arkkeja ei saatu valmistettua näytteestä.



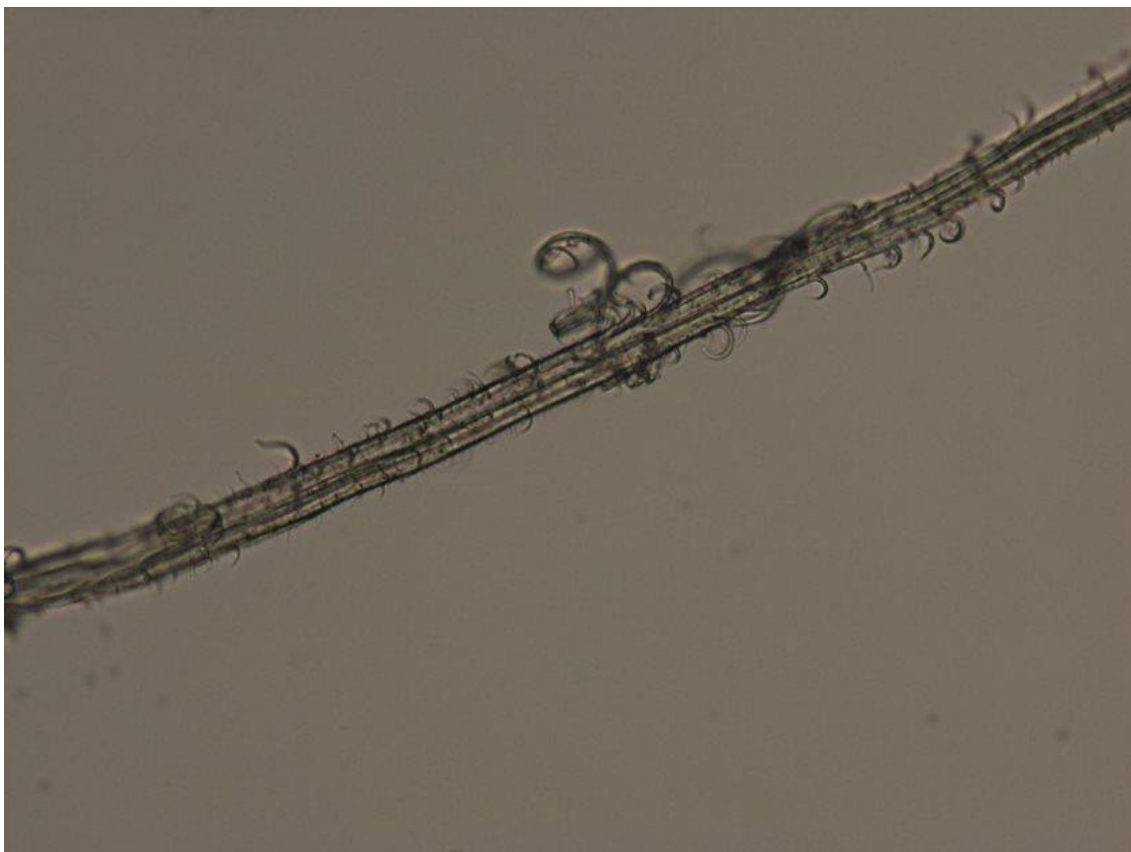
KUVA 17. Synteettisiä kuituja mikroskooppikuvassa



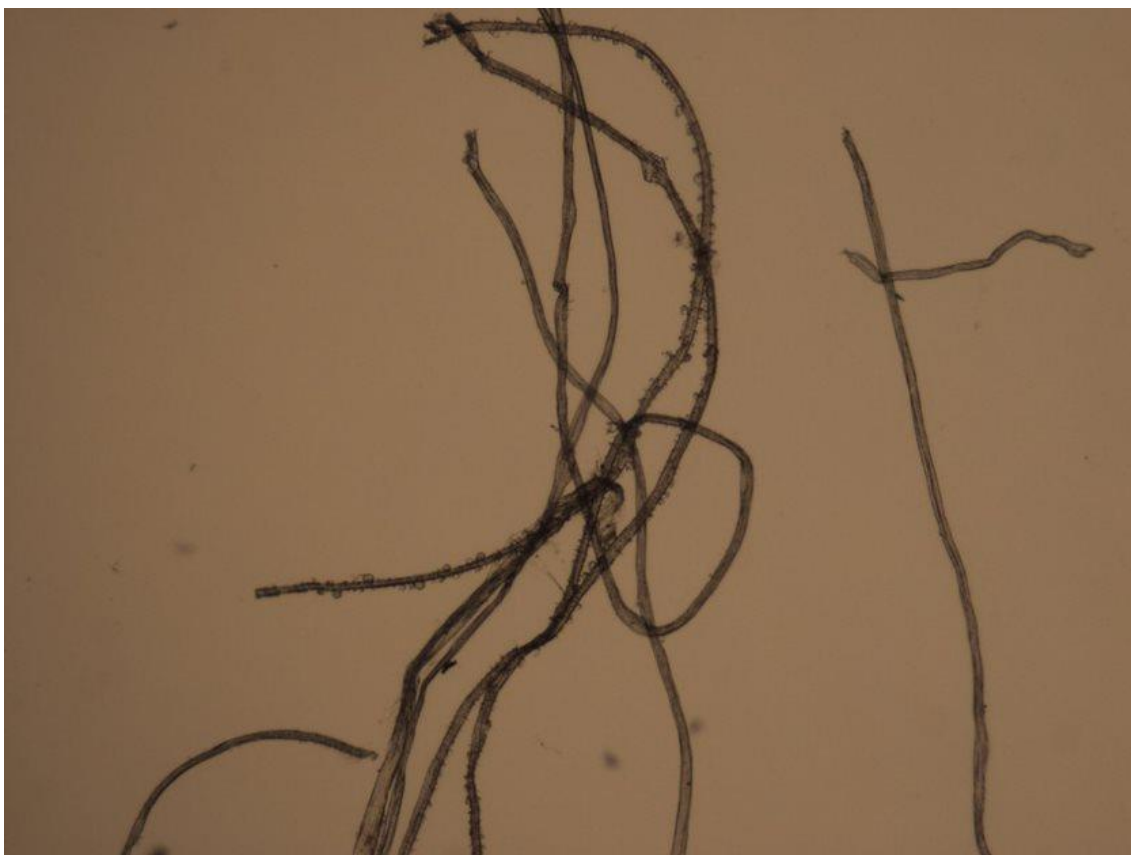
KUVA 18. Synteettisiä kuituja mikroskooppikuvassa

4.5.4 Lumene klassikko

Kuiduissa on fibrillaatiota. Tuote on määritelty biohajoavaksi. Tuote vaikuttaa olevan viskoosia. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotuksessa kuidut kasaantuivat märkähajottimen propellin varteen pitkäksi ja kestäväksi langaksi. Märkähajotuksen epäonnistuttua näytettä hajotettiin pienemmässä mittakaavassa kuitujen analysoimiseksi mikroskoopilla. Arkkeja ei saatu valmistettua näytteestä.



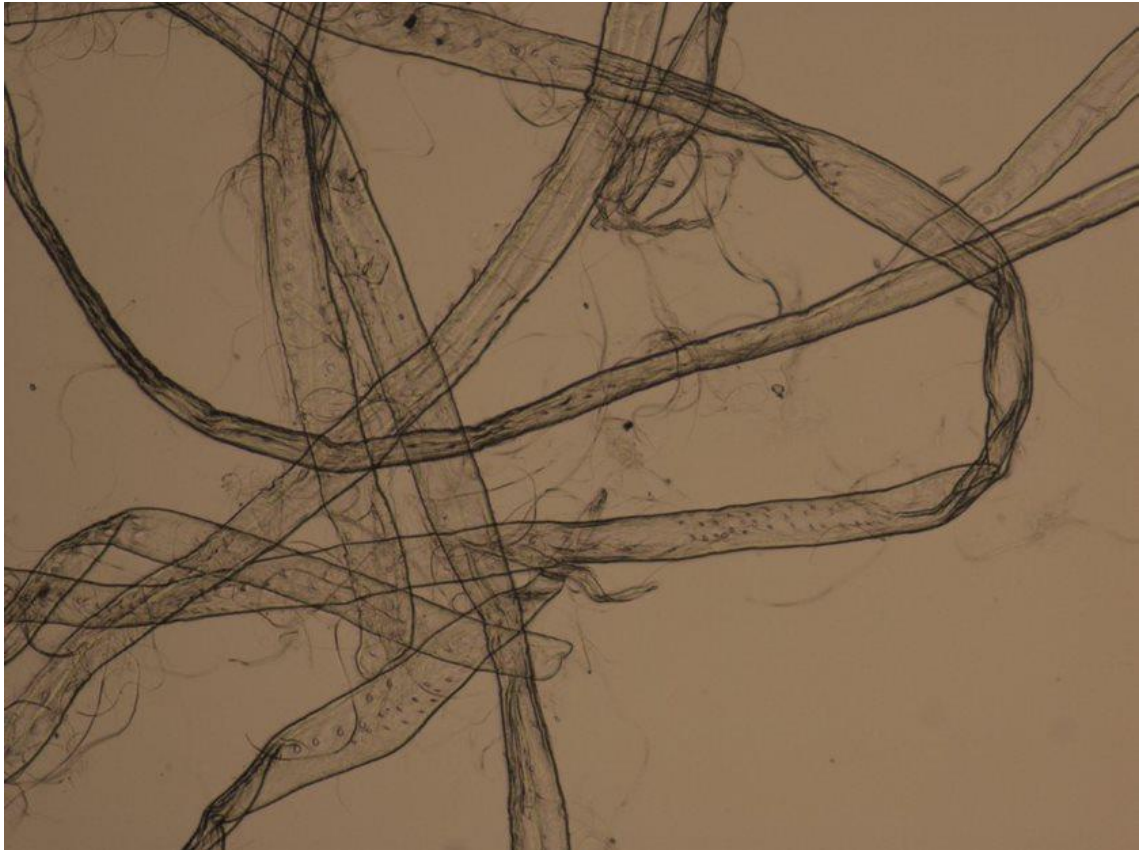
KUVA 19. Fibrilloitunut viskoosikuitu mikroskooppikuvassa



KUVA 20. Fibrilloituneita viskoosikuituja mikroskooppikuvassa

4.5.5 Presto! Gentle Moist Toilet Tissues Unscented

Kuiduissa on fibrillaatiota. Tuote on määritelty huuhtoutuvaksi. Tuotteessa vaikuttaa olevan kuusta. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Tuotteesta saatiin valmistettua arkit.



