

Kaisa Kantanen

Näyttelytoiminnan aikaisten ympäristötekijöiden vaikutukset paperin säilymisessä

Tove Janssonin muumikirjojen tussipiirroskuvitukset

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Konservaattori AMK

Konservoinnin koulutusohjelma

Opinnäytetyö

13.10.2017

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Kaisa Kantanen Näyttelytoiminnan ympäristötekijöille altistavat vaikutukset paperin säilymiselle 51 sivua + 7 liitettä 13.10.2017
Tutkinto	Konservaattori AMK
Koulutusohjelma	Konservoinnin koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Paperikonservointi
Ohjaaja(t)	Paperikonservoinnin lehtori Päivi Ukkonen Kemian lehtori Kirsi Perkiömäki
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkitaan paperin vaurioitumismekanismeja sekä kartoitetaan Tampereen taidemuseon muumikirjojen kuvitusoriginaalien papereiden tämän hetkistä kuntoa ja arvioidaan mahdollisia paperin ikääntymistä kiihdyttäviä tekijöitä. Kuvitukset ovat osa Tove Janssonin vuonna 1986 museolle lahjoittamaa kokoelmaa ja ne ovat kansainvälisesti haluttuja lainakohteita. Tutkimus rajautuu käsittämään pelkästään tussipiirroksia, joita kokoelmassa on satoja. Tarkemmin tutkittaviksi valitaan kokoelman tyypillisimmät paperilaadut.</p> <p>Kuten kaikki materiaali, myös paperi ikääntyy luonnostaan. Tätä voi aiheuttaa 1900-luvulla konevalmisteisesti tuotetulla, puukuituja sisältävällä paperilla sisäiset tekijät ja toisaalta prosessia voivat ulkoiset tekijät kiihdyttää. Teosten ollessa esillä altistuvat ne aina ulkoisille tekijöille, vaikka näyttelytiloissa vallitsisikin museo-olosuhteet. Pahimmassa tapauksessa hapen ympäristö, ilmanepäpuhtaudet, kosteuden ja lämpötilan nousu sekä vaihtelu ja ennen kaikkea valo aiheuttavat sekä kiihdyttävät kemiallisia reaktioita materiaalissa. Paperin ollessa kyseessä seurauksena voi olla happamuuden lisääntymistä, joka edelleen aiheuttaa esimerkiksi haurastumista ja värimuutoksia. Konevalmisteinen paperi on yleensä kompleksinen rakenteeltaan ja yksiselitteistä ikääntymisennustetta ei ole, koska rakenne sisältää lukemattomia eri komponentteja ja valmistusprosessit kaikki ovat yksilöllisiä.</p> <p>Kokoelman materiaalitutkimuksen perusteella voidaan todeta lähes kaikkien paperien sisältävän sekä puu- että lumpukuituja. Ligniinipitoisuus on testien perusteella lähes olematon. Osa teoksista ovat kellastuneita, joten ligniini ei ole ainoa kellastumista aiheuttava tekijä. Materiaalitutkimuksen tulokset ovat vain suuntaa-antavia, koska näytekoot ovat taideteosten ollessa kyseessä hyvin pieniä. Teospaperit osoittautuivat kaikki olevan happaman puolella. Teosten pesu lievensi happamuutta hieman ja silmämääräisesti tarkasteltuna kellastuneisuus väheni. Säilytysmateriaalien kunto oli iästä riippumatta kohtuullisen hyvällä tasolla.</p> <p>Teospapereiden kunto indikoi paperin ikääntymisen olevan käynnissä. Tutkimuksen perusteella tämän ainutlaatuisen kokoelman näyttelytoiminnan suunnitteluun tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja huolehtia siitä, että teokset altistuvat kohtuullisesti ja harkitusti valolle sekä muille ympäristötekijöille.</p>	
Avainsanat	Paperi, konservointi, ikääntyminen, säilyminen, hydrolyysi, haurastuminen, happamoituminen, valovanheneminen, tussipiirros, kuvituspiirros

Author(s) Title Number of Pages Date	Kaisa Kantanen Environmental effect on paper preservation of exhibition environment 51 pages + 7 appendices 13 October 2017
Degree	Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme	Conservation
Specialisation option	Paper conservation
Instructor(s)	Päivi Ukkonen, Principal Lecturer of Paper Conservation Kirsi Perkiömäki, Senior Lecturer Chemistry
<p>The aim of this thesis is to analyse the current condition of the paper material of the Moomin book illustration originals and research their deterioration, including factors that might speed up paper degradation processes. The illustrations are a part of the collection that the artist Tove Jansson donated to Tampere Art Museum in 1986. This research concentrates only on the illustrations that are made with drawing ink on paper and most common paper-types in the collection.</p> <p>All materials will degrade in time. Paper that is manufactured in the 20th century often contains wood based fibers which have properties that cause natural aging. This aging may be accelerated heavily by circumstantial factors. When paper based artwork is shown in an exhibition, it will always be exposed to these degradation processes, even in a controlled museum environment. At worst an acidic environment, air pollution, fluctuations in the moisture and temperature may cause and accelerate chemical reactions in the material. In case of paper the result may be increased acidity, which further causes loss of strength and changes the colour of the paper. Machine-made papers are structurally so complex that there is no simple explanation for the progress of aging. There are multiple raw materials in paper and all manufacturing processes are unique.</p> <p>Based on material analysis it was found out that almost all papers contained both wood and rag fibers. According to the tests there was no lignin at all or just little hint of it. Some of the papers had yellowed, but lignin content is not only factor that causes colour change. Results of the material analysis are only suggestive due to the very small sample sizes that can be taken from the original illustrations. All the papers turned out to be somewhat acidic.</p> <p>The mount boards were almost neutral, most of them slightly alkaline as they should be. The washing of the artworks had in every case at least slightly good impact on the level of acidity. Also visually it seemed that the yellowness decreased. The condition of the papers shows that degradation and aging is ongoing. According to this research it is recommended that careful thought and planning should be undertaken when exhibiting this unique collection, especially taking care that the light-levels, exposure times and other environmental factors remain at a reasonable level.</p>	
Keywords	Paper, conservation, degradation, preservation, acidification, hydrolysis, oxidation, foto-oxidation, drawing, illustration

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tove Jansson ja muumikirjojen kuvitukset	2
2.1	Tove Janssonin uran alku	2
2.2	Muumituotanto	2
2.3	Muumikuvitusten merkitys	3
2.4	Muu tuotanto	4
3	Kokoelman hoito ja käyttö	5
3.1	Yleistä kokoelmien käytöstä	5
3.2	Muumikokoelman lahjoitus Tampereen taidemuseolle	6
3.3	Muumilaakson kokoelman sisältö	6
3.4	Muumikokoelman suosio	8
4	Paperin rakenne ja koostumus	8
4.1	Paperin pääkomponentit	9
4.1.1	Selluloosa	9
4.1.2	Hemiselluloosa	10
4.1.3	Ligniini	10
4.2	Lisäaineet paperissa	12
4.3	Paperin valmistusmenetelmät	13
4.3.1	Mekaaninen massankäsittely	14
4.3.2	Kemiallinen massankäsittely	14
4.3.3	Paperin valkaisu	15
5	Paperin vaurioituminen	16
5.1	Hydrolyysi	18
5.2	Hapettuminen	19
5.3	Emäksisten olosuhteiden aiheuttama vaurioituminen	19
5.4	Mekaaninen vaurioituminen	20
5.5	Värimuutos	20
5.6	Foxing	22
5.7	Valon aiheuttama vaurioituminen	23
5.8	Paperin happamuus	24
6	Paperin pesu	25

7	Tutkittavat teokset	27
7.1	Tutkimuskohteet	27
7.1.1	Tutkimuskohteiden valinta	29
7.1.2	Teoksille tehtävät toimenpiteet	30
8	Materiaalitutkimus	31
8.1	Tutkimusmenetelmät	31
8.1.1	Ligniinitesti	32
8.1.2	Kuituanalyysi	32
8.1.3	Värimuutos	33
8.1.4	pH-mittaus	34
8.1.5	Muut tutkimukset	35
8.2	Materiaalitutkimuksen tulokset	35
8.2.1	Ligniinitesti	37
8.2.2	Kuituanalyysi	38
8.2.3	Värimuutos	38
8.2.4	pH-mittaus	39
8.2.5	Muut tutkimukset	41
9	Toimenpidesuosituks	42
10	Yhteenveto	44
	Lähteet	47
	Liitteet	

1 Johdanto

Tässä paperikonservoinnin opinnäytetyössä tutkitaan paperilaatuja, joille kuvataiteilija Tove Jansson on tehnyt muumikirjojen kuvituspiirrokset. Tutkimuksen kohteena olevat kuvitukset Jansson teki 1940-1970-lukujen välisenä aikana. Kohteista pyritään selvittämään niiden paperien tämänhetkistä kuntoa ja lisäksi tavoitteena on kartoittaa mitkä tekijät voivat olla riskinä paperilaatujen ennen aikaiselle vaurioitumiselle. Työ on rajattu käsittämään kuvituksista vain tussipiirrosten tyypillisimmät paperilaadut. Teokset ovat osa Tove Janssonin Tampereen taidemuseolle vuonna 1986 lahjoittamaa kokoelmaa ja useat kokoelman teoksista ovat hyvin haluttuja lainakohteita näyttelyihin ympäri maailman. Osa piirroksista on ollut esillä useamman kerran Tampereen taidemuseon Muumi-laaksossa ja/tai näyttelyissä muualla. Kesäkuussa 2017 auenneen uuden Muumimuseon perusnäyttelyssä noin 400 teosta tulevat olemaan esillä noin 3 vuotta. Tätä työtä tehtäessä teoksia on lisäksi useassa kiertonäyttelyssä.

Yksi työn tavoitteista on koota Tampereen taidemuseolle tietopaketti paperin rakenteen ja valmistusmenetelmien vaikutuksista paperin säilymiseen. Samalla kartoitetaan paperin vaurioitumismekanismia, vaurioitumista kiihdyttäviä sisäsyntyisiä sekä ulkoisia tekijöitä. Näiden tietojen pohjalta pyritään arvioimaan ja tutkimaan teosten kuntoa sekä vaurioalttiutta.

Janssonin tussipiirroksissa on tunnistettavissa paperilaatuja, joita on käytetty aikakausittain ja osaksi tarinakohtaisestikin. Tarkastelun alle pyritään valitsemaan useimmin esiintyvät laadut. Valittujen teosten osalta tehdään pH-mittauksia niiden säilytysmateriaaleille sekä ainakin osalle itse teoksista. Lisäksi tutkitaan pesun vaikutusta teospapereiden pH-tasoon. Teospapereista otetaan mahdollisuuksien mukaan näytteitä, joille tehdään kuituanalyysjä paperin kuituraaka-aineen määrittämiseksi sekä ligniinitesti mahdollisen kellastumisominaisuuden arvioimiseksi.

Kohteena olevat tussipiirrokset on tehty koneellisesti valmistetulle paperille, joten työssä keskitytään käsittelemään vain konevalmisteista paperia.

Tutkimuksen tuloksena pyritään arvioimaan teosten nykyistä kuntoa, säilytysmateriaalien kuntoa sekä selvittämään mitkä tekijät voivat nopeuttaa teospapereiden ikääntymistä. Lisäksi pyritään antamaan suosituksia toimenpiteistä, joilla voidaan edistää kokoelman säilymistä niin kokoelman hoidon, näyttelytoiminnan kuin esillepanonkin kannalta.

2 Tove Jansson ja muumikirjojen kuvitukset

2.1 Tove Janssonin uran alku

Tove Jansson (1914-2001) oli suomalainen kirjailija, kuvittaja sekä kuvataiteilija. Kansainvälisesti hänet tunnetaan erityisesti muumien luojana. (Kivi 2000, 9.) Jansson aloitti uransa 1930-luvulla tekemällä kuvituksia helsinkiläisiin ruotsinkielisiin julkaisuihin. 1930-40-luvuilla hän kuvitti myös päivä-, joulukuukausijulkaisuja, sekä muun muassa joulukortteja, ex-libriksiä ja kirjankansia. (Kruskopf 1992, 113.) Tunnetuin Janssonin kuvittamista julkaisuista on kulttuuripoliittinen Garm – lehti, jolle hän työskenteli aina lehden lopettamiseen vuoteen 1953 asti (Kivi 2000, 11).

Jansson opiskeli vuosina 1930-33 Tukholman Tekniska skolanissa, josta hän sai valmiudet kirjan kuvittajaksi ja mainospiirtäjäksi. Edelleen hän valmistui taiteilijaksi Suomen Taideyhdistyksen piirustuskoulusta vuonna 1937. Hän teki opintomatkoja myös muualle Eurooppaan. Kuvataiteilijana hän osallistui lukuisiin taidenäyttelyihin vuodesta 1938 alkaen ja kuvitustyöt olivat lähinnä lisäansioiden hankkimista taiteen tekemisen tueksi. Esimerkiksi Garm-lehteen hänen on arvioitu tehneen noin 500 kuvitusta ja pilapiirrosta sekä vuodesta 1944 alkaen kaikki kansikuvat. (Kivi 2000, 11-13.)

2.2 Muumituotanto

Muumipeikon on kerrottu syntyneen Tove Janssonin enon pelottelutarinoista lieden takana olevasta peikosta, joka puhaltaa kylmää ilmaa niskaan. Ensimmäinen maininta muumipeikosta on Janssonin päiväkirjassa 1930-luvulla. Muumipeikon alkukahmo juontuu valkoisesta aaveesta, joka muistuttaa lähinnä hattivattia. Muumin visuaalisen hahmon on tulkittu esiintyneen myös mustana muutamassa varhaisessa akvarellissa 1930-luvun alussa. (Kivi 2000, 14-15.) 1930-luvun lopulla Jansson kirjoitti ja piirsi ensimmäisen kertomuksensa lapsille (Jansson 1986, 7) ja 40-luvun puolella Janssonin piirroksiin ilmestyi Snork-niminen (Niisku) muumimainen otus, josta tuli syksystä 1944 lähtien Janssonin säännöllinen nimimerkkifiguuri Garm-kuvituksiin (Kivi 2000, 14-15).

Muumilaakson on sanottu saaneen alkunsa Janssonin tarpeesta paeta sota-ajan murheita. Sota ajoi hänet epätoivoon ja vastareaktionä tälle hän alkoi kirjoittaa satuja. (Karlsson, Wanselius 2014, 69-70.) Ensimmäinen Tove Janssonin kuvittama sekä kirjoittama satu ja muumikirja ”Småtrollen och den stora översvämningen” julkaistiin sodan jälkeen joulukuussa 1945. Hän on kirjoittanut ja kuvittanut yhteensä kahdeksan muumikirjaa, yhden novellikokoelman sekä kolme kuvakirjaa. Neljännessä kuvakirjassa ”Outo vieras muumitalossa” on Tove Janssonin teksti, mutta kirjan kuvamateriaalina on käytetty Per Olov Janssonin valokuvia. Luettelo näistä kirjoista löytyy liitteestä 1. Lisäksi Jansson on kirjoittanut muita, enemmän aikuisille suunnattuja teoksia. (Kivi 2000, 14-15.)

Tove Jansson tunnetaan maailmalla myös muumisarjakuvien luojana. Sarjakuvia julkaistiin ruotsalaisessa Ny tid-lehdessä vuosina 1947-48, lontoolaisessa The Evening News-lehdessä syyskuusta 1954 lähtien sekä sen jälkeen parhaimmillaan yli 40 maassa ja yli 60 kielellä. The Evening News'n sopimuskautena ilmestyi 21 tarinaa, jotka käsittivät 1633 strippiä eli kerralla ilmestyvää kuvasarjaa. Jansson piirsi Muumi-sarjakuvastrippejä ensin yksin, sitten yhdessä veljensä Lars Janssonin kanssa ja myöhemmin Lars Jansson vastasi sarjasta yksin. Tove Janssonia sarjakuvat työllistivät aina 1950-luvun loppuun asti. (Kivi 2000, 15; Sinisalo 2002.) Kalevalaa lukuun ottamatta Tove Jansson ja Mika Waltari ovat käännettyimmät suomalaiset kirjailijat. Muumikirjojen vaikutus on ulottunut monelle kulttuurin eri alueelle; on tehty animaatioita, muumiooppera, näytelmiä, tv-ohjelmia, radiokuunnelmia ja taidenäyttelyitä sekä piirroselokuva. (Kivi 2000, 20.)

Tove Jansson halusi toteuttaa itseään ennen kaikkea taidemaalarina ja sarjakuvat olivat tapa hankkia elantoa. Niiden piirtäminen oli kuitenkin niin aikaa vievää, että aikaa taiteen tekemiseen ei juuri jäänyt. Tämä ajoi Janssonin tuntemaan jopa lähes vihaa muumeja piirtäessään, mutta toisinaan hän huomasi olevansa ylpeä hahmoistaan, varsinkin huomattaessaan niiden vaikutuksen nuoriin lukijoihin. Sarjakuvat kehittivät myös muumikirjojen kuvakerrontaa. (Tolvanen 2002; Karlsson, Wanselius 2014, 109.)

2.3 Muumikuvitusten merkitys

Jansson alkoi kirjoittaa muumikirjoja ainakin osittain taloudellisista syistä, koska maalauksia meni kaupaksi alhaiseen hintaan. Kaksi ensimmäistä muumikirjaa Muumit ja suuri tuhotulva sekä Muumipeikko ja pyrstötähti eivät tuoneet vielä suurta menestystä, mutta 1950-luvun alussa ilmestynyt Taikurin hattu – kirja viimeistään kiinnitti huomion myös kansainvälisesti. (Karlsson, Wanselius 2014, 109-117.)

Janssonin kirjoissa on tekstin ja kuvan vuorovaikutus sekä niiden muodostama kaksinkertainen kieli. Kuvat muovaavat ja ohjaavat lukijaa, mutta kaikkea ei kuitenkaan kuvata eikä selitetä. Kuvituksilla nostetaan, tiivistetään tai rauhoitetaan tarinan tunnelmaa ja välillä ne kertovat omaa, tekstistä riippumatonta tarinaa. Piirrosoriginaalit ovat uniikkeja kokonaisuuksia, joista osassa on runsaasti merkintöjä ja esimerkiksi ohjeita siitä, että jotain jätetään tarkoituksella kertomatta tai kuvaamatta. (Westin 2000, 71-73.)

Muumiteosten kuvituksissa on nähtävissä teemojen muuntuminen ja hahmojen kehittyminen visuaalisesti. Aluksi muumihahmot ovat vielä suhteellisen hoikkia ja kapeanenäisiä, ja muumeille on jopa piirretty suu. Kuvitukset ovat selkeäviivaisia ja tarinoiden mukana niissä näkyy Janssonin kasvava viehtymys vinjetteihin ja detaljeihin. Jokaisen muumikirjan luonteeseen kuuluvat näyttävät kokosivun kuvakokonaisuudet. Mitä myöhemmästä kirjasta on kyse, sitä vähemmän on suuria seikkailu- ja miljöökuvia, ja sitä enemmän tutkielmia yksittäisistä esineistä tai hahmojen tunnetiloista. Monissa kirjoissa on myös karttoja sekä erilaisia kaavakuvia ja selvityksiä. (Sinisalo 2002.)

1960-luvulla Tove Jansson oli lopettanut sarjakuvien piirtämisen ja alkanut maalata uudelleen. Irtautuminen muumeista tapahtui vähitellen: 1965 ilmestyi Muumipappa ja meri, jossa muumit suuntaavat uusiin maisemiin ja Muumilaakson marraskuu – kirjassa muumit eivät esiinny enää lainkaan. Jansson päivitti ensimmäisiä kirjojaan vielä vuonna 1967. (Karlsson, Wanselius 2014, 197-199.) Kuvituksia on muokattu, monissa piirroksissa on liimattu osaksi uusi kuva alkuperäisen päälle. Osa muokkauksista on toki voitu tehdä jo aiemmin. Toisaalta jotain kuvituksia on tehty kokonaan uudestaan tai niistä on tehty toisintoja 1960-luvun lopulla.

2.4 Muu tuotanto

Tove Jansson on kuvittanut omien kirjojensa lisäksi myös muiden kirjoittamia kirjoja: Solveig von Schoultzin Nalleresan (1944), J.R.R.Tolkienin Lohikäärmevuori (Bilbo – en hobbits aventyr 1962) sekä Lewis Carrollin kaksi kirjaa Snarkjakten (1959) ja Liisan seikkailut ihmemaassa (1966). Jansson on kirjoittanut aiemmin mainittujen muumikirjojen lisäksi yhteensä 10 kertomuskokoelmaa ja pienoisromaanina, jotka luokitellaan aikuisten kirjallisuudeksi. (Kivi 2000, 15.)

Jansson on tehnyt useita satoja öljymaalauksia ja kirjankuvituksia. (KIVI 2000, 15) Janssonin 1930-luvulla alkanut näyttelyinto laimeni 1950-luvulla ja se romahti lähes tyystin

1960-luvulla. Hänen uusi kausi kuvataiteilijana alkoi 60-luvun jälkipuoliskolla, jolloin hänen värikäs figurativisminsa muuttui kohti täydellistä nonfigurativismia. Tove Jansson oli palkittu kuvataiteen, kirjallisuuden ja kulttuurialan vaikuttaja. Myös Ruotsin akatemia palkitsi hänet kahdesti. (Kivi 2000, 14-15.)

3 Kokoelman hoito ja käyttö

3.1 Yleistä kokoelmien käytöstä

ICOM:n (International council of museums) Museotyön eettisten sääntöjen mukaan museo ja sen kokoelmat on oltava kaikkien kansalaisten saavutettavissa kohtuullisiksi katsottavina aikoina ja säännöllisesti. Edelleen säännöt edellyttävät, että museoilla on velvollisuus säilyttää ja edistää kokoelmiaan suojatakseen kulttuurillista ja tieteellistä perintöä. Museoiden tulee taata kokoelmien saatavuus julkiseen käyttöön ja säilyminen tuleville sukupolville mahdollisimman hyvin ja turvatusti. Näyttelyiden on oltava sopusoinnussa museon tehtävän, toimintatapojen ja tarkoituksen kanssa. Ne eivät saa olla ristiriidassa kokoelmien laadun kanssa tai vaarantaa niiden hoitamista ja säilyttämistä. (ICOM Museotyön Eettiset Säännöt, 2004.)

