

Ulla Knuutinen

Kulttuurihistoriallisten materiaalien menneisyys ja tulevaisuus

Konservoinnin materiaalitutkimuksen
heritologiset funktiot



Ulla Knuutinen

Kulttuurihistoriallisten materiaalien
menneisyys ja tulevaisuus

Konservoinnin materiaalitutkimuksen
heritologiset funktiot

Esitetään Jyväskylän yliopiston humanistisen tiedekunnan suostumuksella
julkisesti tarkastettavaksi Metropolia Ammattikorkeakoulussa Tikkurilassa
helmikuun 13. päivänä 2009 kello 12.

Academic dissertation to be publicly discussed, by permission of
the Faculty of Humanities of the University of Jyväskylä,
in Metropolia University of Applied Sciences, Tikkurila, on February 13, 2009 at 12 o'clock noon.



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2009

JYVÄSKYLÄ STUDIES IN HUMANITIES 114

Ulla Knuutinen

Kulttuurihistoriallisten materiaalien
menneisyys ja tulevaisuus

Konservoinnin materiaalitutkimuksen
heritologiset funktiot



UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2009

Editors

Janne Vilkuna

Department of Art and Culture Studies, Museology, University of Jyväskylä

Pekka Olsbo, Marja-Leena Tynkkynen

Publishing Unit, University Library of Jyväskylä

Jyväskylä Studies in Humanities

Editorial Board

Editor in Chief Heikki Hanka, Department of Art and Culture Studies, University of Jyväskylä

Petri Karonen, Department of History and Ethnology, University of Jyväskylä

Matti Rahkonen, Department of Languages, University of Jyväskylä

Petri Toiviainen, Department of Music, University of Jyväskylä

Minna-Riitta Luukka, Centre for Applied Language Studies, University of Jyväskylä

Raimo Salokangas, Department of Communication, University of Jyväskylä

Kansikuva: Liuotinpuhdistustestauksia nahkahärmän poistamiseksi kirjan kannesta.
Puutachi Opera Omnia, TOM I,1599. Kansalliskirjasto. Kuvannut Laura Sallas

URN:ISBN:978-951-39-8670-4

ISBN 978-951-39-8670-4 (PDF)

ISSN 1459-4331

ISBN 978-951-39-3474-3

ISSN 1459-4323

Copyright © 2009, by University of Jyväskylä

Jyväskylä University Printing House, Jyväskylä 2009

ABSTRACT

Knuutinen, Ulla

The heritological functions of materials research of conservation

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2009, 157 p.

(Jyväskylä Studies in Humanities

ISSN 1459-4323; 114)

ISBN 978-951-39-3474-3

Diss.

The dissertation deals with the heritological functions of materials research of conservation. It is based on seven materials research publications by Ulla Knuutinen. The titles of the publications are:

- *Report of the Pompeii Project/ Project Report of Pigment Analyses of the Fourth Style Wall Paintings In the Casa Di Marco Lucrezio (IX 3, 5.24) in Pompeii*
- *Colours and Inorganic Pigments of the House of Marcus Lucretius (Insula IX 3, 5/24)*
- *Cadmium Colours: Composition and Properties*
- *Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art Objects*
- *Leather Spue: A Problem with Lubricants*
- *Wax Analyses in Conservation Objects by Solubility Studies, FTIR and DSC*
- *Control of Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatography*

The publications belong to the natural sciences. The cultural historic material groups which are included in the publications are the following: inorganic pigments from organic binding media waxes and modern composite materials combined with fibre glass. In addition, paper cellulose is also included as a traditional organic fibre material.

The dissertation creates a connection between materials research of conservation and heritology. It offers proof of the fact that materials research of conservation is a part of multidisciplinary heritology and that materials research focusing on cultural historical objects has an important role in preserving cultural heritage.

The dissertation presents different functions of materials research of conservation. If reliable information for the documentation is needed on materials of the object, on the origin of the object, on the authenticity of the object, or on the fact as to whether any restoration has been made previously, analyses that reveal chemical compositions must be performed. On the other hand, materials research can be focused on examining ageing properties of materials to find out the chemical and physical changes caused by different environmental conditions. This type of research benefits the preservation of cultural heritage objects, because results can be applied to planning and implementation of both preventive and active conservation. Furthermore, material research is needed for testing and examining conservation and restoration methods.

Keywords: materials research, conservation, restoration, documentation, authenticity

Author's address Ulla Knuutinen
Koppelonkatu 15
04230 Kerava

Supervisor Professor Janne Vilkuna
Department of Arts and Culture Studies / Museology
University of Jyväskylä

Reviewers Anne Aurasmaa Ph. D
Docent of Museology
Department of Arts and Culture Studies / Museology
University of Jyväskylä

Timo Tuurnala Ph. D
Docent of Physics
Department of Physics
University of Helsinki

Opponents Anne Aurasmaa Ph. D
Docent of Museology
Department of Arts and Culture Studies / Museology
University of Jyväskylä

Timo Tuurnala Ph. D
Docent of Physics
Department of Physics
University of Helsinki

VÄITÖSKIRJAN YHTEENVETOON KUULUVAT TUTKIMUSJULKAISUT

1. *Report of the Pompeii Project/ Project Report of Pigment Analyses of the Fourth Style Wall Paintings In the Casa Di Marco Lucrezio (IX 3, 5.24) in Pompeii.* Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheimo and Seppo Hornytzkyj, (Ulla Knuutinen corresponding author), 2007, EVTEK University of Applied Sciences, Askon Paino Oy, ISBN 978-951-647-027-9.
2. *Colours and Inorganic Pigments of the House of Marcus Lucretius (Insula IX 3, 5/24)* Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheimo ja Seppo Hornytzkyj (Ulla Knuutinen corresponding author)
Tämä on posterit ja post print- kongressijulkaisu, joka on esitetty Roomassa, II Congress of Recent Research in Vesuvian Area, Rome, February 2007.
3. *Cadmium Colours: Composition and Properties*, Full scientific paper: Applied Physics A, Materials Science & Processing, 19 May 2004. Vol 79, 397400. J. Paulus and U. Knuutinen (Ulla Knuutinen corresponding author). Tekijäinoikeussyistä tämä artikkeli on jätetty julkaisematta väitöskirjan yhteenvedon painetussa versiossa. Julkaisu on osoitteessa: <http://www.springerlink.com/content/d2m6g6yuw99pqp8u/fulltext.pdf>.
4. *Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art Objects*, Full scientific paper, e- Preservation science 2006, 3, 11–19: <http://www.morana-rtd.com/e-preservation-science/> Ulla Knuutinen and Päivi Kyllönen, (Ulla Knuutinen corresponding author).
5. *Leather Spue: A Problem with Lubricants*, Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, September 12.–16.2005, ICOM-CC Leather and Related Working Group, Ulla Knuutinen and Laura Sallas, (Ulla Knuutinen corresponding author).
6. *Wax Analyses in Conservation Objects by Solubility Studies, FTIR and DSC*, Ulla Knuutinen ja Anna Norrman, 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Roma 15.–21.10.2000.
Julkaisu on osoitteessa:
<http://www.ndt.net/article/wcndt00/toc/cons.htm>.
7. *Control of Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatography*, Proceedings of the International Conference, Durability of Paper and Writing, November 16.–19.2004. Ljubljana, Slovenia, Poster presentation and preprint Ulla Knuutinen, Istvan Kecskemeti, Ilkka Heikkilä, and Tuomo Raappana. (Ulla Knuutinen corresponding author). ISBN 961-6162-98-5.

ESIPUHE

Ensimmäiset kemian oppitunnit herättivät minussa lähtemättömän kiinnostuksen aineen rakenteen osasiin, atomeihin, alkuaineisiin ja niistä muodostuviin molekyyliin ja atomiryhmiin, jotka ovat aineellisen materian perusta. Halusin oppia ymmärtämään, miten pienen pieniä aineen rakenteen osasia voidaan tutkia ja miten ne määräävät ja muovaavat materiaalien ominaisuuksia. Olin kiinnostunut sekä elollisen että elottoman luomakunnan kemiallisista ilmiöistä, joten opiskelin Helsingin yliopistossa biokemiaa, kemiaa, mikrobiologiaa ja matematiikkaa.

Valmistuttuani Helsingin yliopistosta biokemistiksi ajauduin sattumalta opetustyöhön konservointikoulutuksen kemian opettajaksi. Pehdyttyäni opetussuunnitelmiin huomasin, että kemian opetuksella ja siihen liittyvällä materiaalianalytiikalla tulisi olemaan tärkeä ja keskeinen asema konservaattoreiden koulutuksessa. Samalla minulle avautui aivan uudenlainen näkökulma aineen rakenteeseen ja ominaisuuksiin. Opetus- ja tutkimuskohteeksi muodostuivat materiaalit, joita ihminen on käyttänyt ja joista on muodostunut tuleville sukupolville säilytettävää kulttuuriperintöä. Edessäni oli uusi tutkimusalue, johon en ollut perehtynyt omissa yliopisto-opinnoissani.

Havaitsin kuitenkin pian, että monien eri maiden yliopistoissa, tutkimuslaitoksissa, konservaattoreiden koulutuksessa ja museoissa työskenteli luonnontieteilijöitä, biokemistejä, kemistejä ja fyysikoita, jotka ovat tehneet materiaalitutkimusta kulttuurihistoriallisten materiaalien parissa. Tämän tutkimuksen avulla on viime vuosisadan loppupuolella kehitetty analyysimenetelmiä, jotka soveltuvat historiallisten kohteiden tutkimiseen. Lisäksi on alettu ymmärtää yksittäisistä materiaaleista ja materiaaliyhdistelmistä sellaisia ominaisuuksia ja tekijöitä, jotka vaikuttavat materiaalien säilymiseen ja sitä kautta myös niiden säilyttämismahdollisuuksiin. Koska tutkimukseen käytettävät analyysimenetelmät vaativat jatkuvaa kehittämistä ja meillä on yhä hyvin rajallista tietoa monista materiaaleista ja niiden säilyvyydestä, halusin opetustyön ohella omalta osaltani tehdä materiaalitutkimusta sitä mukaa, kun siihen tarjoutui tilaisuuksia. Vähitellen aloin myös tiivistää tutkimustuloksia kansainvälisiksi julkaisuiksi, joista tämä artikkeliväitöskirja koostuu.

Koska väittelemisen konservoinnista tai konservoinnin materiaalitutkimuksesta ei ole toistaiseksi Suomessa mahdollista konservoinnin yliopistollisten opintojen puutteesta, otin keväällä 2006 yhteyttä Jyväskylän yliopiston museologian professori Janne Vilkunaan, ja jo kesäkuussa sain jatko-opiskelijan aseman.

Tämän työn valmistumisesta olen kiitollinen useille eri henkilöille. Ensimmäiseksi esitän kiitokseni professori Janne Vilkunalle hänen antamastaan ohjauksesta. Professori Vilkuna on antanut työlleni selkeät raamit, joiden sisällä on ollut turvallista liikkua. Samoin esitän kiitokset tämän työn tarkastaneille museologian dosentti Anne Aurasmaalle ja fysiikan dosentti Timo Tuurnalalle.

Julkaisujeni taustalla olevan materiaalitutkimusten toteuttamiseen minulla on ollut hyviä yhteistyökumppaneita: Anna Norrman, Jari Lehtonen, Jaana Paulus, Laura Sallas, Ilkka Heikkilä, Päivi Kyllönen, Hanne Mannerheimo, Seppo Hornytskyj, Arja Koskinen, Kirsi Perkiömäki, Päivi Ukkonen, Kai Laitinen, Ismo Halonen, Marja-Leena Åkerman, Aapo Häärä, Evilina Lufti, Tim Wess, Craig Kennedy,

Clark Maxwell ja Apostolos Spyros. Heille kaikille haluan esittää lämpimät kiitokseni.

Minulla on ollut ilo opettaa jo neljännesvuosisata hyvin motivoituneita konservoinnin opiskelijoita, jotka ovat olleet omalta osaltaan innoituksen lähteenä myös konservoinnin materiaalitutkimuksessa. Työyhteisöni EVTEK Muotoiluinstituutissa, mutta etenkin konservointiosaston työtoverit Tuula Auerin johdolla, ovat olleet kannustamassa minua saamaan valmiiksi tämän työn. Erityskiitokset entiselle esimiehelleni Maisa Huuhkalle kannustuksesta ja siitä, että olen saanut matkustaa työni puitteissa ja esitellä tutkimustuloksiani useissa eri kansainvälisissä kongresseissa ja Teemu Malvalle julkaisujen ja postereiden tekoon liittyneestä graafisesta avusta.

Tämä väitöskirja ei olisi syntynyt, ainakaan tässä muodossa, ilman Pompeji-projektia, jossa olen voinut tehdä antoisaa yhteistyötä professori Paavo Castrenin tutkijaryhmän kanssa. Esitän kiitokseni Paavo Castrénille, Antero Tammistolle ja koko EPUH-ryhmälle sekä omasta oppilaitoksestani erityiskiitokset Pasi Kaarrolle, Heikki Häyhälle ja Helena Wassholmille.

Ulkomaiset kollegakontaktit ovat olleet minulle erityisen tärkeitä sekä konservointikoulutuksen kemian opetuksen jatkuvassa kehittämisessä että konservoinnin materiaalitutkimuksessa. Ulkomaisten kollegojen kautta olen myös saanut tarpeellista ja rohkaisevaa palautetta tekemästani tutkimuksesta. Julkaisujen yhteydessä mainittujen ulkomaisten kollegojen lisäksi haluan vielä kiittää seuraavia: Yvonne Shashoua, Rene Larsen, Norman Tennent, Matija Strlič, Jana Kolar, Ad Steijnman, Paolo Cremonesi, Luciano Vicari, Francesco Bloisi, Marcello Picollo, Kepe Castro ja Jan Manuel Madariaga.

Esitän kiitokseni myös Suomen Kulttuurirahastolle, joka on myöntänyt apurahan Aino ja Einari Haakin rahastosta väitöskirjatyöhöni.

Lopuksi kiitän myös perhettäni, varsinkin aviomiestäni, joka on osoittanut kärsivällisyyttä muutamia vuosia jatkuneen tutkimus- ja "kirjoitusvimmani" suhteen. Suurin osa analyysidatan käsittelyistä, julkaisujen ja väitöskirjan kirjoitustyöstä sekä kongresseihin valmistautumisista on tapahtunut kotona normaalin virk ajan ulkopuolella.

Vaikka kulttuurihistorialliset kohteet kätkevät sisälleen monia mielenkiintoisia humanistisia ja inhimillisiä piirteitä, tässä väitöskirjassa pääosaa näyttelevät kuitenkin materiaalit ja niiden tutkiminen. Kiitosten jälkeen haluankin palata hetkeksi vielä pohtimaan kulttuurihistoriallisten materiaalien ikää, sillä on sekä paradoksaalista että samalla myös kiehtovaa ajatella, että monilla ihmisen käyttämällä materiaaleilla on ollut luonnossa – jo ennen kuin ihminen on voinut hyödyntää niitä – moninkertaisesti pidempi menneisyys kuin koko ihmiskunnalla. Konservoinnin materiaalitutkijan kohdalle tuo materiaali osuu ajan virrassa pieneksi hetkeksi silloin, kun siitä on muodostunut kulttuuriperintöä, josta halutaan pitää huolta ja säilyttää eteenpäin tuleville sukupolville.