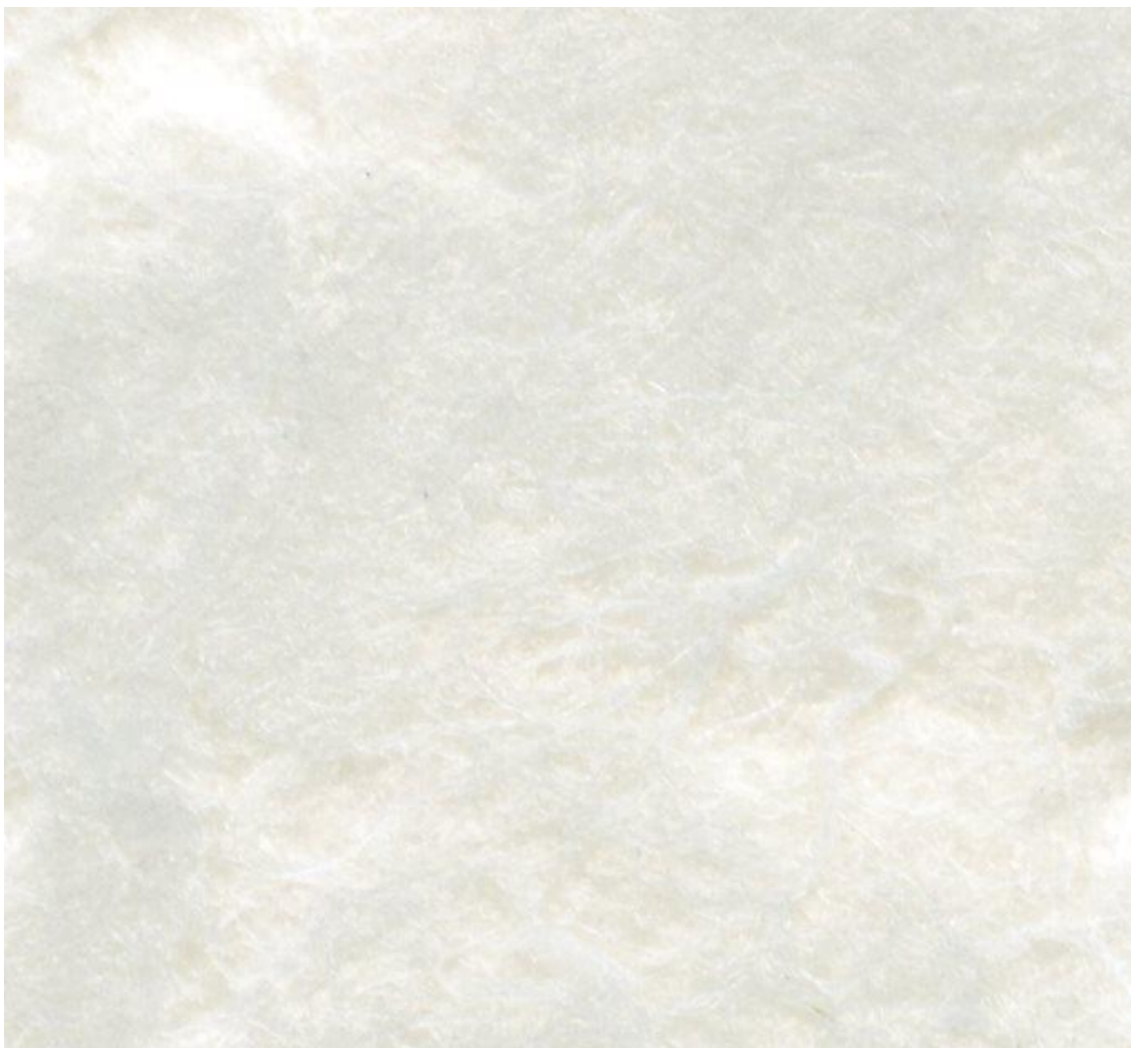
KUVA 21. Fibrilloituneita kuusenkuituja mikroskooppikuvassa



KUVA 22. Kuusenkuituja mikroskooppikuvassa



KUVA 23. Lämpivalaistu mikroskooppikuva kuivatetusta näytteestä



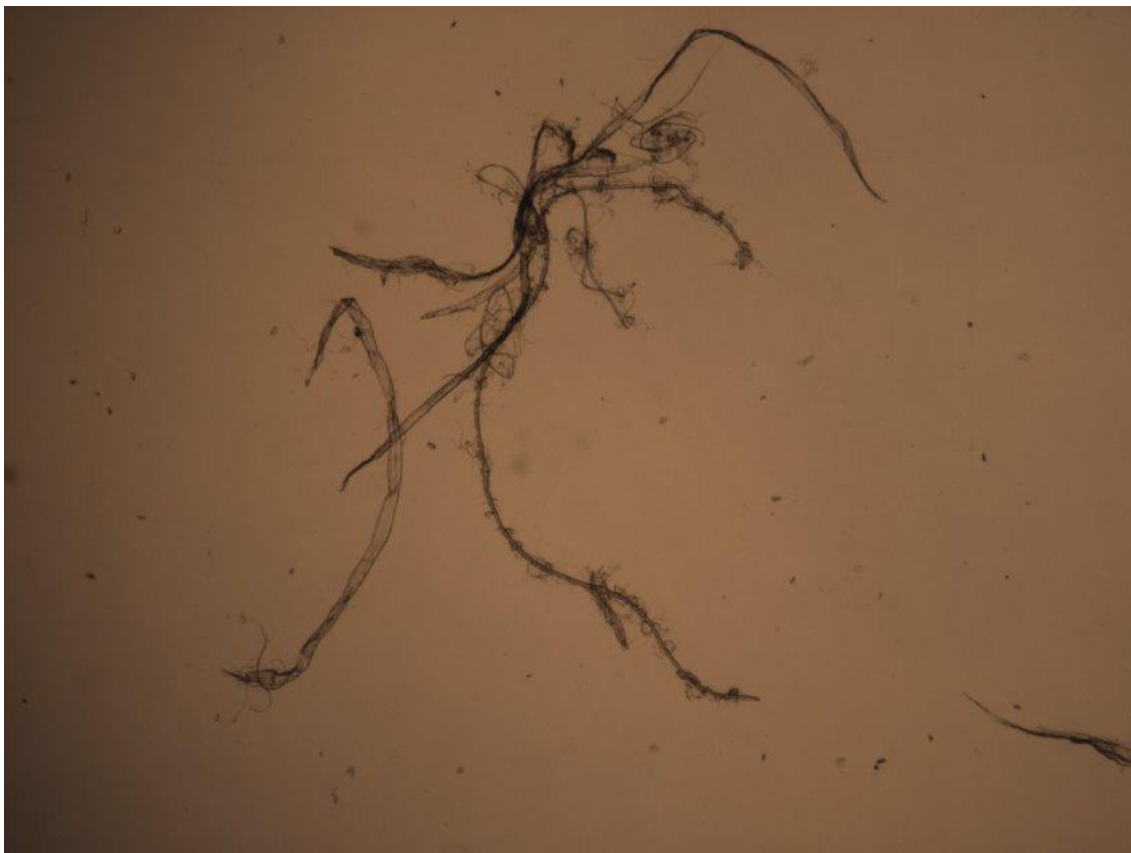
KUVA 24. Skannerilla otettu kuva kuivatetusta näytteestä

4.5.6 Pura flushable toilet tissue wipes

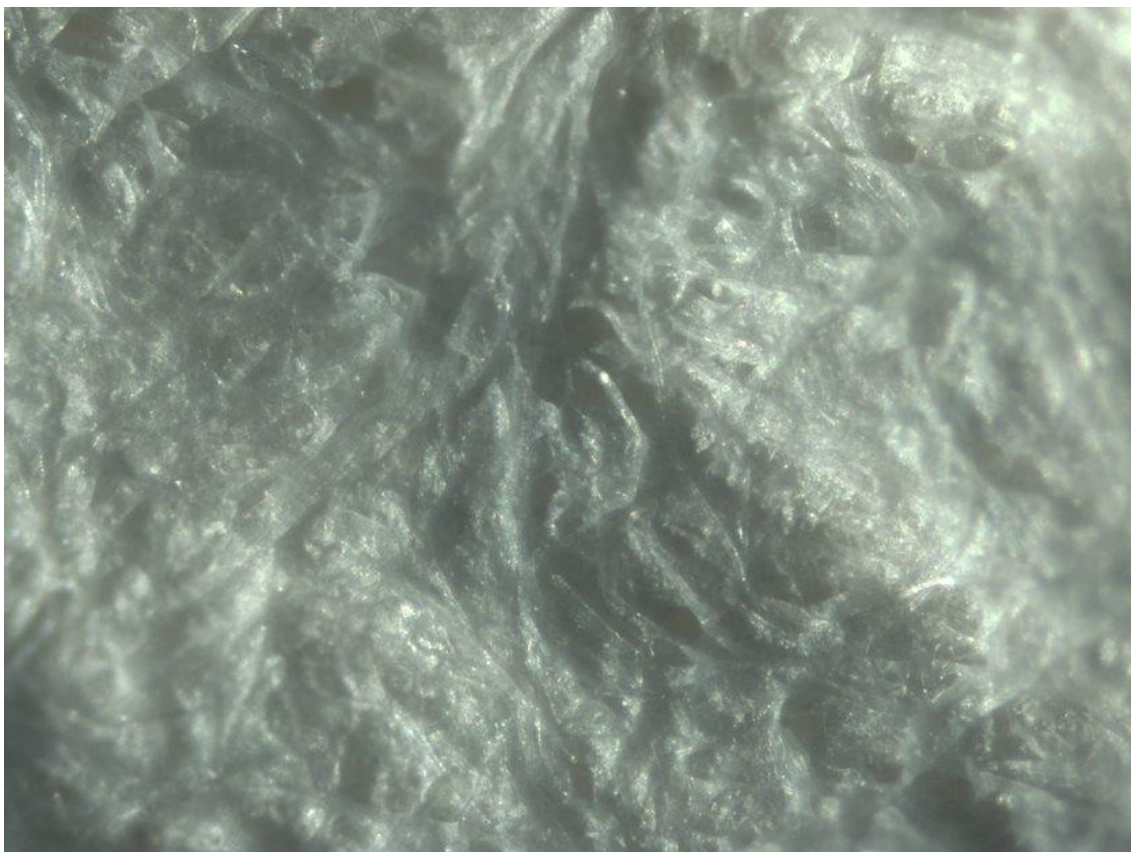
Kuiduissa on fibrillaatiota. Tuote on määritelty huuhtoutuvaksi. Tuotteessa vaikuttaa olevan mäntyä. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Tuotteesta saatiin valmistettua arkit.