Kohteiden konservoinnin tarkoituksena on edistää säilymistä, mahdollistaa niiden käyttö sekä turvata niiden esteettisyyttä. Kohteen ikääntymisen hidastaminen lisää sen käytettävyyttä. (Appelbaum 2007, xxvi-xxvii.) Teokset eivät ole pelkästään taideobjekteja vaan ne kertovat myös aikansa materiaalisesta ja ei-materiaalisesta kulttuurista (Appelbaum 2007, 4-5). Esimerkiksi piirustus koostuu aikakautensa paperista ja merkintäaineista, yleisesti ottaen materiaaleista. Se kertoo tekijästä, menetelmästä ja materiaalivalinnoista. Ja edelleen historiasta, teokseen liittyvistä muista kohteista ja niiden historiasta sekä yleensä kulttuurista. (Appelbaum 2007, 11.) Piirrosta ei voi käsitellä pelkästään kuvana, koska piirretty kuva vaatii aina pohjan, jolle se tehdään. Tässä työssä käsitellään tussipiirroksia, joiden pohjana on paperi, jonka säilyminen on edellytys alkuperäisen piirroksen säilymiselle. Paperi ikääntyy luonnostaan, mutta on myös pohdittava mikä on juuri se ikääntymistä joka tapauksessa kiihdyttävä käyttöaste, jolla voidaan varmistaa kuvan säilyminen paperilla mahdollisimman pitkään, mutta myös esitellä kohdetta yleisölle.

Teoksille on mahdollista määrittää rajoitettuja näytteillä oloaikoja muun muassa niiden valoherkkyyden takia, johon syynä voi olla esimerkiksi merkintäaineiden tai teoksen jonkin muun osa-alueen rakenteen ja materiaalin herkkyys ja ikääntyminen. Vuonna 2008 Ateneumin taidemuseossa oli näytteillä japanilaisia puupiirroksia 1800-luvulta, jotka olivat esillä noin 6 viikkoa, jonka jälkeen teokset vaihdettiin (www.ateneum.fi, näyttelyarkisto). Keväällä 2017 Berliinin Gemäldegaleriessa esiteltiin musteella paperille tehtyjä luonnoksia 1500-1600-luvuilta ja teokset vaihdettiin noin 2-3 viikon esilläolon jälkeen. (www.smb.museum, ausstellungen). Nämä kyseiset kohteet ovat erittäin herkkiä, mutta kuitenkin esimerkkejä siitä, että teos- ja kokoelmakohtaisesti on mahdollista määrittää tiukkojakin rajoitteita.

3.2 Muumikokoelman lahjoitus Tampereen taidemuseolle

Tove Jansson, Tuulikki Pietilä ja Pentti Eistola lahjoittivat noin 2200 alkuperäistä muumiteosta käsittävän kokoelman Tampereen taidemuseolle vuonna 1986 (Rämö 2011). Lahjoitus sisälsi valtaosan alkuperäisistä satu- ja lehtikuvituksista (Kivi 2000, 15). Lahjoituksen ehdoissa on mainittu muun muassa, että ”kokoelma sijoitetaan ja asetetaan näytteille Tampereen uuteen kaupunginkirjastoon kunnostettaviin ... tiloihin, kunnes kokoelmalle voidaan osoittaa vastaavan tasoinen, sen arvon ja laadun edellyttämä pysyvä tila...” (Rämö 2011).

Tampereen taidemuseon Muumilaakso aloitti toimintansa toukokuussa 1987 (Kivi 2000, 9). 1990-luvulla elettiin muumibuumia ja esimerkiksi vuonna 1992 muumimuseossa vieraili lähes 150000 ihmistä (Kivi 2000, 75). Väliaikainen Muumilaakso toimi kaupungin kirjasto Metson alakerrassa noin 25 vuotta, josta se muutti väliaikaisiin tiloihin Tampereen taidemuseon alakertaan (Vesanummi, 2013). Kesäkuussa 2017 avattiin Tampere-talossa uusi Muumimuseo, jossa yhdessä keskeisessä roolissa ovat Tove Janssonin piirtämät alkuperäiset muumikuvitukset. Pysyvässä näyttelyssä teokset tulevat olemaan esillä noin 3 vuotta. Museossa on kaiken kaikkiaan esillä noin 400 teosta, kuvaelmat ja muut teokset mukaan lukien. (Saarinen 2017.)

3.3 Muumilaakson kokoelman sisältö

Tampereen taidemuseon Muumilaakson kokoelmaan kuuluu noin 2000 teosta. Muumi-aiheisia kuvituksia ja luonnoksia näistä on noin 1100 ja muita kuin muumi-aiheisia satukuvituksia on 261. Lehtikuvituksia on yli 400 ja ne ovat pääasiassa Garm-lehden kansii-

kuva- ja kuvituspiirroksia. Erilaisia muita luonnoksia on noin sata. Muumiaiheisista kuvituksista valtaosa on muumiromaanien kuvituspiirroksia (838), joista kirjoissa on julkaistu noin 500. Loput ovat toisintoja, kuva-aiheita, luonnoksia, kansikuvia ja niiden kuva-aiheita sekä luonnoksia. Tarinakohtaisesti tarkasteltuna julkaistujen kuvitusten osuus museon kokoelmissa vaihtelee suuresti. Osa tarinoista on täydellisiä kuvitustensa osalta, jostain puuttuu jopa puolet. (Kivi 2000, 76.)

Tove Janssonin alkuaikojen kuvituksista on originaaleja jäänyt painotaloihin, toimituksiin tai niitä on mahdollisesti ajautunut yksityiskokoelmiin. Erityisesti varhaiskauden (1929-33) Garm-piirroksista tekijä sai harvoin originaalejaan takaisin. (Kivi 2000, 15.) 1940-luvulla taiteilijat alkoivat yleisesti pyytää painotaloja palauttamaan originaalit ja usean Janssonin tekemän piirroksen taustalla onkin yhteystiedot, joko käsin kirjoitettuna tai leimana, usein myös palautuspyynnön kera. Jansson osasi myös vaatia painajilta teknisiä yksityiskohtia, jotta kuva tuli painettua taitelijan haluamalla tavalla. (Kruskopf 1992, 116.) Janssonin kuvituksissa on usein ohjeita kuvan ja tekstin suhteesta toisiinsa sekä muita painotekniikkaan liittyviä ohjeita. Sarjakuvista ei ole säilynyt originaalipiirustuksia, mutta Jansson on lahjoittanut Tampereen taidemuseolle originaaleja edeltävät lyijykynäluonnokset. (Kivi 2000, 15.)

Kuvakirjoihin liittyviä piirroksia on Tampereen taidemuseolla 33; luku sisältää kaikki Vaarallinen matka-kuvakirjan kuvitukset. Sen sijaan kuvakirjojen, Kuinkas sitten kävikään? ja Kuka lohduttaisi nytytiä? piirrokset puuttuvat lähes kokonaan ja kokoelmaan kuuluu ainoastaan 16 kuva-aihetta. Muumiaiheisista piirroksista noin 200 on sarjakuvapiirroksia edeltäviä lyijykynäluonnoksia, muutama kansikuva-aihe sekä niin sanottuja varhaisia kuva-aiheita ja luokittelemattomia muumikuvituksia. (Kivi 2000, 77.) Kansikuvapiirrosten tekniikka on ollut guassi ja tussi (Kivi 2005, 59).

Muumiromaanien kuvituksista valtaosa on tussipiirroksia paperille tai kartongille (753 / 90%) ja 48 niistä (6%) on guassi- ja vesiväritöitä. Taikatalvi-kirjan piirroksissa Tove Jansson käytti raapetekniikkaa. Tällä tekniikalla tehtyjä kuvituksia on 10, Taikatalven lisäksi yksi Muumipapan urotytöt-kirjan kansikuva. Taikatalven luonnoksissa on tussin sijasta käytetty kuivamustekynää kahdeksassa kuvituksessa. Muut muumiromaanien kuvitustöistä ovat laveerauksia, laveeraus- ja tussitöitä tai ne on tehty lyijykynällä paperille. (Kivi 2000, 77.)

Muumiteosten lahjoituskokoelman merkittävyyttä Tampereen taidemuseolle kuvaa se, että se johti uuden taidemuseon alaisen yksikön, Muumilaakson syntymiseen vuonna 1986. (Tampereen taidemuseon kokoelmapoliittinen ohjelma 2.0 2012, 8).

Moomin Characters omistaa myös kuvitusoriginaaleja, joita yhtiö lainaa näyttelyihin eri puolille maailmaa. (Kangasmäki-Kurtti 2017)

3.4 Muumikokoelman suosio

Muumit ovat aina olleet suosittuja sekä kansallisesti että kansainvälisesti, ja ne ovat haluttuja lainakohteita. Kuvituksia ja kuvaelmia on ollut lähes jatkuvasti esillä Tampereen taidemuseon tiloissa, mutta ne ovat myös kiertäneet näyttelyissä maailmalla. Näyttelyitä on ollut ainakin 1970-luvun lopulta lähtien, mukaan lukien useampi noin vuoden mittainen kiertonäyttely ulkomailla. Liitteessä 2 on luettelo kirjallisuudesta löytyneistä muumiteosten näyttelylainatiedoista. Lisäksi kohteissa, joissa ei voida taata museaalisia olosuhteita kiertää digigrafie-reproduktionäyttely. (Tampereen museotoimi toimintakertomus 2010.)

4 Paperin rakenne ja koostumus

Tässä työssä keskitytään konevalmisteiseen paperiin, koska se on ollut pohjana Tove Janssonin 1940-1970-lukujen välisenä aikana tekemille muumikirjojen alkuperäispiirroksille.

Paperi on verkkomainen rakenne, joka koostuu toisiinsa sitoutuneista kuiduista ja kuitufragmenteista. Paperissa on paljon muita komponentteja ja kuitujen lisäksi nämä kaikki vaikuttavat paperin ominaisuuksiin. Kuituihin ja niiden kemialliseen koostumukseen vaikuttaa paperimassan valmistusprosessi sekä massan mahdollinen valkaisu. (Heikkuri-nen 1999, 19.) Paperi voi olla arkki- tai rullamuodossa ja se koostuu luonnon- ja/tai tekkokuiduista. Lisäksi siinä voi olla pigmenttejä, liima-, täyte-, väri-, ym. aineita. Paperi voi olla päällystetty tai muilla tavoin joko valmistuksen aikana tai se jälkeen käsitelty. (Knuutinen 1997, 1.)

Euroopassa paperia valmistettiin alun perin käsin kasvikuuduista, kuten pellavasta, hampusta tai puuvillasta. Raaka-aine saatiin lumpuista ja sitä kutsutaankin lumppumassaksi sekä siitä valmistettua paperia lumppupaperiksi. Aluksi lumput olivat pellavaa ja hampua, myöhemmin myös puuvillaa. (Crespo, Vinas 1989, 1.) Länsimaissa lähes kaikki paperi valmistettiin vuoteen 1845 saakka lumppumassasta ja 1800-luvun puolivälissä tuli paperin valmistuksessa raaka-aineena käyttöön puu. Tuolloin alettiin myös paperin kasvavan kysynnän vuoksi siirtyä käsin valmistusta paperista konevalmistamiseen. (Putkonen 1997, 255.)

4.1 Paperin pääkomponentit

Paperin kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä reagointiin veden kanssa vaikuttaa kolme tekijää: selluloosa, hemiselluloosa ja ligniini. Näiden kolmen eri komponentin pitoisuudet vaihtelevat paperin raaka-aineesta riippuen. Selluloosaa on käsittelemättömissä puukuiduissa karkeasti 45%, niinikasvien kuiduissa 60-70% ja puuvillassa yli 90%. Hemiselluloosapitoisuus on puu- ja niinikuiduilla suhteellisen korkea, kun taas puuvillassa sitä ei ole juuri lainkaan. Ligniinipitoisuus on puukuiduilla korkein, noin 30%. Puu- ja niinikuidut sisältävät lisäksi uuteaineita, kuten rasvahappoja ja hartseja. Puuvillan pinnassa on vahoja ja pektiinejä, jotka suojaava kuituja hapettumiselta. Näitä on myös pellavalla. (Brückle 2011, 122-123.)

4.1.1 Selluloosa

Selluloosa on hiilihydraatti ja paperikuitujen tärkein komponentti (Knuutinen 1997, 4). Se koostuu polysakkaridimolekyylien muodostamista polymeeriketjuista, joiden väliset glukosidokset ovat vakaita neutraaleissa ja kohtuullisen emäksisissä ympäristöissä. Happamissa olosuhteissa ketjujen väliset sidokset alkavat vaurioitua. Vaurioituminen tapahtuu kiihtyvästi ja se lisää selluloosan happamoitumista. Polysakkaridimolekyylit pilkkoutuvat, jolloin niiden molekyyliaino eli polymerisaatioaste pienenee. (Fellers, Iversen, Lindström, Nilsson, Rigdahl 1989, 40.)

Selluloosakuitujen molekyyliarakenteen ketjut voivat olla kuidussa paremmin tai huonommin järjestäytyneinä. Järjestäytyneitä alueita kutsutaan kiteisiksi ja vähemmän järjestäytyneitä amorfisiksi alueiksi. Näiden amorfisten alueiden kautta tapahtuu helposti kosteuden, veden ja kemikaalien tunkeutumien kuituihin. Myös kuidun vaurioituminen pääsee

helpommin alulle amorfisten alueiden kautta. Pitkät ketjut saattavat kulkea myös monien peräkkäisten kidealueiden läpi ja sitoa niitä toisiinsa. Paperin käsittelymenetelmät, kuten pesu, vaikuttavat selluloosan kiteisyysasteeseen. (Knuutinen 1997, 6.) Kiteistä aluetta on kasvilajista riippuen noin 60%-75%. Tämä tarkoittaa, että selluloosa on suhteellisen reagoimaton kemiallisten käsittelyiden suhteen ja liukenee vain erittäin harvoihin liuottimiin. (Alen 2000, 35.) Selluloosan molekyylikoko on suuri. Esimerkiksi puuvillan selluloosakuidun polymerisaatioaste on noin 10000, kun taas puun selluloosalla se on noin 8000. (Havermans 1995, 8-9.)

4.1.2 Hemiselluloosa

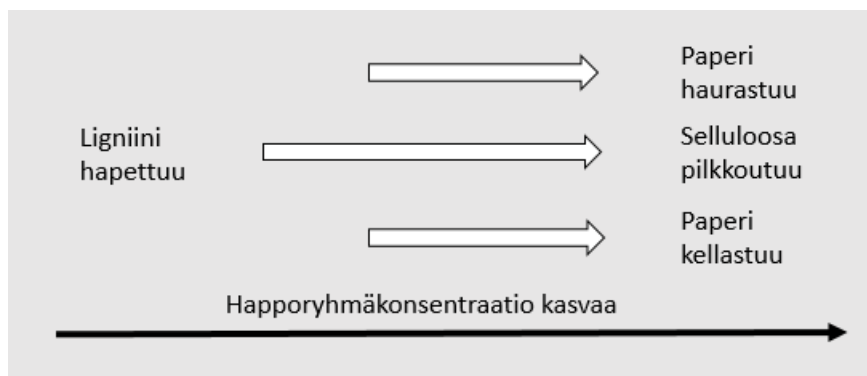
Myös hemiselluloosa on polysakkaridi ja se on merkittävä osa kuitujen soluseinämässä. Hemiselluloosa on yleensä veteen liukenematon, mutta emäksisissä olosuhteissa, kuten emäksisen massankäsittelyn yhteydessä se yleensä liukenee. Hemiselluloosaketjujen rakenne vaihtelee muun muassa puulajien mukaan ja sen polymeerirakenteen ketjun pituus on selluloosaan verrattuna pieni. (Knuutinen 1997, 7.) Hemiselluloosa edistää paperin valmistuksessa kuitujen turpoamista ja edelleen kuitujenvälisiä sidoksia arkinmuodostuksessa. Se tekee kuiduista joustavampia ja venyvämpiä, edistäen paperin lujuutta. Toisaalta hemiselluloosan sisältämät happoryhmät myötävaikuttavat kuitujen kemiallisen reaktiivisuuden kasvamiseen ja edelleen siis paperin vaurioitumiseen. (Brückle 2011, 123-125.) Hemiselluloosan rakenteen glukoosisidokset ovat 6-10 kertaa reaktiivisempia selluloosan sidoksiin verrattuna (Fellers, Iversen, ym. 1989, 40.).

4.1.3 Ligniini

Ligniiniä on kuitujen solujen seinämässä. Se lisää soluseinämien lujuutta sekä estää veden kulkeutumista niiden läpi (Isotalo 2004, 50). Ligniini on luonteeltaan hydrofobinen eli vettähylkivä (Brückle 2011, 125). Ligniiniä esiintyy lehti- ja havupuissa sekä useissa kasveissa. Havupuissa ligniiniä on noin 30% ja lehtipuissa noin 25%. (Havermans 1995, 14.) Ligniini on suurimolekyylinen yhdiste ja sen koostumus vaihtelee alkuperän mukaan. Se ei kuulu hiilihydraattien ryhmään vaan sisältää aromaattisia yhdisteitä. Ligniini on pelkästään amorfinen rakenteeltaan ja hyvin herkkä hapettumaan. Hapettumistuotteet ovat väriltään kellanruskeita. (Knuutinen 1997, 8.) Ligniiniä on sekä happoliukoista että happoon liukenematonta (Hausalo 1999, 120). Sillä on lähinnä haitallinen vaikutus paperin laatuun ja sen ensimmäinen näkyvä vaikutus paperissa on kellastuminen. Myöhemmin

ligniinin hapettumisen vaikutuksesta kuitujen sidokset alkavat hajota ja paperi haurastuu. (Putkonen 1997, 255.)

Ligniinillä voi olla useanlaisia reaktiivisia ryhmiä ja se on sitoutunut lujasti hemiselluloosaan. Koska ligniini yleensä peittää puukuidun pinnan, se estää niiden turpoamisen. Tämä edelleen estää kuituja sitoutumasta toisiinsa ja paperista tulee heikkoa. Mitä korkeampi on ligniinipitoisuus, sitä jäykempää paperi on. Tämä tekee ligniinipitoisesta paperista myös hauraampaa sen rikkoutuessa ilman venymää. Puuvillakuiduissa ei ole ligniininä. (Brückle 2011, 123-125.) Kuvan 1 kaaviossa on yksinkertaistettuna ligniinin hapettumisesta seuraavat vaiheet.



Kuva 1. Ligniinin aiheuttamat reaktiot paperissa. Reaktioita ei voi pysäyttää.

Paperin happoryhmäkonsentraatio pienenee ligniinipitoisuuden pienentyessä. Teollisessa paperinvalmistuksessa ligniinipitoisuutta määritellään kappaluvulla, (Brückle 2011, 135.) joka ei kuitenkaan suoraan kerro paperimassan ligniinipitoisuutta, vaan tulos riippuu puuraaka-aineesta ja ligniininpoistoprosessista. Kappalukua mitataan kemiallisesta massasta asteikolla 5...100. (Hausalo 1999, 122.) Ligniini toimii paperissa myös tavallaan antioksidanttina, kun se eliminoi radikaaleja, jotka muuten vaurioittaisivat selluloosaa. Näin se suojaa selluloosaa hapettavilta vaurioilta aiheuttavilta reaktioilta. Toisaalta tämä tarkoittaa, että ligniini hapettuu ja tuloksena tästä on värillisten yhdisteiden sekä happamien johdannaisien muodostumista, jotka taas merkittävästi vaurioittavat selluloosaa. DIN/ISO Standardi 9706 (2009) määrittääkin, että säilyvä paperin tulee olla ligniinivapaata (kappaluku <5). Kvalitatiivisesti ligniinin läsnäoloa paperissa voidaan tutkia Floroglusini-väri-indikaattoriliuoksella. (Brückle 2011, 126.)

Ligniininpoisto tekee kuiduista huokoisempia. Käsittelemätön puuvillaselluloosa, jossa ei ligniiniä juuri ole, on tiheämpää ja sillä on pienempi vedenläpäisykyky kuin puhdistetulla

puukuitumassalla. Paperin veden absorptiokyky on suhteessa kuitujen absorptiokykyyn. (Brückle 2011, 132-134.) Ligniinivapaan paperin valmistus alkoi 1970-luvulla ja laajeni edelleen 1980- ja 1990-luvuilla (Laamanen 1999, 250).

4.2 Lisäaineet paperissa

2000-luvun alussa paperin kuitupitoisuus on ollut keskimäärin noin 70%. Se on laskenut päällystetyn paperin ja kartongin tuotantomäärien lisääntyttyä (Holmbom, Stenius 2000, 143.) sekä myös taloudellisista syistä. Paperi lopputuotteena vaatii käyttötarkoituksesta riippuen erilaisia lisäaineita ja käsittelyjä (Turner 1998, 24).

Täyteaineet ovat hienojakoisia mineraaleja tai kemiallisesti valmistettuja aineita, joiden tarkoitus on parantaa paperin optisia ominaisuuksia, opasiteettia eli läpinäkymättömyyttä ja/tai painettavuutta. Sopivalla täyteainevalinnalla voidaan parantaa paperin säilyvyyttä, josta esimerkkinä on 1980-luvulla käyttöön otettu massan neutraaliliimaus ja emäksinen kalsiumkarbonaatti täyteaineena. Kaikki täyteaineet eivät kuitenkaan paranna säilyvyyttä ja paperin lujuutta, päinvastoin. (Knuutinen 1997, 8.) Kalsiumkarbonaatin lisäksi muita täyteaineita ovat esimerkiksi kaoliini, titaanioksidi ja metyyliiselluloosa (Turner 1998, 25). Paperimassaan lisättävällä massaliimalla tavoitellaan muun muassa lopputuotteen nesteabsorption vähentämistä sekä kuiva- tai märkäljuuden lisäämistä (KnowPap 15.0 Täyteaineet). Massaliimoina käytettiin ennen hapanta alunahartsiliimaa, mutta 1980-luvulta lähtien on otettu käyttöön neutraalimpia synteettisiä materiaaleja. Paperiin lisätään usein myös pintaliima, jolla vaikutetaan esimerkiksi paperin painatusominaisuuksiin. Pintaliimoja ovat muun muassa gelatiini, tärkkelykset ja selluloosajohdannaiset. (Turner 1998, 24; Knuutinen 1997, 8.) Pintaominaisuuksia parantamaan voidaan käyttää paperin päällystystä, jonka pääkomponentteja ovat pigmentit, synteettiset sideaineet sekä tärkkelys. Tärkkelys on yleensä muunnettu hydrolyysin tai hapettumisen avulla. (Holmbom, Stenius 2000, 143.)