Keravalla 28.8.2008

Ulla Knuutinen

SISÄLLYS

ABSTRACT

VÄITÖSKIRJAN YHTEENVETOON KUULUVAT TUTKIMUSJULKAISUT ESIPUHE

1	JOHDANTO	11
2	KONSERVOINNIN MATERIAALITUTKIMUS SUOMESSA	17
	2.1 Materiaalitutkimuksen käynnistyminen	17
	2.1.1 EVTKin opinnäytetyöt ja materiaalitutkimus	19
	2.1.2 EVTEKin ulkopuolisten specialistien tarve	20
	2.2 Projekteja ja projektikumppaneita	22
	2.3 Tutkimuksen resurssit Suomessa ja muissa Euroopan maissa.....	23
	2.3.1 Ranskan 2CNRS, Louvren tutkimuskeskus.....	25
	2.3.2 Tanskan kansallismuseo	26
	2.3.3 Tanskan kuninkaallisen taideakatemian konservointikoulun ja EVTEK Muotoiluinstituutin resurssien vertailu	26
3	KONSERVOINNIN MATERIAALITUTKIMUKSEN HERITOLOGISET FUNKTIOT	30
	3.1 Aineelliseen kulttuuriperintöön liittyvä materiaalitutkimus ja vanha museotiede.....	31
	3.2 Materiaalitutkimus ja heritologia.....	32
	3.2.1 Soveltavaa luonnontiedettä vai soveltavaa museologiaa?	32
	3.2.2 Materiaalitutkimus osana monitieteellistä heritologiaa	34
	3.3 Mitä konservoinnin materiaalitutkimus on?	35
	3.4 Funktioiden esittely.....	37
	3.4.1 Funktioiden luokittelu kaavioiden avulla.....	38
	3.4.2 Taustafunktioita.....	41
	3.5 Konservointitutkimus ja konservoinnin materiaalitutkimus.....	42
4	DOKUMENTOINTI, MATERIAALITUTKIMUS JA STANDARDIT	45
	4.1 CIDOC ja muut standardit	45
	4.2 Laadukkaan dokumentoinnin arvo	47
	4.3 Dokumentoinnin eettiset velvoitteet	48
	4.4 Materiaalimäärityksen ja tutkimuksen tasomalli	50
	4.4.1 TASO I.....	52
	4.4.2 TASO II.....	52
	4.4.3 TASO III	53

4.5	Tutkimusmenetelmien valinta.....	54
4.5.1	Tutkimusmenetelmiin liittyvää kirjallisuutta ja alan kongressitoimintaa	56
5	EPÄORGAANISTEN MATERIAALIEN, VÄRIEN JA PIGMENTTIEN DOKUMENTOINTI JA MATERIAALITUTKIMUS.....	59
5.1	TASO I, Värien ja sävyjen silmämääräinen havainnointi	59
5.1.1	Värien ja sävyjen tutkiminen NCS-värijärjestelmällä	61
5.2	TASO II, VIS-Spektrimittaukset	62
5.2.1	CIE $L^*a^*b^*$ -värimitaukset.....	66
5.3	Pigmenttinimien käyttö dokumentoinnissa	69
5.3.1	Pigmenttianalytiikkaa edeltävä taustatyö.....	70
5.4	TASO III, Pigmenttien kemiallinen koostumus ja analyysit	73
5.4.1	XRF-alkuaineanalyysit.....	80
5.4.2	Poikkileikkausnäytteet.....	85
5.4.3	SEM-EDS-analyysit	87
5.4.4	FTIR/ATR-analyysit	92
5.5	Miksi tarvitaan useita eri analyysimenetelmiä?.....	94
5.6	Materiaalianalyysien kulttuurihistoriallinen arvo.....	94
5.7	Pompeji-projektin jatkotutkimuksiin liittyviä taustatekijöitä.....	95
5.7.1	Eri-ikäisiä ja erilaisissa olosuhteissa olleita materiaaleja	95
5.7.2	Laastien sulfatoituminen	97
6	ORGAANISTEN MATERIAALIEN DOKUMENTOINTI JA MATERIAALITUTKIMUS	100
6.1	TASO II, VIS-spektroskopia ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittaukset.....	100
6.2	TASO III, FTIR/ATR ja muut analyysimenetelmät.....	102
6.2.1	Modernien materiaalien tutkimuksen tarve	103
6.2.2	DSC ja FTIR	104
6.2.3	GC, LC, XRD ja NMR.....	107
7	KULTTUURIHISTORIALLISTEN KOHTEIDEN AITOUS JA MATERIAALITUTKIMUS	109
7.1	Materiaalien kemiallisen koostumuksen aitous.....	109
7.2	Muiden materiaalien vaikutus originaaliin	112
7.3	Taideteosten aitouskäsityksiä.....	114
7.4	Voiko imitaatio olla aito?.....	116
8	TIIVISTELMÄÄ DOKUMENTOINTIIN LIITTYVÄSTÄ MATERIAALIMÄÄRITYKSESTÄ JA SIIHEN LIITTYVÄSTÄ TUTKIMUKSESTA.....	119
8.1	Materiaalitutkimuksen laadunvalvonta.....	119
8.2	Tutkimustulosten raportointi	120
8.3	Dokumentoinnin kehittäminen.....	121

9	LUOTETTAVIEN DOKUMENTOINTITIETOJEN ARVO JA KONSERVOINTIIN LIITTYVÄ MATERIAALITUTKIMUS.....	122
9.1	Ennaltaehkäisevä konservointi.....	122
9.1.1	Materiaalitutkimus paljastaa jatkuvasti uusia asioita.....	123
9.2	Aktiivinen konservointi.....	125
9.2.1	Konservointikäsittelyjen ja prosessien tutkiminen.....	125
9.2.1.1	Paperin neutralointi- ja lujittamisprosessin Tekes-projekti.....	126
9.2.2	Prosessien kontrollointi.....	130
9.2.2.1	IC-kromatografia.....	130
9.2.2.2	Pesuprosessin puskurointitestaus.....	132
9.2.3	Restaurointi- ja retusointimateriaalien tutkiminen.....	135
9.2.4	Vanhojen konservointikäsittelyjen aiheuttamien ongelmien tutkiminen.....	135
	LOPPUSANAT.....	140
	LÄHDELUETTELO.....	142
	LIITTEET.....	155

1 JOHDANTO

Tämä väitöskirja käsittelee konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologisia funktioita. Se on artikkeliväitöskirja, joka sisältää kansainvälisiä konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyviä julkaisujani, joissa on mukana tuloksia lukuisista eri tutkimusprojekteista, joihin olen osallistunut ja joiden suunnittelusta ja/tai toteutuksesta sekä julkaisujen kirjoittamisesta olen myös itse vastannut.

Artikkeliväitöskirjani esittää todisteita sen puolesta, että konservoinnin materiaalitutkimuksella on tärkeä osa kulttuuriperinnön ja sen säilyttämiseen liittyvässä tutkimuksessa. Valmiit julkaisut käsittelevät sekä konservointikohteisiin että konservointimenetelmiin liittyvää tutkimusmateriaalia. Koska julkaisut ovat luonteeltaan luonnontieteellisiä, tämä väitöskirja ei pyri esittämään todisteita humanistisin keinoin. Luonnontieteellisen luonteensa ja etenkin käytettyjen analyysimenetelmien vuoksi yksittäisten julkaisujen sivumäärät, kuten myös tämän väitöskirjan sisältämien julkaisujen sivumäärät, ovat yleensä alle kymmenestä sivusta noin kahteenkymmeneenviiteen sivuun. Onkin huomioitava se seikka, että sekä luonnontieteellisissä, lähinnä kemian ja fysiikan julkaisusarjoissa, että kongressisarjojen post- ja preprinteissä on tarkat rajoitukset sallittujen sivumäärien suhteen. Tämä on käytäntö siitäkin huolimatta, että jokainen yksittäinen tutkimusprojekti saattaa olla suunnitteluineen, toteutettuine analyysineen ja tutkimustulosten käsittelyineen jo ennen julkaisun kirjoittamista usean henkilötyövuoden vaatima urakka. Tämä taustatieto auttaa ymmärtämään lisäksi sen, miksi sekä luonnontieteellisiä tutkimuksia että konservoinnin materiaalitutkimusta tehdään usein tiimityönä, jossa vastuu ja toteutusalueet on jaettu projektiin osallistujien kesken. Parhaimmillaan ja tuottavimmillaan tällainen tutkimus on mielestäni silloin, kun useat eri specialistit voivat antaa kukin oman panoksensa tutkimuksen hyväksi.

Tämä väitöskirja ei pyri olemaan kaikenkattava eikä se sisällä tutkimustuloksia laidasta laitaan monista eri materiaalityypeistä, vaan siinä on rajattu materiaalityypit ja julkaisut siten, että kaikissa mukaan otetuissa materiaalityypeissä ja niiden tutkimuksissa on taustalla oma asiantuntijuuteni. Lisäksi väitöskirjaani sisällytetyt materiaalitutkimusalueet ovat olleet tuottoisia ja niistä on poikkinut jatkotutkimusprojekteja.

Kulttuurihistorialliset materiaalityypit, joita väitöskirjaani liitetyt tutkimukset käsittelevät, ovat epäorganiset pigmentit eli kiinteät väriaineet, orgaanisista sideaineista vahat ja modernit komposiittimateriaalit, jotka sisältävät tyydyttämättömiä polyesterihartseja yhdessä lasikuidun kanssa. Perinteisistä orgaanisista kuitumateriaaleista mukana on lisäksi paperin selluloosaan liittyviä tutkimusta.

Väitöskirjaan liitetyt julkaisut on esitetty juoksevan numeroinnin avulla. Pigmenttitutkimuksiin liittyvät julkaisut ovat:

1. *Report of the Pompeii Project/ Project Report of Pigment Analyses of the Fourth Style Wall Paintings In the Casa Di Marco Lucrezio (IX 3, 5.24) in Pompeii.* Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheim and Seppo Hornytzkyj, (Ulla Knuutinen corresponding author), 2007, EVTEK University of Applied Sciences, Askon Paino Oy, ISBN 978-951-647-027-9.

Tämä julkaisu sisältää Pompejin kaivausalueella olevan Markus Lucretiuksen talon seinäpintojen ja neljännen tyylin freskomaalausten ja Napolin arkeologisessa museossa olevien Marcus Lucretiuksen talon neljännen tyylin freskomaalausten pigmenttianalyyseiden raportin. Se sisältää myös tutkimustuloksia pigmenttien ja värien käytön tekniikasta sekä värien ja pigmenttien muuttumisesta. Olen vastannut Pompeji-projektin pigmenttitutkimusten suunnittelusta ja toteutuksesta, jotka alkoivat vuoden 2004 loppupuolella.

2. *Colours and Inorganic Pigments of the House of Marcus Lucretius (Insula IX 3, 5/24)* Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheim ja Seppo Hornytzkyj (Ulla Knuutinen corresponding author).

Kongressijulkaisu on esitetty Roomassa; II Congress of Recent Research in Vesuvian Area, Rome, February 2007 -posterijulkaisuna ja kongressin postprint-julkaisuna. Julkaisussa on mukana preliminäärituloksia toisen tyylin maalausfragmenttien pigmenteistä ja vertailua neljännen ja toisen tyylin maalausten eri tekniikoista.

3. *Cadmium Colours: Composition and Properties*, Full scientific paper: Applied Physics A, Materials Science & Processing, 19 May 2004. Vol 79, 397-400. J. Paulus and U. Knuutinen (Ulla Knuutinen corresponding author).

Tässä konservoinnin materiaalitutkimusprojektissa haluttiin selvittää konservoinnissa käytettävien kadmiumakvarellivärien koostumusta ja ikääntymisominaisuuksia.

Kadmiumakvarelliväreihin liittyvistä tutkimuksista olen pitänyt myös esitelmät kahdessa eri kansainvälisessä kongressissa: The European Materials Research Society Spring Meeting, 10.-13.6.2003, Strasbourg, Symposium O, aiheena Cadmium Colours, Composition and Properties ja The ICOM-CC Working

Group on Graphic Documents, Interim Meeting, March 11.–12.02. 2004. Ljubljana aiheena Commercial "Cadmium" Aquarelle Colours, Composition and Stability. Julkaisu on saatavilla osoitteesta:

<http://www.springerlink.com/content/d2m6g6yuw99pp8u/fulltext.pdf>

Väitöskirjaan liitetyt sideainejulkaisut ovat:

4. *Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art Objects*, Full scientific paper, e-Preservation science 2006, 3, 11–19: <http://www.moranartd.com/e-preservation-science/> Ulla Knuutinen and Päivi Kyllönen, (Ulla Knuutinen corresponding author).

Julkaisun taustalla on Oulun kaupungin taidemuseon kanssa yhteistyössä toteutettu pilottiprojekti, jossa tutkittiin Oulun taidemuseon kokoelmissa olevien komposiittimateriaaleja sisältävien taideteosten ikääntymis- ja konservointiongelmia. Olen vastannut kyseisen projektin materiaalitutkimusten suunnittelusta ja toteutuksesta. Projektin pilottivaihe toteutettiin vuonna 2003, minkä jälkeen tyydyttämättömien polyesteri- ja komposiittimateriaalien tutkimus on jatkunut edelleen: ensin yhteistyössä EVTEK tekniikan koulutusalan kanssa ja sittemmin Kreikassa Kreetan yliopiston kemian laitoksen kanssa.

Pilottiprojektin tuloksia on esitelty myös posterijulkaisuna: *Modern Composite Materials In Contemporary Art*, The European Materials Research Society Spring Meeting, Symposium Q, 31.5.–3.6.2005, Strasbourg, France. Ulla Knuutinen, Päivi Kyllönen ja Sirpa Räsänen (Ulla Knuutinen corresponding author).

5. *Leather Spue: A Problem with Lubricants*, Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, September 12.–16.2005, ICOM Leather and Related Working Group. Ulla Knuutinen and Laura Sallas (Ulla Knuutinen corresponding author).

Pidin myös esitelmän samasta aiheesta Haagin ICOM-CC 14th Triennial Meeting -kongressissa. Lubrikantiongelman ratkaisemiseksi toteutettiin EVTEK Muotoiluinstituutissa konservoinnin materiaalitutkimusprojekti vuonna 2004 Helsingin yliopiston kansalliskirjaston toimeksiannosta. Kirjastossa oli muodostunut suuren kirjakokoelman kirjojen kansiin nahkahärmäongelma noin kolmekymmentä vuotta sitten tehtyjen konservointikäsitteilyjen vuoksi.

6. *Wax Analyses in Conservation Objects by Solubility Studies, FTIR and DSC*, Ulla Knuutinen ja Anna Norrman, 15th World Conference on Non-Destructive Testing, Roma 15.–21.10.2000. Julkaisu on saatavilla osoitteesta: <http://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn555/idn555.htm>

Rooman kongressissa esitin myös tästä aiheesta esitelmän yhdessä Anna Norrmanin kanssa. Tämä julkaisu on mukana sen vuoksi, että samalla kun siinä tutkittiin vahaa sisältäviä konservointikohteita ja kehitettiin vahojen tutkimiseen

soveltuvia analyysimenetelmiä, tuotettiin referenssimateriaalia myöhemmin tehtäviä kohdetutkimuksia ja konservoinnissa käytettävien vahamateriaalien tutkimusta varten.

Edellä esitelty lubrikanttiongelman (5.) ratkaisu pohjautui hyvin suurelta osin tähän ja myöhemmin tehtyyn jatkotutkimukseen, jonka tuloksia esiteltiin posterijulkaisuna: *Characterisation of Waxes and Wax Mixtures in Conservation Samples by DSC and DRIFTS*, Ulla Knuutinen, Jari Lehtonen and Anna Norrman, The European Materials Research Society Spring Meeting, 10.-13.6.2003, Strasbourg, Symposium O.

Posteri oli myös esillä samana vuonna Suomessa (Finnish Chemical Congress and Exhibition of Association of Finnish Chemical Societies, Analytical Chemistry Symposium, Helsinki, 11.-13.11.2003).

Selluloosamateriaalien vesiliuoksissa tehtäviin konservointikäsitteilyihin liittyvä julkaisu on:

7. *Control of Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatography*, Proceedings of the International Conference, Durability of Paper and Writing, November 16-19, 2004, Ljubljana, Slovenia, Poster presentation and preprint Ulla Knuutinen, Istvan Kecskeméti, Ilkka Heikkilä, Tuomo Raappana. (Ulla Knuutinen corresponding author).

Julkaisun taustalla oli oma innovatiivinen tutkimusideani tutkia ja testata ionikromatografian soveltuvuutta paperikonservoinnin vesipohjaisten konservointikäsitteilyjen prosessien kontrollointiin.

Lisäksi tässä väitöskirjassa viitataan seuraaviin projekteihin, joihin olen osallistunut, ja julkaisuihin, joita olen tuottanut:

- 1) Tekes 40437/98 Paperin Neutralointiprojektit ja Tekes 40627/00 -jatko-
projekti. Kyseiset projektit EVTEK Muotoiluinstituutti toteutti yhteistyössä Helsingin yliopiston polymeerikemian laboratorion ja Helsingin yliopiston kirjaston mikrokuvaus- ja konservointilaitoksen kanssa vuosina 1998-2002. Toimin projektissa suunnittelijana ja konservoinnin materiaalitutkimuksen specialistina.

Projektissa tutkittiin Helsingin yliopiston kirjaston mikrokuvaus- ja konservointilaitoksen käyttämää happaman paperin neutralointimenetelmää ja sen vaikutusta eri paperilaatuihin.