KUVA 25. Männynkuitu mikroskooppikuvassa



KUVA 26. Fibrilloituneita ja fibrilloutumattomia männynkuituja mikroskooppikuvassa



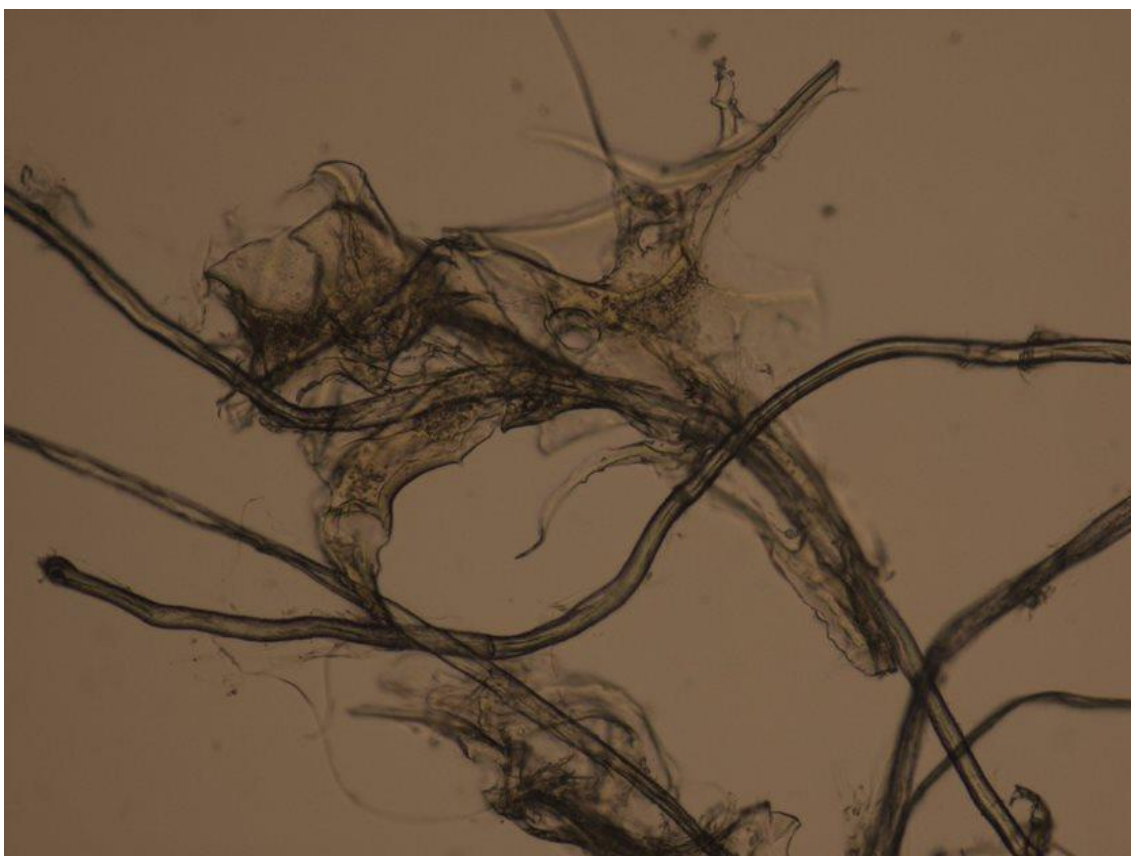
KUVA 27. Läpivalaistu mikroskooppikuva kuivatetusta näytteestä



KUVA 28. Skannerilla otettu kuva kuivatetusta näytteestä

4.5.7 Rainbow Sieniliinarulla

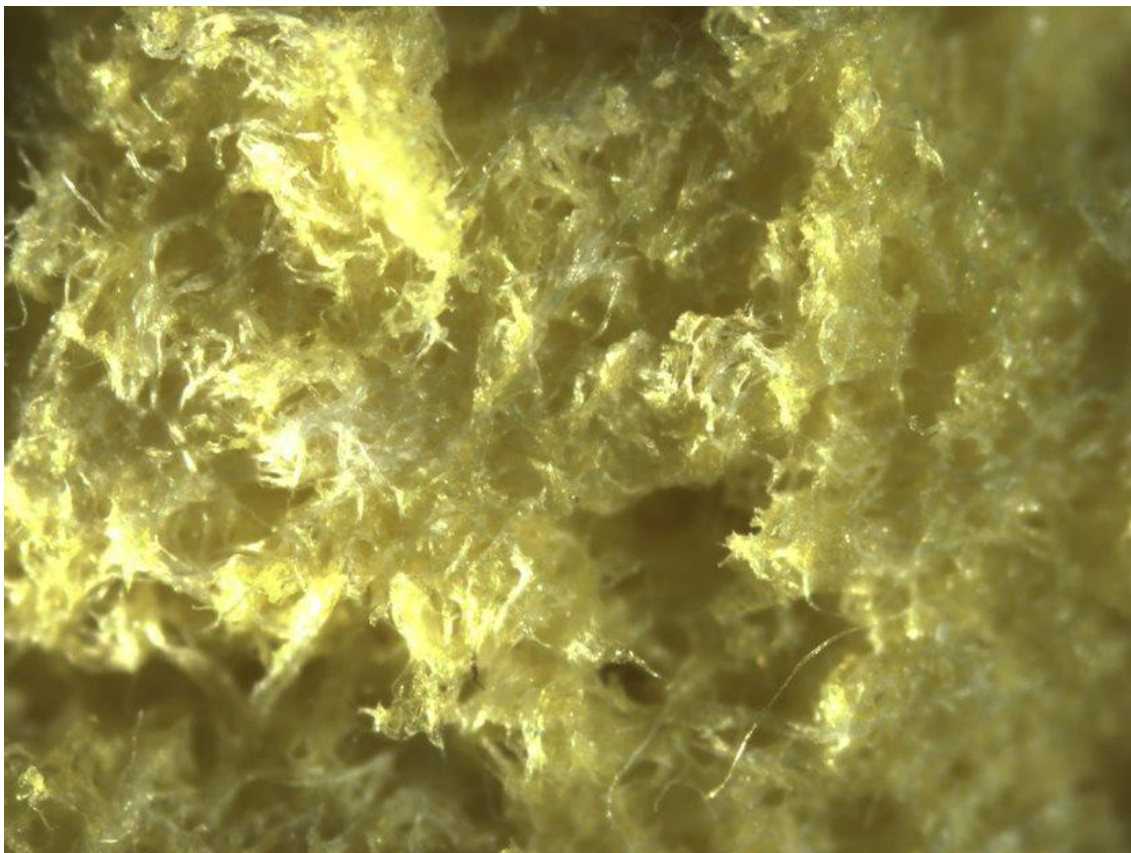
Näytteestä 70 % on sellua ja 30 % puuvillaa pakkauksen tietojen mukaan. Tuote on määritetty biohajoavaksi. Hajonnut materiaali mikroskooppikuvissa vaikuttaa olevan puuvillaa. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Paperiarkkien valmistuksen aikana näytteen sekoituksessa näyte kasaantui sekoittimen propelliin ja sama tapahtui sekoituksen loputtua. Paperiarkkeja valmistettaessa näyte ei tarttunut imukartonkiin, joten arkkien valmistus epäonnistui.



KUVA 29. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



KUVA 30. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



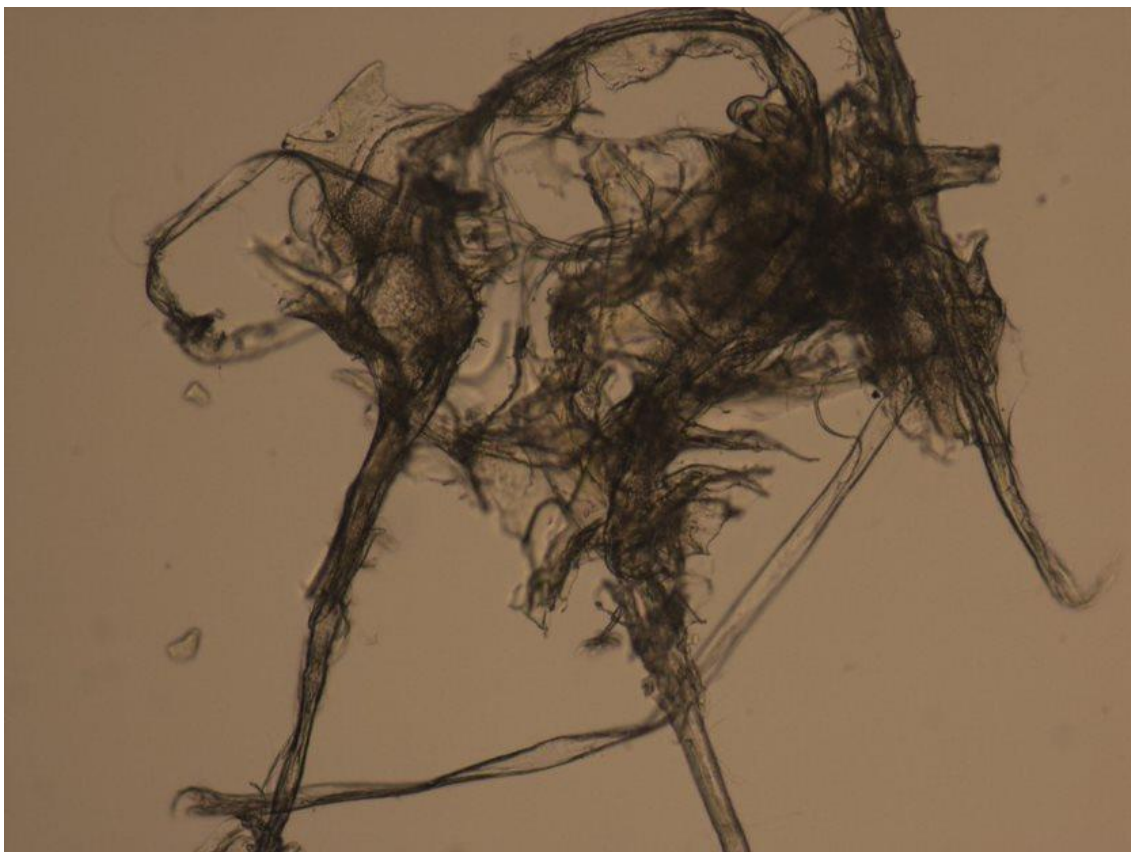
KUVA 31. Lämpivalaistu mikroskooppikuva kuivatetusta näytteestä