Edellä mainittujen lisäksi nykyaikaisessa paperinvalmistuksessa käytetään satoja muita lisäaineita, retentioaineita, jotka minimoivat kuiva-aineiden huuhtoutumisen prosessin aikana, väriaineita, vahoja, paloa hidastavia aineita, optisia kirkasteita, pinta-aktiivisia lisäaineita, valmistusprosessia helpottavia vaahtoamisenestoaineita ja biosideja (Holmbom, Stenius 2000, 147).

4.3 Paperin valmistusmenetelmät

Ennen 1800-luvun puoliväliä paperia valmistettiin käsin pääosin puuvilla- ja pellavapohjaisista kuitumateriaaleista. Keskiajalla pellava- ja puuvillalumppu oli hyvin puhdasta selluloosaa ja kun lumppumassa vielä esikäsiteltiin kalkkipitoisessa emäksisessä vedessä, oli lopputuloksena kestävä paperi. (Verso Technical Bulletin 2016.) Lumppupaperi pintaliimattiin usein gelatiinilla. Valmistusprosessin johdosta paperissa oli emäsreservi eikä täyteaineita tuolloin juuri käytetty. 1700-luvulla keksitty kloorivalkaisu aiheutti paperissa hapettumisreaktion ja heikensi sen säilyvyyttä. 1800-luvun alkupuolella keksittiin hartsialunapintaliimaus, joka happamoitti paperia ja aiheutti sisäsyntyisen vaurioreaktion paperiin. (Fellers, Iversen, ym. 1989, 11-12.)

Paperin kulutuksen kasvu toi tarpeen kehittää uusia valmistusmenetelmiä ja puupitoisen, konevalmisteisen paperin tuotanto alkoi 1800-luvun puolivälissä. Valmistusprosessit ja/tai raaka-aineet olivat aina 1980-luvulle saakka happamia. Esimerkiksi paperia happamoitettavaa hartsialunaliimausta käytettiin 1900-luvun puolivälin yli (Havermans 1995, 6.) ja paperin neutraaliliimaus kehitettiin vasta 1950-luvulla (Laamanen 1999, 250). 1970-luvulla alettiin paperiin myös lisätä happamuutta vähentäviä kalsiumpohjaisia täyteaineita (Smith 2011, 342). Ja 1980-luvulta lähtien on siirrytty neutraaliin tai hieman emäksiseen pintaliimaukseen ja myös emäksisen kalsiumkarbonaatin käyttö täyteaineena on mahdollista (Havermans 1995, 17).

Nykyään paperi valmistetaan useimmiten puukuidusta, kuten mänty, kuusi, lehtikuusi, koivu, eukalyptus, pyökki, poppeli ja tammi. Havupuukuidut ovat pidempiä kuin lehtipuiden kuidut, ja näiden välillä on myös kemiallisia eroja. Paperinvalmistuksessa selluloosakuidut on ensin irrotettava toisistaan. Erottelu voidaan tehdä mekaanisesti ja/tai kemiallisesti. (Havermans 1995, 7)

Paperimassan valmistuksessa tavoitteena on: (Brückle 2011, 127.)

1. erottaa kuidut toisistaan
2. poistaa ei-toivotut ainekset, kuten ligniini, lika sekä uuteaineet
3. turvottaa kuituja, joka edesauttaa valmistusprosessia

Paperi voi olla valmistettu sekä kemiallisesta että mekaanisesta massasta ja niiden väli-muodoista (Verso Technical Bulletin 2016, 3). Erilaisia massoja myös sekoitetaan keskenään, jotta saavutetaan paperille halutut ominaisuudet.

4.3.1 Mekaaninen massankäsittely

Mekaanisissa massanvalmistusmenetelmissä puun ligniini pehmitetään veden, lämmön ja mekaanisen rasituksen avulla ja puusta ei pyritä liuottamaan mitään. Kun puumateriaali on heikentynyt riittävästi, irtaantuu siitä kuitukimppuja ja yksittäisiä kuituja sekä niiden fragmentteja. Mekaanisen massan kuidut sisältävät paljon ligniiniä, mikä tekee niistä jäykkiä ja huonosti sitoutuvia. Mekaanisten massojen kuitujakaumalle on ominaista pitkien kuitujen vähyys ja runsas hienoaineen määrä. Puuraaka-aineena käytetään usein kuusta. (KnowPap 15.0.) Tällä menetelmällä valmistettavaan paperiin lisätään usein valmistusvaiheessa esimerkiksi kemiallisesti valmistettua massaa parantamaan sen lujuutta. (Havermans 1995, 14-17.) Mekaanisesta massasta valmistettu paperi on lujuusominaisuuksiltaan heikompaa ja sen värin säilyminen sekä ikääntymisominaisuudet ovat huonommat kuin kemiallisesta massasta valmistetulla paperilla (Verso Technical Bulletin 2016).

4.3.2 Kemiallinen massankäsittely

Kemiallisessa massankäsittelyssä kuituja toisiinsa sitova ligniini poistetaan lähes kokonaan, jotta kuitujen irrottaminen toisistaan tapahtuisi helpommin. Perinteiset kemialliset massat ovat sulfiitti- ja sulfaattiprosessilla valmistettuja. (Havermans 1995, 14-17.)

Sulfiittiprosessi dominoi kemiallisessa massanvalmistuksessa 1800-luvun lopulta 1950-luvulle asti. Sulfiittimassaa käytettiin esimerkiksi korkealaatuisten tulostus- ja kirjoituspaperien valmistamiseen. Koska sulfiittikäsittely on hapan, hemiselluloosa ei liukene käsittelyn aikana. (Havermans 1995, 14-17.) Sulfiittimassaprosessi kehitettiin 1800-luvun puolivälissä ja vasta 1950-luvulla sulfaattiprosessista tuli käytetympi. Sulfiittimassan keitto tapahtuu hyvin vaihtelevissa olosuhteissa aina hyvin happamasta (pH 1-2) aina vahvasti emäksisiin (pH 13-14). Menetelmän haasteena on korroosio, jolle prosessilaitteistot altistuvat. Hemiselluloosan säilymisen lisäksi menetelmän etuna oli hyvä tuotteen vaaleus sekä helppo valkaistavuus. Kuidut ovat myös pehmeitä ja joustavia, mutta tämä on seurausta hiilihydraattien happamasta hydrolyysistä. Menetelmä on ympäristöä kuormittavaa ja siinä on myös rajoitteita puunkäytön suhteen: Mäntyä ei voi keittää pH:n ollessa alle 4. (Theliander, Paulsson, Brelid 2002, 107-111.)

Sulfaattimassankäsittely tapahtuu emäksisissä olosuhteissa. Valmistettava massa on lujempaa, mutta vaikeammin valkaistavissa, joten sitä on käytetty enemmänkin lujuutta vaativissa tuotteissa. Valkaisuprosessien kehityksen myötä sulfaattimassasta on tuotettu

myös korkealaatuisia tulostuspapereita ja kirjoituspapereita. Emäksisen käsittelyn läpikäyneessä lopputuotteessa on vähemmän hemiselluloosaa. (Havermans 1995, 14-17.) Sulfaattimassan puuraaka-aineena käytetään pääosin kotoperäistä kuusta, mäntyä ja koivua (Seppälä 2001, 75).

Kemimekaanisen massan raaka-aineena käytetään yleensä lehtipuuta. Puuta käsitellään lievästi kemiallisin keinoin, jolloin kuitujen väliset sidokset heikkenevät. Tämän jälkeen mekaaninen käsittely voidaan tehdä varovaisemmin kuin varsinaisessa mekaanisessa massan käsittelyssä. Käsittely tapahtuu neutraalisulfiittimenetelmällä, jolloin saavutetaan korkea hemiselluloosapitoisuus. Lyhyet ja jäykät lehtipuukuidut antava massalle ominaisuuksia, jotka soveltuvat jäykkien papereiden ja kartonkien valmistukseen. (Seppälä 2001, 73-74.)

4.3.3 Paperin valkaisu

Paperin valkaisun tarkoituksena on parantaa massan vaaleutta ja puhtautta poistamalla massan värillisiä aineita. Väriä voidaan myös vaalentaa poistamatta sen aiheuttajaa. (Seppälä 2001, 122.) Puupitoisen paperimassan valkaisuun liittyy yleensä vahvasti haittavia kemiallisia yhdisteitä (Brückle 2011, 129).

Mekaaninen massa vaatii usein valkaisun, jotta haluttu vaaleustaso saavutetaan. Sitä ei kuitenkaan yleensä pyritä saamaan täysin vaaleaksi, koska se sisältää runsaasti värillisiä yhdisteitä ja usein käytetäänkin väriä vaalentavaa käsittelyä värillisten aineiden poiston sijaan. Mekaanisen massan valkaisuun käytetään pelkistävää ditioniittivalkaisua tai hapettavaa peroksidivalkaisua tai näiden yhdistelmiä. (Seppälä 2001, 53.) Mekaanista massaa ei ennen valkaistu vaan hienoaineksen valonsirontaominaisuutta käytettiin hyväksi tuottamaan riittävä kirkkaus. Tällainen paperi kellastuu nopeasti. 1900-luvun lopulla mekaanista massaansa valkaistiin pääasiassa vetyperoksidilla. (Havermans 1995, 14-17.)

Kemialliset massat valkaistaan aina poistamalla värillisiä aineita (Seppälä 2001, 122). Valkaisuprosessi on monimutkainen, koska jokaisen valkaisu vaiheen jälkeen tehdään emäskäsittely poistamaan paperia vaurioittavia tekijöitä. 1900-luvun puolivälissä käytettiin mm. hypokloriittikäsittelyä kloorivalkaisun jälkeen. 1970-80-luvuilla käytettiin erilaisia klooripitoisia tuotteita monivaiheisessa valkaisussa. (Havermans 1995, 14-17.) Herkästi ligniinin kanssa reagoiva kloori paperin valkaisussa oli käytössä lähes koko 1900-luvun.

Kloorista on kuitenkin luovuttu sen ympäristövaikutusten takia. Sulfaattisellua alettiin valkaista 1970-luvulla hapella tai vetyperoksidilla. (Theliander, Paulsson, ym. 2002, 197-200.) Täysin kloorivapaassa valkaisu prosessissa käytettäviä aineita ovat otsoni, vetyperoksidi, entsyymit ja peroksidihapot (Seppälä 2001, 126). Otsoni on tehokkaampi jäänösligniinin poistaja kuin peroksidi. Kloorivapaan valkaisun heikkoutena on ollut, että massan lujuudet eivät ole yhtä hyvät kuin klooridioksidivalkaistun massan. (KnowPap 15.0.) Valkaisu prosessi poistaa osan myös selluloosasta ja erityisesti se vaikuttaa selluloosaketjujen pituuteen niitä pilkkoen. Massankäsittely ja valkaisu vaikuttavat soluseinämiin lisäten amorfisia ja vähentäen kiteisiä alueita. Selluloosa on näin alttiimpi ympäristön vaikutuksille. Valkaisu prosesseja pystytään nykyisin kuitenkin hallitsemaan paremmin ja näin ollen selluloosahävikkiä sekä vauriotekijöitä pystytään paremmin välttämään. (Brückle 2011, 130.)

5 Paperin vaurioituminen

Paperin valmistusmenetelmien ja raaka-aineiden variaatioita on loputtomasti, joten yksiselitteistä tietoa paperin ikääntymisestä ja vaurioitumistekijöistä ei voida nimetä. Vanhin tunnettu paperi on yli 1800 vuotta vanha Kiinasta löydetty käsikirjoitus, ja hyvä kuntoisia, satoja vuosia vanhoja käsikirjoituksia on säilynyt näihin päiviin saakka runsain määrin. Paperin vaurioituminen on monimutkainen tapahtuma, jonka aiheuttaa yhdessä tai erikseen fysikaaliset ja kemialliset reaktiot. (Björdal 1999, 145-146.)

Paperin ikääntymiseen liittyviä tekijöitä alettiin ymmärtää 1900-luvun alkupuolella, (Fellers, Iversen, ym. 1989, 11-12) ja tähän on varmasti vaikuttanut 1800-luvun puolivälissä alkanut puupitoisen paperin tuotanto, happamat pinta- sekä massaliimat ja näiden vaurioitumista kiihdyttävä ominaisuus. Vaurioitumismekanismia on pystytty havaitsemaan aiempaa lyhyemmällä käyttöiällä.

1800-luvun puolivälin jälkeen valmistettu puupitoinen paperi on lisääntyvien raaka-aineiden ja kompleksisemmän valmistusprosessin takia alttiimpaa vaurioitumiselle ikääntyessään (Whitmore 2011, 221). Ennen 1800-lukua valmistetuissa loppupapereissa pH-taso määräytyi lähinnä sillä, minkälaista vettä massankäsittelyssä käytettiin. Jos loppuja keitettiin emäksisessä vedessä kuitujen irrottamiseksi, oli paperikin yleensä pH:ltaan emäksinen. (Verso Technical Bulletin 2016, 3.)

Raaka-aineiden lisäksi säilytysolosuhteet on merkittävä tekijä paperin vaurioitumisessa. Korkea kosteus sekä lämpötila kiihdyttävät kemiallisia reaktioita ja vaurioitumista, ja näiden olosuhteiden vaihtelu kiihdyttää prosesseja vielä entisestään (Fellers, Iversen, ym. 1989, 20). Vaurioitumisalttiuteen voidaan vaikuttaa paperin tuotannon aikana esimerkiksi lisäämällä paperiin emäsreservi ja käyttämällä puhdasta selluloosaa, esimerkiksi puuviljaa. Emäsreservi on tärkeämpi tekijä kuin paperin pH-taso. Jos paperi sisältää muutamaa prosenttia kalsiumkarbonaattia, toimii se puskurina ilman epäpuhtauksien aiheuttamaan vaurioitumista vastaan. (Fellers, Iversen, ym. 1989, 8.) Toisaalta liian korkea emäspitoisuus aiheuttaa kuiduissa turpoamista, pilkkoo selluloosaketjuja ja liuottaa merkittäviä ainesosia. Tästä syystä paperin pH pyritään pitämään korkeintaan hieman emäksisen puolella. (Whitmore 2011, 232.)

Ensimmäisenä indikaationa ennen paperikuidun mekaanisen lujuuden alenemista alkaa paperi kellertyä tai ruskistua. Seuraavassa vaiheessa selluloosan pilkkoutuminen on edennyt niin pitkälle, että paperi alkaa menettää lujuusominaisuuksiaan. (Knuutinen 1997, 18.) Paperin lujuus muodostuu itse kuiduista sekä niiden välisistä sidoksista. Paperin ikääntyessä lujuuden menetys tarkoittaa selluloosaketjun katkeamista ja pituuden pienenemistä. Katkeaminen tapahtuu rakenteen amorfisella alueella. Erittäin hauraassa paperissa lähes kaikki amorfiset selluloosaketjut voivat olla katkenneet. (Whitmore 2011, 221.)

Selluloosaketjun katkeamisessa paperissa tapahtuu fysikaalisia muutoksia, joiden seurauksena muodostuu uusia yhdisteitä. Ketjujen katkeaminen tapahtuu todennäköisemmin jo aiemmin katkenneissa ketjuissa, jolloin muodostuu selluloosafragmenteja. Jos pilkkoutuminen tapahtuu ketjun päässä, syntyy hajoamistuotteena glukoosia eli sokeita. Mitä pidemmälle pilkkoutuminen tapahtuu, sitä useampi ketju tuottaa fragmentteja ja glukoosia. Edelleen pienet ketjut ovat alttiimpia reaktioille. Jotkut näistä reaktioista tuottavat myös happamia hajoamistuotteita. Hajoamistuotteita syntyy lisää, paperi tulee happamammaksi ja selluloosa ketjujen pilkkoutuminen kiihtyy. Osa kemiallisista hajoamistuotteista muodostaa väriaineita ja voi johtaa esimerkiksi paperin kellastumiseen kauttaaltaan. (Whitmore 2011, 222.) Paperin kellastuminen ei siis ole aina riippuvainen ligniinipitoisuudesta.

Paperin ikääntyminen voi aiheutua yhdestä tai useammasta tekijästä, samanaikaisesti tai edellisen seurauksena, reaktio voi kiihtyä tai hidastua, muutos voi olla fysikaalinen tai

kemiallinen, aiheuttaja voi olla luonnollinen tai keinotekoinen. Paperin ikääntymiseen vaikuttaa sen sisäiset tekijät kuten kuitukoostumus, polymerisaatioaste ja valmistusmenetelmä. Ulkoisia ikäännyttäviä tekijöitä ovat mm. käyttö, ympäristötekijät ja säilytysolosuhteet. (Trobas 1987, 120.) Vauriot ovat yleensä palautumattomia.

5.1 Hydrolyysi

Merkittävin selluloosaketjujen pilkkoutumista aiheuttava tekijä on hydrolyysi, jonka aiheuttaa vesimolekyylien lisääntyminen rakenteessa. Vesimolekyyli muodostaa selluloosan happiatomin kanssa hydroksyyliyhmiä katkaisten selluloosaketjun ja edelleen katkaisukohtaan muodostuu aldehydiryhmiä. Hydrolyysi tapahtuu rakenteen amorfisella alueella, jonne vesimolekyyli mahtuu. (Whitmore 2011, 224.) Selluloosalla on taipumus sitoa vettä itseensä (Knuutinen 9, 1997) ja paperissa on normaali olosuhteissa noin 8% vettä (James, Corrigan, Enshaian, Greca 1997, 237). Suhteellisen ilman kosteuden (RH) lisääntyminen aiheuttaa kemiallisten reaktioiden, kuten hydrolyysin lisääntymistä paperissa. Lisääntynyt kosteus voi myös liuottaa paperiin epäpuhtauksia, jotka yhdessä kosteuden kanssa aiheuttaa sen happamoitumista. Paperi huokoisena materiaalina omaa runsaasti pinta-alaa sitoa kosteutta. (Ashley-Smith 1999, 177-178; Whitmore 2011, 225.)

Puhdasta selluloosaa sisältävässä paperissa ei juuri hydrolyysiä tapahdu, mutta jos paperissa on happoja tuottavia epäpuhtauksia, lisäaineita tai pintakäsittely, on olosuhteet suotuisat hydrolyysille. Selluloosan hydroksyyliyhmiä voivat muuttua karboksyylihapoiksi jo valmistuksen aikana, tai myöhemmin ulkoisten tekijöiden, kuten valon ja/tai ilmansaasteiden vaikutuksesta. Mitä enemmän happamia yhdisteitä on paperissa, sitä kiihtyvämällä tahdilla happamoituminen tapahtuu edelleen ja sitä nopeammin hydrolyysi pilkkoo selluloosaketjuja. Paperissa, jonka pH on 4 tapahtuu hydrolyysiä 1000 kertaa enemmän kuin samanlaisessa paperissa, jonka pH on 7. (Whitmore 2011, 225.) Korkeampi karboksyyliyhmiä määrä edistää ioninvaihtoa, ja siirtymäalkuaineiden, kuten raudan ja kuparin määrä voi lisääntyä paperissa. Tämä edelleen katalysoi hapettumista. Paperin valkaisu prosessit aiheuttavat myös karboksyyliyhmiä lisääntymistä. Klooriin perustuva valkaisu voi edistää paperissa happojen muodostumista. (Fellers, Iversen, ym. 1989, 19-20.)

Selluloosan hydrolysoituminen riippuu paperin kosteuspitoisuudesta sekä säilytystilojen kosteuspitoisuudesta ja lämpötilasta (Whitmore 2011, 227). Hydrolyysi voi aiheutua esimerkiksi metalli-ionijäämistä yhdessä rikin- tai typenoksidien kanssa. Nämä ilman epäpuhtaudet kiihdyttävät voimakkaasti hydrolyysiä ja hapettumisprosessia. (Fellers,

pahtuu esimerkiksi paperia valmistettaessa sulfaattikeittomenetelmällä. Päätepilkkoutumisen on todettu tapahtuvan helpoimmin hapettuneissa glukoosiyksiköissä. Korkea lämpötila edesauttaa päätepilkkoutumisen tapahtumista. (Knuutinen 1997, 10-11.) Mieto emäsluos ei reagoi yleensä selluloosan kanssa, mutta hapettuneelle selluloosalle se voi aiheuttaa reaktioita ja pilkkoa ketjuja (Whitmore 2011, 232).

Koska paperi hydrolysoituu helpommin happojen ja happamuuden vaikutuksesta, on emäskäsittelyihin toisinaan turvaututtu. On kuitenkin huomioitava, että päätepilkkoutumisen lisäksi emäskäsittelyt saattavat reagoida joidenkin merkintäaineiden kanssa epäsuotuisasti, varsinkin pH:n arvolla 8 tai sen yläpuolella. (Knuutinen 1997, 12-16.)

5.4 Mekaaninen vaurioituminen

Materiaalit ovat alttiina mekaaniselle vaurioitumiselle aina. Käsiteltäessä teos voi vaurioitua, esillä ollessa voi olla yllättäviä vaurioittavia tekijöitä, säilytystiloissa voi tapahtua vesivahinko tai tulipalo, jne. Mekaaninen vaurioituminen voi olla myös ympäristötekijöiden aiheuttamaa, esimerkiksi suurien olosuhdemuutosten tullessa kyseeseen.

Kun paperiin kohdistetaan energiaa, tapahtuu siinä muutoksia eli deformaatiota tai materiaalihukkaa, kuten repeämä, taite tai hankauma. Nämä vauriot ja deformaatiot ovat yleensä pysyviä. Paperin osittainen tai paikallinen kostuminen voi aiheuttaa paperiin kostean alueen rajapintaan lian kertymistä ja lisäksi kuitujen paikallisesta turpoamisesta aiheutuvaa kuormitusta, joka pahimmillaan voi aiheuttaa kuitujen katkeamista kostuneen ja kuivan alueen rajapinnassa. Katkenneet kuidut ovat taas alttiita kemiallisille reaktioille, kuten hapettumiselle. Yllättävä kosteuden nousu paperin pinnassa esimerkiksi ilmankosteuden nousun takia voi aiheuttaa paperin pintakerroksen turpoamista alempia kerroksia enemmän ja aiheuttaa näin jännityksiä paperin eri kerrosten välillä. (Whitmore 2011, 234-236.)