Tekes-projektin tuloksia on esitelty seuraavissa kongresseissa:

ICOM-CC Interim Meeting Working Group on Graphic Documents, 7.-10.3.2001 EVTEK Institute of Arts and Design, Vantaa, *Study of Ca(OH)₂/MC-60 Strengthening-Neutralisation Method*, Franciska Sundholm, Majlis Bremer-Laamanen, Ulla Knuutinen ja Maria Tahvanainen sekä The Euro-

pean Materials Research Society Spring Meeting 5.-8.6.2001, Strasbourg, Symposium K, *Study of Ca(OH)₂/ MC-60 Strengthening-Neutralisation Method*, Franciska Sundholm, Majlis Bremer-Laamanen, Ulla Knuutinen ja MariaTahvanainen.

- 2) The European Materials Research Society Spring Meeting, 10.-13.6.2003, Strasbourg, Symposium O, and Finnish Chemical Congress and Exhibition of Association of Finnish Chemical Societies, Analytical Chemistry Symposium, Helsinki, 11.-13.11.2003, Poster Presentation. *Characterisation of Waxes and Wax mixtures in Conservation Samples by DSC and DRIFTS*, U. Knuutinen, J. Lehtonen and A. Norrman.
- 3) Ulla Knuutinen (edit. Hanne Mannerheim) *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods*, Study Materials Series D, 2006:4, Elektroninen versio ISBN-10 951-647-024-6, ISBN-13 978-951-647-024-8.
- 4) *The Buffering of Washing Solution – A Case Study of Acidic Linen Blouse*. NKF Nordiska Konservator Förbundet XVII Congress, Stockholm 31.11-1.12. 2006. Arja Koskinen and Ulla Knuutinen.
Pidimme kyseisestä aiheesta esitelmän yhdessä Arja Koskisen kanssa.

Tämä on tapaustutkimus, joka sisälsi pesuprosessin testauksia ja jossa tuotettiin pesuresepti happaman pellavatekstiilin pesuun. Se on toteutettu EVTEK Muotoiluinstituutissa yhteistyössä Tampereen Museoiden Vapriikin konservaattori Arja Koskisen kanssa.

- 5) Conservation Science 2007, Milan, Italy, 10.-11. of May, *Analysis of Pigments from Pompeian Wall Paintings in the House of Marcus Lucretius* Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheim and Seppo Hornytzkyj, (Ulla Knuutinen corresponding author).

Milanon kongressissa oli esillä posterit. Kongressin esitelmistä ja postereista on tehty myös Architype proceedings -julkaisu, joka ilmestyi vuonna 2008.

- 6) E-MRS (European Material Research Society) Spring Meeting Strasbourg, France, 28.5.-1.6.2007. Symposium S; Science & Technology of Cultural Heritage Materials. (<http://www.emrs-strasbourg.com/> -sivuilla on koko kongressin ohjelma. Kongressissa pidin esitelmän aiheesta *The Material Analysis of Inorganic Pigments from Pompeian Wall Paintings of Marcus Lucretius' house*).

Edellä mainitut julkaisut sisältävät omat kirjallisuus- ja julkaisureferenssilistansa sellaisessa muodossa kuin ne on vaadittu esitettäväksi kutakin julkaisua kirjoitettaessa. Väitöskirjani yhteenvedossa on oma lähdeluettelo. Lisäksi teen viitteitä muutamiiin uusimpiin tutkimusjulkaisuihini, jotka olen kirjoittanut sen jälkeen, kun olen koonnut aineistoa tätä yhteenvetoa varten.

Koska yhteenvedossa keskityn nimenomaan luonnontieteellisten menetelmien avulla toteutettuihin materiaalitutkimustuloksiin, käytän termiä konservoinnin materiaalitutkimus. Haluan tehdä tämän terminologian avulla eron konservoinnin materiaalitutkimuksen ja konservointitieteen ja siihen liittyvän tutkimuksen (Conservation Science) välille. Konservoinnin materiaalitutkimus kuuluu kyllä mielestäni osittain konservointitutkimuksen alueeseen, mutta luonnontieteellisenä tutkimuksena se kuuluu läheisesti myös puhtaasti luonnontieteellisen tutkimuksen piiriin. Tämän vuoksi konservoinnin materiaalitutkimusjulkaisuja esitetään usein luonnontieteellisissä julkaisusarjoissa sen lisäksi, että ne ovat esillä konservoinnin julkaisufoorumeilla. Toisaalta konservointitutkimus (Conservation Science) ei ole mielestäni aina pelkästään luonnontieteisiin perustuvaa tutkimusta, vaan sillä on myös muita tutkimusalueita. Tulen määrittelemään ja käsittelemään tätä asiaa vielä luvussa 3 yksityiskohtaisemmin.

Artikkeliväitöskirjan yhteenvedo esittää todisteita siitä, miten konservoinnin materiaalitutkimus liittyy heritologiaan ja miksi on välttämätöntä tutkia kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaaleja, ominaisuuksia, säilyvyyttä ja lisäksi kohteiden säilyttämiseen käytettäviä menetelmiä. Mukaan liitettyjen julkaisujen kautta se kertoo lisäksi, minkälaisia tutkimusmenetelmiä tarvitaan konservoinnin materiaalitutkimuksessa. Yhteenvedo ei sisällä kuitenkaan kaikkia niitä yksityiskohtia tutkimuksissa käytetyistä analyysimenetelmistä ja laitteista, jotka ovat luonnontieteellisissä tutkimusjulkaisuissa olennaisia. Niitä on kuitenkin väitöskirjaan liitetyissä julkaisuissa. Näin ollen tämä yhteenvedo keskittyy välittämään tutkimusjulkaisuista sellaista tietoa, mikä on kulloinkin välttämätöntä, kun aineistoa tarkastellaan heritologisesta ja konservoinnin näkökulmasta.

Yhteenvedoa luettaessa on vielä huomioitava se, että mukaan liitetyt julkaisut on tehty tieteellisesti noudattaen luonnontieteellisen tutkimuksen ja julkaisujen metodeja. Ne ovat tarvittaessa käyneet läpi kunkin julkaisuforumin käytössä olleen tieteellisen komitean arvioinnin ja julkaisun kelpuuttamisen kullekin foorumille.

Yhteenvedo sisältää lisäksi monia mielenkiintoisia jatkotutkimusaiheita ja projekteja. Näihin jatkotutkimuksiinkin liittyy läheisesti museologinen (heritologinen) konteksti. Ennen konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologisten funktioiden yksityiskohtaisempaa esittelyä käsittelen kuitenkin kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimuksen historiaa Suomessa.

2 KONSERVOINNIN MATERIAALITUTKIMUS SUOMESSA

2.1 Materiaalitutkimuksen käynnistyminen

Kulttuurihistoriallisten materiaalien ja konservoinnin materiaalitutkimuksen historia on Suomessa varsin lyhyt. Se on suurin piirtein samanmittainen kuin on museologian perusopetuksen historia Suomen yliopistoissa, joissa museologian opetus alkoi lukuvuonna 1983–1984.¹ Konservoinnin materiaalitutkimuksen historia kytkeytyy osittain konservointikoulutukseen, joka aloitettiin opistoasteisena Vantaan käsi- ja taideteollisessa oppilaitoksessa vuonna 1984. Koulutuksen alkaessa esiintyi paljon kritiikkiä sen suhteen, että konservointikoulutus aloitettiin opistoasteisena opetuksena osana käsi- ja taideteollista opetusta. Kritiikki oli aiheellista siksi, että monissa maissa konservointikoulutus on yliopistojen yhteydessä, jolloin myös alan tutkimukselle on hyvät lähtökohdat. Koska Suomessa koulutus käynnistyi opistoasteisena, oli ilmeistä, että tulisi kulumaan lukuisia vuosia ennen kuin konservointikoulutus kehittyisi sellaiselle tasolle, että sen yhteydessä voitaisiin tehdä tutkimustyötä.

Tilanne näytti huolestuttavalta konservoinnin materiaalitutkimuksen suhteen, sillä Suomessa ei käynnistetty tiedeyliopistoissa erillisiä kursseja konservointikemiasta tai siihen liittyvästä materiaalitutkimuksesta eikä yliopistopiskelijoilla ole ollut vielääkään muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta mahdollisuutta erikoistua tutkimaan kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaaleja tai niiden säilyttämiseen käytettyjä konservointimenetelmiä.^{2, 3} Suomessa tiedeyliopistot ovat keskittyneet lähinnä sellaiseen materiaalitutkimukseen, jonka tarkoituksena on tuottaa uusia materiaaleja. Konservoinnin materiaalitutkimus poikkeaa kuitenkin yliopistojen yleisestä materiaalitutkimuksesta lähinnä tutkimuksen kohteena olevien materiaalien suhteen. Kulttuurihistoriallisten mate-

¹ Vilkuna 2003, 81–82.

² Auer 2000, 165–175.

³ Huuhka 2004, 7–21.

riaalien tutkimuksessa ei pyritä luomaan uusia materiaaleja, vaan tutkimaan jo käytössä olleita materiaaleja.^{4,5}

Onneksi suomalaiset tiedeyliopistot ovat kuitenkin osoittaneet jonkun verran kiinnostustaan kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden kohteiden ja niiden materiaalien säilyttämiseen liittyvään tutkimukseen. Helsingin yliopiston fysiikan laitos oli ehtinyt aloittaa tutkimusyhteistyön Valtion taidemuseon kanssa jo hieman ennen konservointikoulutuksen käynnistymistä.

Tutkimusyhteistyö keskittyi lähinnä taideteosten pigmenttianalytiikkaan. Fysiikan dosentit Timo Tuurnala ja Aimo Hautojärvi tekivät 1980-luvulla kansainvälisesti merkittävää työtä kehittäessään PIXE ja PIGE -alkuaineanalytiikkaa⁶ pigmenttien tutkimiseksi suoraan taideteoksista. Timo Tuurnalaa ja Aimo Hautojärveä voidaan pitää mielestäni suomalaisen konservoinnin materiaalitutkimuksen uranuurtajina. Valtion taidemuseon ja Helsingin yliopiston fysiikan laitoksen tutkimusyhteistyö tuotti useita julkaisuja sekä kansalliselle että kansainvälisille foorumeille.^{7, 8, 9, 10, 11}

Helsingin yliopiston kemian laitoksella on lisäksi tehty yksi pro gradu -tutkielma, joka liittyy konservoinnin materiaalitutkimuksen aihepiiriin. Kyseisen tutkimusprojektin käynnistäjänä oli Helsingin yliopiston kirjaston mikrokuvaus- ja konservointilaitos ja se oli toteutettu osittain Keskuslaboratoriossa, KCI:ssä. Siinä tutkittiin Helsingin yliopiston mikrokuvaus- ja konservointilaitoksen käyttämää paperin neutralointimenetelmää.¹²

Samainen tutkimusprojekti oli myös lähtökohtana laajemmalle Tekesin rahoittamalle tutkimusprojektille. Oma osuuteni suomalaisen ja samalla kansainvälisen konservoinnin materiaalitutkimuksen alueella alkoi tämän Tekesin rahoittaman projektin suunnittelun myötä vuonna 1997. Projektin suunnittelu ja rahojen anominen tehtiin yhteistyössä Helsingin yliopiston kirjaston mikrokuvaus- ja konservointilaitoksen johtajan Majlis Bremer-Laamasen ja Helsingin yliopiston professori Franciska Sundholmin kanssa. Koska konservointikoulutuksella ei ollut tuossa vaiheessa riittävästi laite- eikä henkilöresursseja tällaisen projektin käytännön toteuttamiseen, oli luontevinta sulauttaa neutralointiprojekti Helsingin yliopiston kemian laitoksen tutkimustoimintaan. Tekesiltä saatu rahoitus mahdollisti tutkimusprojektin käynnistämisen ja FK-tasoisien tutkijakoulutuspaikan polymeerikemian laboratoriossa. Maria Tahvanainen työskenteli tässä projektissa neljä vuotta vuoden 1998 syksystä lähtien. Projekti eteni kahdessa eri vaiheessa.

⁴ Tukittavien materiaalien iästä riippumatta materiaalitutkimus perustuu luonnontieteisiin, fysiikkaan, kemiaan ja matematiikkaan ja on luonteeltaan monitieteistä. Materiaalien havainnointiin käytetään useita erilaisia tutkimusmenetelmiä, joiden avulla saadaan tietoa materiaalien fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista.

⁵ Tampereen teknillinen yliopisto, opinto-opas 2008–2009.

⁶ PIXE (Protoni-indusoitu röntgenemissio) ja PIGE (Protoni-indusoitu gammaemissio)

⁷ Tuurnala et al. 1985.

⁸ Tuurnala & Hautojärvi 1986.

⁹ Tuurnala et al. 1991.

¹⁰ Tuurnala & Hautojärvi 1992.

¹¹ Tuurnala et al. 1996.

¹² Pedersoli 1994.

Ensimmäisen vaiheen tuotoksena julkaistiin tuloksia vuonna 2001 ensin Vantaalla, EVTEK (Espoon-Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu) Muotoiluinstituutissa pidetyssä ICOM-CC:n (The International Council of Museums) Graphic Documents Working Group Interim Meetingissä ja myöhemmin keväällä E-MRS (The European Materials Research Society) Spring Meetingissä, Strasbourgissa, Ranskassa.^{13, 14}

Samalla kun Tekesin rahoittama projekti eteni, Muotoiluinstituutin koulutusohjelmat liitettiin EVTEKin yhteyteen 1.8.1998 ja konservoinnin ammattikorkeakoulutus vakinaistui. Muotoiluinstituutin lopullinen yhdistäminen EVTEKiin, sisältäen myös henkilökunnan, tapahtui 1.8.2000 alkaen. Yhdistämisessä käyttöön saatiin materiaalitutkimuksen toteuttamiseen tarvittavia analyysilaitteita. Tämä mahdollisti sen, että tutkimusta voitiin tehdä tämän jälkeen omassa oppilaitoksessa.^{15, 16}

Ensimmäinen konservoinnin materiaalitutkimuksesta tehty opinnäytetyö valmistui kuitenkin jo ennen EVTEKiin liittymistä, vuonna 1997.¹⁷ Mari Kaukovallan aiheena oli Synteettisten polymeerigessojen koostumus ja niiden käyttäytyminen keinotekoisessa ikäännyttämisessä. Siinä esitetyt tutkimustulokset julkaistiin muutamia vuosia myöhemmin ICOM-CC:n Modern Materials Working Groupin Kölnin Interim Meetingin postprintissä.¹⁸

2.1.1 Opinnäytetyöt ja materiaalitutkimus

EVTEKistä, tekniikan koulutusalan yksiköstä, löytyi kemiantekniikan ja pintakäsittelyn koulutusohjelmista konservoinnin materiaalitutkimuksesta kiinnostuneita opettajia ja laboratorioinsinöörejä, joiden kanssa minulla on ollut mahdollista toteuttaa tutkimusprojekteja muun muassa insinöörien opinnäytetöinä.^{19, 20, 21}

Konservoinnin ammattikorkeakoulutuksen vakinaistamisen myötä opiskelijat saattoivat valita opinnäytetyönsä aiheen kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimuksen alueelta. Valmiita opinnäytetöitä voi tarkastella EVTEK kirjaston aineistotietokannasta osoitteesta

<http://www.evtek.fi/opiskelijapalvelut/kirjasto/opinnaeytetyoet/>.

Näiden lisäksi lukuisat EVTEK Muotoiluinstituutin konservointikoulutuksen opinnäytetyöt, jotka eivät ole keskittyneet pelkästään materiaalitutkimukseen, sisältävät konservointikohteiden dokumentointi- ja konservointimenetelmien valintoihin liittyviä tutkimuksellisia osioita. EVTEKin kirjaston ai-

¹³ Sundholm et al. 2001a.

¹⁴ Sundholm et al. 2001b.

¹⁵ Huuhka 2004, 7–21.

¹⁶ Knuutinen 2004a, 95–100.

¹⁷ Kaukovalta 1997.

¹⁸ Kaukovalta 2002, 105–121.

¹⁹ Lehtonen 2001.

²⁰ Häärä 2005.

²¹ Lufti 2006.

neistotietokannassa on konservoinnin koulutusohjelmittain tiedot näistäkin opinnäytetöistä.