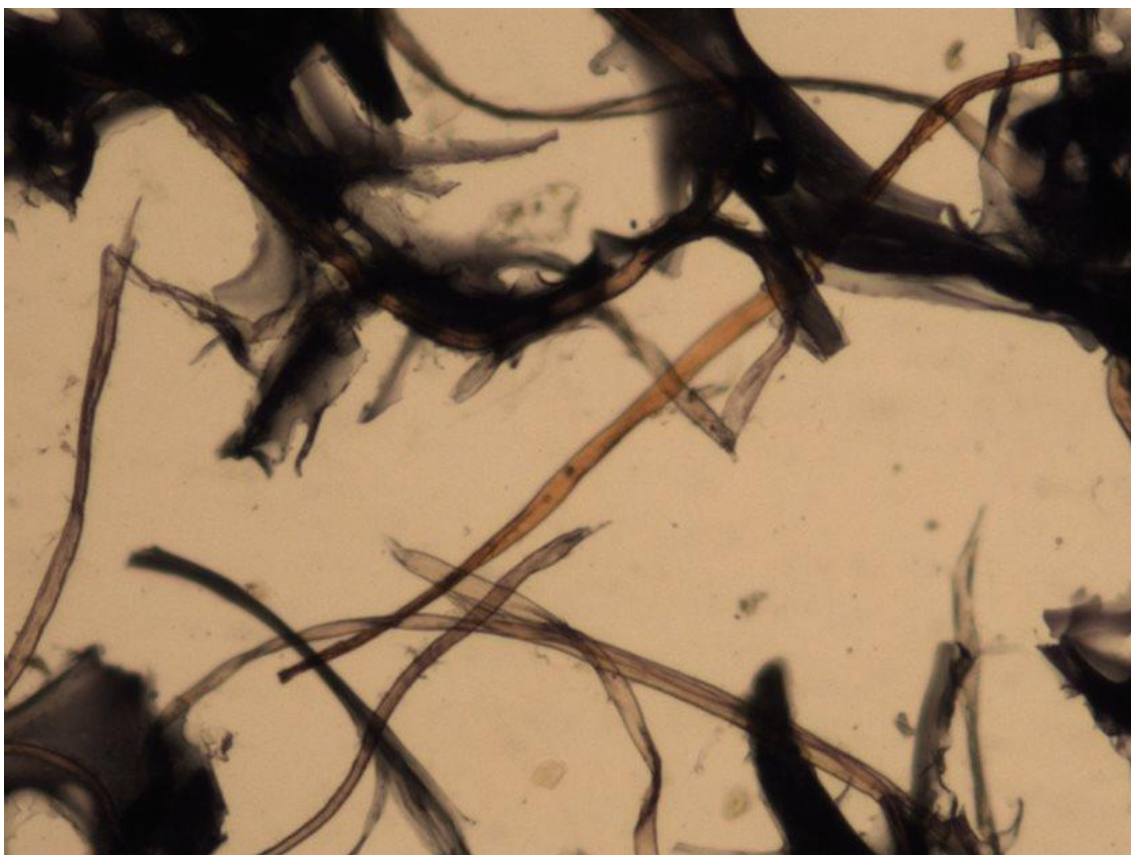
KUVA 32. Skannerilla otettu kuva kuivatetusta näytteestä

4.5.8 Wettex classic sieniliina

Näytteestä 70 % on sellua ja 30 % puuvillaa pakkauksen tietojen mukaan. Tuote on määritetty biohajoavaksi. Hajonnut materiaali mikroskooppikuvissa vaikuttaa olevan puuvillaa. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Paperiarkkien valmistuksen aikana näytteen sekoituksessa näyte kasaantui sekoittimen propelliin ja sama tapahtui sekoituksen loputtua. Paperiarkkeja valmistettaessa näyte ei tarttunut imukartonkiin, joten arkkien valmistus epäonnistui.



KUVA 33. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



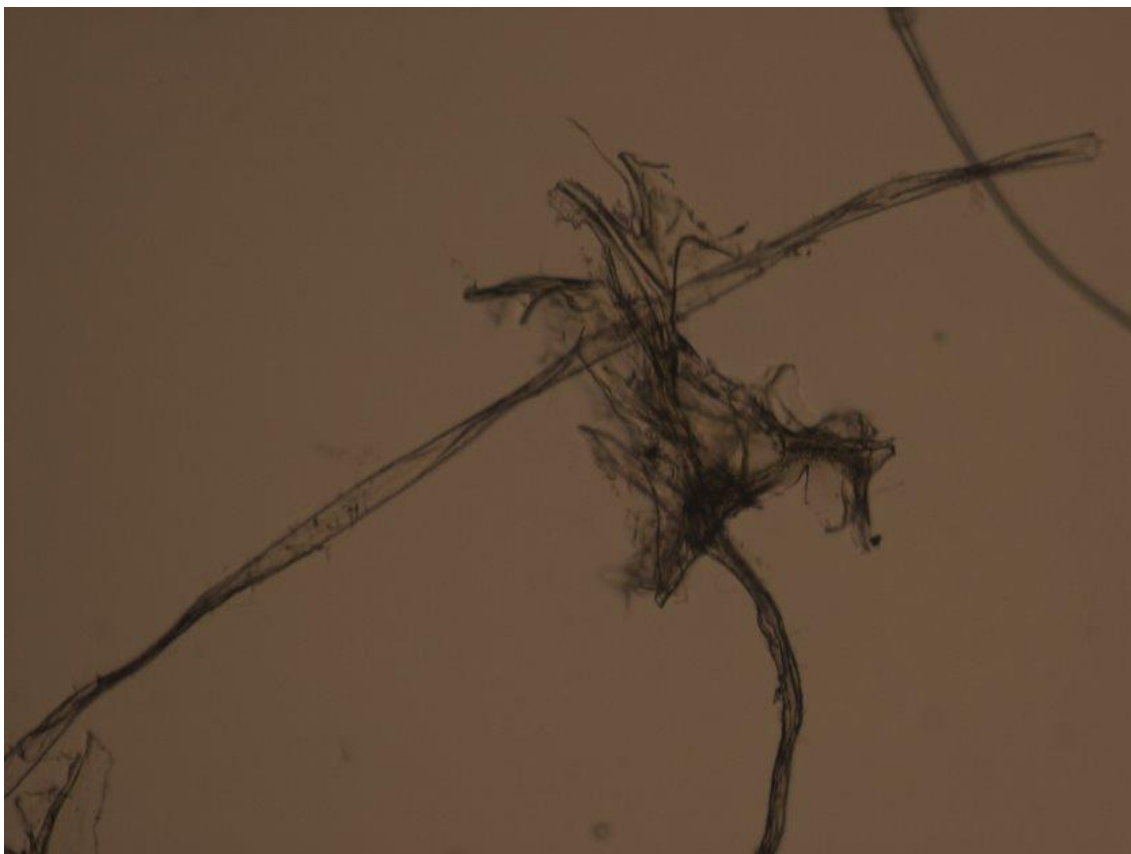
KUVA 34. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



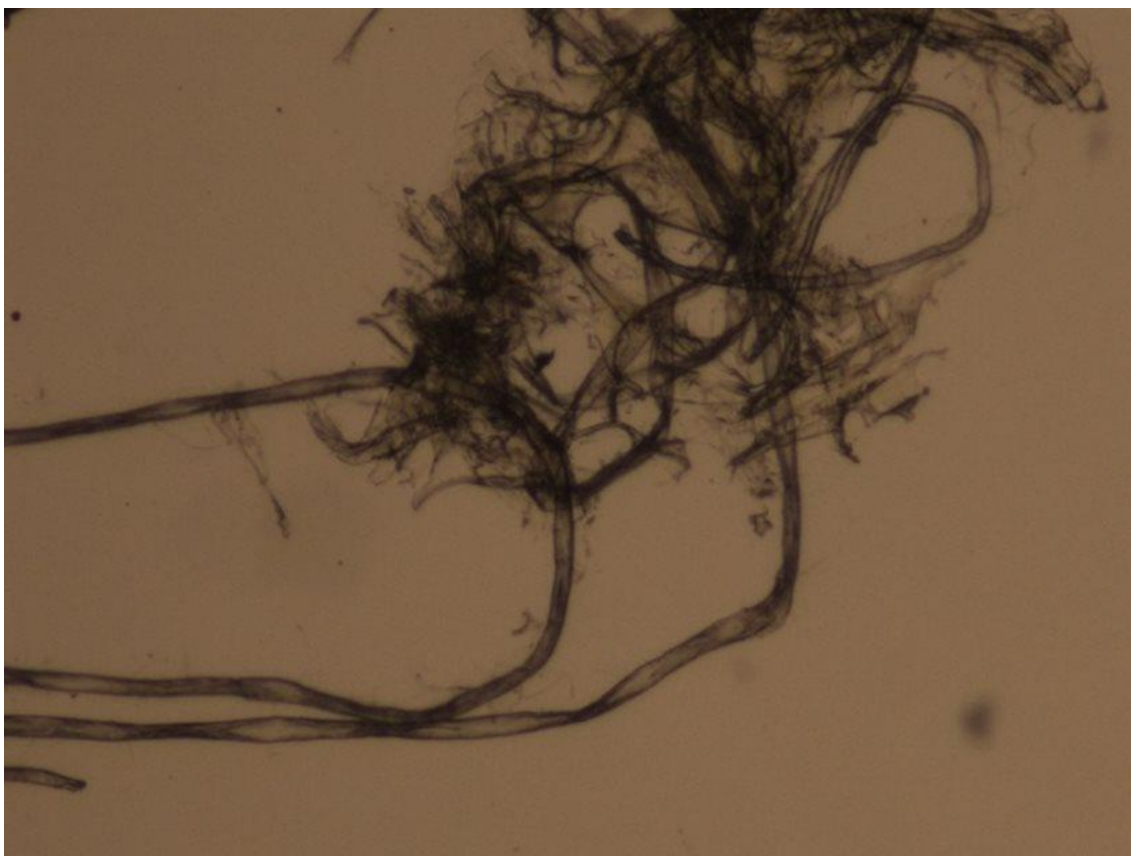
KUVA 35. Skannerilla otettu kuva kuivatetusta näytteestä