5.5 Värimuutos

Paperin värimuutos voi olla seurausta useista tekijöistä, kuten selluloosasta, hemiselluloosasta, ligniinistä, metalli-ioneista, liimoista, täyteaineista, valkaisumenetelmästä, painomusteiden pellavaöljystä, mikrobeista jne. (Knuutinen 1997, 16-18; Fellers, Iversen, ym. 1989, 101). Värimuutos aiheutuu näkyvää valoa absorboivien orgaanisten, reaktioalttiiden molekyylien syntyemisestä (Whitmore 2011, 238). Värimuutosta aiheuttavalla ok-

sidaatiolla tarkoitetaan hapettumista yleensä, ja foto-oksidaatiolla valon ja hapen aikaansaamaa yhteisvaikutusta (Knuutinen 1997, 16). Lämpö ja kosteus kiihdyttävät kemiallisia reaktioita, joten se kiihdyttää myös värimuutosta (Forsskåhl 2000, 298).

Paperin raaka-aineet vaikuttavat värinmuutokseen. Tapauskohtaisesti, valon aallonpituusalueesta riippuen esimerkiksi puhtaasta selluloosasta valmistettu paperi saattaa vaalentua, kun taas ligniinipitoinen selluloosa voi kellastua. (Clapp 1987, 33). Puukuitupitoinen paperi itsessään aiheuttaa kellastumista. Kellastumisen voi aiheuttaa myös ulkoiset tekijät, jos kohteen läheisyydessä tai kosketuksissa on hapan, ikääntynyt pahvi tai paperi. Puupitoinen hartsialunaliimattu paperi voi kellastua, vaikka säilytysolosuhteet olisivat optimaaliset. Värimuutokseen liittyy yleensä myös paperin lujuuden heikkenemistä. (Daniels 2011, 291-292.)

Väriä muodostavista atomiryhmiä, kromoforeja muodostuu hapettumisen seurauksena paperin eri komponenteissa. Selluloosalla, hemiselluloosalla ja ligniinillä on omat kromoforinsa ja ikääntymisen aiheuttamat muutokset saavat aikaan kromoforiryhmien muodostumista. (Knuutinen 1997, 16.) Hemiselluloosa on selluloosaa herkempi hapettumaan ja näin myös hemiselluloosaa sisältävä paperi on herkempi kellastumaan. Ligniini on hyvin reaktioherkkä ja sen rakenne sisältää sidoksia, jotka ovat itsessään voimakkaita kromoforeja. Näiden lisäksi ligniinin rakenteessa on sivuryhmiä, jotka luovat niitä lisää. (Knuutinen 1997, 16-17.) Myös rauta-ioneilla on todettu olevan yhteys kellastumisreaktioon (Forsskåhl 2000, 298). Valon aiheuttama energia voi toisaalta myös tuhota luontaisia kromoforeja, jolloin väri saattaa vaalentua (Forsskåhl 2000, 279). Erittäin korkea kosteus voi aiheuttaa paikallista värimuutosta, kuten foxingia (Whitmore 2011, 239- 240).

Materiaalissa voi tapahtua valon vaikutuksesta foto-oksidaatioreaktio. Valon energia indusoi kemiallisen hapettumisreaktion, joka aiheuttaa muutoksia molekyyliä. (Ashley-Smith 1999, 234.) Foto-oksidaatio voi altistaa paperin kromoforien syntymiselle ja värimuutokselle (Whitmore 2011, 239- 240). Kellastumista on tutkittu paljon, esimerkiksi ligniinipitoisen paperin on todettu kellastuvan laajalla aallonpituusalueella, kun taas jollain paperityypillä on todettu kellastumista juuri sinisen valon aallonpituusalueella 400-500nm. (Schaeffer 2002, 59-60.) Kellastumiseen ja värimuutokseen yleensä vaikuttaa niin monta muuttujaa, että selkeää nyrkkisääntöä tietyn aallonpituusalueen vaikutuksesta tiettyyn paperiin on vaikea löytää juuri kyseistä yksilöä testaamalla.

Hapan paperi on alttiimpi värimuutokselle kuin neutraali tai emäksinen paperi. Happamuus lisää glukoosimolekyylien syntymistä selluloosan hydrolyysin kautta ja nämä voivat muuttua väriä muodostaviksi yhdisteiksi. Happamat olosuhteet katalysoivat myös tätä muutosreaktiota. Värimuutos voi siirtyä teoksesta toiseen happamuuden siirtyessä il-mankosteuden tai happamien yhdisteiden välityksellä. Vastaava ilmiö on nähtävissä kir-jan sivujen reunojen värimuutoksena eli ilman epäpuhtaudet absorboituvat ensimmäi-senä paperin reunoihin. (Whitmore 2011, 239.)

Värimuutokseen vaikuttaa useita tekijöitä ja sen tutkiminen on haastavaa. Muutokset ovat usein hyvin hitaita ja hapankin paperi voi indikoida muutoksia vasta vuosikymme-nien kuluessa, (Whitmore 2011, 240.) jolloin kellastumisen alulle panemaa tekijää voi olla mahdoton todentaa. Merkittävää on se, että valon katalysoima reaktio jatkuu valo-lähteen poistamisen jälkeen (Ashley-Smith 1999, 234).

5.6 Foxing

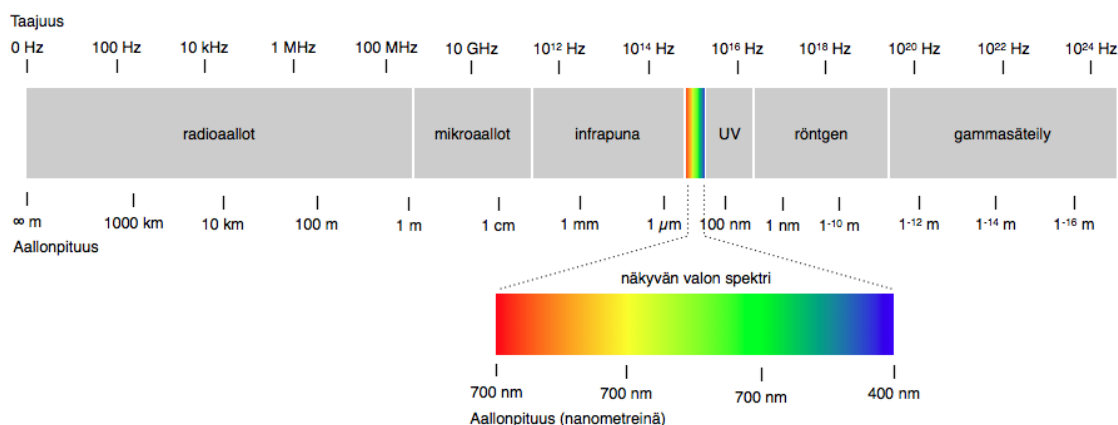
Foxing-nimitys kuvastaa tietyn tyyppisiä tahroja, täpliä, pisteitä ja läiskiä paperilla. Nimi-tys tulee punaruskeasta, ketun turkin väristä (kettu – fox), jonka sävyistä foxing yleensä on. Ilmiön aiheuttaja on kiistanalainen ja sen on arveltu olevan rauta- ja/tai kuparipartik-kelit paperissa, home tai molemmat. Metallipartikkelit, jotka katalysoivat selluloosan ha-pettumista, voivat luoda paikallisesti happamat olosuhteet, jotka ovat suosiollisia ho-meen kehittymiselle. (Kojc, Malešič 2012.) Metalliepäpuhtauden voivat aiheuttaa myös korroosiotuotteita korkeassa kosteudessa tai tuottaa suoloja, jotka katalysoivat hapettu-mista. Lumpupapereilla foxingin on oletettu tulevan paperiin valmistuksen aikana esi-merkiksi kontaminoituneista huovista. (Whitmore 2011, 240.)

Lisäksi ilmiön yhdeksi aiheuttajaksi on arveltu kosteuden selluloosassa aiheuttamaa vä-rinmuutosreaktiota. Foxingia on joissain tapauksissa poistettu esimerkiksi valkaisemalla kohde. Tästä on kuitenkin vaarana kohteen huomattavaa rakenteen vaurioitumista ja luonnotonta värimuutosta. (Kojc, Malešič 2012.) Tutkimuksissa on todettu foxingin syn-tymiseen liittyvän paperin valmistusmenetelmä, paperin altistuminen valolle sekä säily-tysolosuhteet. Ilmiötä on havaittu papereissa aina 1700-luvulta 1960-luvulle asti. Foxin-gia on havaittu, kun kohde on luonnollisesti jo ikääntynyt (Rebrikova, Manturovskaya 2000.) ja sillä on todettu olevan yhteys selluloosaketjun hapettumisreaktioon (Bicchieri, Pappalardo, Romano, Sementilli, de Acutis, 2001).

5.7 Valon aiheuttama vaurioituminen

Valon aiheuttama vaurioituminen on kumulatiivista ja peruuttamatonta. Valon värejä haa- listavan ominaisuuden lisäksi on tärkeä tiedostaa, että se vaurioittaa myös muita mate- riaaleja. (Appelbaum 1991, 65.)

Näkyvä valo on sähkömagneettista säteilyä ja kuvan 2 mukaisesti näkyvän valon aallon- pituusalue on noin 400-700nm (nm = nanometri = 10^{-9} m). Mitä pienempi on aallonpituus, sitä intensiivisempää ja korkeampi energistä säteily on (Halliday, Resnick, Walker 1993, 476, 988). Valon vaurioittava vaikutus suhteessa aallonpituuteen on logaritminen: vau- rioittava vaikutus tuplaantuu aina, kun aallonpituus pienenee 28nm (Appelbaum 1991, 78). Eri valonlähteet tuottavat säteilyä erilaisilla aallonpituusjakaumilla ja valonlähteen säteily voi sisältää aallonpituuksia myös näkyvän valon alueen ulkopuolelta. Silmälle nä- kymättömän ultraviolettisäteilyn aallonpituus on pienempi kuin näkyvällä valolla ja infra- puna-alueella taas suurempi. Valoa voidaan tarkastella intensiteetillä, kestoajalla sekä aallonpituusjakaumalla. Punainen valo (600-700nm) voi vaurioittaa joitain materiaaleja, sininen (400-500nm) enemmän ja useampaa materiaalityyppiä, ja edelleen ultraviolet- tisäteily (<400nm) vaikuttaa useisiin materiaaleihin ja erityisesti polymeereihin. Ultravio- lettisäteily aiheuttaa energiallaan kemiallisia muutoksia materiaalien pinnan molekyy- leissä ja aiheuttaa kohteelle fysikaalisia muutoksia. (Ashley-Smith 1999, 226-228.)



Kuva 2. Sähkömagneettisen säteilyn ja näkyvän valon aallonpituudet. <https://aaltomuoto.files.wordpress.com/2012/09/spektri.png>

Yleensä valolle aroiksi materiaaleiksi luokitellaan tekstiilit, paperipohjaiset teokset, valokuvat ja maalaukset. Luokittelu ei kuitenkaan ole yksiselitteistä. Valokuvista esimerkiksi herkän suolapaperivedoksen ja hyvälaatuisen hopeagelatiinivedoksen valonkestot ovat aivan eri luokkaa. Usein käytetty altistumisraja 50lux voi olla liikaa joillekin kohteille.

Kaikki paperiteokset eivät ole yhtä valon arkoja. Laadukas lumppupaperi voi olla hyvin kestävä, toisaalta taas teoksessa olevat muut komponentit voivat olla valonarkoja. (Ashley-Smith 1999, 226-232.) Valo yleensä voi olla vahingollista, riippuen sen intensiteetistä ja sille altistumisajasta. Yksinkertaistaen voidaan todeta, että kun kohde altistetaan yhdeksi tunniksi 1000luxin säteilykuormalle, voidaan sen todeta aiheuttavan saman altistuksen kuin 100 tuntia 10 luxia. (Clapp 1987, 33.)

Riippumatta valon määrästä, se on aina vahingollista ja myös näkyvän valon aallonpituuudet ovat teoksille haitallisia (Ashley-Smith 1999, 229). Valon aiheuttama muutos ei näy aina heti, mutta prosessi on käynnissä. Kun näkyviä vaurioita alkaa tulla, on prosessi saattanut edetä jo pitkälle. (Ashley-Smith 1999, 234.) Pysyvissä näyttelyissä usean vuoden esillä olo voi näkyä värien haalistumisena tai puupitoisen paperin voimakkaana kellastumisena ja haurastumisena (Björdal 1999, 152).

Jos teos altistetaan hetkellisesti suurelle valomäärälle, on myös muistettava valon katalyyttinen vaikutus. Kun hajoamisprosessi on kerran lähtenyt käyntiin, se ei kokonaan pysähdy viemällä esine pimeään, vaan prosessi ainoastaan hidastuu. (Harva, Rajakari 2007, 19)

5.8 Paperin happamuus

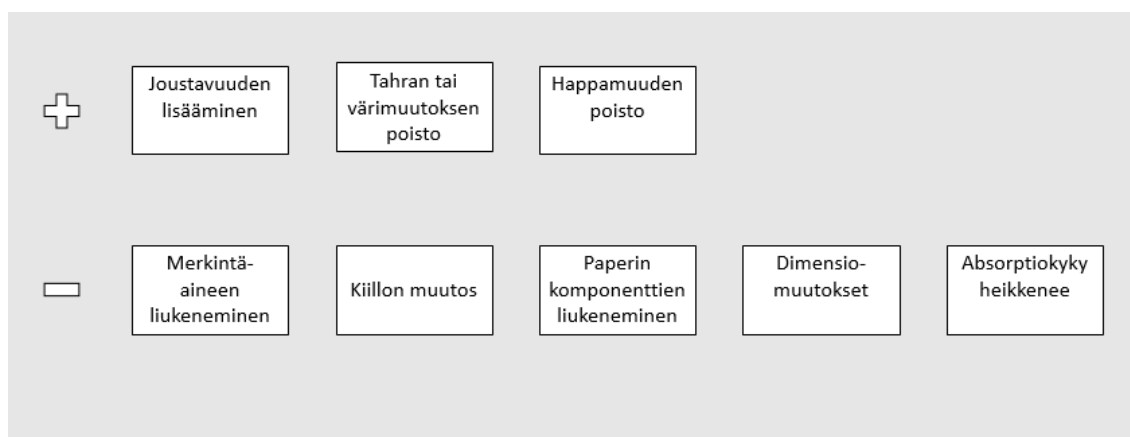
Happamuus on yksi päätekijä paperin vaurioitumisessa ja se aiheuttaa lujouden heikkenemistä. Paperin happamuus voi aiheutua monesta tekijästä. Yksi on ilmansaasteet, joiden vaikutusta lämpötilan ja kosteuden nousu lisää. Happamuus voi olla myös paperin valmistusprosessista ja -raaka-aineista johtuvaa. Happamuutta lisää muun muassa metalli-ionit, kuituraaka-aine, esimerkiksi valkaisuprosessista jääneet jäänteet, paperissa olevat lisäaineet, kuten liimat. Osa papereista säilyy neutraaleina muun muassa säilytysolosuhteista, valmistusmenetelmistä tai lisäaineista johtuen. (Clapp 1987, 22.)

1800 – luvun lopulla taiteilijat olivat kiinnostuneita teostensa säilymisestä. Onneksi myöskin monet vesiväri-, piirustus- ja painopaperit olivat ainakin osaksi lumppukuitua tai pitkälle käsiteltyä puukuitua. Ja vaikka papereissa olisikin käytetty hapanta pintaliimaa, ovat paperit säilyneet todennäköisesti niiden paksuuden ja tiheyden takia. Myös kuituaine on todennäköisesti puhtaampaa, kuin esimerkiksi saman ajan kirjoissa käytetyissä papereissa. (Clapp 1987, 22-23.)

Paperin happamuuteen vaikuttaa myös materiaalit, joiden kanssa se on kosketuksissa. Liimat, taustaus- ja taustamateriaalit ovat usein olleet happamia. Happamuus siirtyy materiaalista toiseen etenkin, jos niiden välillä on suora kosketus ja altistus aika on pitkä, esimerkiksi hapan passepartout – ja taustapahvi kehystyksessä. (Clapp 1987, 23.)

6 Paperin pesu

Konservoinnissa paperin pesua käytetään monesta syystä, mutta etupäässä poistamaan kohteesta tahroja, värimuutosta sekä ikääntymisen ja käytön synnyttämiä happamia yhdisteitä sekä palauttamaan joustavuutta (kuva 3). Vesi toimii elementtinä, jonka välityksellä nämä kulkeutuvat pois paperista. Pesulla voidaan poistaa myös vanhoja vesiliukoisia kiinnitysliimoja. Pesussa paperin rakenne turpoo ja kuivuessaan se taas kutistuu, siitä liukenee ainesosia, joten pesun seurauksena paperissa voi tapahtua mikro- ja makrotason rakennemuutoksia. Pesu muuttaa aina paperia ja vaikuttaa aina myös merkintä-aineisiin. (Kosek 2011, 314.)



Kuva 3. Paperin pesun eri tavoitteet ja mahdolliset negatiiviset muutokset

Paperin pääraaka-aineen, selluloosan ja veden yhteys on olennainen ja normaali olosuhteissa paperin kosteus onkin noin 8%. Paperissa olevalla vedellä ja sen sidoksilla selluloosaan ja hemiselluloosaan on olennainen rooli paperin joustavuudessa. Pesu lisää vesimolekyylejä selluloosamolekyylien välissä ja näin avaa paperin rakennetta, jolloin vesiliukoiset hapot, epäpuhtaudet ja muut värimuutosta aiheuttavat tekijät on mahdollista poistaa. (James, Corrigan ym. 1997, 237.)

Paperin vesipesuun ryhdytään yleensä, kun halutaan poistaa kohteesta kellastumista tai muuta värjäytymistä, tai vähentää paperin happamuutta. On paljon kohteita, joita ei voi pestä ja toisaalta pesun kesto tulee joka kerta tapauskohtaisesti testata. Pesussa voi liueta merkintäaineita kokonaan tai osaksi muuttaen teoksen luonnetta, paperi itsessään

voi muuttua päällysteen tai pintaliiman liuettua, paperi voi menettää kiillon, teoksen tekniikka ei kestä pesua tai paperi ei kestä pesua tai sitä ei ole mahdollista enää suoristaa pesun jälkeen. (Clapp 1987, 90.)

Happamien olosuhteiden katalysoima hydrolyysi on merkittävin paperin vaurioitumista aiheuttava prosessi. Happamuutta voidaan vähentää paperin pesulla. Vesi toimii vesiliukoisten happamuutta aiheuttavien ja muiden paperia vaurioittavien komponenttien poiskuljettajana. Paperin pesu tulisi aloittaa paperin kostuttamisella, joka voidaan suorittaa sumuttamalla paperiin vettä tai laittamalla se kosteuskammioon vastaanottamaan kosteus. Esikostutus minimoi paperin mekaanista jännitystä pesussa sekä varmistaa veden tasaisen tunkeutumisen paperiin. Paperin pesun de-ionisoidulla vedellä on todettu poistavan haitallisten komponenttien lisäksi myös hyödyllisiä komponentteja, kuten emäsreservinä toimivia kalsiumia ja magnesiumia. Tämä voi heikentää paperin pitkäaikaista stabiiliutta. (Steczek 2015.) Tästä syystä paperin pesuun on yleensä hyvä käyttää tavallista vesijohtovettä, kun paikallisen veden laatu on ensin varmistettu.

Pesulla pyritään usein poistamaan tai lieventämään paperiin tulleita värimuutoksia ja/tai likaa. Joskus kellastumista ja tahroja pystytään poistamaan, mutta aina pesu ei tuo haluttua tulosta. Osa paperissa olevista väriä muodostavista aineista kiinnittyvät selluloosaketjuihin siten, että ne eivät ole vesiliukoisia (Whitmore 2011, 238). Paperin värimuutosta aiheuttavien yhdisteiden liukoisuutta ei ole systemaattisesti tutkittu. Jos paperiin on muodostunut värimuutosta aiheuttavia kromoforeja, ovat nämä usein kiinnittyneet selluloosaan kovalenttisin sidoksin ja näin ollen niitä ei pysty vesipesulla poistamaan. Monet paperissa ikääntymisen myötä syntyvät, värittömät yhdisteet ovat vesiliukoisia, kuten glukoosi, etikka-, oksaali ja sitruunahappo. (Daniels 2011, 292.)

Paperin pesuaikaan vaikuttaa ainakin se, kuinka nopeasti paperi kostuu. Erilaiset massa- ja pintaliimat tai ikääntyminen voi vaikuttaa siihen, miten paperi ottaa vastaan vettä. Lämpötilan nostolla on todettu olevan pesun tehoa parantava vaikutus, (Daniels 2011, 310.) mutta toisaalta lämpötilan osalta on huomioitava mahdollisten merkintäaineiden kestävyys, sekä paperin ainesosien mahdollinen liukeneminen.

Paperin kuivattaminen vaikuttaa aina selluloosamatriisiin tihentäen sitä. Veden absorptiomiskyky paperilla myös heikkenee tällöin ja vaikuttaa mahdollisiin seuraaviin pesutoimenpiteisiin. Pesun ja kuivauksen yhteydessä tapahtuva turpoaminen ja kutistuminen

aiheuttavat lämpötilamuutoksia selluloosarakenteessa ja edelleen voi aiheuttaa rakenteen vaurioitumista. Paperin kostutus- ja pesukerrat tulisi siis minimoida. (Brückle 2011, 425.) Paperin pesu turvottaa kuituja ja kuivuessaan turvotus poistuu. Kuivumisprosessissa voi paperin dimensioiden osalta olla hystereesiä eli mitat eivät palaudu juuri samoiksi kuin ne olivat ennen pesua. Paperi kuivatetaan yleensä esimerkiksi levyjen välissä painojen alla. Tämä voi aiheuttaa paperiin venymää, jos rakenne ei paineen alla kuivuessaan pääse palautumaan tai toisaalta, jos painoja ei ole riittävästi paperi ei suoristu täysin.