Ennen kuin opiskelijat ovat olleet valmiita tekemään tutkimuspainotteisia opinnäytetöitä tai hyödyntämään tutkimusta dokumentoinnissa tai konservointikäsittelyjen testauksissa sekä tekemään valintoja saatujen testitulosten pohjalta, heidän on pitänyt opiskella kemiaa ja konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyviä analyysimenetelmiä edistyvästi koko konservointikoulutuksen ajan. Konservointikemian opintojen määrä on kuitenkin vain noin 10 %-15 % koko neljävuotisen konservointikoulutuksen 240 ECTS:n opinnoista, joten kemian opinnoista saadut tiedot ja taidot eivät itsessään anna opiskelijoille riittävää pohjaa tehdä itsenäistä materiaalitutkimustyötä opinnäytetyövaiheessa, siksi he tarvitsevat avukseen ja tuekseen tiiviin ja asiantuntevan opinnäytetyön ohjauksen.^{22, 23} Tosiasia on, että vuoden 2008 kevääseen asti opinnäytetyöt ovat olleet alemman ammatillisen korkeakoulututkinnon taseisia, eikä niitä näin ollen ole myöskään tuotettu täyttämään luonnontieteellisen eikä muun koulutusalan ylemmän korkeakoulututkinnon edellyttämiä vaatimuksia.^{24, 25}

Tuon tässä väitöskirjassa esille konservointikoulutuksen ja erityisesti siihen liittyvän konservointikemian opetuksen sen vuoksi, että ne kytkeytyvät läheisesti konservoinnin materiaalitutkimuksen kehitykseen ja kehittämiseen Suomessa. Olen toiminut pääosin konservointikemian kurssien opettajana ja opinnäytetöiden ohjaajana vuodesta 1984 lähtien ja siinä samalla opetustyön ohella tehnyt tutkimustyötä sitä mukaa, kun siihen on tarjoutunut mahdollisuuksia.²⁶ Nämä kaksi yhdistettyä työskätkä, opetus ja tutkimus, ovat kehittäneet ja ruokkineet toinen toisiaan vuosien varrella.

2.1.2 EVTEK:n ulkopuolisten spesialistien tarve

Moniin opinnäytetöihin ja erillisten konservoinnin materiaalitutkimustutkimusprojektien analyysien toteuttamiseen ja menetelmien kehittämiseen on tarvittu EVTEK-ammattikorkeakoulun ulkopuolelta yhteistyökumppaneita, joilla on kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimiseen soveltuvia laitteistoja. Tämä johtuu osittain myös siitä, että kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden kohteiden tutkimiseen eivät sovellu useinkaan perinteiset luonnontieteellisessä tutkimuksessa käytettävät analyysilaitteet. Niiden käytölle on olemassa rajoituksia sen

²² Niinistö-Suviranta 2006, 4. "Laadukas opinnäytetyön ohjaus tukee osaltaan opiskelua ja ammatillista suuntautumista. Tämä ajatus noudattaa myös EVTEK-ammattikorkeakoulun pedagogista strategiaa".

²³ Hakala 1996. Kirja sisältää opinnäytetyön ohjaamisen vaihe vaiheelta.

²⁴ Ensimmäiset ylemmän ammattikorkeakoulun konservaattorit valmistuivat EVTEK Muotoiluinstituutista keväällä 2008.

²⁵ Vilkuna 1993, 18. Museologian professori Janne Vilkuna on ottanut kantaa siihen, millainen pätevyys tulisi olla tutkijakonservaattorilla. Vilkuna tarkoittaa tutkijakonservaattorilla henkilöä, joka on hankkinut sekä konservaattorin että korkeakoulutasoisen tutkijan pätevyyden. Korkeakouluissa alin tutkijatutkinto on filosofian kandidaatin tutkinto. Käytännössä korkeakouluissa katsotaan varttuneeksi, varsinaiseksi tutkijaksi vasta lisensiaatin ja tohtorin tutkinnon suorittaneet.

²⁶ Knuutinen 2004a, 95-100.

vuoksi, että kohteista ei voi joko ottaa laisinkaan näytettä tai jos kohteesta otetaan näyte, sen on oltava mikroskooppisen pieni ns. mikronäyte.

Nykyään konservoinnin materiaalitutkimuksessa käytetään termiä *non-destruktiivinen* tarkoittamaan sitä, ettei tutkittavalle kohteelle tai tutkittavalle näytteelle aiheuteta vauriota. Tämän *non-destruktiivisen* sanan käytön rinnalle on nousemassa uusi termi, *non-invasive*, joka täsmentää kohteen kannalta tutkimustilanteen vielä selkeämmin kuin *non-destructive*-sana, sillä silloin tutkimuskohdetta ei vaurioiteta millään tavalla. Kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimusmenetelmien valintaan palaan uudestaan luvussa 4.

Non-destruktiivite-tekniikka otettiin käyttöön opinnäytetöiden konservointikohteiden tutkimukseen 1980-luvulla, jolloin Helsingin yliopiston dosentit Timo Tuurnala ja Aimo Hautojärvi alkoivat tehdä pigmenttien alkuaineanalyysyjä isotooppiheräteisellä röntgenfluoresenssimenetelmällä (IIXRF).

Mikroanalytiikassa on ollut kaksi eri yhteistyökumppania, toinen orgaanisia materiaaleja ja toinen epäorgaanisia alkuaineanalyysyjä varten. Orgaanisten sideaineiden FTIR (Fourier Transform Infrared)-mikroskooppianalyysihin erikoistunut Tikkurila Oy:n analyttisen laboratorion johtaja Jukka Järvinen on tarpeen mukaan tutkinut konservointikohteiden mikronäytteitä. Epäorgaanisten materiaalien alkuaineiden mikronäytteiden SEM-EDS (Scanning Electron Microscope Energy Dispersive Spectroscopy)-spesialistina on toiminut Mikrofocus Oy:n mineralogi Seppo Hornytzkyj. Hän on osallistunut konservoinnin materiaalitutkimusprojekteihin tuottamalla sekä epäorgaanisista että orgaanisista materiaaleista elektronimikroskooppikuvia, joissa tutkittavasta kohteesta saadaan aikaan kuva huomattavasti suuremmilla suurennoksilla kuin yksinkertaisemmilla optisilla mikroskoopeilla on mahdollista. Seppo Hornytzkyj työskentelee myös Valtion taidemuseon tutkijana.

Kaikki edellä mainitut EVTEK-ammattikorkeakoulun ulkopuoliset specialistit ovat olleet omalla panoksellaan mukana kehittämässä konservoinnin materiaalitutkimusta Suomessa. Ilman spesialisteja ei ole mielestäni mahdollista tehdä vaativaa analytiikkaa. Toisaalta erityisanalytiikka vaatii kalliita laitteita ja pitkälle koulutetun sekä kokeneen henkilökunnan, joten tällaisen analytiikan rutiinikäyttö ei kuulu ammattikorkeakoulun alemman korkeakoulututkinnon tasolle. Suomessa on ollut konservoinnin materiaalitutkimuksessa sellainen ristiriitatilanne, että konservointikoulutuksen ohella on pyritty tekemään kansainvälisesti varteenotettavaa tutkimusta, vaikka koulutus itsessään ei ole tiedekorkeakoulun tai yliopiston koulutusta. Tasokkaita tutkimustuloksia on mielestäni saatu aikaan ainoastaan siten, että konservoinnin materiaalitutkimuksessa on toimittu yhteistyössä luonnontieteellisen koulutuksen saaneiden specialistien kanssa.

2.2 Projekteja ja projektikumppaneita

Kun puhutaan kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimuksesta, ei sovi unohtaa myöskään museoiden, säätiöiden ym. kulttuuriperintöä omistavien tahojen kanssa toteutettuja konservointiprojekteja. Niiden yhteydessä on konservointikohteiden sisältämät materiaalit usein tutkittu tarkkaan. Esimerkki tällaisesta opetukseen integroidusta projektista on maalaustaiteen konservointiopiskelijoiden kanssa toteutettu ryhmäprojekti, Student Conservation Projects of Panel Paintings and Polychrome Sculptures, jonka tuotokset olivat syksyllä 2006 esillä kansainvälisessä Cesmar 7-kongressissa Italiassa.²⁷

Toinen maininnan arvoinen konservoinnin materiaalitutkimuksen pilotti-projekti toteutettiin yhdessä Oulun kaupungin taidemuseon kanssa. Siinä materiaalitutkimuksen lähtökohtana olivat Oulun kaupungin taidemuseon kokoelmiin kuuluvat tyydyttämättömiä polyesterikomposiittimateriaaleja sisältävät taideteokset.²⁸ Jo projektin alkuvaiheessa havaitsin, että komposiittimateriaaleja ja niiden ikääntymisominaisuuksia ei ollut tutkittu aikaisemmin konservoinnin näkökulmasta. Tämän vuoksi kyseisten materiaalien tutkimustulokset ovat herättäneet kiinnostusta myös kansainvälisesti. Olen jatkanut tyydyttämättömien polyestereiden ja komposiittimateriaalien tutkimusta vuonna 2003 käynnistyneen pilottivaiheen jälkeen ja tutkimus jatkuu yhä edelleen. Olen liittänyt tähän väitöskirjaani yhden kansainvälisen julkaisun tyydyttämättömistä polyesterikomposiitti-materiaaleista (4).

Edellä mainitut projektit ovat tuottaneet hyödyllisiä tutkimustuloksia ja niiden avulla on voitu samalla kehittää sekä konservointikemian opetusta että tuottaa uutta tutkittua tietoa kansainväliseen käyttöön kaikille niille, jotka tarvitsevat uusinta tietoa kulttuurihistoriallisista materiaaleista ja niiden säilyttämisestä.

Sekä konservointikemian opetusta että siihen liittyvää materiaalitutkimusta on voitu viime vuosina kehittää Suomessa edelleen muun muassa siksi, että konservoinnin materiaalitutkimus on toiminut osana arkeologista ja kulttuurihistoriallista tutkimusprojektia. EVTEK Muotoiluinstituutin sekä graafisen osaston 3D-koulutusohjelma että konservointiosasto ovat toimineet vuodesta 2004 yhteistyössä Helsingin yliopiston PaaVo Castrenin EPUH (*EXPEDITIO POMPEIANA UNIVERSITATIS HELSINGENSIS*)-projektiryhmän kanssa Pompeissa (*Insula IX 3, 5.24*) Marcus Lucretiuksen talon tutkimuksissa.^{29,30}

Koska olen vastannut tässä projektissa Marcus Lucretiuksen talon seinäpintojen ja seinämaalausten materiaalitutkimuksista, esittelen tähän mennessä saatuja tutkimustuloksista myös tämän väitöskirjan yhteydessä. Tähän projek-

²⁷ Ruuben et al. 2006.

²⁸ Knuutinen 2004b.

²⁹ EPUH project in: http://www.helsinki.fi/hum/kla/epuh/epuh_eng.htm ja Castren 2006, 235–242.

³⁰ Knuutinen ja Mannerheimo 2006, 242.

tiin osallistumisen myötä on EVTEK Muotoiluinstituutissa otettu käyttöön uusia *non-invasive*-analyysilaitteita ja mikro-menetelmiä.

Sitä mukaa, kun olen tehnyt konservoinnin materiaalitutkimusta ja tuloksia on ollut esillä kansainvälisissä kongresseissa ja julkaisusarjoissa, on ollut mahdollista saada yhteisökumppaneiksi myös eri maista luonnontieteellisten tiedekuntien spesialisteja, lähinnä kemistejä ja fyysikoita. He työskentelevät yliopistoissa, joiden tutkimusalueeseen kuuluu myös kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimus. Viime vuosina olen voinut käynnistää ja toteuttaa aktiivista tutkimusyhteistyötä muutamien eri Euroopan yliopistojen kanssa. Esimerkiksi Englannin Cardiffin yliopistossa on toteutettu paperin pesuun, neutralointiin ja selluloosan ikääntymiseen liittyvä tutkimusprojekti.³¹ Kreikan Kreetan yliopistossa on tutkittu tyydyttämättömiä polyestereitä ja käynnistetty Pompeji-projektin orgaanisiin materiaaleihin liittyvää tutkimusta.³²

2.3 Tutkimuksen resurssit Suomessa ja muissa Euroopan maissa

Konservoinnin materiaalitutkimus, niin kuin kaikki muukin tutkimus, tarvitsee henkilökunta-, laite- ja taloudellisia resursseja. Edellä esitetystä Suomen konservoinnin materiaalitutkimuksen lyhyestä historiaosuudesta voi tehdä kuitenkin sen johtopäätöksen, että Suomessa ei ole vielä yhtään kokopäiväistä konservoinnin materiaalitutkijaa. Tutkimusta on tehty projektiluontoisesti yhteistyössä konservoinnin opiskelijoiden, EVTEK Muotoiluinstituutin konservointiosaston ja tekniikan koulutusalan opettajien, oppilaitoksen ulkopuolisten specialistien sekä viime vuosina yhä enenevässä määrin konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistuneiden ulkomaisten specialistien kanssa.

Perusanalyysilaitteita, joita voidaan käyttää konservoinnin materiaalitutkimukseen, on ollut jonkin verran sekä EVTEK tekniikan koulutusalan laboratorioissa että EVTEK Muotoiluinstituutin konservointilaboratoriossa. Silloin, kun projekteissa on ollut mukana materiaalitutkimuksen spesialisteja, laitearsenaaliin on sisällynyt laitteita, joiden avulla on voitu tehdä soveltavan tutkimuksen lisäksi myös luonnontieteellistä perustutkimusta.

Hyvän käsityksen siitä, missä määrin konservoinnin materiaalitutkimukseen on panostettu eri maissa tällä vuosituohannella, saa tutustumalla vuosina 2001–2004 toteutettuun kansainväliseen EU-projektiin, LabS-TECH:iin (Laboratories on Science and Technology for the Conservation of European Cultural Heritage). Sitä koordinoi INSTM:n (Consorzio Interuniversitario Nazionale per la Scienza e Tecnologia dei Materiali) Perugian yliopistossa, Italiassa työskentelevä professori Bruno Brunetti.

³¹ Projektin on rahoittanut Majaojasäätiö.

³² Mainitsen tässä yhteydessä vain ne ulkomaiset yliopistot, joiden tutkijoiden kanssa olen jo julkaissut tutkimusprojektien tuloksia.

LabS-TECH oli verkostoprojekti, johon ovat osallistuneet seuraavat instituutiot:

- Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (BLFD) – Munich-Germany,
- Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF) – Paris-France,
- Istituto Centrale del Restauro (ICR) – Rome-Italy,
- Institut Royal du Patrimoine Artistique (IRPA) – Bruxelles-Belgium,
- Instituut Collectie Nederland (ICN) – Amsterdam-Netherlands,
- Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) – Lisbon-Portugal,
- National Gallery – Scientific Department (NGL) – London-United Kingdom,
- Ormylia Art Diagnostic Centre (OADC) – Ormylia-Greece,
- Opificio delle Pietre Dure (OPD) – Florence-Italy,
- International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property (ICCROM)-Rome ja
- Getty Conservation Institute (GCI) – Los Angeles-United States, as associated partner.

LabS-TECH-projektin päämäärät oli esitely seuraavasti:

“The goals of this network were:

- To gather and supply information on the research facilities available in Europe, in the field of conservation and restoration of cultural heritage;
- To improve the highest level of research, through the enhanced access to the most sophisticated instrumentation;
- To promote the development and diffusion of good practices and / or standards for conservation;
- To realise permanent interoperability between laboratories in the perspective of creation of a distributed large scale facility to be used by scientists and conservators, within and outside the network, for the characterisation of materials of cultural heritage artefacts and their deterioration ;
- To offer the opportunity of advanced training of young scientists, permitting to foster co-operation between participating institutions;
- To endeavour to build up dedicated joint R & D projects”.

Projektin kotisivu on osoitteessa

<<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>>.³³

Vaikka projektin EU-rahoitusosuus päättyi vuonna 2004, on sen aloittama nettiverkosto laajentunut noin 140 instituutioon yli 30 eri maassa. Perugian yliopisto pitää edelleen yllä internet-sivuja, joilta löytyy yksityiskohtaiset tiedot konservoinnin materiaalitutkimusta harjoittavista instituutioista. Projektin nimi on vaihtunut EU-ARTECH:ksi. EU-ARTECH:n koti-sivuilla

<<http://www.eu-artech.org/>> on myös päivitetty listat konservoinnin materiaalitutkimusten kongresseista ja ”work shopeista”.³⁴ Internetosoite <<http://users.metropolia.fi/~ullak>> sisältää 20.4.2007 päivätyt tiedot LabS-TECH/EU-ARTECH-tietokannassa olevista yli 140 instituutioista.³⁵ Ainoa suomalainen instituutti, joka on kyseisellä listalla, on EVTEK University of Applied Sciences / EVTEK Institute of Art and Design / Conservation Department.

Verkoston listalla on instituutioiden nimet, yhteystiedot ja kunkin instituution analyysilaitteistot. Excel-muotoisessa taulukossa on myös laskettu yh-

³³ LabS-TECH-projekti <<http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html>>.