4.5.9 Wettex Soft and Fresh rulla

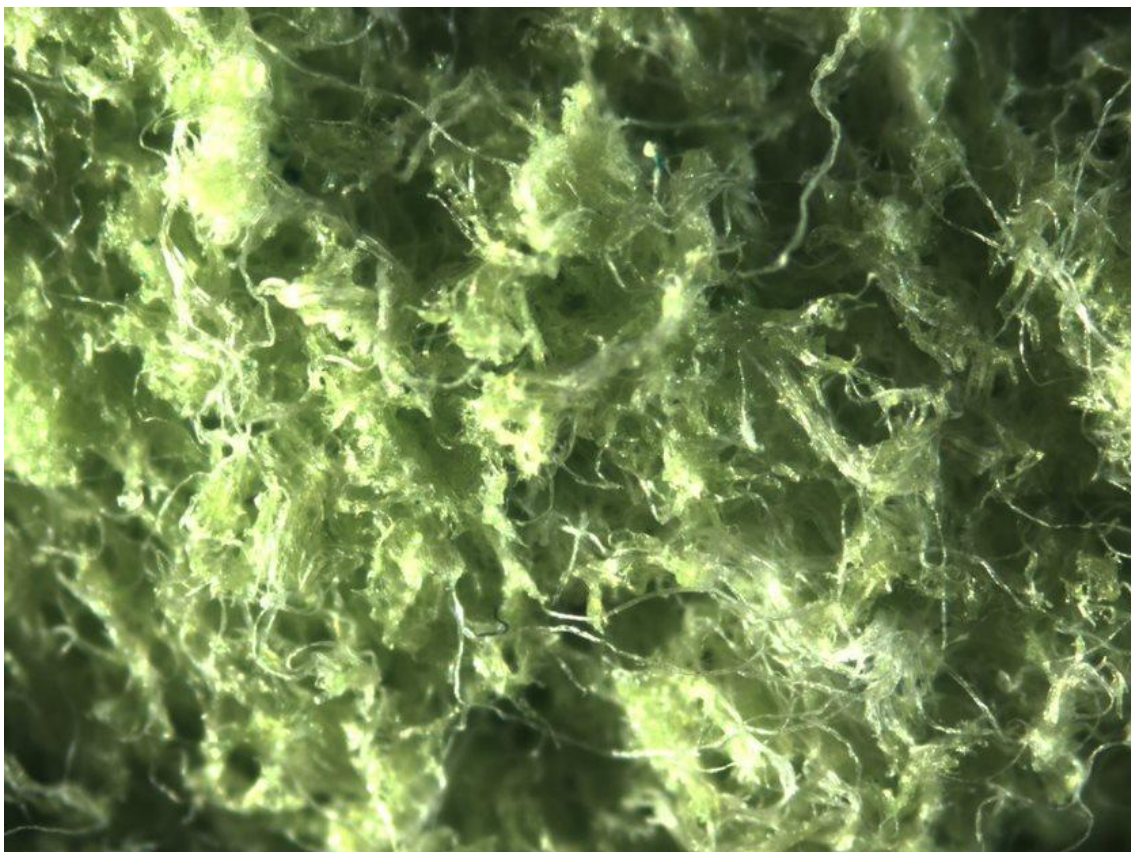
Näytteestä 70 % on sellua ja 30 % puuvillaa pakkauksen tietojen mukaan. Tuote on määriteltä biohajoavaksi. Hajonnut materiaali mikroskooppikuvissa vaikuttaa olevan puuvillaa. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Paperiarkkien valmistuksen aikana näytteen sekoituksessa näyte kasaantui sekoittimen propelliin ja sama tapahtui sekoituksen loputtua. Paperiarkkeja valmistettaessa näyte ei tarttunut imukartonkiin, joten arkkien valmistus epäonnistui.



KUVA 36. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



KUVA 37. Hajonnutta puuvillakuitua sekä sellua mikroskooppikuvassa



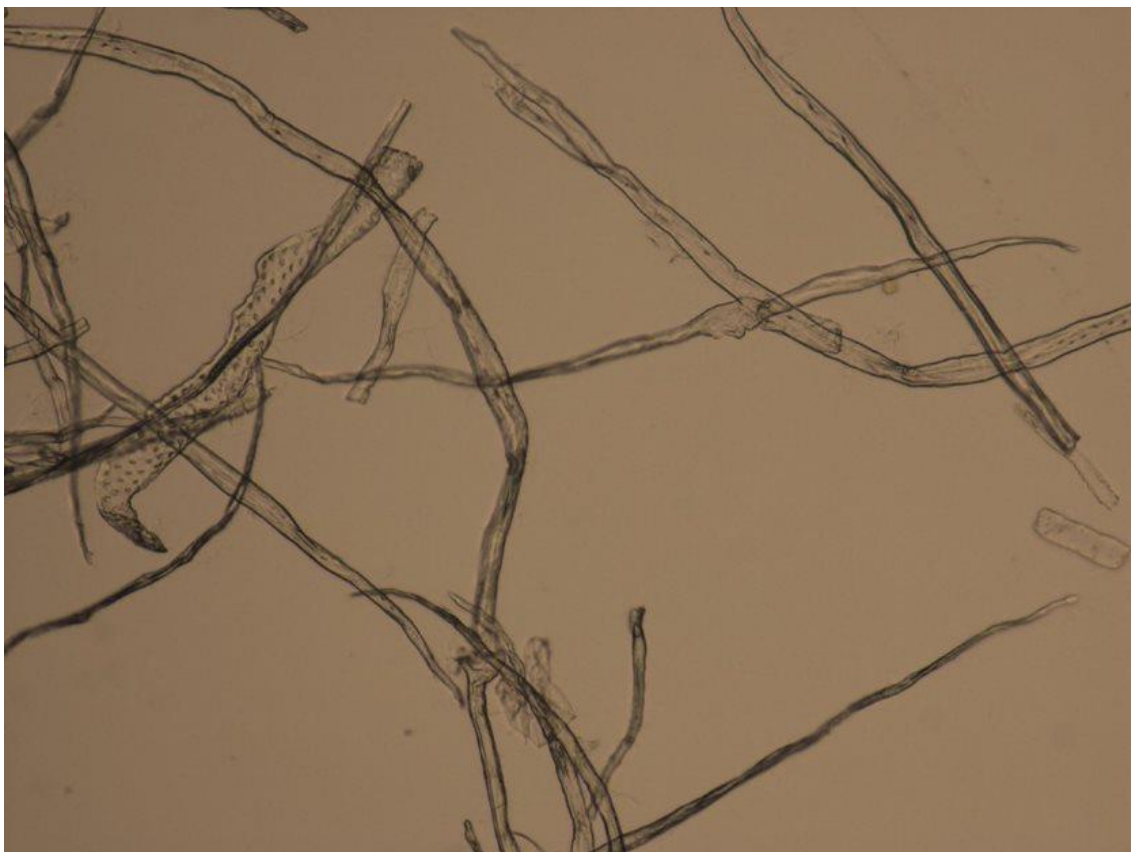
KUVA 38. Lämpivalaistu mikroskooppikuva kuivatetusta näytteestä



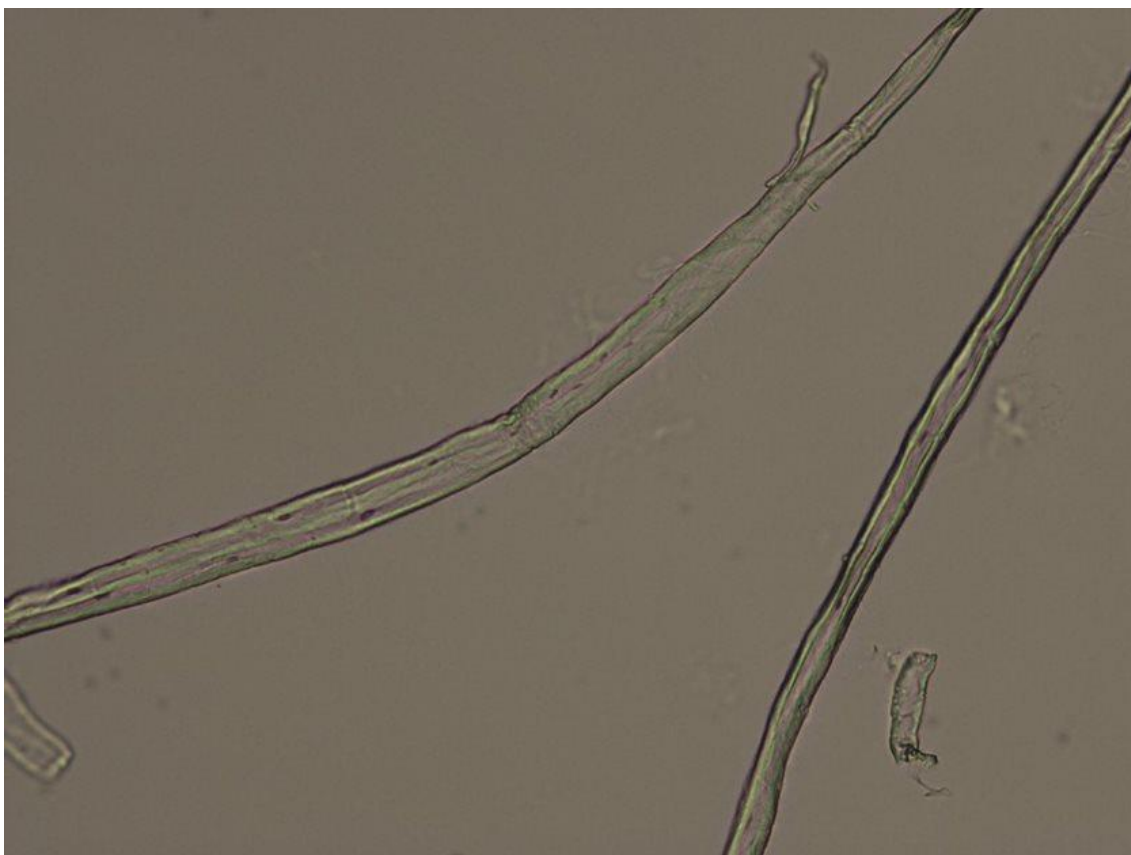
KUVA 39. Skannerilla otettu kuva kuivatetusta näytteestä

4.5.10 Eukalyptus

Näytettä ei jauhettu. Näyte on eukalyptusta. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Arkkien valmistus onnistui.



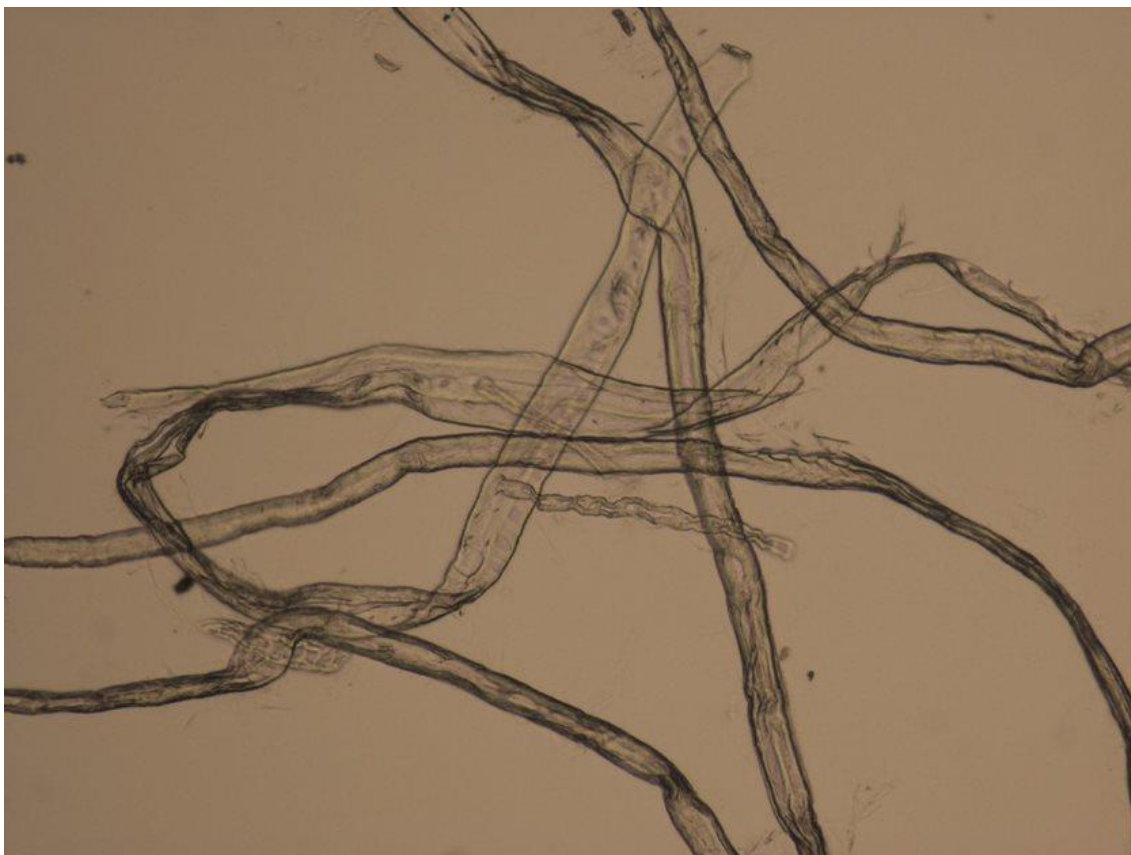
KUVA 40. Eukalyptuskuituja mikroskooppikuvassa