7 Tutkittavat teokset

Tässä työssä materiaalitutkimuksella kartoitetaan Tampereen taidemuseon Tove Janssonin muumikirjojen kuvitusoriginaalien alttiutta vaurioitumiselle sekä niiden kuntoa tällä hetkellä. Työ on rajattu koskemaan vain tussipiirroksia.

Yleisesti ottaen tussipiirrospaperilta edellytetään tiettyjä ominaisuuksia. Ne ovat usein sileää pintaisia, massa- ja pintaliimattuja. Kynän tulee liukua paperilla helposti ja musteen ei yleensä ole tarkoitus imeytyä liikaa paperiin ja levitä. Papereiden tulee yleensä kestää pesua, naarmutusta, viivoitusta, musteen poistoa terällä, jne. (Turner 1998, 166.) Näitä ominaisuuksia on havaittavissa myös Janssonin käyttämissä papereissa.

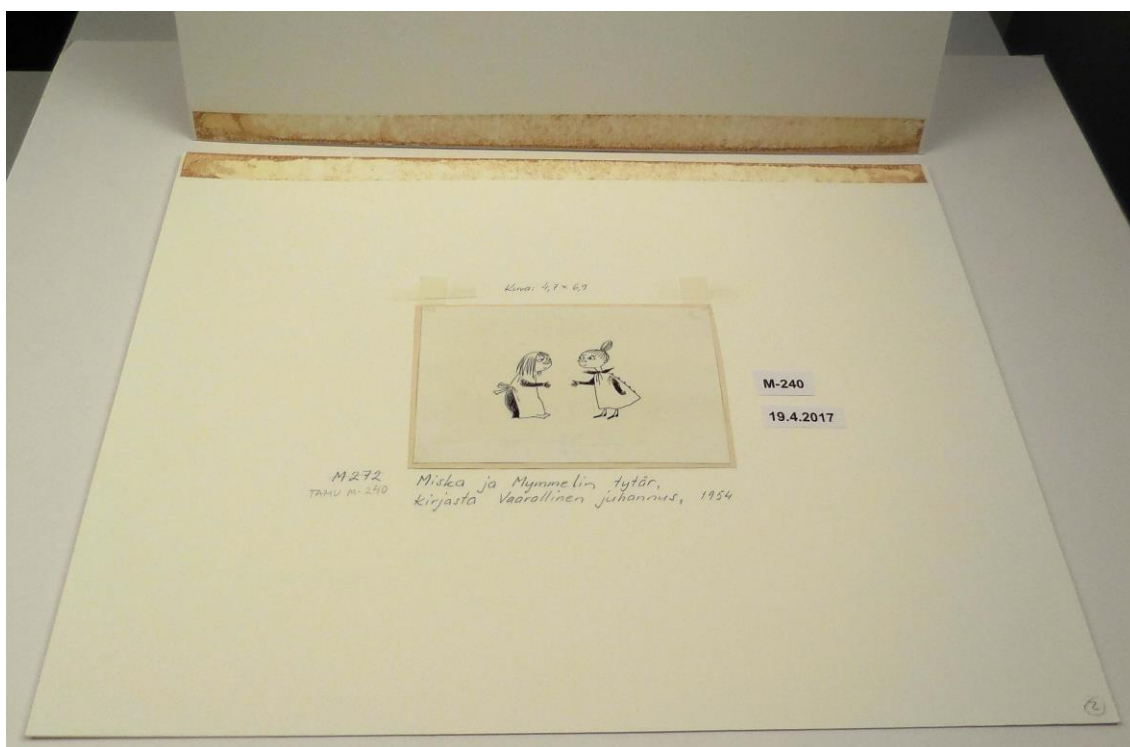
Tässä työssä käytetään paperista tai kartongista, jolle itse teospaperi on liimattu, nimitystä ”taustauspaperi” tai ”taustauskartonki”, jotta termit erottavat passepartout-pahviin saranoidusta taustapahvista.

7.1 Tutkimuskohteet

Kohderyhmän muumipiirroksiset on pääosin tehty tussilla paperille tai kartongille. Tussin lisäksi on teoksissa käytetty lyijykynää ja usein myös valkoista korjauslakkaa. Suuressa osassa teoksista on omistusmerkintä tai useita, ja merkinnät on tehty taustapuolelle mustekynällä ja/tai leimasimella. Myös sinisellä, mahdollisesti puuvärillä on tehty taittoa/painoa varten merkintöjä ja ohjeita. Piirroksiset ovat vaihtelevan kokoisia, mutta suhteellisen pieniä. Usein korkeus/leveys on 5 - 20cm:n välillä, osa teospapereista ei ole suorakaitteen mallisia vaan viistoon revitty, leikattu tai niistä on leikeltu paloja pois. Joihinkin teoksiin tehty korjaus tai täydennys on tehty toiselle paperille, joka on liimattu alkuperäisen teoksen päälle.

Recto- eli teoksen etupuolella usein käytetty korjauslakka ei liukene veteen, mutta pehmenee ja voi irrota, jos teoksen laittaa kosteana prässäiin. Vaikka tämä merkintäaine ei liukene, korjauskohta voi vähintäänkin menettää muotonsa tai sileytensä paperin kuivatusvaiheessa. Pesua ajatellen verso- eli taustapuolen merkinnät ovat haastavia: nimi-/osoiteleima on useimmiten vesiliukoinen ja käsin kirjoitetut osoitemerkinnot on tehty usein vesiliukoisella mustekynällä.

Teospaperit ovat laadultaan hyvin vaihtelevia. Osa on hyvin sileää ja kiiltävää, osa vaikuttaa hyvin tiheältä ja täyteainepitoiselta. Paksuus vaihtelee ohuesta aina Muumilaakson marraskuu-kirjan kuvituksissa käytettyyn paksuun kartonkiin. Jotkut teoksista on kiinnitetty liimatäplillä taustauspaperiin tai -pahviin, osa on liimattu sellaiseen kauttaaltaan. Ohuilla teospapereilla paksut liimatäplät ovat useissa tapauksissa aiheuttaneet palautumattoman muodonmuutoksen.



Kuva 4. Teos on kiinnitetty taustauspaperin yläkulmista liimapaperisuikaleista taustapahviin. Passepartout- ja taustapahvin kiiltävästä ruskeasta teipistä tehty saranointi on irronnut. Teos itse on liimattu kulumattomaan tyyppillisimmälle taustauspaperille.

Teoksia säilytetään kokoelmakeskuksessa aukkopahveihin kiinnitettynä, metallisissa säilytyslaatikoissa tai kehystettynä hyllyssä. Kokoelman lahjoitusehdoissa on kohta ”Tampereen taidemuseo ... teetättää Tove Janssonin piirustuksiin hapottomat passepartout-pahvit ja kehykset...” (Rämö 2011). On mahdollista, että osa teoksista on edelleen näissä samoissa, 1980-90-luvun pahveissa (kuva 4).

Tampereen taidemuseolla on Janssonin lahjoituskokoelman paperipohjaiset teokset pääosin luokiteltu kolmeen tasoon. Taso 1 tarkoittaa, että kohde on hyvä kuntoinen ja lainattavissa, taso 2 on kunnan takia rajatusti lainattavissa ja tulee tapauskohtaisesti tarkistaa ennen lainaluvan antamista sekä taso 3, joka tarkoittaa, että teosta ei lainata ulkopuolisille. Tasomerkinnot on tehty taustapahviin, johon teos on kiinnitetty ja/tai kehystyksen taustasuojapahvin taakse. Lisäksi merkintöjä on kuntoraporteissa ja vauriopiirroksissa sekä Muusa - kokoelmatietokannassa.

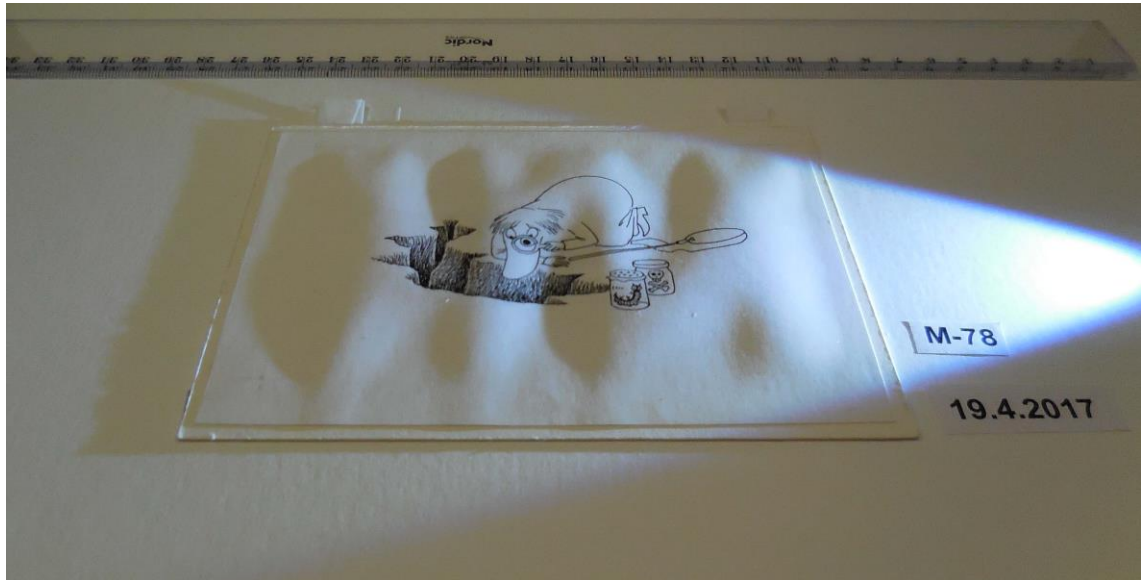
7.1.1 Tutkimuskohteiden valinta

Tutkimuskohteiden valinnassa tavoitteena oli löytää tyypillisiä muumi- ja piirroksissa käytettyjä paperilaatuja. Silmämääräisesti tarkasteltuna piirroksia on tehty enimmäkseen noin kymmenelle paperilaadulle. Näiden lisäksi on tietenkin laatuja, joita on käytetty satunnaisemmin. Jonkin verran käytössä ollut kuulto- eli pergamiinipaperi jätettiin tästä tutkimuksesta poikkeavuutensa takia pois. Teoksia valittaessa tutkittiin papereita myös mikroskooppilla, mutta tarkemman morfologisen vertailun tekeminen ei ollut mahdollista, koska mikroskooppikameraa ei ollut käytössä ja kuvia ei pystynyt tallentamaan vertailua varten. Iso osa tussipiirroksista oli käytännön työtä tehtäessä valmistelussa kesäkuussa 2017 Tampere-taloon avautuvan muumimuseon näyttelyyn tai lainassa, joten täysin kattavaa kuvaa ei teospapereista tällä kartoituksella pystynyt tekemään.

Valintaa tehtäessä pyrittiin tarinakohtaisesti löytämään tyypillinen tai tyypilliset paperit. Tarinoiden välillä saattaa olla samoja tai samankaltaisia papereita, mutta myös esimerkiksi Tove Janssonin tekemät päivitykset tai uudet piirroksia useamman tarinan kuvitukseen on nähtävissä 1960-luvun lopun teoksissa. Tuolta ajalta on myös kuvassa 5 nähtävä tyypillinen sileä, hieman kiiltävä, valkoinen paperi.

Teosten valinta toteutettiin käymällä silmämääräisesti läpi reilu 300 kohdetta taidemuseon säilytystiloissa. Nämä kohteet kattoivat kaikki säilytyksessä tällä hetkellä olevat kehystämättömät muumi- ja piirroksia. Kohteet eriteltiin sanallisesti taulukkoon ja ensin valittiin noin 50 teosta. Tarkastelua jatkettiin ja tarkennettiin käyttämällä suurennuslasia ja mikroskooppia, ja lopulta valittiin 15 teosta tarkempaa tutkimusta varten. Valintakriteereinä oli paperilaadun lisäksi kattaa mahdollisimman moni tarina ja aikakausi. Tavoitteena oli myös teosten pestävyys, jotta mahdollista pesun vaikutusta paperin väriin ja pH-tasoon voitaisiin tarkastella. Lisäksi pyrittiin tutkimaan myös mahdollisen taustapaperin tai kartongin vaikutuksen itse teokseen. Taustausten osalta löytyi selkeästi noin 3-4 erilaista

tyypillistä materiaalia. Joukossa on yksi hyvin tyypillinen paperilaatu, jota on käytetty isossa osassa kohteita. Tästä esimerkkinä on edellinen kuva 4. Useista teoksista taustauspaperi on irrotettu konservoinnin yhteydessä, mutta monessa se on edelleen kiinni. Taustausten kiinnitysajankohdasta ja tekijästä ei ole tietoa. Se on tyypillisesti kiinnitetty muutamasta kohtaa liimalla, joka ei ole vesiliukoinen.



Kuva 5. Tyypillinen 1960-luvun lopun piirroksissa toistuva paperilaatu. Tässä tapauksessa teos on liimattu kauttaaltaan reunoista taustauspahviin.

Mukaan tutkimukseen valittiin myös 2-3 yksilöä paperilaadusta, jonka oletettiin tarkastelun perusteella olevan samaa laatua. Nämä kohteet oli kiinnitetty erilaisille taustausmateriaaleille, joiden tilaa haluttiin tutkia ja mahdollisesti niiden vaikutusta itse teospaperiin.

Valittuja teospapereita ei kuvailla yksitellen tässä työssä, vaan kokoelmaa hoitavat ja sitä mahdollisesti tutkivat tahot voivat tarkastella paperilaatuja Tampereen taidemuseolla. Valitut teokset on eritelty liitteessä 3.

7.1.2 Teoksille tehtävät toimenpiteet

Tutkimukseen valituille kohteille tehdään vauriokartoitus tai jos sellainen on jo olemassa, tarkastetaan mahdolliset muutokset teoksen kunnossa. Tehdyt toimenpiteet kirjataan konservointiraportteihin. Teoksista poistetaan tarvittaessa, tai poiston ollessa mahdollista, taustauspaperi tai -kartonki. Taustausmateriaalin poisto jätetään tekemättä, jos sen katsotaan olevan riski teosturvallisuuden kannalta. Näitä tapauksia ovat esimerkiksi, jos

paperi on isolta alueelta tai jopa kauttaaltaan liimattu taustaan, paperi on hyvin ohut ja vaarana on sen repeäminen irrotettaessa tai jos paperi on hyvin hauras. Jos mahdollista, teokset pestään ja samalla tutkitaan pesun aiheuttamia muutoksia niissä. Jos pesu ei ole mahdollinen esimerkiksi vesiliukoisten merkintäaineiden takia, tehdään teokselle muuten niiden vaatimat konservointitoimenpiteet.

Toimenpiteistä tehdään dokumentointi sekä manuaaliseen konservointiraporttiarkistoon että Muusa-kokoelmatietokantaan. Irrotetut taustamateriaalit liitetään dokumentoinnin liitteeksi. Lisäksi opinnäytetyön toimenpiteistä ja tuloksista liitetään arkistoon tarkempi raportti erillisellä paperilla.

8 Materiaalitutkimus

Paperiteosten materiaalitutkimus on haasteellista, koska paperin valmistuksen ja paperin ominaisuuksien testausmenetelmät ovat pääosin ainetta rikkovia. Useat testausmenetelmät on määritelty tarkasti standardein ja luotettavan tuloksen saamiseksi on testikappaleiden sekä näytteiden kokojen oltava suhteellisen suuria. Taideteosten kohdalla tämä tekee luotettavaksi luokiteltavan testaamisen usein mahdottomaksi. Toisaalta paperin koostumuksen tutkiminen ainetta rikkomattomilla menetelmillä vaatii usein spesifisiä laitteistoja, laajan perehtymisen mittausmenetelmiin sekä mahdollisten referenssikirjastojen luomisen ja tutkimisen, jotta tuloksia voi luotettavasti tulkita. Esimerkiksi paperin ikääntymisen ja kellastumisen aiheuttamien muutosten tutkimiseen on käytetty infrapunaspektrometriaa (FTIR) (Havermans 1995, 80). Tällaiseen tutkimukseen ei tämän työn puitteissa ole resursseja.

8.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusmenetelmien valintaan vaikutti käytettävissä oleva aika sekä saatavilla olevat laitteistot. Kun tutkimuskohteet oli valittu, käytiin ne yksitellen läpi ja todettiin näytteiden ottokohdat sekä näytteiden koot. Lisäksi todettiin, että teoksia ei kuljetettaisi pois Tampereen kokoelmakeskuksesta, joten esimerkiksi paperin sävyn mittaaminen Vantaan Tikkurilassa Metropolian tiloissa olevalla CIELAB-laitteistolla jäi pois. Sen sijaan teoksista otetut näytteet tutkittiin Metropolian laboratoriossa. Koska puukuitujen, ligniinin sekä paperin happamuuden vaikutus paperin ikääntymiseen ja vaurioitumiseen on mer-

kittävä, keskityttiin tutkimaan näitä. pH-mittari oli mahdollista kuljettaa kokoelmakeskukseen, joten se mahdollisti teosten, taustausmateriaalien ja säilytysmateriaalien mittamisen pH:n osalta.

8.1.1 Ligniinitesti

Floroglusinoliliuoksella voidaan paperinäytteestä tutkia, onko näytteessä paperia hapettavaa ja kellastuttavaa ligniiniä. Jos ligniiniä on, liuos värjää näytteessä olevan ligniinin punaiseksi. Ligniiniä pyritään poistamaan paperista valmistusprosessin aikana, mutta riippuen massan laadusta ja paperin käyttötarkoituksesta jäännösligniiniä voi olla vaihtelevia määriä. Floroglusinoliliuoksen resepti on liitteessä 4.

Testissä paperinäytteen päälle pudotetaan tippa floroglusinolia ja näytteestä tutkitaan mahdollisesti punaiseksi värjäytynyttä ligniiniä mikroskoopin avulla. Erittäin ligniinipitoinen paperi värjäytyy hyvin selkeästi punaiseksi ja pitoisuuden voi todeta jo silmämääräisellä tarkastelulla.

Käytetyt laitteet:

Läpivalaisumikroskooppi Leica DMLS, Metropolia Konservoinnin laboratorio, Tikkurila Vantaa

8.1.2 Kuituanalyysi

Kuituanalyysissä on tarkoitus tutkia kvalitatiivisesti paperin valmistuksessa käytettyjen kuitujen alkuperää sekä massanvalmistusmenetelmää. Analyysissä näytteeseen tuodaan reagenssiväriaine, joka tunkeutuu ja kertyy kuituun tai reagoi kemiallisesti kuidun ainesosien kanssa, ja muodostaa näin massalle tyypillisen värin. Kuitujen tunnistus tehdään mikroskoopin avulla niiden värjäytymisen ja morfologian perusteella. Kuitujen alkuperää ja lukumäärää voidaan tutkia myös kvantitatiivisesti morfologian avulla. (Aaltonen 1997, 2.) Massan, paperin ja kartongin kuitukoostumuksen määrittämiseksi on SCAN-test-standardin mukaiset yleiset ohjeet, joka soveltuu kaikenlaisille massoille ja useimmille papereille ja kartongeille. (SCAN-G3:90.)

Testausstandardin mukaan kuitunäyteitä tulisi ottaa useammasta kohdasta tutkittavaa materiaalia, yhteensä noin 0,25g. Näytettä keitetään vedessä, jotta näytteen eri ainesosat irtoavat helpommin toisistaan. Jos ainesosat eivät irtoa pelkällä vedellä, voidaan siihen lisätä 1% natriumhydroksidiliuosta, tällöin näyte tulee huuhtoa 0,05M suolahapolla

keiton jälkeen ja edelleen huuhtoa vedellä. Jos näytteen epäillään sisältävän eläinperäisiä kuituja, kuten villaa, natriumhydroksidi käsittelyä ei tule tehdä, koska emäksinen käsittely voi liuottaa villakuituja. Keittämisen jälkeen kuidut erotetaan toisistaan mekaanisesti mikroskooppilasini päällä. Kun kuidut on eroteltu, lisätään näytteen päälle reagenssiliuosta, joka värjää näytteen. (Aaltonen 1997, 2.)

Reagensseista Herzberg-värjäystä käytetään kemiallisen, mekaanisen ja lumppukuitumassan erotukseen. Sillä on myös mahdollista tunnistaa kvalitatiivisesti puolikemiallinen massa. Graff-C-värjäystä käytetään tavallisimpien paperikuitujen tunnistamiseen. Haasteena jälkimmäisessä on värisävyjen vähäiset erot. Tällä on mahdollista tunnistaa kemialliset, puolikemialliset ja mekaaniset massat sekä eri kuitujen sulfiitti- ja sulfaattikäsittelyt. Reagensseja on hyvä valita kaksi verrokkia. (SCAN-G4:90.)

Tässä työssä tutkitaan kvalitatiivista kuitukoostumusta. Kvantitatiiviseen laskentaan ei pyritä näytekoon pienuuden takia; standardin mukaista näytemäärää ei voida kohteista ottaa. Samasta syystä tulokset ovat vain suuntaa-antavia. Pieni näyte koko voi myös aiheuttaa sen, että kuiduista on tarkasteltavana vain fragmentteja. Minimitavoitteena on tunnistaa, onko paperi/kartonki valmistettu säilyvyyden kannalta yleensä paremmasta lumppumassasta vai usein herkemmin ikääntyvästä puukuitumassasta. Myös mahdollisten havupuukuitujen tunnistamiseen pyritään. Liitteessä 4 on eritelty käytettyjen reagenssiliuosten valmistusreseptit.