³⁴ EU-ARTECH <<http://www.eu-artech.org/>>

³⁵ Boutainen sähköposti 30.4.2007.

teen eri instituutioiden erityyppiset laitteet. Kulttuurihistoriallisten kohteiden ja konservoinnin materiaalitutkimukseen käytettävissä oleva laitearsenaali on hyvin vaikuttava. Käytössä on lähes 90 SEM-mikroskooppia, noin 70 röntgenfluoresenssilaitteistoa, samoin noin 70 IR-spektrometria ja lisäksi noin 50 IR-mikroskooppia, noin 120 erityyppistä kaasukromatografiaa jne.

Listoista ei käy kuitenkaan ilmi instituutioiden henkilökuntien määrät tai koulutustasot. Tosin sekä useiden listalla olevien tutkimuslaitosten nimien että instituutioissa olevien laitteiden käytölle asetettujen ammatillisten vaatimusten perusteella voi tehdä sellaisen johtopäätöksen, että ainakin niillä tutkijoilla, jotka käyttävät analyysilaitteita ja vastaavat tutkimuksesta on oltava joku materiaalitutkimukseen soveltuva luonnontieteellinen koulutustausta.

On lisäksi hyvin mahdollista, että EU-ARTECH-listojen ulkopuolelle jää vielä monia sellaisia yliopistojen kemian ja fysiikan laitoksia sekä tutkimuslaitoksia, jotka tekevät ajoittain kulttuurihistoriallisiin kohteisiin ja konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyvää tutkimusta.

2.3.1 Ranskan 2CNRS, Louvren tutkimuskeskus

Esimerkkinä EU-ARTECH-listalla olevasta suuresta museon tutkimuskeskuksesta esittelen tässä yhteydessä Ranskan Louvren tutkimuskeskuksen, C2RMF:n. Tutkimusjohtaja Michel Menulta saamani tiedon mukaan C2RMF:ssä on alla luetellut henkilö- ja laiteresurssit sekä yhteistyötahot.³⁶

Louvren C2RMF-tutkimusosaston henkilökuntaan kuuluu 50 vakituista työntekijää (kemistejä, fyysikoita, geologeja, valokuvaajia, röntgenkuvaajia, historioitsijoita, insinöörejä). Tekninen henkilökunta sisältyy tutkimushenkilökuntaan, johon puolestaan kuuluu 8-10 tohtoriopiskelijaa, 1-3 varttunutta tutkijaa ja vuosittain 20 maisteritutkintoa suorittavaa opiskelijaa, joista kukin viettää tutkimuskeskuksessa 3-5 kuukautta.

Tutkimuskeskuksen laiteresurssit ovat seuraavat: 2 MEB, 2 MFX (kannettava malli), 1 μ Raman, 1 XRD, 1 μ XRD, 1IRTF, 1 μ IRTF, 1 ICP-AES, 4 GC (1-MS, 1Pyr.), 1 IBA ja 3 Röntgenkuvaushuonetta (1 420 kV, 1 200 kV, 3 80 kV).³⁷

Louvren C2RMF-tutkimusosasto toimii yhteistyössä Ranskan tutkimusinstituutin kanssa (CNRS) ja tekee tutkimusta useiden CNRS-laboratorioiden kanssa. CNRS-laboratorioiden erityisalueina ovat muun muassa kemia ja kristallografia. Ranskan tutkimusinstituutti on palkannut Louvren tutkimushenkilökunnasta 15 työntekijää.

Louvren tutkimusosastolla on myös yhteydet ”suuriin tutkimuslaitteisiin” esimerkiksi synkrotroneihin Grenoblessa (Soleil, ESRF) ja Berliinissä (BEssy). Tutkimusjohtaja Menu mainitsi lisäksi, että C2RMF osallistuu myös EU-

³⁶ Michel Menun sähköposti 18.4.2007.

³⁷ Lyhenteiden taustalla olevat peruslaitetyypit ovat: MEB (Elektronimikroskooppi), MFX (Röntgenfluoresenssi), Raman (Raman spektrometri), XRD (Röntgendifraktio), IRTF (Röntgenfluoresenssi), ICP-AES (Atomiemissiospektrometri), GC (kaasukromatografi), IBA (Ion beam- analysaattori). Lisäksi (X-ray radiograph room) röntgenkuvaushuoneet on varustettu eri energisillä röntgenkuvauslaitteilla.

ARTECHin toimintaan. Tutkimusyhteistyön lisäksi C2RMF-laboratorio tekee analyysipalveluita kansallisille museoille (national museums), mutta ei yksityisille museoille. Lisää tietoa CNRS-laboratorioista on osoitteessa <<http://www.cnrs.fr/en/docs/findaCNRSlab.pdf>>.³⁸

2.3.2 Tanskan kansallismuseo

Esimerkkinä Louvrea pienemmästä eurooppalaisesta museon yhteydessä toimivasta tutkimusyksiköstä esittelen Tanskan Kansallismuseon konservointiosaston (Nationalmuseets Bevaringsafdeling). Siellä työskentelevältä Yvonne Shashoualta (Ph.D. Senior scientist)³⁹ saamani tiedon mukaan konservoinnin materiaalitutkimuksen henkilökuntaresurssit ovat 7 vakituista työntekijää, 2 tohtoriopiskelijaa ja 1 tekninen assistentti. Materiaalitutkimukseen käytettäviä omia laitteita on seuraavasti: FTIR-spektrometri, UV-VIS-spektrometri, HPLC, 2xGC-MS, 3 optista mikroskooppia ja liekkifotometri. Tanskan Kansallismuseon konservointiosasto omistaa lisäksi puolet LV-SEMistä.⁴⁰

Lisäksi Tanskan kansallismuseolla on jatkuvaa tutkimusyhteistyötä seuraavien instituutioiden kanssa: Kööpenhaminan yliopisto (Københavns Universitet), Tanskan teknillisen yliopisto (Danmarks Tekniske Universitet), Valtion taidemuseo (Statens Museum for Kunst) ja Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi.

Tanskan kansallismuseon konservointiosasto palvelee myös hyvin laajasti ulkopuolisia tahoja niin, että Yvonne Shashoualta saamani tiedon mukaan noin puolet henkilökunnan tekemästä työstä on oman museon ulkopuolista analyysipalvelua tai konsultointia.

Edellä esitettyjen Ranskan Louvren tutkimuskeskuksen ja Tanskan Kansallismuseon tutkimuskeskuksen lisäksi on EU-ARTECH-listan mukaan monia muita maita, joissa kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimukseen on panostettu paljon. Museoiden yhteydessä on omia tutkimusosastoja henkilökuntineen ja laitteineen. Konservoinnin materiaalitutkimusta tekevät instituutiot ovat myös tiiviisti verkostoituneet keskenään siten, että on hyvät mahdollisuudet käyttää tehokkaasti materiaalitutkimukseen sekä spesialisteja että erikoislaitteistoja.

2.3.3 Tanskan kuninkaallisen taideakatemian konservointikoulun ja EVTEK Muotoiluinstituutin resurssien vertailu

Koska Suomessa konservoinnin materiaalitutkimusta tehdään nykyään lähinnä konservointikoulutuksen yhteydessä, esitän yhden kansainvälisen rinnastuksen konservointikoulutukseen ja sen yhteydessä tehtävän materiaalitutkimuksen

³⁸ CNRS-laboratoriot <<http://www.cnrs.fr/en/docs/findaCNRSlab.pdf>>

³⁹ Yvonne Shashouan sähköposti 13.6.2007.

⁴⁰ Selvitystä laitetyppeistä ja niiden lyhenteistä: FTIR spectrometer (IR eli infrapunaspektrometri), UV-VIS spectrometer (ultravioletti ja näkyvän valon spektrometri), HPLC (nestekromatografia), GC-MS (kaasukromatografia massaspektrometri), Flame photometer (Liekkifotometri) ja LV-SEM (elektronimikroskooppi).

henkilökuntaan ja laiteresursseihin.^{41, 42, 43} Vertailukohtana on Tanskan kuninkaallisen taideakatemian konservointikoulu, (Konservatorskolen, Det Kongelige Danske Kunstakademi), jossa opiskelijamäärä on suurin piirtein sama kuin EVTEK Muotoiluinstituutin konservointiosastolla. Kummassakin oppilaitoksessa on noin 80 konservoinnin opiskelijaa.⁴⁴ Suomessa suurin osa opiskelijoista on AMK(alemmän korkeakoulu)-tutkinnon suorittajia ja vain 18 opiskelijaa on ollut suorittamassa keväällä 2008 ylempää korkeakoulututkintoa. Tanskan koulussa noin puolet opiskelijoista suorittaa alemmaa ja puolet ylempää korkeakoulututkintoa ja lisäksi on muutama tohtorikoulutettava.

Rehtori Rene Larsenilta saamani tiedon mukaan konservoinnin ja konservoinnin materiaalitutkimuksen opetukseen ja tutkimuksen käytössä olevat henkilökuntaresurssit ovat seuraavat:

18 vakituista opettajaa, joihin luetaan instituutin johtaja, 1 ylimääräinen professori, 2 ulkopuolista professoria ja 1 laboratorioteknikko.

Opettajien koulutustaustat ovat seuraavat:

1 kemisti (FT, yhdistetty professuuri)

1 geologi (FT, apulaisprofessuuri)

2 biologia (FT, yhdistettyjä professuureja)

1 ylimääräinen kemian professuuri, (korkeampi kuin FT- ja yhdistetty professuuritaso)

1 tilastotieteilijä (FT, ulkopuolinen yhdistetty professuuri)

1 Sähköisen viestinnän insinööri (FT, ulkopuolinen yhdistetty professuuri)

Edellä lueteltujen lisäksi henkilökuntaan kuulu vielä seuraavia opettajia:

1 taidehistorioitsija (FT-tason avustava professori)

5 konservaattori-restauroijaa (FT-tason yhdistettyjä professuureja)

7 konservaattori-restauroijaa (avustavia professoreja, joista useimmat ovat tohtorikoulutuksessa).

Tanskan konservointikoululla on lisäksi lukuisia vierailevia opettajia, joiden koulutus on ainakin maisteritasoa. Rehtori Rene Larsen mainitsi lisäksi, että tutkimusprojekteja varten on palkattu erikseen laboratorioteknikkoita. Vuonna 2007 projekteihin oli palkattu 3 laboratorioteknikkoa.⁴⁵

Henkilökuntaresurssit EVTEK Muotoiluinstituutin konservointiosastolla ovat olleet vuosina 2006–2008 puolestaan seuraavat:

⁴¹ Konservointikoulutus on monissa maissa käymässä läpi suuria muutoksia, joten kansainvälisen vertailun tekeminen konservointikoulutukseen liittyvistä materiaalitutkimusresursseista ei ole järkevää tämän väitöskirjan yhteydessä. EVTEK Muotoiluinstituutin konservointiosasto on toiminut aktiivisesti ICOM-CC Education and Training Working Groupin toiminnassa ja on järjestänyt kaksi työryhmän kokousta Vantaalla.

⁴² Dardes (edit.) 1998.

⁴³ Ruuben (edit.) 2004.

⁴⁴ Opiskelijamäärät lukuvuosilta 2006/2007 ja 2007/2008.

⁴⁵ Rene Larsenin sähköposti 8.5.2007.

Vakinaisia työsuhteita on 8 kappaletta, joista 1 konservointiosaston johtaja (FT), 1 kemisti (lehtori, FM) ja 6 konservoinnin lehtoria. Kaikilla lehtoreilla on ylempi korkeakoulututkinto. Osa lehtoreista on tohtorikoulutuksessa. Lisäksi osastolla on ollut yksi määräaikainen työsuhde: assistentti (kemisti, FM). Tämän lisäksi kunkin lukuvuoden aikana on EVTEK Muotoiluinstituutissa ollut konservointiosastolla useita vierailevia luennoitsijoita, joiden koulutustaso vaihtelee alemmasta korkeakoulututkinnosta tohtoritason.

Jos vertaillaan EVTEK Muotoiluinstituutissa toimivan, konservointikoulutuksen opetukseen osallistuvan henkilökunnan määrää (9 kpl) Tanskan konservointikoulutuksen henkilökunnan määrään (18 kpl), niin ero on huomattava. Luonnontieteellisen tai teknisen koulutustaustan omaavia henkilökunnan jäseniä on Tanskan konservointikoulussa 7 kappaletta. Tämä henkilökuntamäärä mahdollistaa sen, että ko. oppilaitoksessa on omasta takaa spesialisteja eri konservoinnin materiaalitutkimusalueille. Vastaavasti EVTEK Muotoiluinstituutissa on luonnontieteellisen koulutustaustan omaavia ollut vain yksi vakinainen kemian lehtori ja määräaikainen kemian assistentti.

Lisäksi rehtori Rene Larsenilta saamani tiedon mukaan useat konservointimenetelmien opettajat (associated and assistant professors) osallistuvat myös konservoinnin tutkimukseen (do research in for example chemistry and physics related to conservation and restoration).

Tanskan konservointikoulun omiin tutkimusvälineisiin kuuluu seuraavia laitteita: SEM, FTIR-mikroskooppi, perinteinen FTIR-laite, UV-VIS-spektrofotometri, erikoisspektrofotometri, ENSTRON⁴⁶ ja muita fysikaalisia testilaitteita, 2 tietokoneistettua Mettler Toledo-mikrotermografilaitetta⁴⁷.

Tämän lisäksi oppilaitos voi hyödyntää sekä henkilökuntaa että laitteistoa, joita on läheisillä yhteistyökumppaneilla, joihin kuuluvat muun muassa Kansallismuseo ja Valtion taidemuseo.⁴⁸

EVTEK Muotoiluinstituutin konservointilaboratoriossa ei ole ollut omaa perusvälineistöä läheskään yhtä paljon kuin on Tanskan konservointikoulussa. Konservointilaboratorion perusanalyysi- ja tutkimuslaitteisiin kuuluvat: FTIR/ATR-laite, VIS-spektrometri, XRF-spektrometri, titraattori, mikroskooppeja, joissa on valokuvausmahdollisuus sekä ilmasto- ikäännyttämiskaappi. Tämä on toisaalta riittävä laitemäärä tällä hetkellä työskentelevälle henkilökunnalle, sillä oppilaitoksen analyysilaitteikannan omavaraisuuden lisääminen vaatii mielestäni automaattisesti myös henkilökunnan lisäämistä.

On hyvin ilmeistä, että Suomessa konservoinnin materiaalitutkimuksen sekä laite- että henkilöresurssit ovat hyvin vähäiset verrattuna moniin muihin Euroopan maihin. Koska Suomessa ei ole panostettu konservoinnin materiaalitutkimukseen tähän mennessä kovinkaan paljon, olisi syytä miettiä keinoja sekä henkilökunnan että laiteresurssien lisäämiseksi. Mielestäni se, miten paljon ol-

⁴⁶ Physical testing- laitteilla tutkitaan materiaalien fysikaalisia, eteenkin mekaanisia ominaisuuksia.

⁴⁷ Micro thermal equipment kuuluu termooanalyttisiin tutkimuslaitteisiin, joilla tutkitaan materiaaleissa tapahtuvaa lämpöenergian sitoutumista tai vapautumista.

⁴⁸ Rene Larsenin sähköposti 8.5.2007.

laan valmiita panostamaan kulttuuriperinnön ja sen säilyttämiseen liittyvään tutkimukseen, kuvastaa myös jossain määrin sitä, miten paljon arvostetaan kulttuuriperintöä ja sen säilymistä.

3 KONSERVOINNIN MATERIAALITUTKIMUKSEN HERITOLOGISET FUNKTIOT

Museologian alan kirjallisuudessa on erilaisia mielipiteitä siitä, miten ryhmitellään museologian eri toimintoja. Sekä Peter van Mensch että Ivo Maroevič käsittelevät laajasti museologisia funktioita ja funktioiden eri luokitusmalleja.^{49, 50} Tässä väitöskirjassa en ota kantaa erilaisiin museologisista funktioista esitettyihin malleihin, vaan käsitellen ainoastaan niitä museologisia toimintoja, joihin olen löytänyt kontekstin konservoinnin materiaalitutkimukseen.

Jyväskylän yliopiston museologian (heritologian) määritelmä on seuraavanlainen:

”Museologia (heritologia) on tiede, joka tarkastelee sitä, kuinka yksilö ja yhteisö hahmottaa ja hallitsee ajallista ja alueellista ympäristöään ottamalla haltuun menneisyyden ja nykyisyyden todistuskappaleita”.⁵¹ Tässä määritelmässä ympäristö käsittää sekä aineellisen että henkisen ympäristön, eikä museologia ole sidoksissa pelkästään museaaliseen toimintaan vaan se tutkii eri muodoissa olevaa kulttuuriperintöä. Tämän vuoksi Jyväskylän yliopistossa on otettu museologia- sanan rinnalle käyttöön heritologia-termi, joka soveltuu hyvin nykyiseen määritelmään.^{52, 53}

Käytän myös mielelläni heritologia-sanaa väitöskirjassani silloin, kun se on luontevampi kuin museoihin viittaava museologia sana. Tämä siksi, että puhuttaessa kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimisesta kohde, jonka koos-

⁴⁹ van Mensch 1992, *Museological functions* 1-7/9.