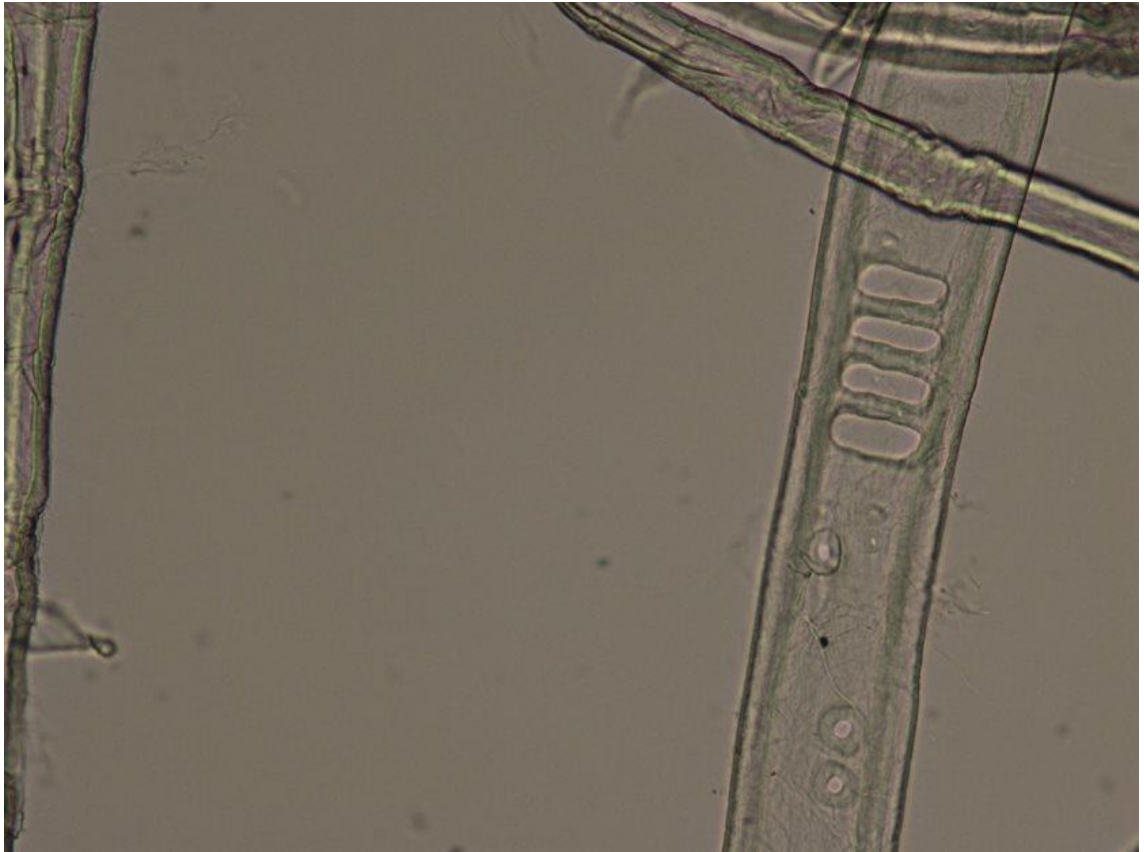
KUVA 41. Eukalyptuskuituja mikroskooppikuvassa

4.5.11 Mänty

Näytettä ei jauhettu. Näyte on mäntyä. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Arkkien valmistus onnistui.



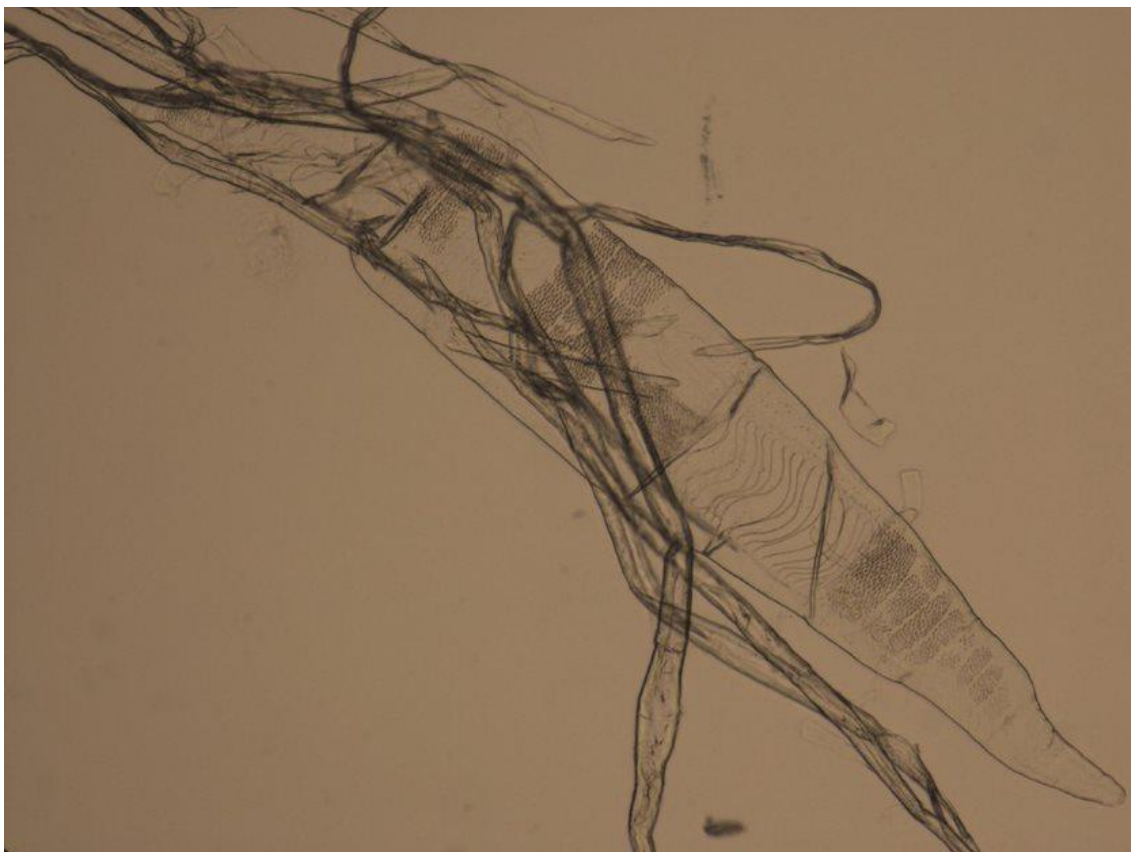
KUVA 42. Männynkuituja mikroskooppikuvassa



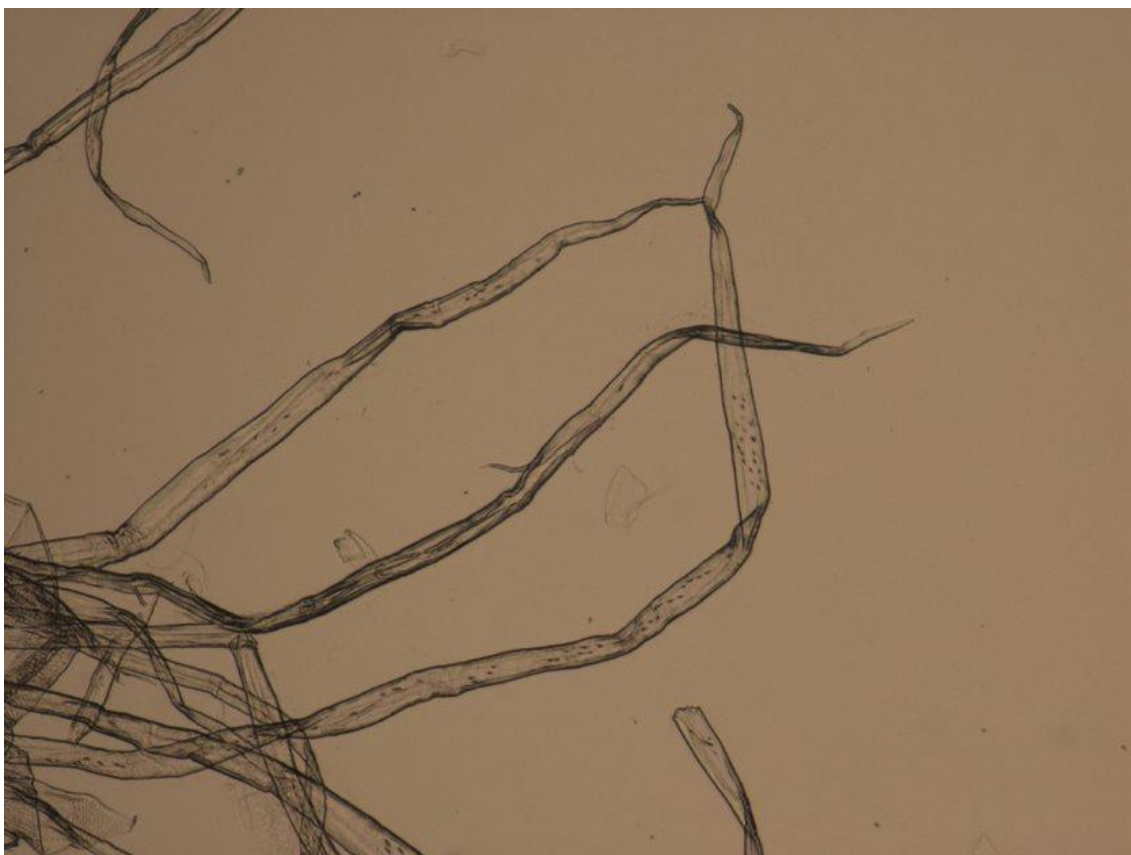
KUVA 43. Männynkuituja mikroskooppikuvassa

4.5.12 Sellu

Näytettä ei jauhettu. Näyte on sellua. Märkähajotettu 30 000 kierrosta. Märkähajotus onnistui. Arkkien valmistus onnistui