Käytetyt laitteet:

Läpivalaisumikroskooppi Leica DMLS, Metropolia Konservoinnin laboratorio, Tikkurila, Vantaa

8.1.3 Värimuutos

Paperin värimuutosta on mahdollista mitata CIELAB-menetelmällä, jossa mitataan kohteen väriä väriavaruudessa. Menetelmä perustuu näkyvän valon spektrin heijastuksen mittaamiseen ja siinä on kolme akselia eli asteikkoa: L-asteikolla mitataan kohteen kirkkautta, a-asteikolla sävyä punaisesta vihreään sekä b-asteikolla sävyä keltaisesta siniseen. (Vaarasalo 1999, 171-172.) Menetelmässä mitataan kohteesta valitulta alueelta useita pisteitä, jotta saadaan keskiarvotettua mahdolliset sävyvaihtelut. Tulokset talletetaan ja mittaus toistetaan erikseen määritellyn aikajakson jälkeen, keinotekoisien ikääntytyksen jälkeen tai kohteen altistuttua esimerkiksi runsaalle valolle. Tässä työssä ei ole mahdollisuutta käyttää kyseistä menetelmää, koska teoksia ei kuljeteta pois Tampereen

kokoelmakeskuksesta Metropolian laboratorioon, jossa mittalaite olisi käytettävissä. Toisaalta sävy muutokset tapahtuvat pitkän ajan kuluessa, joten muutoksen mittaus vaatii pidemmän tutkimusjakson ja edustaa paperin väriä mittaushetkellä.

Mahdollista kohteen värimuutosta pesun yhteydessä tarkkaillaan visuaalisesti. Lisäksi tarkkaillaan kokoelmaa läpikäytessä, onko paljon esillä olleissa papereissa havaittavissa eroa niihin vastaavasta paperista tehtyihin teoksiin, jotka ovat Muusa – kokoelmatietokannan mukaan olleet koko ajan vain säilytystiloissa.

8.1.4 pH-mittaus

Happamuuden kasvu eli pH:n lukuarvon pieneneminen voi aiheuttaa paperissa muun muassa sen mekaanisten ominaisuuksien heikkenemistä ja värimuutoksia. pH-taso indikoi paperin kuntoa sekä säilyvyyttä. Tästä syystä tavoitteena oli mitata useammasta teoksesta pH pintaelektrodilla. Tutkittavat teokset valitaan siten, että mahdollisimman monta niistä on mahdollista pestä ja näin ollen pH-mittaus pyritään suorittamaan pesun yhteydessä. Paikallinen kostuttaminen jo pelkästään pinnallisesti voi aiheuttaa paperiin jännityksiä, selluloosaketjujen katkeamista sekä palaumatonta muodon muutosta. Lisäksi esimerkiksi päällystetyillä matta- tai kiiltäväpintailla paperilaaduilla pintaominaisuudet voivat muuttua jo vähäisenkin kosteuden seurauksena. Pestävistä kohteista testataan musteen sekä muiden mahdollisten merkintäaineiden vesiliukoisuus ennen pesua valmistelevia toimenpiteitä.

pH mitataan myös säilytysmateriaaleista eli tässä tapauksessa taustapahvista, pas-separtout-pahvista sekä silkkipaperista. Ympäristön, esimerkiksi säilytysmateriaalien happamuus voi aiheuttaa teospaperissa reaktioita, jotka aiheuttavat siinä happamuuden kasvamista ja edelleen rakenteen heikkenemistä ja värimuutoksia. Tämän voi nähdä ääritapauksissa esimerkiksi happaman aukkopahvin aiheuttamasta teospaperin reuna-alueiden kellastumisesta tai vastaavasti valon aiheuttamasta kellastumisesta, jossa pas-separtout-pahvi on suojannut teosta reuna-alueilta ja teos on kellastunut valoaukon kohdalta.

pH mitataan pintaelektrodilla siten, että mitattavan kohteen pintaan tuodaan yksi tippa vesijohtovettä ja kohteen pinnasta mitataan veteen liukenevien aineiden happamuutta. Mittaus on suuntaa-antava eikä kerro tarkkaan koko rakenteen happamuutta.

Säilytysmateriaalien mittauksissa tutkitaan happamuuden kautta olosuhdetta ja ympäristössä missä teos on, eli niitä pintoja, jotka ovat kosketuksissa teokseen. Tulosten luotettavuustason nostamiseksi mittaus tehdään useammasta pisteestä: taustapahvista mitataan teoksen yläpuolelta 3 pistettä, teoksen kohdalta 3 pistettä ja alapuolelta 3 pistettä. Aukkopahvista mitataan sisäpuolelta eli teoksen puolelta yläreunasta ja alareunasta molemmista 3 pistettä. Teoksesta mitataan 3 pistettä, jos mahdollista sekä teoksen suojana olleesta silkkipaperista 3 pistettä. Mittauspisteiden tuloksista lasketaan keskiarvo.

pH-mittari kalibroidaan joka kerta käyttöönottaessa. Mittauskohteen alla pidetään polyesterikalvoa (Melinex), jotta mittaukseen ei liukene tulokseen vaikuttavia tekijöitä mitattavan kohteen alustasta.

Käytetyt laitteet:

pH-mittari WTW pH 330 / SET – 1, Metropolia Konservoinnin laboratorion mittari

8.1.5 Muut tutkimukset

Paperin kalsiumkarbonaattipitoisuutta voidaan testata tiputtamalla näytteeseen vahvaa happoa, esimerkiksi vahvaa suolahappoa (HCl). Happo reagoi karbonaatin kanssa vapauttaen hiilidioksidia, joka näkyy kuplien muodostumisena.

Mahdollista materiaalia läpikäydessä on tarkoitus visuaalisesti kartoittaa, löytyykö teoksista paperinvalmistajan leimoja.

Erikseen valituista paperi-/kartonkinäytteistä valmistetaan testimielessä poikkileikkausnäyte, jotta paperin paksuussuuntaisen rakenteen, mahdollisten pintaliimojen tai päällysteiden olemassa olon voisi todentaa.

8.2 Materiaalitutkimuksen tulokset

Tarkastelun alle valitut kohteet käytiin läpi ja yhdessä Tampereen taidemuseon edustajien kanssa sovittiin mistä kohteista voidaan ottaa näyte sekä mistä kohtaa ja minkä kokoinen otettava näyte on. Näytekoko pyrittiin minimoimaan sekä varmistamaan, että se ei muuta kohteen ulkoasua tai -muotoa. Taulukossa 1 on luetteloitu teoskohtaiset toimenpiteet.

Taulukko 1. Valituille teoksille tehdyt toimenpiteet

ID	Vuosi	Mahdollisesti sama paperi	Konservointitoimenpiteet	Testit
M-46	1946	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-38	1945	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-78	1968	M-240	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Aukko- ja taustapahvin vaihto	Taustapahvin ligniinitesti pH-mittaus taustauspahvi, säilytysmateriaalit
M-240	1969	M-78	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-290	1954	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-324	1957	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-194	1950	-	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus taustauspahvi, säilytysmateriaalit Kuitunäyte / teospaperi
M-398	1962	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi ja taustapaperi
M-411	1962	M-454 M-572	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti taustapaperi taimmainen Kuitunäyte / taustapaperi taimmainen
M-448	1962	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-454	-	M-411 M-572	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus taustakartonki Ligniinitesti taustakartonki Kuitunäyte taustakartonki
M-558	1962	-	Taustapaperin irrotus Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Kiinnitysliimojen poisto mekaanisesti ja asetonin avulla (höyrykammio) Pesu Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus säilytysmateriaalit, teos Ligniinitesti Kuitunäyte / teospaperi
M-572	1962	M-411 M-454	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Aukko- ja taustapahvin vaihto	pH-mittaus teos Ligniinitesti teos Kuitunäyte teos
M-797	1970	M-783	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Verso-puolen liimojen poistoa mekaanisesti	Ligniinitesti teos Kuitunäyte teos
M-783	1970	M-797	Kuivapuhdistus lateksisienellä (Alron) Verso-puolen liimojen poistoa mekaanisesti	pH-mittaus teos

8.2.1 Ligniinitesti

Ligniiniipitoisuus aiheuttaa paperissa happamuuden lisääntymistä ja värimuutoksia. Teospapereista ja taustausmateriaaleista otetuille näytteille tehtiin ligniinitesti. Koska näytemäärät varsinkin teoksista oli hyvin pienet, on ligniinitestin lopputulos suhteellisen epävarma.

Tyypillisimmin käytetty taustauspaperi osoittautui testin perusteella ligniiniipitoiseksi, josta visuaalisen tarkastelun perusteella paperin kellastuminen ja rusehtava väri oli jo antanut viitteitä. Näyte otettiin kohteen M-398 taustauspaperista. Näytteestä on kuva liitteessä 5.

Testin perusteella hyvinkin kellastuneesta, kohteen M-38 teospaperista ei löytynyt ligniiniä. Tämä saattaa olla osoitus siitä, että kellastuminen ei ole pelkästään riippuvainen ligniiniipitoisuudesta. Taulukossa 2 on esitetty ligniinitestin tulokset siten, että '0' tarkoittaa, että näytteessä ei havaittu lainkaan punaista väriä, 'X' tarkoittaa, että näytteessä on löytynyt vähintään 1 punaiseksi värjäytynyt partikkeli ja 'XXX' tarkoittaa, että kohteessa on selkeästi havaittu punaiseksi värjäytyneitä alueita.

Taulukko 2. Ligniinitestin teoskohtaiset tulokset. '0' = näytteessä ei havaittu lainkaan punaista väriä, 'X' = näytteessä on löytynyt vähintään 1 punaiseksi värjäytynyt partikkeli ja 'XXX' = kohteessa on selkeästi havaittu punaiseksi värjäytyneitä alueita.

Inventaarionumero	M-46	M-38	M-78	M-240	M-290	M-324	M-194	M-454	M-398	M-448	M-411	M-558	M-572	M-783	M-797
Ligniini teos	0	0	-	X	X	X	X	-	XX	X	-	X	-	-	X
Ligniini taustaus	XXX	XXX	0	XXX	XXX	XXX		XXX	XXX	X	0/XXX	XXX	XXX		

Tulokset ovat erityisen epävarmoja niissä näytteissä, joista löytyi vain 1-2 punaiseksi värjäytyneitä partikkelia. Punaiset partikkelit eivät välttämättä ole ligniiniä tai näytteeseen on voinut joutua kontaminaatiota, esimerkiksi ligniiniipitoisesta taustauspaperista. Teoksia M-78, M-454, M-411, M-572 ja M-783 ei testattu, koska samasta paperista on tarkastelun perusteella useampi teos.

Tyypillisimmän taustauspaperia lukuun ottamatta tässä tutkimuksessa ei ollut muita selkeästi ligniiniä (liite 5). Testin perusteella voi siis päätellä, että paperit ovat valmistettu mahdollisesti kemiallisesti käsitellyistä massoista. Kemiallisella massankäsittelyllä on mahdollista poistaa ligniini.

8.2.2 Kuituanalyysi

Kuitunäytteitä valmistettiin teospapereista otetuista näytteistä. Näytteitä keitettiin pelkässä de-ionisoidussa vedessä. Natriumhydroksidia ei keittoveteen lisätty, vaikka oletettiin, että papereissa ei ole eläinperäisiä kuituja, kuten villaa. Osa tutkittavista papereista oli tiiviitä, joten kuitunäytteen preparoimisen helpottamiseksi keittoaika määritettiin 30 minuutiksi. Kuidut eroteltiin mikroskooppilasin päällä ja värjättiin etukäteen valituilla reagenssiväreillä eli Graff-C ja Herzberg. Näytteitä tarkasteltiin läpivalaisumikroskoopilla ja näytteet kuvattiin. Koska teoksista otettu näytekoko ei ole analyysimenetelmän standardin mukainen, ovat tulokset vain suuntaa-antavia. Esimerkkikuvia kuitunäytteistä löytyy liitteestä 6.

Teoksen M-46 paperi vaikuttaisi eniten lumppupaperilta. Kuitunäytteessä ei ole havaittavissa puukuiduille tyypillisiä huokosia, kun taas lumppukuiduille tyypillisiä nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia ja soluonteloita löytyi. Myös Graff-C reagenssilla värjätyn näytteen ruskea väri antaa viitteen lumppumassasta (liite 6). (Ilves-salo-Pfäffli 2015.) Herzberg-reagenssilla käsitelty näyte oli sinipunainen. Näytteessä oli lähinnä kuitufragmentteja, joka vaikeutti morfologista tulkintaa.

Kaikista muista kuitunäytteistä pystyi tunnistamaan havupuukuituja ja osasta myös lehtipuukuituja eli paperit on valmistettu ainakin osaksi puupitoisesta kuitumateriaalista. Edelleen kaikista näytteistä löytyi myös merkkejä lumppukuiduista, joten jonkinlaisesta massojen sekoituksesta on todennäköisesti kyse.

Taustauspapereista tutkittiin tyypillisin paperi (M-398 teoksen taustauspaperi) sekä jonkin verran käytetty valkoinen kiiltävä paperi (M-411). Lisäksi harmaasta, valkoisella toispuolisesti päällystetystä kartongista valmistettiin kuitunäyte (M-454). Sekä tyypillisimmästä taustauspaperista että harmaasta kartongista löytyi merkkejä mekaanisesta massasta. Kuitunäytteiden teoskohtaiset tulokset, kuvailut ja havainnot löytyvät liitteestä 7.

8.2.3 Värimuutos

Värimuutosta tarkkailtiin visuaalisesti. Osa teoksista on suttuisen näköisiä, johtuen niiden käsittelystä mahdollisesti jo teoksen valmistumisen aikoihin, painotalossa tai myöhemmissä vaiheissa. Originaaleissa on paljon mm. lyijykynämerkintöjä, luonnoksia ja merkintöjä taittoa varten, jotka on levinneet. Merkinnät ovat osa teosta ja niitä ei poisteta.

Osa teoksista on kauttaaltaan kellastuneita, osassa on nähtävissä valoaukon kohta kellastuneena ja toisissa myös valoaukon ulkopuolelle jäänyt osa kellastuneena. Teoksen ollessa kellastunut aukon kohdalta, on aukkopahvi suojannut sitä reunoilta ja kellastuttava tekijä, mahdollisesti valo, on päässyt vaikuttamaan vain aukon kohdalta. Kun valoaukon kohta on vaaleampi, on mahdollista, että teoksessa on ollut hapan aukkopahvi, joka on kellastuttanut teoksen siltä kohtaa missä pahvi on ollut suoraa kosketuksissa teokseen.

Paperin kellastumiseen vaikuttaa kuituaines, josta paperi on valmistettu. Myös erilaiset täyte-, massaliima- ja pintaliima-aineet voivat aiheuttaa värinmuutosta. Hapan ympäristö aiheuttaa paperissa kemiallisia muutoksia, joiden seurauksena voi syntyä värimuutoksia. Ylimääräinen valo, lämpö ja kosteus edesauttavat näitä reaktioita.

Pesulla oli osassa kohteita kirkastava vaikutus. Silmämääräisesti tarkasteltuna kellastuneisuus väheni.

8.2.4 pH-mittaus

pH-mittaustuloksissa arvo 7 tarkoittaa neutraalia. Kun arvo nousee 7,1:stä 14:ään kasvaa emäksisyys ja kun arvo laskee 6,9:stä 0:aan kasvaa happamuus. pH-arvoasteikko on logaritminen ja yhden yksikön muutos tarkoittaa 10-kertaista muutosta happamuuden tai emäksisyyden tasossa.

Taulukossa 3 on esitetty pH-mittausten tulokset, jotka ovat keskiarvoja 2-3 mittauspisteestä. Taustausmateriaalit mitattiin sekä teoksen että taustapahvin puolelta, mutta näissä ei ollut merkittävää eroa, joten tulokset on esitetty yhdellä lukemalla. Värit indikoivat happamuuden tasoa, viivalla merkityjä kohtia ei ole mitattu, koska mittauksen on ennakoitu olevan riski teokselle ja harmaa tarkoittaa, että teoksessa ei ole kyseistä mitauskohdetta.

Taulukko 3. pH-mittaustulokset kuvituksen ajoituksen kanssa, värit kuvaavat pH-tasoa seuraavasti: 4.0-4.9 punainen, 5.0-5.9 oranssi, 6.0-6.9 keltainen ja ≥ 7.0 vihreä

Inventaarionumero	M-46	M-38	M-78	M-240	M-290	M-324	M-194	M-454	M-398	M-448	M-411	M-558	M-572	M-783	M-797
Ajoitus	1945	1945	1968	1969	1954	1957	1950	1962	1962	1962	1962	1962	1962	1970	1970
pH Taustapahvi	7,2	7,4	7,7	7,3	7,2	7,7	7,5	7,4	7,0	7,2	6,6	6,7	7,0	7,2	7,0
pH Aukkopahvi	7,2	7,3	7,7	7,1	6,9	7,6	7,3	7,0	6,5	7,2	7,0	6,7	7,0	7,3	7,0
pH Silkkipaperi	6,6	6,6	6,7	6,6	6,7	6,1	6,5	6,3	5,9	5,6	6,5	6,1	6,2	6,8	6,7
pH Taustaus	6,5	6,5	6,6	6,5	6,5	6,7		5,3	6,5	5,8	-	6,5	6,6		
pH II taustaus								5,3			6,5				
pH Teos ennen pesua	4,9	5,9	-	5,9	5,7	5,7	-	-	6,0	5,7	5,8	5,9	6,2	6,6	-
pH Teos pesun jälkeen	5,1	6,1	-	6,5	6,0	6,0	-	-	6,1	5,9	-	6,0	-	-	-

Kaikki mitatut teospaperit olivat happaman puolella, yhden antaen jopa tuloksen 4,9 (M-46). Osa teoksista pestiin ja pesuajaksi valittiin 10 minuuttia noin 22 °C:ssa vedessä, jota käytettiin kaikille pestäville kohteille. Pesuvetenä käytettiin noin 10 litraa vesijohtovettä. Pesun jälkeen pH-taso nousi kaikilla kohteilla, tosin odotettua vähemmän. Teokset on lahjoitettu Tampereen taidemuseolle vuonna 1986. Tuolla hetkellä osa niistä on ollut jo lähes 40 vuotta vanhoja ja lahjoitusta edeltäneistä säilytysolosuhteista ei ole tietoa. Paperit ovat konevalmisteisia, kuitunäytteiden perusteella lumpukkuidun ja puupitoisen kemiallisen massan sekoitusta. Paperit ovat ajalta, jolloin kemiallista massan valmistusta on hallinnut hapan sulfiittiprosessi. Paperimassa on mahdollisesti kloorivalkaistua. Paperinvalmistuksessa on saatettu käyttää myös hapanta massa- ja/tai pintaliimaa.

Teos M-572 vuodelta 1962 on tehty paperille, joka on melko ohut, erittäin vaalea, kiiltävä, tiheäpintainen, täyteainepitoinen, päällystetty paperi. Tämä laatu on pääsääntöisesti säilyttänyt vaaleutensa hyvin, tosin jonkin verran tälläkin esiintyy foxing-tapauksia kokoelmassa. pH-mittausten perusteella taso oli 6,2 eli happaman puolella, kaiken kaikkiaan mittaustuloksista toiseksi korkein. Kyseessä on paperi, jonka peseminen todennäköisesti muuttaisi sen ulkoasua merkittävästi. Vaarana on, että vähintään kiilto menetettäisiin ja on mahdollista, että pinnasta saattaisi liueta materiaalia pesussa. Tällä perusteella pesun vaikutusta ei tutkittu tämänkään työn puitteissa. Happamoitumisen ja hydrolyysin lisäksi suuri haaste tälle laadulle on se, että kohteet on usein liimattu kauttaaltaan taustakartongille. Jos ne on liimattu vain paikallisesti, liima on usein paksua ja aiheuttaa helposti teokselle paikallisen muodonmuutoksen teoksen joutuessa edes lievästi puristuksiin. Muodonmuutosten lisäksi liiman ikääntyminen voi tulevaisuudessa aiheuttaa paperia vaurioittavia kemiallisia reaktioita.

Muumilaakson marraskuu – kirjan kuvitukset on tehty Schoelleshammerin kartongille, jonka taustapuoli on siniharmaa. Tästä tarinasta tarkasteluun otetun teoksen pH-taso osoittautui mittausten mukaan olevan lähellä neutraalia 7:ää. Kartonki on säilyttänyt vaaleutensa pääosin kohtuullisen hyvin, mutta lievää kellastumaa on joillakin teoksilla esimerkiksi valoaukon kohdalla havaittavissa. Vaikka pH-taso olikin mitatuista vähiten hapan, on lieväkin kellastuminen merkki happamoitumisesta ja vaurioitumisesta. Toisaalta on muistettava, että kyseessä on kaikkein uusimmat kokoelman kuvitukset eli vuodelta 1970. Kartongille tehtyjä teoksia ei pesty, koska pesu voi aiheuttaa palautumattomia muutoksia kohteelle, kuten mittojen muutoksia ja rakenteen eri kerrosten irtoamista.

Tausta- ja passepartout- eli aukkopahvit osoittautuivat teoksilla pääsääntöisesti neutraaliksi tai muutamassa tapauksessa hieman happaman puolelle. Suurimmassa osassa säilytyspahveja ei ollut merkintää niiden vaihtoajankohdasta, mutta useiden oletetaan olevan jopa yli 20 vuotta vanhoja. Liitteen 3 taulukossa on erittely pahvien ikäarvioista. Pahvit ovat säilyttäneet neutraalin tai lievästi emäksisen tason hyvin ja tästä voi päätellä niiden olevan hyvälaatuisia, todennäköisesti emäsreservillä varustettua pahvia. Silkkipapereissa on havaittavissa lievää happamuutta. Teoksissa tyypillisimmin oleva taustauspaperi osoittautui pH-tasoltaan noin 6,5. Taso oli yllättävän korkea ottaen huomioon paperista havaitun ligniinipitoisuuden ja paperin silminnähtävän kellastumisen. Paperissa voi olla esimerkiksi kalsiumkarbonaatti emäsreservinä, joka on mahdollisesti hillinnyt happamoitumista. Harmaa, toispuolisesti päällystetty taustauskartonki (M-454) antoi tuloksen 5,3 ja valkoinen mattapintainen taustauskartonki (M-448) oli hapnan tuloksella 5,8.

Luvussa 5.8 käsiteltiin paperin happamuutta ja todettiin, että happamuus altistaa paperin selluloosan pilkkoutumiselle. Teosten säilymisen kannalta on tärkeää, että niiden säilytysolosuhteet ja -materiaalit ovat happovapaita. Happamuuden lisääntymistä voidaan myös hidastaa minimoimalla teoksiin kohdistuva valosta, kosteudesta ja lämpötilasta aiheutuva kuorma.