⁵⁰ Maroevič 1998a, 222-247.

⁵¹ Vilkuna 2003, 85-87.

⁵² Vilkuna 2007, 55. ”Heritologia-määritelmän luoja pidetään Tomislav Šolaa, joka on pyrkinyt kohti yleistä kulttuuri- ja luonnonperintöteoriaa (general theory of heritage). Šolan mukaan heritologia kuuluu kaiken kulttuuri- ja luonnonperinnön kattavana ja selittäväksi poikkitieteelliseksi ja yhteiskuntakeskeiseksi teoriana itse asiassa informaatiotieteen piiriin”.

⁵³ Šola 2005, 3-16. ...”The terms “heritology” and “mnemosophy” are as an intentional provocation that should lead to a usable, open redefinition. In the same way, the museum institution – or rather the heritage institution – should be re-defined and used differently so that it becomes part of the solution to the problems of contemporary society”.

tumusta, ominaisuuksia ja säilyttämistä tutkitaan, voi olla pienestä esineestä laajaan useita eri rakennuksia käsittävään arkeologiseen kaivausalueeseen, eikä itse kohteen tai tutkittavan materiaalin tarvitse edes liittyä suoranaisesti museaaliseen toimintaan.⁵⁴

3.1 Aineelliseen kulttuuriperintöön liittyvä materiaalitutkimus ja vanha museotiede

Koska konservoinnin materiaalitutkimuksen kohteena on kirjaimellisesti aine ja sen muodostamat materiaalit, se rajoittuu aineellisen kulttuuriperinnön ja sitä kautta materian säilyttämiseen liittyvään tutkimukseen.⁵⁵ Kun edellä mainitun heritologian määritelmän mukaan otetaan haltuun menneisyyden ja nykyisyyden todistuskappaleita ja niitä pyritään säilyttämään jälkipolville, esitän konservoinnin materiaalitutkijana kysymyksiä siitä, mitä loppujen lopuksi tiedetään kulloinkin haltuun otetusta kohteesta, sen materiaaleista ja niihin liittyvistä ikääntymisominaisuuksista ja miten tätä tietoa hyödynnetään tehtäessä käytännön ratkaisuja kohteen säilyttämiseksi. Esittämäni kysymykset voitaisiin tulkita osaksi vanhaa museologiaa, mutta konservoinnin materiaalitutkimuksessa ei ole kyse kuitenkaan vanhan museologian eli museografian määritelmän mukaisesta tieteen osa-alueesta.⁵⁶ Uno Taavi Sirelius määritteli vuonna 1914 museotieteen tutkimukseksi, jonka tarkoituksena on päästä selville museoesineiden parhaasta puhdistamis-, säilyttämis-, luettelemis- ja näytteillepanotavasta sekä käytännöllisimmistä näyttelytelineistä. Sireliuksen määritelmän mukaan museografian avulla pyrittiin etsimään vastauksia siihen, miten museotyötä tulisi tehdä, että museoesineet säilyisivät tuleville sukupolville.⁵⁷

Vaikka määritelmä liittyy museoesineisiin ja niiden säilyttämiseen, siitä puuttuu kuitenkin kohteiden materiaaleihin liittyvä perusta. Ennen kuin voi tietää, miten museoesinettä tai kohdetta voisi säilyttää, puhdistaa ja asettaa näytteille parhaalla mahdollisella tavalla, jos niin halutaan tehdä, täytyy tuntea kohteen materiaali tai materiaalit ja niiden ominaisuudet ja käyttäytyminen eri ympäristössä.

⁵⁴ Englannin kielessä on yleisesti käytössä sekä konservointiin että konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyen *heritage material-* tai *culture heritage material-* sanat. Mielestäni käännoksissä voisi käyttää sanoja: *heritagiset materiaalit* tai *kulttuurihistorialliset materiaalit*.

⁵⁵ Maroević 1998b, 136. "Cultural heritage can be material and non-material". Tässä väitöskirjassa en käsittele kuitenkaan non-materiaalista kulttuuriperintöä. "Material cultural heritage is divided, in addition, according to fundamental features into immovable and movable".

⁵⁶ Vilkuna 2007, 45. "Museografia sana otettiin käyttöön jo 1700-luvulla ja museologia-sana 1800-luvulla".

⁵⁷ Vilkuna 2003, 80–81.

3.2 Materiaalitutkimus ja museologia/heritologia

Etsiessäni aineellisen kulttuuriperinnön säilyttämiseen liittyvän materiaalitutkimuksen kontekstia museologiasta löysin seuraavaksi Peter van Menschin väitöskirjan. Siinä esitetään Laskon ja Lodewijksin määritelmä konservoinnin tutkimuksesta (Conservation Science).⁵⁸ Konservoinnin tutkimuksen sanotaan sisältävän seuraavat kolme pääorientaatiota:

- 1) Kohteen historian ja teknologian tutkiminen
- 2) Konservointitekniikoiden parantaminen
- 3) Kokoelmien kannalta parhaiden säilytysolosuhteiden etsiminen

Mielenkiintoista tässä määritelmässä on se, että siitäkin huolimatta, että sen katsotaan olevan objektorientoitunutta tutkimusta, myös siitä puuttuu varsinainen konservoinnin materiaalitutkimuksen pohja ja perusta. Objektin historiaa, ja jossain määrin myös teknologiaa, voidaan tutkia kyllä ilman, että tunnetaan kohteen materiaaliakoostumusta. Kuitenkin konservointitekniikoiden arviointi ja testaus, oli sitten kyse ennaltaehkäisevästä tai aktiivisesta konservoinnista, vaatii mielestäni tarkan tiedon konservoitavan kohteen materiaalin tai materiaalien kemiallisesta koostumuksesta ja kemiallisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Edellä esitetyn määritelmän tulkitaan kyllä pitävän sisällään myös materiaalitutkimusta esimerkiksi dokumentointiin liittyen, mutta mitä kyseinen materiaalitutkimus on, kuka sitä tekee ja miten sitä tehdään, jää vielä epäselväksi.

Maroević esittää konservointiin liittyvästä tutkimuksesta samankaltaisia ajatuksia kuin van Mensch.⁵⁹ Sekä van Mensch että Maroević sijoittavat konservointiin liittyvän tutkimuksen museologisen tutkimuksen kontekstissa niin sanottuun soveltavaan tutkimukseen (applied research).^{60, 61}

3.2.1 Soveltavaa luonnontiedettä vai soveltavaa museologiaa?

Van Mensch käsittelee väitöskirjassaan muun muassa Sofkan, Teatherin ja Stránskýn esittämiä ajatuksia museologian tutkimuksesta ja sitä, minkä katsotaan olevan perustutkimusta ja mikä kuuluu soveltavaan tutkimukseen. Jos museologinen perus- ja soveltava tutkimus pitäisi määritellä lyhyesti, niin järkevänä määritelmänä toimii van Menschin väitöskirjasta löytyvä lause: "Basic research thus refers to the levels of theoretical and philosophical knowledge, while applied research is related to the level of empirical knowledge and the field of applied museology".^{62, 63}

⁵⁸ van Mensch 1992, Research 5/13.

⁵⁹ Maroević 1998a, 248–254.

⁶⁰ Sama.

⁶¹ van Mensch 1992, Museological research 1–4/11.

⁶² Sama.

Perustutkimuksen katsotaan olevan kulttuurisen informaation tutkimista, kun taas soveltavalle tutkimukselle esitetään synonyymiksi museografista tutkimusta. Konservoinnin katsotaan olevan yksi osa-alue museografian monien eri museaalisten toimintojen joukossa. Jos soveltavaa museologiaa kutsutaan nykyään museografiaksi, niin huomionarvoista tässä on se, että museografian määritelmä on muuttunut melkoisesti Uuno Taavi Sireliuksen päivistä.⁶⁴

Joka tapauksessa, Maroević sisällyttää mainitsemaansa soveltavaan tutkimukseen objektin konservoinnin, restauroinnin ja näytteille asettamisen. Tutkimusalueina hän mainitsee muun muassa kemian, fysiikan, materiaalitieteiden, biologian ja tilastotieteet, joita käytetään kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalien ja rakenteiden ja niiden säilyttämisen tutkimiseen.⁶⁵

Maroević esittää lisäksi soveltavalle tutkimukselle kaksi perustutkimus- aluetta:

1. kulttuuriperintökohteiden materiaali- ja rakennetutkimus
2. mitkä kulttuuriperintökohteet voidaan säilyttää aineellisesti (physically).

Hän myös selittää, että tuntemalla kohteen materiaalit ja rakenne voidaan saada myös tarkkaa tietoa vaurioiden syistä.⁶⁶ Tämä merkitsee käytännössä myös sitä, että mitä enemmän opitaan esineistä itsestään, sitä paremmin voidaan myötävaikuttaa niiden säilyttämiseen. Toisaalta kohteen materiaalien ja niiden ominaisuuksien tuntemiseen tarvitaan Maroevićin mukaan luonnontieteellistä tutkimusta. Jos siis luonnontieteellistä materiaalitutkimusta tarvitaan ja se sisällytetään osaksi soveltavaa museologiaa, muodostuu sen kautta mielestäni samalla selvä konteksti yhteen museologian tutkimaan primäärifunktion, säilyttämiseen.

Jos asiaa lähdetään vielä pohtimaan konservoinnin materiaalitutkimuksen näkökulmasta, tässä yhteydessä herää kuitenkin vielä kysymys siitä, minkä tutkimuksen mistä soveltamisesta oikein on kyse. Kysymys on aiheellinen, sillä konservoinnin materiaalitutkimusta pidetään toisaalta myös soveltavana luonnontieteellisenä tutkimuksena. Materiaalitutkimusta ei voi tehdä ilman perusluonnontieteitä, ilman kemiaa, fysiikkaa ja matematiikkaa. Tutkimuksen pohja ja perusta on siis luonnontieteissä, mutta tutkimuskohteet ja tutkittavat materiaalit kuuluvat puolestaan kulttuuriperintöön ja sitä kautta myös heritologiaan.

Tähän väitöskirjaan liitetyt ja referoidut julkaisut sisältävät suurimmaksi osaksi luonnontieteellistä soveltavaa materiaalitutkimusta, jossa käytetään jo valmiita analyysimenetelmiä siten, että niitä on muokattu ja kehitetty konser-

⁶³ Kinanen 2007, 239. Tutkimuksen jakoa perustutkimukseen ja soveltavaan tutkimukseen käytetään nykyään myös museoissa tehtävässä tutkimuksessa.

⁶⁴ Viikuna 2007, 53–54; Stránský 1995, 20–21. "Museography (Applied Museology) includes: Museum Management, Museum Marketing, Museum Architecture, Museum Conservation, Museum Information, Museum Exhibition Design, Museum Public Relations and Museum Promotions".

⁶⁵ Nämä alueet näyttäisivät mielestäni kuitenkin kuuluvan selkeästi luonnontieteelliseen tutkimukseen.

⁶⁶ Maroević 1998a, 252 ja 253.

voinnin materiaalitutkimuksen erityistarpeisiin. Mukana on kuitenkin jonkin verran perustutkimusta, jonka avulla on saatu täysin uutta tietoa materiaaleista ja niiden ominaisuuksista. Muutamat tutkimusprojektitni ovat käynnistyneet ensin soveltavana tutkimuksena, jonka jälkeen tutkimus on jatkunut edelleen syventävänä perustutkimuksena. Näin on käynyt esimerkiksi tyydyttämättömiin polyesterihartsien ja selluloosan tutkimusprojekteissa sekä jossain määrin myös Pompeji-projektin tutkimuksissa.

3.2.2 Materiaalitutkimus osana monitieteellistä heritologiaa

Van Mensch toteaa väitöskirjassaan: "there appears hardly any exchange of ideas between those involved in the theory of museology and those on working on the theory of conservation".⁶⁷ Jos tiedon ja informaation vaihto on ollut liian vähäistä eri ammattiryhmien välillä, ei ole ihme, että museologiaan perehtyneiden alan ammattilaisten on vaikea muodostaa kuvaa konservointitieteestä (Conservation Science) tai konservoinnin materiaalitutkimuksesta. Tämän vuoksi mielestäni olisi tärkeää, että kulttuurihistoriallisten kohteiden kanssa työskentelevät eri ammattiryhmät olisivat halukaita tekemään yhdessä tutkimusta, jakamaan informaatiota toinen toisilleen, keskustelemaan ja ratkomaan yhdessä ammatillisia ongelmia. Aidon monitieteellisen tutkimuksen toteuttaminen käytännössä edellyttäisi kuitenkin mielestäni nykyistä tiiviimpää yhteistyötä eri tutkimusalueiden välillä.⁶⁸ Tällöin tutkimukselle tarjoutuisi myös uusia näkymiä ja vaikutusmahdollisuuksia.

Tomislav Šolan (2005) esittämää kaaviota muistiorganisaatioiden (arkistojen, kirjastojen ja museoiden) ja informaatiotieteiden suhteesta voisi mielestäni pitää hyvin pohjana monitieteellisen heritologisen tutkimuksen toteuttamiseksi ja informaation jakamiseksi eri ammattiryhmien kesken. Kaavio sisältää muistiorganisaatioihin kytkeytyvät käytännölliset tieteet, kuten arkistotieteen, kirjastotieteen ja sovelletun museotieteen eli museografian.^{69, 70} Mielestäni konservointi ja siihen liittyvä materiaalitutkimus voidaan sisällyttää kaaviossa osaksi sovellettua museotiedettä ja siten osaksi Šolan määrittelemää heritologiaa siinä tapauksessa, että tutkimuksen pohjarakenne on monitieteellinen.⁷¹ Vaikka konservoinnin materiaalitutkimus ei ole itsessään informaatiotiedettä, vaan soveltavaa luonnontiedettä, se tuottaa tärkeää informaatiota kulttuurihistoriallisista materiaaleista ja kohteista Šolan kaaviossa esitetyille muistiorganisaatioille.

Avoimeen keskusteluun ja yhteistyöhön eri ammattiryhmien kesken rohkaistaan kulttuurihistorian alueella toimivien monien eri kansainvälisten orga-

⁶⁷ van Mensch 1992, Conservation 1/12

⁶⁸ Käytän mieluummin sanaa monitieteellinen kuin poikkitieteellinen. Aidossa monitieteellisessä yhteistyössä on mielestäni oltava sellaiset osallistujat, jotka ovat eri tieteenalojen spesialisteja. Poikkitieteellisyys ei mielestäni takaa sitä, että käytettävissä olisi eri tieteenaloilta riittävä tieteellinen asiantuntijuus. Kulttuuriperinnön säilyttämiseksi tarvitaan monen eri tyyppistä spetsiaalitietoa ja osaamista.

⁶⁹ Vilkuna 2007, 44–65.

⁷⁰ Šola 2005, 3–16.

⁷¹ Šola ei määrittele kuitenkaan mitä kaikkia heritologiaan liittyviä toimintoja sisältyy konservointiin tai konservoinnin materiaalitutkimukseen.

nisaatioiden (esimerkiksi ICOM-CC, ICCROM, ICON)^{72, 73} ja näiden organisaatioiden järjestämien kongressien kautta. Esimerkiksi 24.–25. toukokuuta 2007 Lontoon Victoria & Albert Museumissa pidetyn ICOM-CC Modern materials Working Groupin Interim Meeting -kongressin aiheena oli Looking at the future and learning from the past. Kongressin tarkoituksen määriteltiin olevan: "To bring together an international group of professionals including conservators, curators, collectors, designers, scientists and artists." Konferenssin ohjelma oli laadittu myös siten, että siinä huomioitiin eri ammattikunnat, koska se sisälsi seuraavia asioita:

- Tieteellinen tutkimus
- Muovien konservointi
- Kokoelma; Vaikuttaako lyhyemmän käyttöiän näkökulma tehtäessä päätöksiä kokoelmasta
- Taiteilijan tarkoitus

Eräänä konkreettisena yhteistyön muotona humanismia edustavan heritologian ja luonnontieteellisen konservoinnin materiaalitutkimuksen välillä voidaan pitää myös tätä väitöskirjaa, jossa esittelen niitä materiaalitutkimuksen funktioita, joita on tämän väitöskirjan yhteyteen liitetyissä kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimusjulkaisuissa.⁷⁴

3.3 Mitä konservoinnin materiaalitutkimus on?

Seuraavaksi määrittelen konservoinnin materiaalitutkimuksen ja tarkastelen siihen kuuluvia toimintoja. Kyseessä on materiaalitutkimus, joka on erikoistunut kulttuurihistoriallisten materiaalien analysointiin ja joka soveltaa luonnontieteellisiä tutkimusmenetelmiä siten, että saadaan tietoa kohteen materiaali-koostumuksista, työtekniikoista sekä materiaalien ikääntymisominaisuuksista. Se tutkii myös erilaisten sekä aktiiviseen että ennaltaehkäisevään konservointiin ja restaurointikäsitteilyihin käytettyjen materiaalien ominaisuuksia ja niiden vaikutuksista konservointikohteen materiaaleihin. Mitä paremmin tunnetaan kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden ja säilytettävien kohteiden ja niiden konservointiin käytettyjen materiaalien ominaisuudet, sen paremmat mahdollisuudet on myös suunnitella ja toteuttaa itse kohteiden säilyttäminen.