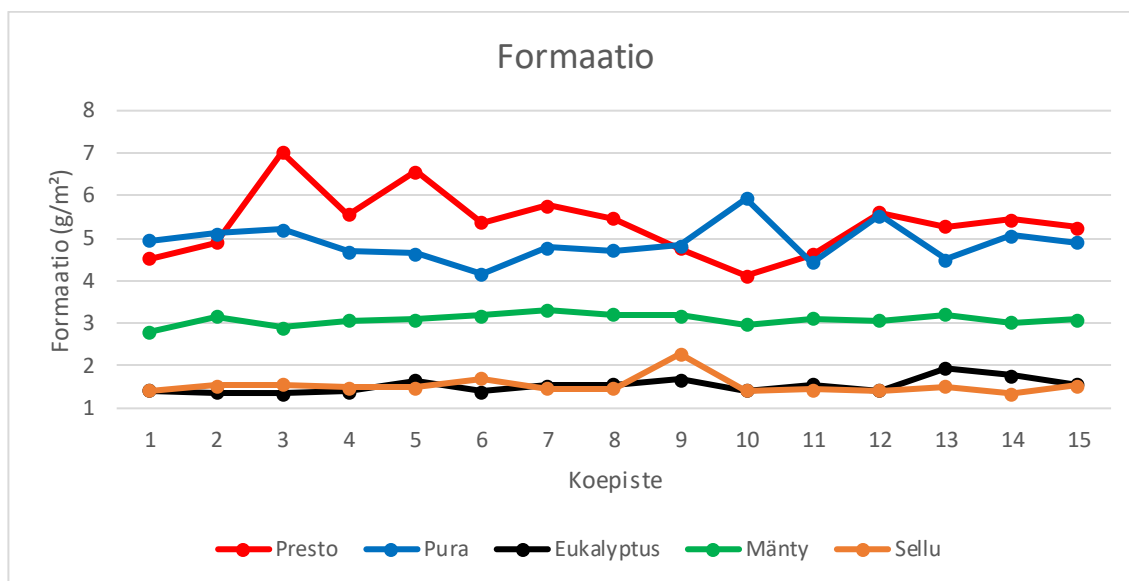
KUVA 44. Sellua mikroskooppikuvassa



KUVA 45. Sellua mikroskooppikuvassa

4.6 Formaatio

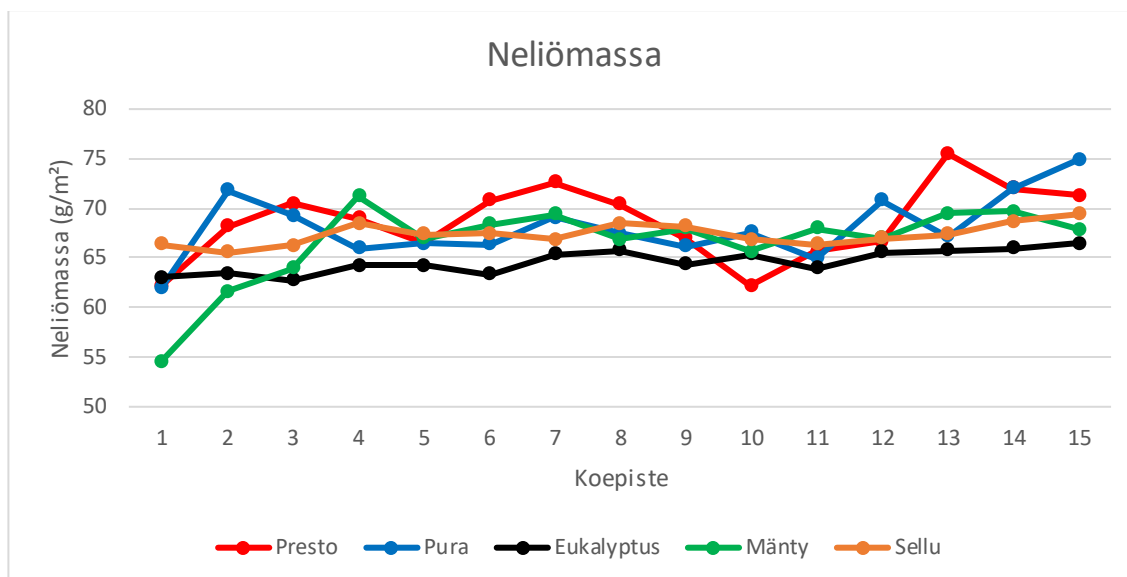
Kaikista näytteistä, joista saatiin valmistettua arkit, mitattiin formaatio. Matala arvo kertoo kuitujen määrän pienestä vaihtelusta, korkea arvo kertoo suuresta vaihtelusta. Matalan formaation omaavat arkit ovat siis rakenteeltaan tasalaatuisempia kuin korkean formaation omaavat arkit. Kosteuspyyhkeistä tehdyillä arkeilla oli korkeampi eli huonompi formaatio kuin referenssiarkeilla.



KAAVIO 2. Formaatio

4.7 Neliömassa

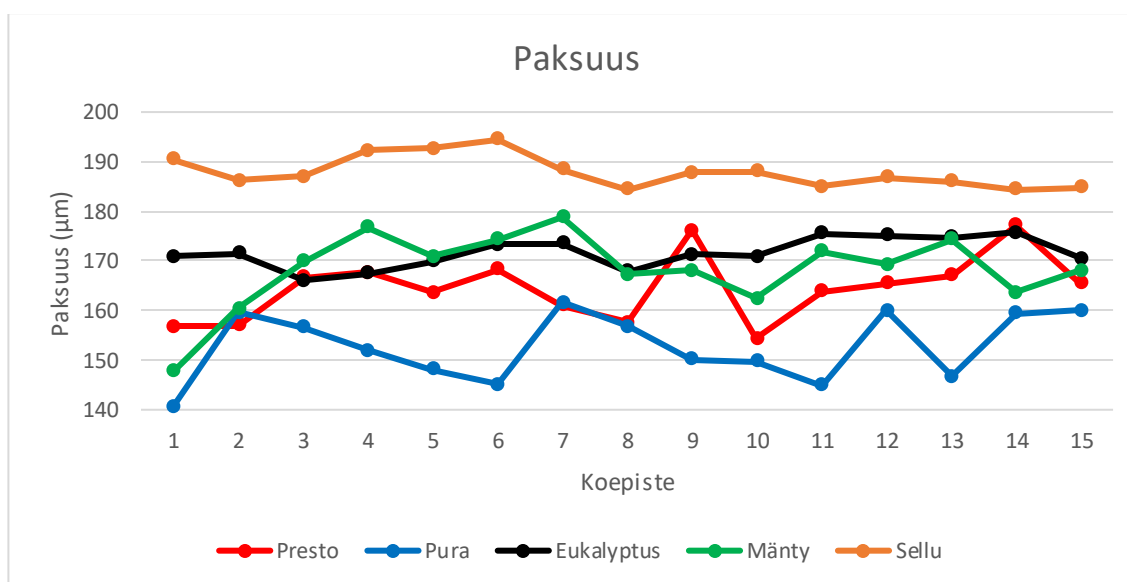
Kaikista näytteistä, joista saatiin valmistettua arkit, laskettiin neliömassa arkin massan avulla. Neliömassa kertoo, kuinka paljon massaa on neliötä kohden. Kosteuspyyhkeistä tehdyillä arkeilla oli korkeampi neliömassa kuin referenssiarkeilla.



KAAVIO 3. Neliömassa

4.8 Paksuus

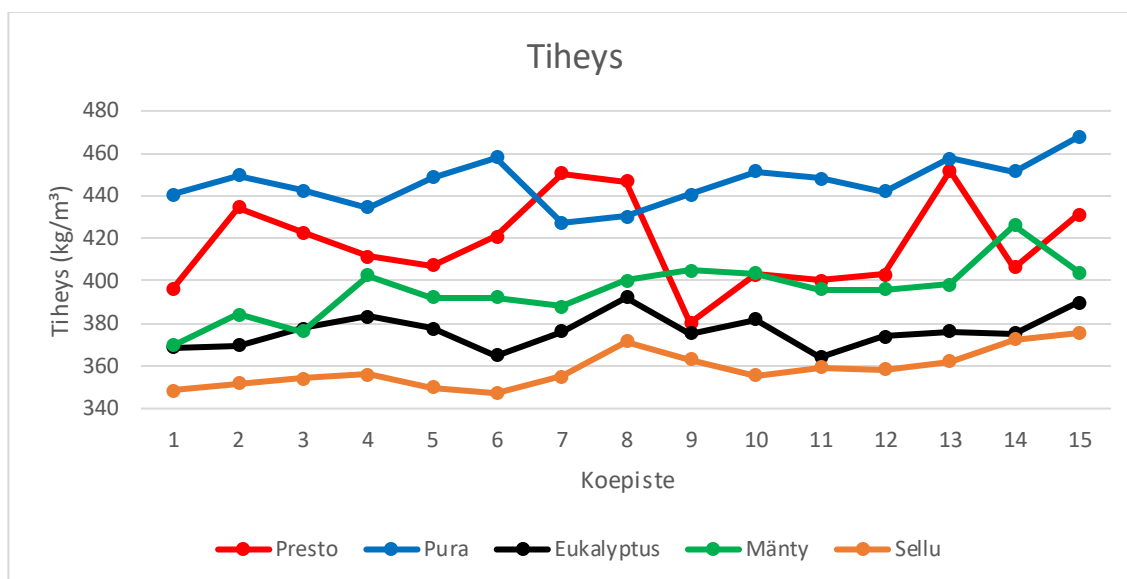
Kaikista näytteistä, joista saatiin valmistettua arkit, mitattiin paksuus. Kosteuspyyhkeistä tehdyillä arkeilla oli matalammat paksuudet kuin referenssiarkeilla.



KAAVIO 4. Paksuus

4.9 Tiheys

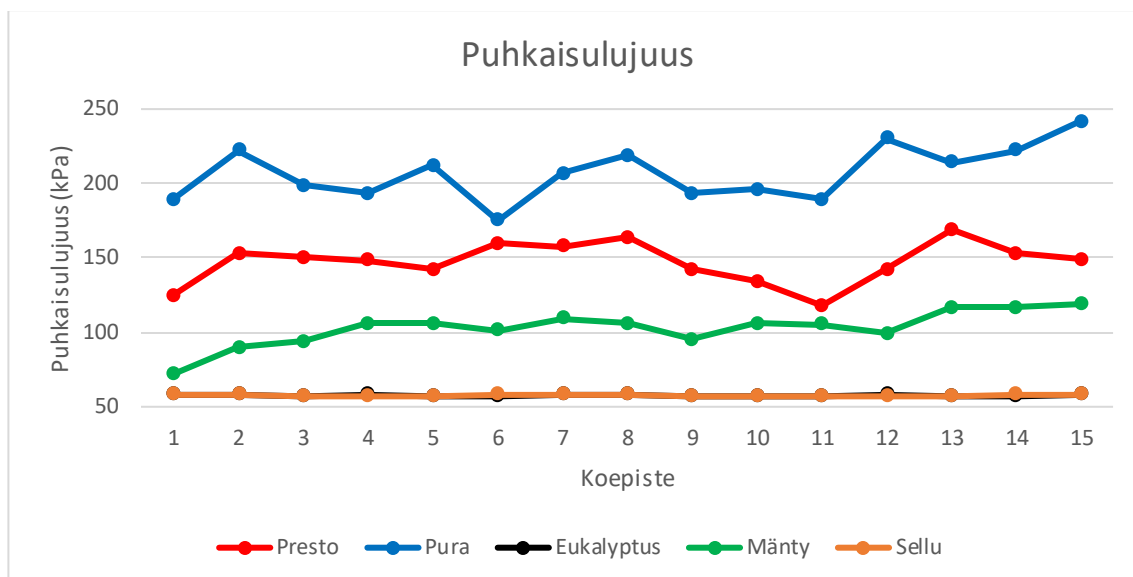
Kaikista näytteistä, joista saatiin valmistettua arkit, laskettiin tiheys arkin neliömassan ja paksuuden avulla. Kosteuspyyhkeistä tehdyillä arkeilla oli korkeammat tiheydet kuin referenssiarkeilla.