Teosten pesun pieni vaikutus pH-tasoon oli yllättävä ja tällöin voi pohtia pesun järkevyyttä. Toisaalta osalla kohteista pH-nousi pesussa sekä kellastuneisuus väheni silmämääräisestikin tarkasteltuna. Nämä ovat perusteltuja syitä pesutoimenpiteelle, jos kyseessä on paperi, jonka pintaominaisuudet eivät ole vaarassa muuttua merkittävästi pesun myötä.

8.2.5 Muut tutkimukset

Kalsiumkarbonaattitestiä kokeiltiin taustauspapereihin ja todettiin, että tulos on hyvin tulokinnanvarainen. On mahdollista, että päällyste- tai pintaliimakerros estää kuplien vapautumisen. Esimerkiksi valkoisella toispuolisesti päällystetyn harmaan kartongin kohdalla muodostui jotainkin kuplia, mutta ne jäivät oletetun pintaliimakerroksen alle. Toisaalta happo saattaa reagoida jonkun muun yhdisteen kanssa. Tästä syystä kalsiumkarbonaattitestaamista ei jatkettu pidemmälle, eikä tuloksia käsitellä tarkemmin.

Kolmesta teosten taustausmateriaaleista valmistettiin poikkileikkausnäyte. Kaksi taustauspaperia oli ohutta, kiiltävää ja tiheää. Yksi oli harmaa kartonki, jossa oli toisella puolella valkoinen päällyste. Näytteistä pystyi näkemään kerroksia, varsinkin kartongista.

Haasteena huokoisen paperin kohdalla on se, että hiottaessa näytettä, hiontapölyä kertyy aina näytteen pintaan ja se täyttää paperin huokokset ja muodostaa näytteen pinnalle kerroksen. Poikkileikkausnäytteet eivät tuoneet käyttökelpoista lisäinformaatiota tutkimukseen.

Säilytystiloissa läpikäydyistä noin 300:sta teoksesta löytyi kolme (3) erilaista paperin valmistajan koholeimaa. Aikataulun puitteissa ei ollut mahdollisuutta selvittää, löytyykö niiden perusteella tarkempaa tietoa paperinvalmistusmenetelmästä ja raaka-aineista. Näiden kohteiden inventaarionumerot ovat M-165 (v.1968), M-215 (v.1950) ja M-335 (v.1957).

9 Toimenpidesuosituksukset

Ligniinitesti osoitti, että tyypillisin taustauspaperi on ligniinipitoinen. Toisaalta sen pH-taso on vain hieman alle neutraalin, joten taustauspaperin poisto on pohdittava tarkkaan tapauskohtaisesti. Systemaattiseen poistamiseen tuskin kannattaa ryhtyä, koska tälle taustauspaperille kiinnitettyjä teoksia on paljon ja resurssien puitteissa se tuskin on mahdollista. Toinen syy on se, että irrottaminen voi joissain tapauksissa aiheuttaa esimerkiksi mekaanisia vaurioita paperiin. Jos taustauspaperin ligniinipitoisuuden lisäksi on muita tekijöitä, kuten liiman aiheuttama deformaatio, pesun ja/tai suoristuksen tarve, on poistotoimenpide varmasti perusteltu. Liimaa on tyypillisesti niin paksu kerros, että liimakkaku aiheuttaa paperiin palautumattoman deformaation, jos sitä ei poisteta ennen suoristusta prässissä. Taustausmateriaalin pH-tasoa olisi hyvä tarkkailla tulevaisuudessa esimerkiksi kuntoinventoinnin yhteydessä. Koska tyypillisimpiä taustapapereita on irrotettu jo lukuisia kappaleita ja ne ovat liitettynä dokumentointiraportteihin, voisi niille tehdä myös jatkotutkimusta. Yksi mahdollinen tutkimus voisi olla keinotekoinen ikääntyminen altistamalla paperi valolle, kosteudelle ja lämpötilalle yhdessä sekä erikseen, ja tarkkailemalla näiden vaikutusta paperin pH-tasoon ajan funktiona. Taustauspaperin irrottamisen sijaan olisi tärkeää huolehtia siitä, että teoksia altistetaan kohtuullisesti happamuutta edistävälle olosuhteille ja näin hillitään sekä teospaperin että taustauspaperin ikääntymistä.

Tutkitut teospaperit sisältävät kuituanalyysin perusteella yhtä teosta lukuun ottamatta puukuituja ja kaikissa näytteissä oli merkkejä lumppukuitujen morfologiasta. Puukuitujen läsnäolo kertoo siitä, että paperissa voi olla sisäisiä vaurion aiheuttajia, mutta myös ym-

päristötekijöiden vaikutus voi olla merkittävä. Nämä ympäristötekijät ovat kosteus, lämpötila, ilmansaasteet ja ennen kaikkea valo. Museo-olosuhteissa useimmiten ympäristö on suotuisa, mutta aina kun teos otetaan pois säilytyslaatikosta, altistuu se vähintäänkin valokuormalle. Monessa teoksessa on havaittavissa kellastumista paikallisesti tai kauttaaltaan ja myös foxingia.

Myös teosten happamuus kertoo siitä, että olosuhteet ovat otolliset paperin värimuutokselle, haurastumiselle ja happamuuden lisääntymiselle edelleen. Kaikki mitatut teospaperit osoittautuivat olevan pH-tasoltaan alle neutraalin 7:n. Kuten luvussa 5.1 todettiin, pH-muutos kertoo hydrolyysin lisääntymisestä. Voidaan siis päätellä, että hydrolyysi on todennäköisesti kaikilla laaduilla käynnissä ja teosten tilaa on syytä tarkkailla. Teokset tarkastetaan aina konservoinnin yhteydessä. Luvun 7.1 alussa mainittua, jo käytössä olevaa kuntoluokittelun merkintätapaa olisi hyvä kehittää siten, että se oli mahdollisimman helposti päivitettävä ja mahdollinen muutos päivittyisi myös esimerkiksi Muusa-koelmatietokannan kautta myös näyttelyjä suunnitteleville osapuolille. Jos tieto on esimerkiksi kehystyksen sisällä taustapahvissa, voi se jäädä päivittämättä. Näin ollen voidaan joutua tilanteeseen, jossa kohteesta on kahta eri luokitusta, riippuen tutkitaanko asiaa Muusasta vai teoksen taustapahvista. Osa teoksista ovat halutumpia lainauskohteita, kun taas säilytyksessä on teoksia, jotka eivät todennäköisesti ole koskaan olleet esillä. Teokset tarkistetaan yleensä näyttelylainojen yhteydessä ja tuolloin myös tehdään mahdolliset konservointitoimenpiteet. Osa teoksista tulee siis tarkastukseen useammin kuin toiset. Kokoelman kattava kuntoinventarioprojekti muutaman vuoden välein tasarvoistaisi teoksia. Näyttely- ja teoslainasuunnittelussa on tarkistettava teosten kunto ja huomioitava se, että kaikkia teoksia ei tule altistaa pitkäaikaiselle valokuormalle ja mahdollisille olosuhteiden vaihteluille. Myös vanhimpien passepartout-pahvien vaihto on suositeltavaa, koska useissa tapauksissa saranointi taustapahviin on irronnut ja tästä voi aiheutua vaara teoksille niitä käsiteltäessä.

Teosten lähtiessä pitkäaikaiseen näyttelyyn, voisi näyttelysuunnittelua tehtäessä pyrkiä suunnittelemaan myös paperin värimittauksia CIELAB menetelmällä ennen ja jälkeen esillä olon. Mittauskohteeksi voisi valita kunnon puolesta riskialttiiksi kartoitettuja teoksia sekä mahdollisuuksien mukaan toistaa mittauksia vuosien jälkeenkin. Tällöin muodostuisi kuva tapahtuuko värimuutosta ja jos tapahtuu, voitaisiin muutosnopeus näin selvittää.

Säilytysmateriaalien mittauksissa kaikki silkkipaperit osoittautuivat vähintäänkin lievästi happamiksi ja näiden osalta on suositeltavaa, että teoksia käsiteltäessä silkkipaperit vaihdettaisiin, jos ei ole mahdollisuutta todeta niiden pH-tasoa. pH-tason mittaamiseen pintaelektrodimittarilla ei normaalissa konservointitilanteessa ole yleensä mahdollisuutta. Säilytysmateriaalien osalta pH – tasoa indikoiva tussi on helppo ja nopea tapa, jolla voi tarkastaa onko säilytysmateriaalien tarpeen vaihtaa. Kynästä jää jälki, mutta tausta- ja passepartout-pahvien tapauksessa testin voi tehdä reuna-alueelle, jossa siitä ei ole vaaraa teokselle ja silkkipaperista taas merkintäkohdan voi leikata pois.

Pesuajan pidentämisen vaikutusta pH-arvoon olisi tilaisuuden tullen hyvä tutkia tarkemmin. Toinen muuttuja testattavaksi voisi olla pesuveden lämpötilan lievä nostaminen. Pesuveden pH-mittausta voisi myös tutkia varsinkin, jos pesu suoritettaisiin pienemässä vesimäärässä.

Kuten tutkimuskohteiden valintaa käsittelevässä luvussa 7.1.1 todettiin, jätettiin kuultoele pergamiinipaperi kokonaan huomioimatta. Kokoelmassa on useita tussipiirroksia tehty tälle valmistusvaiheessa pitkälle jauhetulle paperille ja osa on hyvin pahasti kellastunut. Näille piirroksille ja niiden käsittelylle olisi oman tutkimuksen paikka.

10 Yhteenveto

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Tampereen taidemuseon Tove Janssonin muumikirjoihin tekemiä kuvitusoriginaaleja ja keskityttiin tussipiirrosten paperien sekä kartonkien ikääntymisen ja säilymisen tutkimiseen. Kuvitusoriginaalit on tehty 1940-1970-lukujen aikana ja taidemuseo sai ne taiteilijan lahjoituksena vuonna 1986. Teokset ovat erittäin suosittuja lainakohteita ja useat niistä ovatkin olleet esillä näyttelyajat yhteen laskien yhteensä jopa vuosia.

Tyypillisimminkin käytetyistä teospaperityypeistä tutkittiin paperin valmistusmenetelmiä ja nykykuntoa sekä samalla käsiteltiin teoriassa, mitkä tekijät voivat vaurioittaa paperia. Kuvitusoriginaalien paperit on valmistettu koneellisesti ja näyttäisivät pääosin sisältävän sekä lumpu- että puukuituja. Lisäksi konevalmisteiseen paperiin lisätään paljon täyte- ja liima-aineita, jotka osaltaan vaikuttavat paperin vaurioalttiuteen, kuten myös paperin valkaisu valmistusprosessin aikana. Paperipohjainen teos voi säilyä vuosisatoja, ehkä vuosituhansia. Satoja vuosia vanhoja grafiikan vedoksia ja käsikirjoituksia on säilynyt hyväkuntoisina näihin päiviin saakka, mutta lumpukkuidusta käsin valmistetun paperin

ikäntyminen voikin olla aivan toista luokkaa eli merkittävästi hitaampaa, kuin 1900-luvun puupitoisen, valkaistun, konevalmisteisen paperin.

Happamuus kertoo paperin vaurioalttiudesta ja saatujen mittaustulosten perusteella voitiin todeta, että teospapereiden pH oli selkeästi happaman puolella eli alle neutraalin 7. Säilytysmateriaalien vaikutus teoksiin on oleellinen ja niiden laadun todettiin olevan iästä riippumatta kohtuullisen hyvällä tasolla, säilytyksessä kohteen suojana olevien silkkipapereiden osalta tosin oli havaittavissa lievää happamuutta. Värimuutosta ja happamoitumista aiheuttavaa ligniiniä ei juuri havaittu testien perusteella teospapereissa, joten pH-taso ja papereiden kellastuminen eivät ole pelkästään ligniinistä riippuvainen. Toisaalta on huomioitava, että teoksista otetut materiaalinäytteet eivät ole standardien vaatimalla tasolla, koska näytemäärät haluttiin minimoida. Tämä luo epävarmuutta testituloksiin.

Teosten säilytystilat ovat museo-olosuhteiden osalta kunnossa. Tove Janssonin kuvitusoriginaalit ovat erittäin kysytyjä lainateoksia ja lainoja myös myönnetään. Tällöin ne altistuvat olosuhteiden vaihteluille sekä valolle ja nämä tekijät edesauttavat paperin ikääntymistä. Valon ja paperin happamuuden myötä paperin rakenne voi alkaa hajota ja näin ne aiheuttavat värimuutoksien lisäksi lujuuden menetystä eli haurastumista. Teosten säilymisen kannalta on tärkeää, että valokuormitus on tapauskohtaisesti harkittu, kosteus- ja lämpötilatasojen pysyvyydestä huolehditaan ja, että säilytysmateriaalit ovat happovapaita ja niissä on emäsreservi.

Uusi Muumimuseo avattiin kesäkuussa 2017 ja siellä on esillä iso osa kokoelmasta, noin 400 teosta, joista suurin osa on Tove Janssonin muumikirjojen kuvitusoriginaaleja. Perusnäyttelyn esilläoloaika on noin 3 vuotta. Vaikka valaistus on näyttelyssä paperipohjaisille teoksille määritetyllä tasolla, tulee näin pitkässä ajassa teoksille suuri kumulatiivinen valokuorma, jonka vaikutuksia on vaikea arvioida, ja jonka vaikutukset eivät välttämättä näy näyttelyn aikana tai heti sen jälkeen. Valon aiheuttamat vauriot ovat palautumattomia ja vaurioitumisprosessi ei pysähdy, kun kohde viedään pimeään, vaan prosessi pelkästään hidastuu.

Tove Janssonin tuotanto on merkittävä sekä kansallisesti että kansainvälisesti. Merkittävää on myös se, että iso osa Janssonin kuvitustuotannosta on yhdessä paikassa, osana Tampere taidemuseon kokoelmia. Vaikka kokoelma on kappalemäärältään suuri, on teokset yksittäisiä ja ainutlaatuisia kuvituksia kaikki. Piirrosten lisäksi monessa teoksessa

on taiteilijan tekemiä merkintöjä, jotka korostavat tätä ainutlaatuisuutta. Niissä on myös nähtävissä, kuinka yksittäinen kuvitus on kehittynyt taiteilijan niitä korjattua ja päivitettyä.

Paljon käydään keskustelua siitä, että museokohteiden tulee olla mahdollisimman paljon esillä. Arkoja materiaaleja sisältävien kohteiden osalta olisi kuitenkin tärkeää etsiä kohtuullisuuden linjaa, jolloin teokset olisivat esillä ja näin ollen altistettaisiin ikääntymiselle, mutta ikääntymisen astetta pyrittäisiin hillitsemään. Muumikirjojen kuvitusoriginaaleista osa on ollut useassa kiertonäyttelyssä, mutta osa teoksista ei ole todennäköisesti ollut koskaan esillä. Taidemuseolla tulee olla mahdollisuus vaikuttaa siihen, mitkä teokset ovat esillä. Toisaalta näyttelykävijää saattaisi kiinnostaa myös kohteet, joita ei ole aiemmin ollut missään esillä. Janssonin kuvitusoriginaaleja on satoja, joten esilläpito- ja lainausmäärien ollessa kohtuullisia, voidaan hidastaa teosten vaurioitumista, mutta toisaalta jakaa muumielämyksiä edelleen. Laatua ei tarvitse korvata määrällä. Alkuperäisteosten oheen voisi lainata teoksista tehtyjä digigrafeja, jolla saataisiin tarvittaessa lisää volyyymiä näyttelyihin. Kokoelmasta huolehtiminen on osoitus sen arvostuksesta. Joissain museoissa erittäin herkkien teosten näytteillä oloaika rajoitetaan parista viikosta 2-3 kuukauteen. Kohteet on tarkasteltava toki tapauskohtaisesti ja tällaiseen ääripäähän ei yleensä ole tarpeen mennä, mutta kohtuullisuudella ja Janssonin ison kokoelman edellyttämällä valinnan varalla rajoitteita olisi mahdollista luoda.

Näyttelytoiminnan lisäksi on tärkeää huolehtia myös käsittelyn aikaisten vauriotekijöiden minimoiminen. Teosten altistusaika esimerkiksi valolle on hyvä minimoida ja teosten ollessa pois niiden vakituisista säilytystiloista, suojata ne myös silloin keino- ja luonnonvalon aiheuttamalta kuormitukselta.

Konservaattorin tehtävä on huolehtia teoksesta siten, että se säilyisi mahdollisimman pitkään. Teoksista huolehtiminen voi olla ennaltaehkäisevää säilytysmateriaalien vaihtoa ja -olosuhteiden optimoimista tai toisaalta isojakin konservointitoimenpiteitä. Osa teoksista voivat olla "itsetuhoisia", mutta kun ominaisuus on tiedossa, voidaan keskittyä tekemään parhaamme, jotta teos säilyy mahdollisimman monelle sukupolvelle ja toisaalta mahdollisimman moni pääsee näkemään sen myös tässä hetkessä.

Originaalipiirros ei säily, jollei kuvaa kantava paperi säily. Tove Janssonin kuvitukset eivät ole pelkästään kuvia, vaan kokonaisuuksia, joissa kuvan lisäksi on usein paljon muuta, kuten teoksen ja taiteilijan tekniikan sekä käytettyjen materiaalien kehityskaarta ja historiaa.

Lähteet

Aaltonen Pertti, Testing of Pulp and Paper, Methods applied in the Laboratory of Paper, Technology, Part 1: Testing of Pulp. Laboratory of Paper Technology, Reports, Series D 1. Otaniemi 1997.

Alen Raimo, Structure and chemical composition of wood. Paper Making Science and Technology, Forest Products Chemistry, chapter 1. Per Stenius, Fapet Oy Helsinki 2000. ISBN 952-5216-03-9

Appelbaum Barbara, Conservation Treatment Methodology. Elsevier Ltd, UK 2007. ISBN – 13: 978-0-75068-274-9.

Appelbaum Barbara, Guide to Environmental Protection of Collections. Sound View Press Madison, Connecticut 1991. ISBN 0-932087-16-7.

Ashley-Smith Jonathan, Risk Assessment for Object Conservation. Biddles Ltd, Guildford and King's Lynn, Great Britain, 1999. ISBN 07506 2853 7.

Bicchieri Marina, Pappalardo Giuseppe, Romano Francesco Paolo, Sementilli Francesca Maria, de Acutis Rodolfo, Characterization of Foxing Stains by Chemical and Spectrometric Methods. Restaurator, 2001, 1-19, Germany. ISSN 0034-5806

Björdal Lars, Pappersdokument, Magasinhandboken Tidens tand, Förebyggande konservering, FJÆSTAD Monika (Redaktör). Riksantikvarieämbetet. Berlings Skogs AB, Trelleborg 1999- ISBN 91-7209-135-5

Brückle Irene, Effect of Pulp Processing on Paper-Water Interactions. Paper and Water, A Guide for Conservators, Chapter 5. Gerhard Banik and Irene Brückle, 2011. ISBN -13: 978-0-75066-831-6.

Clapp Anne F., Curatorial Care of Works of Art on Paper, Basic Procedures of Works of Art on Paper. Intermuseum Conservation Association, USA 1987. ISBN 0-941130-31-2.

Crespo Carmen, Vinas Vincente, Asiakirjojen ja Kirjojen Konservointi ja Restauroidi. Suom. Pirilä Pirkko ja Riikonen Aune. Valtionarkisto Helsinki 1989. ISBN 951-47-2389-9.

Daniels Vincent, The Rate of Discolouration Removal from Paper by Washing. Paper and Water, A Guide for Conservators, Chapter 10. Gerhard Banik and Irene Brückle, 2011. ISBN -13: 978-0-75066-831-6.

Fellers Christer, Iversen Tommy, Lindström Tom, Nilsson Thomas, Rigdahl Mikael 1989, Ageing/Degradation of Paper, A literature survey. FoU-projektet för papperskonservering, Report No. 1E. 1989 Stockholm. ISSN 0284-5636

Forsskåhl Ingegerd, Brightness reversion. Paper Making Science and Technology, Forest Products Chemistry, chapter 5. Per Stenius, Fapet Oy Helsinki 2000. ISBN 952-5216-03-9

Halliday David, Resnick Robert, Walker Jearl, Fundamentals of Physics, Extended, with Modern Physics, Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. USA 1993.

Harva Kirsti, Rajakari Päivi, Teesejä kokoelmanhoidosta: Konservaattorin näkökulma. Yliopistopaino, Helsinki 2007. ISBN 978-951-53-2932-5 (pdf). http://www.suomenkansalliskallio.fi/wp-content/uploads/2014/04/15787_teeseja_kokoelmanhoidosta.pdf 30.5.2017

Hausalo Tiina, Söderhjelm Liva, Chemical Analysis of Pulps. Paper Making Science and Technology, Pulp and Paper Testing, Chapter 6, Jan-Erik Levlin, Liva Söderhjelm, Fapet Oy Helsinki 1999. ISBN 952-5216-17-9.

Havermans John B.G.A 1995, Environmental Influences on the Deterioration of Paper. J.B.G.A. Havermans/Barjesteh, Meeuwes & Co 1995. ISBN 90-5613-010-2

Heikkurinen Annikki, Single Fiber Properties. Paper Making Science and Technology, Pulp and Paper Testing, Chapter 2, Jan-Erik Levlin, Liva Söderhjelm, Fapet Oy Helsinki 1999. ISBN 952-5216-17-9.

Holmbom Bjarne, Stenius Per, Analytical methods. Paper Making Science and Technology, Forest Products Chemistry, chapter 3. Per Stenius, Fapet Oy Helsinki 2000. ISBN 952-5216-03-9

ICOM Suomen komitea ry, Museotyön Eettiset Säännöt, 2004. <http://finland.icom.museum/etiikka.html> 8.8.2017

Ilvessalo-Pfäffli Marja-Sisko, Kuidut kuvina, Paperikuitujen tunnistaminen. Metsäkustannus Oy, Jelgava Printing House, Latvia 2015. ISBN 978-952-6612-48-5

Isotalo Kaija, Puu- ja sellukemia, 3. uudistettu painos. Opetushallitus, Edita Prima Oy 2004. ISBN 952-13-2059-1

James Carlo, Corrigan Caroline, Enshaian Marie Christine, Greca Marie Rose, Old Master Prints and Drawings, A Guide to Preservation and Conservation. Amsterdam University Press 1997. ISBN 90 5356 243 5,

Jansson Tove, Ilmonen Anneli (toim.), Muumi, Tampereen Taidemuseon Julkaisuja XII. Tampereen Kirjapaino Oy Tamprint, Tampere 1986, ISBN 951-99732-0-6.