On kuitenkin muistettava se, että eri materiaalit, samoin kuin niiden säilyvyysominaisuudet, ovat hyvinkin erilaisia: jotkut materiaalit kestävät ja säilyvät lähes millaisissa olosuhteissa hyvänsä, kun taas toiset materiaalit tuntuvat hajoavan hyvin nopeasti ja ovat vaativia myös säilytysolosuhteittensa suhteen.

⁷² ICCROM (The International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property)

⁷³ ICON (Institute of Conservation Science)

⁷⁴ Väitöskirjan kirjoittamiseen on myönnetty Kulttuurirahaston apuraha vuonna 2007.

Konservoinnin materiaalitutkimus voi olla apuna myös siten, että se pystyy toteamaan ne materiaalien luontaiset heikkoudet, jotka on järkevää hyväksyä. Se suhtautuu näin ollen kriittisesti myös konservointiin, sekä ennaltaehkäisevään että aktiiviseen konservointiin, ja tuo esille luonnontieteelliset perusteet, jotka liittyvät eri materiaaleihin, niiden säilymis- ja säilyttämismahdollisuuksiin eri olosuhteissa.

Konservointitutkimuksen nimissä julkaistaan myös paljon sellaisia tutkimustuloksia, jotka eivät ole luokiteltavissa tieteellisiksi ja sisältävät ainoastaan jonkinasteista konservoinnin ja restauroinnin menetelmä- ja materiaalitestausta. Tällaiset testaukset eivät täytä läheskään aina luonnontieteellisen materiaalitutkimuksen kriteereitä. Ne on saatettu toteuttaa esimerkiksi standardoimattomissa testausolosuhteissa. Lisäksi testaukseen käytettävistä materiaaleista, niiden kemiallisista koostumuksista ja fysikaalisista ominaisuuksista voi olla hyvin puutteelliset tiedot. Hyvin suunnitellut yksinkertaiset testit voivat olla kuitenkin tarpeellisia ja hyödyllisiä silloin, kun kehitetään konservointi- ja restaurointimenetelmiä. Niille on oma paikkansa konservoinnissa, mutta testauksissa saatuja tuloksia ei pitäisi mielestäni esittää tieteellisinä tutkimustuloksina.

Konservoinnin materiaalitutkimuksessa ei ole myöskään kyse pelkästään materiaalien koostumusten ja ominaisuuksien selvittämisestä, vaan myös siitä, että tutkimustulokset paljastavat tietoja kohteiden autenttisuudesta silloin, kun aitouden selvittäminen on järkevää ja tarpeellista. Eri aikakausina on ollut käytössä eri materiaaleja, joita voidaan jäljittää analyysin niin, että voidaan todistaa kohteen aitous samalla, kun saadaan tietoja kohteen ajoittamista varten. Aitouskäsite on kuitenkin hyvin suhteellinen, jos sitä tarkastellaan materiaalien kemiallisen koostumuksen kannalta. Tämän vuoksi pohdin materiaalien aitouden liittyviä piirteitä tarkemmin luvussa 7.

Tutkimustulokset voivat paljastaa joskus myös täysin uutta, kulttuurihistoriallisesti arvokasta tietoa vanhojen materiaalien käytöstä ja työtekniikoista.

Lisäksi se, mitä konservoinnissa ja myös restauroinnissa tehdään tällä hetkellä tai on tehty menneisyydessä, ei ole välttämättä sopusoinnussa konservoinnin materiaalitutkimuksen julkaisemien tämän hetkisten tutkimustulosten kanssa. Sen vuoksi konservoinnin materiaalitutkimuksella on vielä eräs tehtävä, joka on syytä tuoda esille. Materiaalitutkimus voi paljastaa aikaisempia dokumentoimattomia restaurointikäsitteitä. Se voi joskus osoittaa myös aikaisempien tai jopa käytössä olevien restaurointi- ja konservointikäsitteiden aiheuttavan käsitelleyllä kohteelle ja materiaalille enemmän haittaa kuin hyötyä. Tämä on luonnollista siksi, että läheskään kaikkia konservointi- ja restaurointimenetelmiä ja niiden vaikutuksia ei ole tutkittu riittävästi ennen niiden käyttöönottoa. Vasta ajan myötä on tullut esille ongelmia, jotka ovat aiheutuneet restaurointi- tai konservointikäsitteistä.

3.4 Funktioiden esittely

Kuinka monta eri konservoinnin materiaalitutkimuksen heritogista funktiota voi edellä esitetystä kuvauksesta poimia, riippuu siitä, miten asiaa tarkastellaan. Ainakin kaksi perusfunktiota erottuu: ensimmäisenä kulttuurihistoriallisen kohteen materiaalin tai materiaaliyhdistelmien tutkiminen osana dokumentointia ja toisena kulttuurihistoriallisen kohteen säilyttämiseen ja sitä kautta konservointiin liittyvä funktio. Toisaalta materiaalien tutkimusta voidaan tehdä kyllä ilman, että ajatellaan edes sen säilyttämistä, mutta ennen kuin edes harkitaan kohteen säilyttämistä tai tehdään päätöksiä konservoinnista, on tiedettävä kohteen materiaali tai materiaalit.

Kumpaankin perusfunktiioon sisältyy vielä alafunktioita. Kulttuurihistoriallisen kohteen materiaalitutkimuksen alafunktiona voi pitää esimerkiksi aitoustutkimusta, sillä materiaalitutkimus luo mahdollisuuden paljastaa aikaisemmin tehtyjä restaurointeja ja todeta tai varmistaa kohteen aitous ja ajoitus. Taideteoksiin ja taide-esineisiin liittyvät aitoustutkimukset ovat tästä hyvä esimerkki. Kohteen materiaalitutkimus voi paljastaa myös kulttuurihistoriallisesti tärkeitä tietoja materiaalien käytöstä ja niiden käyttöön liittyvistä työtekniikoista. Myös tätä piirrettä, materiaalien käyttötekniikoita, voidaan pitää materiaalitutkimuksen alafunktiona. Lisäksi kolmantena alafunktiona kohteiden materiaalitutkimus tuo esille materiaalien ominaisuudet, niiden luonnolliseen ikääntymiseen tai tietyissä olosuhteissa tapahtuvat tai tapahtuneet kemialliset ja fyysiset muutokset.

Toinen konservoinnin materiaalitutkimuksen perusfunktioista, joka käsittelee kohteen säilyttämiseen ja samalla konservointiin liittyvät asiat, koostuu myös omista osa-alueistaan. Niihin sisältyy sekä ennaltaehkäisevän että aktiivisen konservoinnin materiaalilähtöistä tutkimusta. Ennen kuin tehdään kohteiden ja niiden sisältämien materiaalien säilyttämiseen liittyviä päätöksiä – oli sitten kyse aktiivisesta tai ennaltaehkäisevästä konservoinnista – pitäisi päätöksenteon perustua tieteellisesti tutkittuun tietoon. Käytettävissä pitäisi siis olla tietoa siitä, miten eri säilytysolosuhteet ja konservointi- tai restaurointikäsittelet vaikuttavat eri materiaaleihin ja materiaaliyhdistelmiin. Tällaista konservoinnin materiaalitutkimuksen tuottamaa tutkimustietoa on kyllä nykyään jo runsaasti saatavilla, mutta ei suinkaan riittävästi, sillä tähän mennessä ei ole tutkittu tieteellisesti läheskään kaikkia käytössä olevia ennaltaehkäisevän ja aktiivisen konservoinnin keinoja ja niiden vaikutuksia eri materiaaleihin. Tutkimusta tarvitaan lisäksi hienosäätämään ja optimoimaan konservointiprosesseja. Tämä sen vuoksi, että konservointikäsitteilyn onnistunut ja hyvä lopputulos voidaan saada aikaan vain siten, että tunnetaan prosessin yksityiskohdat ja käsittelet toteutetaan tarkkaan sen mukaan millaiseksi ne on kehitetty.

Koska konservointi- tai restaurointitoimenpiteen yhteydessä saatetaan originaalikohteeseen lisätä uutta materiaalia, yksi konservoinnin materiaalitutkimuksen päämäärä on myös tutkia konservoinnissa ja restauroinnissa käytettyä ja käytettäviä materiaaleja, niiden ikääntymisominaisuuksia ja vaikutusta

kohteen originaalimateriaaleihin. Lisäksi aika ajoin paljastuu myös ongelmia, jotka ovat aiheutuneet aikaisemmin tehdyistä konservointi- tai restaurointikäsitteilyistä, jolloin tarvitaan tutkimukseen perustuvaa tietoa siitä, voidaanko aiheutettuun ongelmaan löytää jokin ratkaisu.

3.4.1 Funktioiden luokittelu kaavioiden avulla

Yhteenvedona edellisistä konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologisista funktioista esitän kaavion (kuva 1a), jossa on kaksi päätehtävää:

- 1) Dokumentointiin liittyvä kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalitutkimus ja
- 2) Konservointiin liittyvä tutkimus.

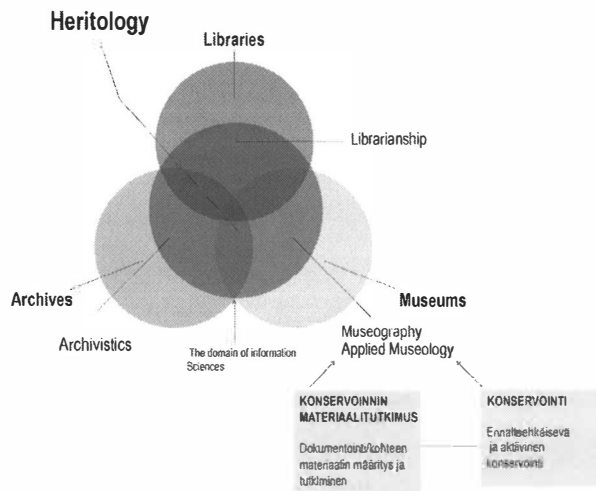
Edellä mainitut pääfunktiot liittyvät läheisesti toisiinsa ja ovat kummatkin osa heritologista tutkimusta. Vaikka pääfunktioita toteutetaan luonnontieteellisenä materiaalitutkimuksena, ne voidaan liittää osaksi monitieteellistä heritologiaa ja sisällyttää soveltavaan museologiaan (Applied Museology or Museography).⁷⁵ Kaaviossa 1a on ylhäällä Šolan kaavio,⁷⁶ josta museografian alta avautuvat konservoinnin materiaalitutkimuksen perusfunktiot.

Konservoinnin materiaalitutkimuksen pääfunktiot jakautuvat edelleen vielä omiin osa-alueisiin eli alafunktioihin, joista esitän erikseen omat kaaviot (kuvat 1b ja 1c). Vaikka kaavio 1a rajaa konservoinnin materiaalitutkimuksen perusfunktiot erilleen, ei konservointiin ja säilyttämiseen liittyvä tutkimus ole käytännössä erillään dokumentointiin liittyvästä materiaalitutkimuksesta, kuten jo aikaisemmin olen todennut. Myös kaavion sisältämien osa-alueiden tai alafunktioiden kohdalla jyrkkä rajaaminen ei ole järkevää,⁷⁷ sillä puolin ja toisin niistä löytyy toinen toisiaan täydentäviä yhteyksiä. Esimerkiksi tutkimus saateetaan tehdä ja toteuttaa materiaalin säilyttämisen ja konservoinnin näkökulmasta, mutta saatu lopputulos tuottaa samalla tuloksia myös tutkitun materiaalin perusominaisuuksista. Konservoinnin materiaalitutkimus on mielestäni luonteeltaan moni- eli polyfunktioista. Niinpä kaikki tässä väitöskirjassa esittämäni julkaisut ovat polyfunktioisia. Valotan tätä piirrettä vielä erikseen useiden eri esimerkkien avulla.

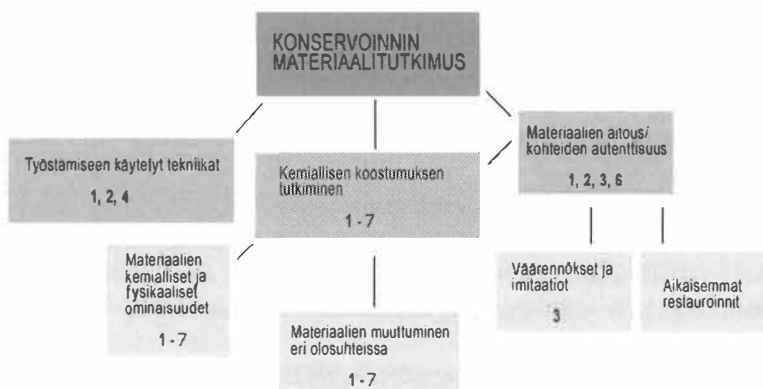
⁷⁵ Kuten aikaisemmin olen esittänyt, museologeista mm. Stránský, van Mensch, Maroević ja Šola sijoittavat konservoinnin soveltavaan museologiaan (Applied Museology). Applied Museology -sanon rinnalla käytetään myös museography-sanaa. Šola 2005, 3–16.

⁷⁶ Šola 2005, 3–16.

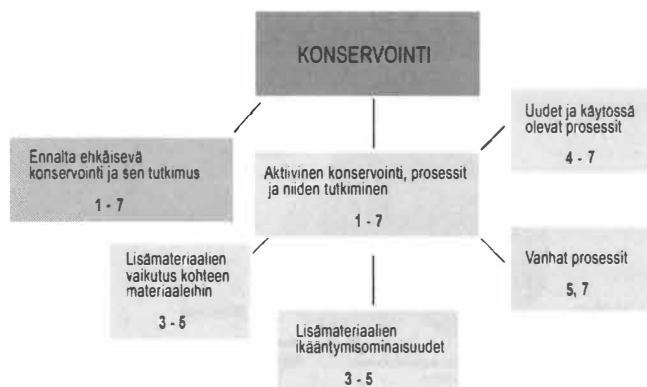
⁷⁷ Kaavioiden tarkoituksena on havainnollistaa ja luokitella konservoinnin materiaalitutkimuksen eri funktioita ilman että oletetaan luokiteltujen toimintojen olevan toisistaan riippumattomia, irrallisia ja yksittäisiä toimintoja.



KUVA 1a Konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologiset funktiot: Heritology.



KUVA 1b Konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologiset funktiot: Konservoinnin materiaalitutkimus.



KUVA 1c Konservoinnin materiaalitutkimuksen heritologiset funktiot: Konservointi. Kaaviot on laatinut Ulla Knuutinen.

Kaavioihin 1b ja 1c on merkitty numeroin tässä väitöskirjassa esittämäni julkaisut siten, että kaavioista voi nähdä, mitä eri funktioita kuhunkin julkaisuun liittyy. Julkaisulistan yhteydessä johdannossa on jo puolestaan esitetty julkaisujen numerointi. Tätä numerointia käytän jatkossa myös viitatessani näihin julkaisuihin siten, että esitän numerot muista referensseistä poiketen lihavoiduin numeroin.

Tarkasteltaessa kaavioita 1a–1c, haluan korostaa myös sitä, että konservoinnin materiaalitutkimusta ei voi tehdä irrallisena ja erillään materiaalien kemiallisen koostumuksen tutkimuksesta ja siihen liittyvästä analytiikasta. Edelleen, kun kohteen kemiallinen koostumus on tutkittu, tiedetään samalla jo jotain tutkitun materiaalin ominaisuuksista (kuva 1b). Tämä tieto on puolestaan hyödynnettävissä heti kohteen säilyttämiseen, ennaltaehkäisevään konservointiin (kuva 1c).