KAAVIO 5. Tiheys

4.10 Puhkaisulujuus

Kaikista näytteistä, joista saatiin valmistettua arkit, mitattiin puhkaisulujuus. Puhkaisulujuus kertoo yleisesti arkin lujuudesta. Korkean puhkaisulujuuden omaava arkki on kestävämpää kuin matalan puhkaisulujuuden omaava arkki. Kosteuspyyhkeistä tehdyillä arkeilla oli korkeammat puhkaisulujuudet kuin referenssiarkeilla.



KAAVIO 6. Puhkaisulujuus

5 POHDINTA

Tämän työn tulosten perusteella huuhtoutuvat kosteuspyyhkeet voidaan hajottaa ja käyttää hajotuksesta saadut kuidut uudestaan. Kaikki kaksi huuhtoutuvaa kosteuspyyhenäytettä hajosivat märkähajotuksessa ja niistä saatiin valmistettua arkit. Nämä huuhtoutuvat kosteuspyyhkeet sisälsivät mäntyä ja kuusta. Biohajoavista tuotteista hajosivat vain tiskirätit, mutta niistä ei saatu valmistettua paperiarkkeja, sillä tiskirättien arkit eivät tarttuneet imukartonkeihin, kun arkkeja valmistettiin arkkimuotilla. Nämä tiskirätit sisälsivät sellua ja puuvillaa. Työssä käytetyt huuhtoutuvat kosteuspyyhkeet olivat Presto! Flushable Wipe ja Pura Flushable Wipe. Biohajoavat tiskirätit olivat Rainbow sieniliina, Wettex classic ja Wettex soft and fresh.

Tämän työn perusteella viskoosia sisältävät kosteuspyyhkeet eivät vaikuta hajoavilta, ainakaan tässä työssä testatut kaupalliset tuotteet, joissa on viskoosia. Viskoosia sisältävät biohajoavat tuotteet olivat Eco by Naty, Fibra Mainio ja Lumene classic. Synteettistä kuitua sisältävä Joints Wipes ei hajonnut märkähajotuksessa. Fibrillaatio ei näyttänyt vaikuttavan kosteuspyyhkeiden hajoamistulokseen märkähajotuksessa, sillä fibrilloitunut viskoosi ja fibrilloitumaton viskoosi eivät kumpikaan hajonneet. Joints Wipes vaikuttaa kestävimmältä kaikista näytteistä, sillä näyte ei hajonnut edes pienen mittakaavan hajotuksessa, toisin kuin viskoosia sisältävät näytteet.

Huuhtoutuvien kosteuspyyhkeiden hajoamisesta voidaan tehdä laajempaa tutkimusta, jotta selviää hajoavatko kaikki huuhtoutuvat kaupalliset kosteuspyyhkeet märkähajotuksessa. Myös biohajoavaksi määritellyistä kosteuspyyhkeistä, jotka eivät ole huuhtoutuvia, voidaan tehdä lisätutkimusta, jotta tiedetään voidaanko niitä hajottaa eri menetelmillä kuin mitä tässä työssä käytettiin. Voidaan myös selvittää mistä materiaaleista tehdyt kosteuspyyhkeet hajoavat sekä tutkia luonnosta löytyvien kuitujen ja keinotekoisten kuitujen ominaisuuksien vaikutusta märkähajotuksessa. Luonnosta löytyvien kuitujen märkähajotus näyttää onnistuvan keinotekoisia kuituja paremmin tässä työssä saatujen tulosten perusteella, sillä keinotekoisista kuiduista tehdyt kosteuspyyhkeet eivät hajonneet märkähajotuksessa.

LÄHTEET

DIY Home Shatnez Lab Part 4 – How to Identify Fabric Fibers. 2016.
Chinuchat. Verkkosivu. Luettu 12.3.2024
<https://chinuchathome.info/diy-home-shatnez-lab-part-4-how-to-identify-fabric-fibers.html>

Nonwovens in daily life. n.d. Edana. Verkkosivu. Viitattu 18.4.2024
<https://www.edana.org/nw-related-industry/nonwovens-in-daily-life>

Tekokuidut | Mikä kuitu? 2014. Kuidut.omasivu. Verkkosivu. Luettu 12.3.2024
<http://kuidut.omasivu.fi/kuitujen-tunnistaminen/kuitukuvat/tekokuidut/>

Virtanen, Tuija. Värjäysmenetelmät mekaanisen massan
mikroskooppitutkimuksissa. Luettu 11.3.2024
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91073/Virtanen_Tuija.pdf?sequence=1

What are nonwovens? n.d. Edana. Verkkosivu. Viitattu 4.4.2024
<https://www.edana.org/nw-related-industry/what-are-nonwovens>

LIITTEET

Liite 1. Freeness

Mittaus	Freeness (ml)							
	Presto	Pura	Rainbow	Wettex classic	Wettex soft	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	230	125	720	730	710	505	610	530
2	230	130	710	740	720	515	620	530
3	225	155	730	760	710	520	615	535
4	220	135	720	770	720	530	640	530
5	215	130	715	755	710	530	640	530
x	224	135	719	751	714	520	625	531

Liite 2. Formaatio

Arkki	Formaatio (g/m ²)				
	Presto	Pura	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	4,52	4,95	1,41	2,80	1,43
2	4,91	5,10	1,38	3,15	1,53
3	7,02	5,20	1,36	2,89	1,55
4	5,57	4,69	1,40	3,07	1,48
5	6,57	4,64	1,66	3,09	1,49
6	5,36	4,16	1,40	3,19	1,70
7	5,78	4,78	1,53	3,31	1,46
8	5,46	4,71	1,56	3,21	1,47
9	4,77	4,82	1,69	3,18	2,28
10	4,12	5,93	1,42	2,97	1,42
11	4,61	4,43	1,56	3,12	1,44
12	5,60	5,54	1,42	3,06	1,42
13	5,27	4,49	1,94	3,21	1,52
14	5,45	5,07	1,77	3,01	1,35
15	5,26	4,90	1,56	3,10	1,53
x	5,35	4,89	1,54	3,09	1,54

Liite 3. Neliömassa

Arkki	Neliömassa (g/m ²)				
	Presto	Pura	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	62,20	62,00	63,00	54,60	66,40
2	68,20	71,80	63,40	61,60	65,50
3	70,50	69,30	62,70	63,90	66,30
4	69,00	66,00	64,20	71,20	68,50
5	66,60	66,50	64,20	67,00	67,40
6	70,80	66,40	63,30	68,40	67,50
7	72,60	69,10	65,30	69,40	66,90
8	70,40	67,50	65,80	66,90	68,50
9	67,00	66,20	64,30	68,00	68,20
10	62,20	67,60	65,30	65,60	66,90
11	65,60	64,90	63,90	68,00	66,40
12	66,70	70,80	65,50	67,00	67,00
13	75,50	67,20	65,80	69,50	67,40
14	72,00	72,00	66,00	69,70	68,70
15	71,30	74,90	66,50	67,90	69,40
x	68,71	68,15	64,61	66,58	67,40

Liite 4. Paksuus

Arkki	Paksuus (µm)				
	Presto	Pura	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	156,80	140,70	170,80	147,70	190,50
2	156,90	159,70	171,40	160,40	186,30
3	166,70	156,60	166,10	169,80	187,10
4	167,60	151,90	167,50	176,80	192,30
5	163,60	148,20	169,90	170,80	192,70
6	168,20	145,00	173,40	174,40	194,40
7	161,10	161,70	173,50	178,80	188,50
8	157,60	156,80	167,80	167,20	184,30
9	176,20	150,20	171,30	168,00	187,90
10	154,40	149,70	170,90	162,50	188,10
11	163,90	144,80	175,50	171,80	184,90
12	165,40	160,10	175,20	169,20	186,90
13	167,10	146,80	174,80	174,40	186,00
14	177,10	159,50	175,80	163,60	184,40
15	165,40	160,10	170,50	168,00	184,80
x	164,53	152,79	171,63	168,23	187,94

Liite 5. Tiheys

Arkki	Tiheys (kg/m ³)				
	Presto	Pura	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	396,68	440,65	368,85	369,67	348,56
2	434,67	449,59	369,89	384,04	351,58
3	422,92	442,53	377,48	376,33	354,36
4	411,69	434,50	383,28	402,71	356,21
5	407,09	448,72	377,87	392,27	349,77
6	420,93	457,93	365,05	392,20	347,22
7	450,65	427,33	376,37	388,14	354,91
8	446,70	430,48	392,13	400,12	371,68
9	380,25	440,75	375,36	404,76	362,96
10	402,85	451,57	382,09	403,69	355,66
11	400,24	448,20	364,10	395,81	359,11
12	403,26	442,22	373,86	395,98	358,48
13	451,83	457,77	376,43	398,51	362,37
14	406,55	451,41	375,43	426,04	372,56
15	431,08	467,83	390,03	404,17	375,54
x	417,83	446,10	376,55	395,63	358,73

Liite 6. Puhkaisulujuus

Arkki	Puhkaisulujuus (kPa)				
	Presto	Pura	Eukalyptus	Mänty	Sellu
1	125,00	189,00	58,00	72,00	58,00
2	153,00	222,00	58,00	90,00	58,00
3	150,00	199,00	57,00	94,00	57,00
4	148,00	193,00	58,00	106,00	57,00
5	142,00	212,00	57,00	106,00	57,00
6	160,00	175,00	57,00	101,00	58,00
7	158,00	207,00	58,00	109,00	58,00
8	164,00	219,00	58,00	106,00	58,00
9	142,00	193,00	57,00	95,00	57,00
10	134,00	196,00	57,00	106,00	57,00
11	118,00	189,00	57,00	105,00	57,00
12	142,00	230,00	58,00	99,00	57,00
13	169,00	214,00	57,00	117,00	57,00
14	153,00	222,00	57,00	117,00	58,00
15	149,00	242,00	58,00	119,00	58,00
x	147,13	206,80	57,47	102,80	57,47