Karlsson Petter, Wanselius Bengt, Muumimaailma ja todellisuus, Tove Janssonin elämä kuvina. WSOY 2014. ISBN 978-951-0-40949-7

Kivi Mirja (toim.), Muumilaakso, Tarinoista museokokoelmaksi. Schilds Kustannus Oy, Proost, Turnhout Belgia 2000. ISBN 951-50-1135-3

Kivi Mirja, What's this? Tove Janssonin Muumisarjakuvia ja luonnoksia (1947 – 1959). Tampereen taidemuseon julkaisuja 119. Saarijärven Offset Oy, 2005. ISBN 952-9549-87-3

Knuutinen Ulla, Paperin säilyvyyden kemia. Espoon-Vantaan ammattikorkeakoulu julkaisusarja, yliopistopaino, Helsinki 1997. ISBN 951-799-014-6

Kojc Meta, Malešič Jasna, Foxing, Identification and Conservation Treatment of Stains on Two Contemporary Etchings. Journal of Paper Conservation, Vol. 13 2012 – No. 1. ISSN 1868-0860

Kosek Joanna M., Washing Paper in Conservation. Paper and Water, A Guide for Conservators, Chapter 11. Gerhard Banik and Irene Brückle, 2011. ISBN -13: 978-0-75066-831-6.

Kruskopf Erik, Bildkonstnären Tove Jansson. WSOY grafiska industrier Borgå 1992. ISBN 951-50-0572-8

Laamanen Jouko, Permanent papers. Paper Making Science and Technology, Pulp and Paper Testing, Chapter 12, Jan-Erik Levlín, Liva Söderhjelm, Fapet Oy Helsinki 1999. ISBN 952-5216-17-9

Putkonen Väiski, Paperia! Lyhyt johdatus paperin historiaan ja valmistusmenetelmiin. Otatieto Oy, Tammer-Paino, Tampere 1997. ISBN 951-672-194-X.

Rebrikova N.L., Manturovskaya N.V., Foxing, A New Approach to an Old Problem. Restaurator, 2000, 85-100, Germany. ISSN 0034-5806

Rämö Marjo, Korvaamattomien muumitöiden vieminen vanhaan tehtaaseen rikkoisi lahjoituksen ehtoja – Lue, mitä Tove Janssonin kanssa sovittiin. Tamperelainen 18.11.2011. 29.5.2017

Saarinen Jussi, Muumibuumi tulee taas. Aamulehti 29.5.2017.

SCAN-G3:90, Massa, paperi ja kartonki, Kuitukoostumuksen määrittäminen, Yleiset ohjeet. Scandinavian pulp, paper and board, testing committee. Uusittu 1990 Suomenkielinen käännös.

SCAN-G4:90, Massa, paperi ja kartonki, Kuitukoostumuksen määrittäminen, Värjäysmenetelmät. Scandinavian pulp, paper and board, testing committee. Uusittu 1990 Suomenkielinen käännös.

Schaeffer Terry T., Effect of Light on Materials in Collection. Data on Photoflash and Related Sources. The Getty Conservation Institute, Second printing 2002, USA.

Seppälä Markku J. (toim.), Klemetti Ursula, Kortelainen Veli-Antti, Lytykäinen Jorma, Siitonen Heikki, Sironen Raimo, Paperimassan valmistus, Kemiallinen metsäteollisuus I, 2. painos. Opetushallitus, Gummerus Kirjapaino Oy Jyväskylä 2001. ISBN 952-13-1142-8

Sinisalo Johanna, Muumilaakso: sadun ja satiirin valtakunta. Ilmonen Anneli, Waaramaa Teija, Elina Bonelius (toim). Tove Jansson, muistonäyttely. Taiteilija vanhemmat Signe Hammarsten Jansson ja Viktor Jansson 15.6. – 29.9.2002. Tampereen taidemuseo – Pirkanmaan aluetaidemuseo, Tampereen taidemuseon muumilaakso. Tampereen taidemuseon julkaisu 102. Karisto Oy Hämeenlinna. ISBN 952-9549-70-9

Smith Anthony W., Aqueous Deacidification of Paper. Paper and Water, A Guide for Conservators, Chapter 12. Gerhard Banik and Irene Brückle, 2011. ISBN -13: 978-0-75066-831-6.

Steczek Alicija, The Uptake of Calcium Carbonate in Paper, Immersion and Float Washing Compared for Selected Paper Samples. Journal of Paper Conservation, Vol.16 2015 – No.3. ISSN 1868-0860

Thelander Hans, Paulsson Magnus, Brelid Harald, Introduktion till Massa- och pappersframställning. Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 2002.

Tolvanen Juhani, Tove Jansson – sarjakuvan runoilija. Ilmonen Anneli, Waaramaa Teija, Elina Bonelius (toim). Tove Jansson, muistonäyttely. Taiteilija vanhemmat Signe Hammarsten Jansson ja Viktor Jansson 15.6. – 29.9.2002. Tampereen taidemuseo – Pirkanmaan aluetaidemuseo, Tampereen taidemuseon muumilaakso. Tampereen taidemuseon julkaisuja 102. Karisto Oy Hämeenlinna. ISBN 952-9549-70-9

Trobas Karl, Grundlagen der Papierrestaurierung. Akademische Druck- u. Verlagsanstalt, Graz/Austria 1987. ISBN 3-201-01340-4

Turner Silvie, The Book of Fine Paper. Thames and Hudson 1998. ISBN 0-500-01871-5.

Vaarasalo Juhani, Optical properties of paper. Paper Making Science and Technology, Pulp and Paper Testing, Chapter 8, Jan-Erik Levlin, Liva Söderhjelm, Fapet Oy Helsinki 1999. ISBN 952-5216-17-9.

Verso Technical Bulletin, Paper Stability and Permanence. Customer Technical Services Group of Verso Corporation 2016. <https://versoco.com/wps/wcm/connect/8f266e4a-9e00-45ee-b840-1be6b54ac281/Technical+Bulletin+Paper+Stability.pdf?MOD=AJPERES&CVID=lpM9NwL> 30.5.2017

Vesanummi Mari, Yle uutiset, Kulttuuri 2.1.2013. <http://yle.fi/uutiset/3-6435131>. 29.5.2017

Westin Boel, Kuin katsoisi Kuningasrubiinin sydämeen – taidemuotojen yhteisvaikutus muumitarinoissa. Kivi Mirja (toim.), Muumilaakso, Tarinoista museokokoelmaksi. Schilds Kustannus Oy, Proost, Turnhout Belgia 2000. ISBN 951-50-1135-3

Whitmore Paul M., Paper Ageing and the Influence of Water. Paper and Water, A Guide for Conservators, Chapter 8. Gerhard Banik and Irene Brückle, 2011. ISBN -13: 978-0-75066-831-6.

Internet-lähteet

<http://www.tampereentaidemuseo.planeetta.com/wp-content/uploads/2015/08/Kokoomapoliittinen-ohjelma-2012-e.pdf> 26.5.2017

<https://www.moomin.com/fi/blog/ateneumissa-ihastuttanut-tove-jansson-nayttely-aloittaa-tanaan-euroopan-kiertueensa/> 24.5.2017

https://issuu.com/vapriikki/docs/tampereen_museotoimi_toimintakertomus_2010 24.5.2017

<https://aaltomuoto.files.wordpress.com/2012/09/spektri.png> 2.8.2017

<http://www.smb.museum/ausstellungen/detail/hieronymus-bosch-und-seine-bilderwelt-im-16-und-17-jahrhundert.html> 6.9.2017

<http://www.ateneum.fi/nayttelyt/hokusai-hiroshige-matkalla-edoon/> 6.9.2017

Muut verkkoaineistot

KnowPap 15.0 (12/2013) Paperitekniikan ja automation oppimisympäristö, AEL, Proledge Oy

Julkaisemattomat lähteet

Kangasmäki-Kurtti Eija, paperikonservaattori, Tampereen taidemuseo. [sähköpostiviesti] 7.9.2017.

Tove Janssonin muumikirjat

Tove Jansson on kirjoittanut ja kuvittanut yhteensä 13 muumikirjaa vuosina 1945-80. Näistä kahdeksan on muumiromaaneja, yksi novellikirja ja neljä kuvakirjaa. (KIVI 2000, 99)

Kirja nimi, alkuperäiskielellä	Ilmestymis- vuosi	Suomenkielinen käännös	Ilmestymis- vuosi
Småtrollen och den stora översvämningen	1945	Muumit ja suuri tuhotulva	1991
Komet jakten	1946	Muumipeikko ja pyrstötähti	1955
Trollkarlens hatt	1948	Taikurin hattu	1956
Muminpappans bravader	1950	Muumipapan urotyöt	1963
Hur gick det sen?	1952	Kuinkas sitten kävitkään?	1952
Farlig midsommar	1954	Vaarallinen juhannus	1957
Trollvinter	1957	Taikatalvi	1958
Vem ska trösta knyttet?	1960	Kuka lohduttaisi nytyiä?	1960
Det osynliga barnet och andra berättelser	1962	Näkymätön lapsi ja muita kertomuksia	1962
Pappan och havet	1965	Muumipappa ja meri	1965
Sent i november	1970	Muumilaakson marraskuu	1970
Den farliga resan	1977	Vaarallinen matka	1977
Skurken i muminhuset	1980	Outo vieras muumitalossa	1980

Muuminäyttelyitä

Muuminäyttelyitä on ollut jo vuosikymmeniä Suomen lisäksi ulkomailla. Ohessa kirjallisuuslähteistä löytyneet maininnat näyttelylaineista. (KIVI 2000, 75-76; Tampereen museotoimi toimintakertomus 2010; Ateneumin Tove Jansson-näyttely www.moomin.com; JANSSON 1986, 5, 72) Listassa ei ole lueteltu Tampereen taidemuseon Muumilaakson vuosina 1987-2017 esillä olleita näyttelyitä.

1979 Tsekkoslovakia

1980-luvun alku Helsinki, Mikkeli

1980 Ruotsi

1981-82 kiertonäyttely Ruotsissa

1983 kiertonäyttely Norjassa

1989 Ranska

1990 Tanska

1995 Belgia

1996-97 Ruotsi

1997-98 kaksi kiertonäyttelyä Japanissa (toisessa mukana 3 skandinaavista kuvittajaa)

2009-10 Belgia, Englanti ja kiertonäyttely Japanissa

2014 Tove Jansson 100 vuotta, Ateneum

2014-15 Kiertonäyttely Japanissa

Tutkittavien kohteiden kuvailu

Inventaarionumero, tekovuosi, tarina, tiedossa olevat näytellyt, taustamateriaalin tyyppi, säilytyspahvien ikä, vauriot, kunto, olemassa oleva dokumentointi sekä paperin kuvailu.

ID	Vuosi	Tutkittavien kohteiden kuvailu																
		Tarina				Vauriot				Kunto			Dokumen- tointi		Paperin kuvailu			
M-46	1946	X																
M-38	1945	X																Kellastunut, sileä, tukeva, matta
M-78	1968												X					Valkoinen, erittäin sileä, hieman kiltävä
M-240	1969	X																Valkoinen, erittäin sileä, hieman kiltävä
M-290	1954																	Harmaitavan valkoinen, pinta tiivis, tukeva, kellastunut, sileä
M-324	1957												X					Valkoinen, pinta tiivis, sileähkö
M-194	1950																	Harmaitavan valkoinen, pinta tiivis, sileä
M-398	1962																X	Kellastunut, matta, pintastrukturi
M-411	1962																	Kiltävä, ohut, tiivis
M-488	1962																X	Tukeva, sileä, hieman kiltävä, kellastunut
M-454	1962																X	Kiltävä, ohut, tiivis
M-558	1962																	Tukeva, sileä, hieman kiltävä, kellastunut
M-572	1962																	Kiltävä, ohut, tiivis
M-797	1970																	Paksu valkoinen kartonki, taustalla siniharmaa kerros
M-783	1970																	Paksu valkoinen kartonki, taustalla siniharmaa kerros

Kuitunäytteiden valmistuksessa käytettyjen reagenssien sekä ligniinitestini liuoksen reseptit

Herzberg

I vaihe kylläinen sinkkikloridi:

ZnCl₂ liuotetaan 100 ml:aan kuumaa vettä niin paljon, että jää liukenematonta ainetta. Seoksen annetaan jäähtyä ja varmistetaan, että osa kiinteästä aineesta kiteytyy astian pohjalle. (Liukoisuus 216 g/50 ml eli 432 g/100 ml)

II vaihe:

2,1 g Kaliumjodidia ja 0,1 g jodia (I₂) hierretään keskenään ja lisätään pisaroittain 5 ml vettä jatkuvasti sekoittaen.

Herzbergin liuos valmistetaan sekoittamalla 15 ml sinkkikloridiliuosta, 1 ml vettä ja koko määrä jodiliuosta. Annetaan seistä kuusi tuntia, niin että sakka laskeutuu. Dekantoidaan kirkas liuos säilöpulloon ja lisätään pohjalle jodikide.

Graff-C

Liuos 1: 40 g vedetöntä alumiinikloridia (AlCl₃) sekoitetaan 100 ml:aan puhdistettua vettä

Liuos 2: 100 g kalsiumkloridia (CaCl₂) liuotetaan 150 ml:aan puhdistettua vettä

Liuos 3: 50 g sinkkikloridia (ZnCl₂) sekoitetaan 25 ml:aan puhdistettua vettä

Liuos 4: 0,9 g Kaliumjodidia ja 0,65 g jodia (I₂) hierretään keskenään ja lisätään 50 ml vettä ensin pisaroittain ja lopulta nopeammin jatkuvasti sekoittaen

Liuoksia 1-4 sekoitetaan seuraavissa suhteissa:

- 20 ml Liuos 1
- 10 ml Liuos 2
- 10 ml Liuos 3
- 12,5 ml Liuos 4

Ligniinitestin liuos

Floroglusinoli 1,0 g

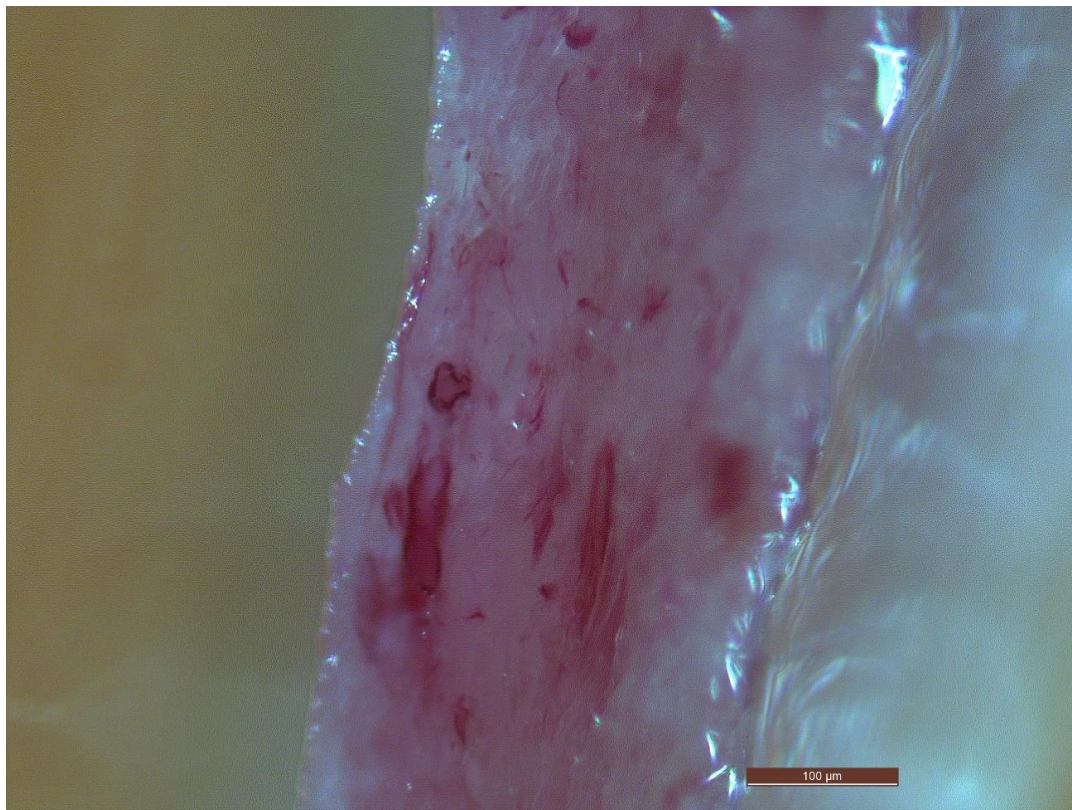
Etanoli 50 ml

Suolahappo (conc.) 50 ml

Deionisoitu vesi 50 ml



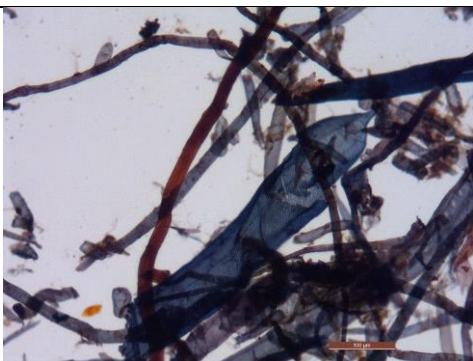

Ligniinitesti

Paperinäytteessä oleva ligniini värjäytyi testissä punaiseksi. Kohteena tyypillisin taustauspaperi, 100x suurennos.



Kuitunäytteet – esimerkkejä tuloksista

M-46 kuidut ovat fragmentteja, värin ja morfologian perusteella kyseessä voi olla lumppupaperi. M-572 kuvassa on todennäköisesti huokosten perusteella havupuukuitu. M-797 kuvassa on keskellä leveä sininen lehtipuukuitu ja punaiseksi värjäytynyt kuitu on todennäköisesti lumppukuitu, lisäksi oikeassa reunassa on havupuukuidulle tyypillisiä huokosia. M-454 taustakartonki on värin ja oikean reunan pystysuuntaisten urien perusteella mekaanisen massan kuitu.

Teos	Reagenssi	Kuva näytteestä, 100x suurennos
M-46	Graff-C	
M-572	Graff-C	
M-797	Graff-C	
M-454 Tausta- kartonki	Herzberg	

Kuitunäytteet – teoskohtainen tulkinta

ID	Kuitujen rakenne	Kuitunäytteen väri Herzberg	Kuitunäytteen väri Graff-C	Arvio massatyypistä
M-46	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, ei puukuiduille tyypillisiä huokosia	Sinipunainen Punainen	Ruskea	Mahdollisesti lumpsumassaa, todennäköisesti jokin sekoitus. Näytteestä ei havaittu helposti tunnistettavia puukuituja.
M-38	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, joitakin havupuukuituja, pihkaa	Sininen Punainen (lila)	Vaalea Läpikuultava sininen Punainen Punaruskea	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-240	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, joitakin havupuukuituja, pihkaa	Tumman sininen Joitain punertavia	Vaalea lila Sininen Punainen	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-290	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, joitakin havupuukuituja, pihkaa	Sininen Punainen Lilahtava	Vaalea sininen Lila Punainen Joitain kelta-ruskeita	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-324	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, havupuukuituja, koivun putkilosoluja, kuidut pitkäköjä ja ehjiä, pihkaa	Sinistä Joitain punaisia Lilahtavaa	Kirkas sininen Kirkas punainen Siniharmaa Joitain kelta-ruskeita Lilahtavaa	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa Myös koivua
M-194	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, havupuukuituja, kuidut pitkäköjä ja ehjiä, pihkaa	Sinistä Joitain punaisia Lilahtavaa	Kirkas sininen Kirkas punainen Siniharmaa Joitain kelta-ruskeita Lilahtavaa	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-398	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, havupuukuituja, kuidut pitkäköjä ja ehjiä, pihkaa	Tumma sininen Myös lilahtavaa	Kirkkaan sininen Keltainen Sini-harmaa Osa taittuu lilaan	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-448	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, havupuukuituja, kuidut pitkäköjä ja ehjiä, pihkaa	Tumma sininen Joitain vaalean sinisiä ja punaisia	Vaalean harmaa Punainen Sininen Joku keltainen	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa
M-558	Nurjahduksia (kohtuu paljon), turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, lehti- ja havupuukuituja, polvia, pihkaa	Sininen Punainen Lila	Sininen Punainen Satunnaisia keltaisia	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa Koivua
M-572	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, lehti- ja havupuuta, polvia, pihkaa	Sininen	Siniharmaa Sinipunainen Lilahtava sininen Joitain keltaisia	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa Koivua
M-797	Nurjahduksia (kohtuu paljon), turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, lehti- ja havupuuta, pihkaa	Sininen Lila Punainen	Sininen Siniharmaa Punainen Lila	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa Koivua ja haapaa
Tyypillisin taustapaperi	Nurjahduksia, ontelosoluja, turvonneita kohtia, lehti- ja havupuuta, pihkaa	Sininen Joitain kellertävän ruskeita	Keltainen Sininen Sini-harmaa	Lumpsumassan, mekaanisen massan, puolikemiallisen massan sekoitus Havupuuta ja pihkaa Koivua
M-411 Valk. Taustapaperi	Mahdollisesti kierteisyyttä, polvia, lehti- ja havupuuta, pihkaa	Tumma sininen Joitain keltaisia	Sininen Punertava Lila Sini-harmaa	Mahdollisesti lumpsumassan ja kemiallisen ja/tai puolikemiallisen massan sekoitus. Havupuukuituja ja pihkaa Koivua ja haapaa
M-454 tausta-kartonki	Nurjahduksia, turvonneita kohtia, poikittaissuuntaisia juovia, soluonteloita, mekaanisen massankäsittelyn merkkejä keltaisissa kuiduissa, havu- ja lehtipuuta	Tumma sininen Keltainen	Tumma sininen Keltainen	Lumpsumassan, mekaanisen massan, puolikemiallisen massan sekoitus Havupuuta ja pihkaa Koivua