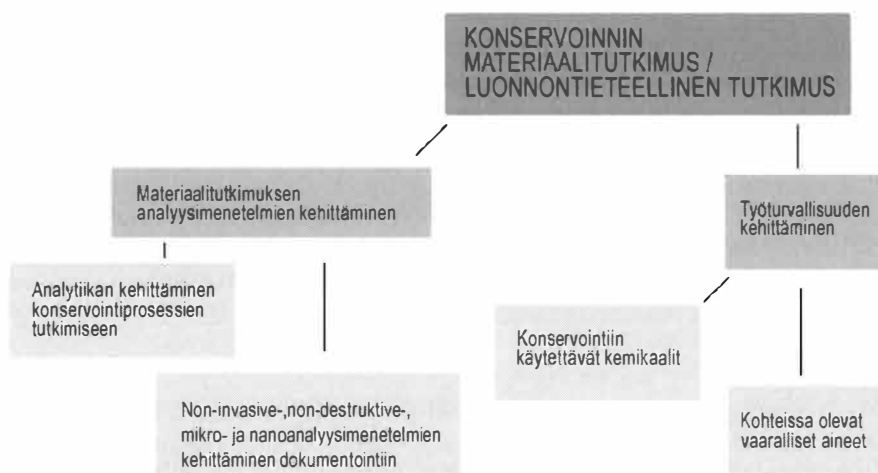
Aina ei ole välttämätöntä ja tarpeen keskittyä kohteen aitouden varmistamiseen tai tutkia tarkkaan materiaalin käytön tekniikkaa (kuva 1b). Tilanne on sama myös aktiivisen konservoinnin suhteen. Ei jokaiselle kulttuurihistoriallisesti arvokkaalle kohteelle tehdä automaattisesti konservointia tai restaurointia, eikä silloin ole tarvetta lähteä tutkimaan ja pohtimaan aktiivisen konservoinnin menetelmiä (kuva 1c). Mutta silloin, kun tapauskohtaisesti on tarpeen tutkia kohteen autenttisuutta, materiaalien käyttöön liittyviä tekniikoita tai aktiivista konservointia, sen tulee olla kiinteästi sidoksissa materiaalin kemiallisen koostumuksen selvittämiseen ja tutkittavan materiaalin ominaisuuksiin (kuvat 1b ja 1c).

Vaikka kaavioissa (kuvat 1b ja 1c) on merkitty eri funktioiden kohdalle tähän väitöskirjan yhteenvedoon liittämäni julkaisujen numerot niin, että voidaan nähdä, mitä kaikkia eri funktioita voidaan löytää kussakin julkaisussa, en kuitenkaan käsittele tässä yhteenvedossa jokaista julkaisua erikseen sen osoittami-

seksi, miten eri funktiot toteutuvat kussakin yksittäisessä julkaisussa. Olen sen sijaan laatinut yhteenvedon rakenteen jatkossa luvusta 4 lähtien eteenpäin niin, että itse funktiot muodostavat rungon, ja otan kunkin funktion puitteissa vain esimerkkejä tähän väitöskirjaan liittämistäni julkaisuista.

3.4.2 Taustafunktioita

Konservoinnin materiaalitutkimuksella on välttämättömiä omia taustafunktioita, jotka eivät suoranaisesti liity heritologiaan. Eräs tällainen tärkeä funktio on tutkimusmenetelmien jatkuva kehittäminen sekä kohteiden materiaalianalyysistä että konservointikäsitteilyjen tutkimusta varten. Juuri uusien tarkkojen *non-invasive-*, *non-destructive-*, mikro- ja jopa nano-analyysimenetelmien kehitys on luonut yhä paranevat edellytykset kulttuurihistoriallisten kohteiden ja niiden säilyttämiseen tehtävälle tutkimukselle. Tosin ennen kuin tutkimustuloksia voidaan pitää luotettavina materiaalitutkimuksessa käytettävät analyysimenetelmät ja -laitteet vaativat vielä vertailumateriaalien tutkimista, kalibrointia, standardeja sekä mahdollisesti validointeja. Kuvassa 2 on esitetty kaavio konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyvistä taustafunktioista, jotka kaikki ovat materiaalitutkimuksen kannalta välttämättömiä.



KUVA 2 Kaavio konservoinnin materiaalitutkimuksen taustafunktioista. Kaavion on laatinut Ulla Knuutinen

Uusia tai vanhoja aktiivisen konservoinnin prosesseja tutkittaessa pitää ottaa huomioon myös kemikaalien käyttöön liittyvät uusimmat työturvallisuusmääräykset. Konservoinnissa sorrutaan usein ajattelemaan ensin itse säilytettävää

objektia ja vasta sitten henkilöä, joka työskentelee kohteen kanssa. Kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalit itsessään saattavat näet sisältää terveydelle vaarallisia aineita ja materiaaleja. Tämä on hyvin tavallista esimerkiksi kohteissa, joissa on vanhoja pigmenttejä. Itse asiassa monet kohteet ovat säilyneet nykyisille sukupolville juuri sen vuoksi, että niihin on käytetty myrkyllisiä muun muassa lyijyä, arseenia tai elohopeaa sisältäviä pigmenttejä.

Koska myös konservoinnissa on yhä vielä käytössä terveydelle vaarallisia kemiallisia aineita, joiden käytöstä pitäisi luopua, konservoinnin materiaalitutkimus voi auttaa tällä alueella ja kehittää sellaisia työmenetelmiä, jotka täyttävät työturvallisuusvaatimukset.

3.5 Konservointitutkimus ja konservoinnin materiaalitutkimus

Olen jo esittänyt tämän väitöskirjan yhteenvedon johdannossa ajatuksen siitä, että käytän termiä konservoinnin materiaalitutkimus eikä konservointitutkimus(tiede) (Conservation Science). Tämä sen vuoksi, että oma tutkimustyöni on luokiteltavissa ennen kaikkea luonnontieteelliseksi materiaalitutkimukseksi, jossa kuitenkin tutkittavat kohteet ja materiaalit liittyvät kulttuurihistoriallisiin kohteisiin ja konservointiin. Käänän myös käsitteen Conservation Science mieluummin käsitteellä konservointitutkimus kuin konservointitiede, koska konservointi tieteenalana on hyvin nuori eikä sitä ole Suomessa eikä useimmissa muissakaan Euroopan maissa vielä edes tunnustettu itsenäiseksi tieteenalaksi.^{78, 79, 80, 81}

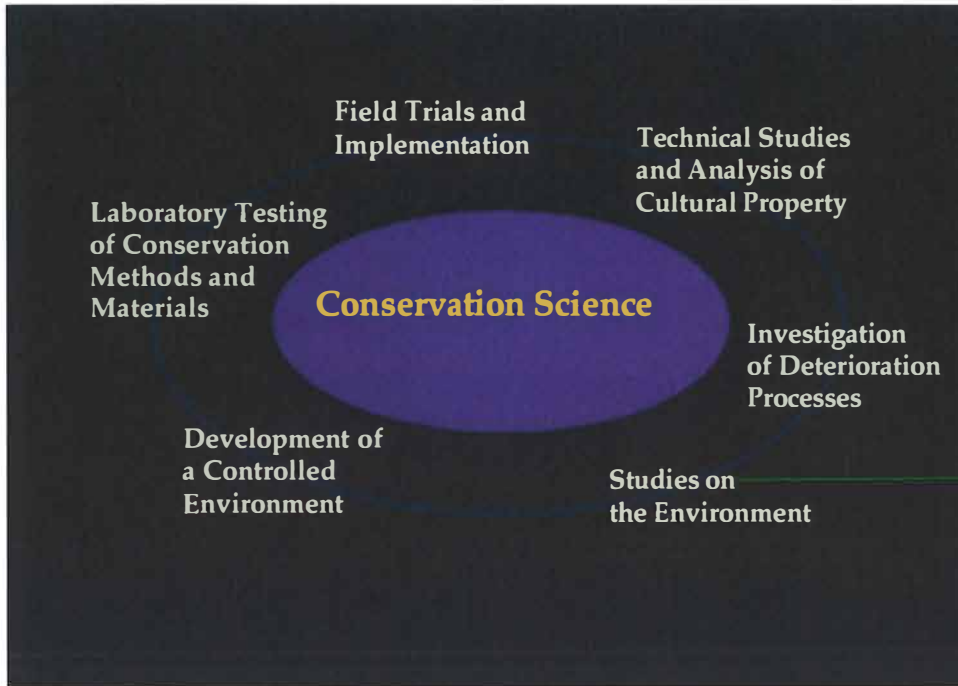
Jo aikaisemmin on kappaleessa 3.1 esitetty 1980- ja 90-luvuilta peräisin oleva museologian tutkimuksen näkemys konservointitutkimuksesta. Tämän lisäksi tässä yhteydessä on mielenkiintoista ottaa esille kaavio (kuva 3), jossa on kuvailtu konservointitutkimusta (Conservation Science) ja sen funktioita konservoinnin näkökulmasta. Kaavion esitteli Norman Tennent Milanossa Conservation Science 2007 -kongressissa esitelmässään "Bridging the gap between the laboratory and the studio-proposals for translating scientific findings into conservation practise".

⁷⁸ Auer 2000, 260.

⁷⁹ Konservointi on kuitenkin mielestäni selvästi kehittymässä itsenäiseksi tieteenalaksi.

⁸⁰ Kecskeméti 2007, 202. Kecskeméti määrittelee konservoinnin pokkitieteelliseksi akateemiseksi tieteenalaksi, jonka perimmäinen tarkoitus on aktiivisesti edistää kulttuuriperintömme säilymistä.

⁸¹ Koska sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla ollut tarvetta käynnistää konservoinnin tutkijoiden (Conservation Scientist) tohtorikoulutus, on vuonna 2006 käynnistetty EU komission rahoittama EPISCON-projekti. Projekti tarjoaa nuorille ylemmän korkeakoulututkinnon omaaville jatkokoulutuksen konservoinnin tutkijoiksi. EPISCON-projekti määrittelee konservoinnin tutkijan seuraavasti: "Conservation Scientist is a professional working in the field of cultural heritage preservation, implementing a wide interdisciplinary approach. A technical background in natural science and engineering, necessary to carry out diagnostic studies and conservation therapies, is a supported and enriched by knowledge in history, archaeology, art history and museum management". Määritelmä korostaa mielestäni luonnontieteiden ja tekniikan merkitystä konservointitutkijoiden taustakoulutuksena. Kaikilla EPISCON-projektin kautta konservoinnin tutkijakoulutukseen osallistujilla on luonnontieteellinen tai tekninen pohjakoulutus.



KUVA 3 Kaavio, Conservation Science, Laatinut Norman Tennent, Milan Conservation Science 2007.⁸²

Kaavio on mielenkiintoinen siksi, että vaikka sitä ei ole tehty heritologian, vaan konservoinnin näkökulmasta, se sisältää suureksi osaksi samoja elementtejä kuin aikaisemmin kuvasarjassa 1 esitetyt kaaviot (1a–1c). Norman Tennentin kaaviosta löytyvät kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkiminen, analysointi ja materiaalien ikääntymisprosessien tutkiminen. Hän esittää erikseen omina funktionaanaan aktiiviseen konservointiin liittyvät konservointimenetelmien ja materiaalien testaukset ja ennaltaehkäisevään konservointiin kuuluvat ympäristöolosuhteiden tutkimisen ja ympäristöolosuhteiden tutkimiseen käytettävien menetelmien kehittämisen. Edelleen omana funktionaanaan Tennent esittää ”kenttätutkimuksen” ja siihen liittyvät toimenpiteet. Vertailemalla kuvan 3 kaaviota aikaisemmin esitettyihin kaavioihin 1b ja 1c voi mielestäni tehdä helposti johtopäätöksen siitä, että sekä konservointitutkimus että konservoinnin materiaalitutkimus sisältävät samoja toiminta-alueita.

Yhtäläisiä toiminta-alueita voidaan havaita myös konservointitutkimuksen ja konservoinnin materiaalitutkimuksen välillä alan kirjallisuudesta. Yhtenä esimerkkinä mainittakoon ICON:n (Institute of Conservation Science) 22.–24. päivinä toukokuuta vuonna 2002 Skotlannin Edinburghissa pidetyn kongressin postprint-julkaisu, Conservation Science 2002. Tämän kirjan rakenne jakautuu kolmeen osaan: ennaltaehkäisevään konservointiin, konservointimenetelmiin ja

⁸² Tennent 2007, Tennentin sähköposti 24.5.2007.

non-destruktiiivisiin analyysimenetelmiin.⁸³ Nämä kaikki kirjaan otetut osa-alueet ovat sellaisia, joissa tutkimusta toteutetaan hyvin suureksi osaksi materiaalitutkimuksen keinoin ja tutkimuksen lähtökohta on konservoinnin kohteena olevat materiaalit.

On kuitenkin ilmeistä, että tällä hetkellä ei ole olemassa vielä vakiintunutta ja yksiselitteistä käsitystä siitä, mitä kaikkea konservointitutkimus tai konservoinnin materiaalitutkimus on tai voi olla, vaan näistä asioista ollaan vasta keskustelemassa ammattilaisten kesken. Koska keskustelu on tuoretta ja sitä käydään edelleen, tämä on mielestäni hyvin todennäköinen syy siihen, miksi konservointitutkimuksesta tai siihen liittyvästä materiaalitutkimuksesta ei ole vielä esitetty museologeille riittävän selkeää kuvaa. Toisaalta tilanne on samankaltainen myös museologisissa funktioissa. Tutkijoiden toimesta on esitetty erilaisia malleja ja näkemyksiä siitä, miten museologisia funktioita voi luokitella. Mielestäni ei ole edes realistista ajatella, että olisi olemassa vain yksi oikea tapa luokitella heritologian, konservointitutkimuksen tai konservoinnin materiaalitutkimuksen funktioita.

⁸³ Townsend et al. (edit.) 2003.

4 DOKUMENTOINTI, MATERIAALITUTKIMUS JA NIIHIN LIITTYVÄT STANDARDIT

Eräs heritologian ja konservoinnin materiaalitutkimuksen konkreettinen teksti liittyy kulttuurihistoriallisen kohteen dokumentointihetkeen eli heritologian määritelmän mukaan siihen hetkeen, jolloin joku, tässä tapauksessa aineellisen materian kohde, on otettu haltuun ja tehty päätös sen säilyttämisestä. Koska dokumentointia pidetään tärkeänä toimenpiteenä, siihen on alettu kiinnittää erityishuomiota lähes maailmanlaajuisesti. Kulttuuriperinnön informaation tuottamista ja käsittelemistä varten on syntynyt eri organisaatioiden toimesta koko joukko standardeja, jotka pyrkivät joko kansainvälisesti tai kansallisesti luomaan ohjeistoa kulttuuriperinnön dokumentointiin.

4.1 CIDOC ja muut standardit

Tällä alueella tehdyn työn laajuudesta antaa hyvän kuvan the Getty Information Instituutin ja CIDOC:n (International Committee for Documentation of the International Council of Museums) projektiin liittyvä lista (ks internetosoite <<http://users.metropolia.fi/~ullak>>) kulttuurihistoriallisen informaation standardeista, organisaatioista ja projekteista, jotka ovat tuottaneet tai tuottavat standardeja.^{84, 85} Listan yhteydessä on mukana kunkin listassa olevan järjestön,

⁸⁴ Kulttuuriperinnön informoinnin standardeja ja organisaatioita / Museum and cultural heritage information standards and organisations.

⁸⁵ CIDOC has over 700 members in 65 countries. It includes many working groups concerned with standards issues. The Archaeological Sites Working Group is collaborating with national sites and monuments organizations and the Council of Europe in the development of standards for site documentation. The Documentation Working Group is comparing museum data standards and developing a data model, practical data standards and reviews of terminology resources. Its draft standard for art and archaeology has been used by the Network of Art Research Computer Image Systems in Europe (NARCISSE) project. The Iconography Working Group is examining existing classification schemes for iconography. The Multimedia Working Group is examining standards for the application of multimedia technology.

organisaation tai projektin kuvaus toiminta-alueista ja päämääristä. Useita vuosia jatkuneen työn tuotoksena on CIDOC saanut aikaan kattavan yhtenäisen ISO-standardin, ISO 2117:2006, CIDOC CRM (Conceptual Reference Model), jonka käyttöä suositellaan nyt kaikille eri ammattiryhmiin kuuluville kulttuurihistoriallisen informaation käsittelijöille (liite 1.)⁸⁶ Liitteessä 1 esitellään taustatietoa kyseisestä standardista, mutta liite ei sisällä kuitenkaan itse standardia, koska se on jokaisen käyttäjän hankittava itse.⁸⁷

Vaikka museologisesta näkökulmasta katsottuna kulttuurihistoriallisen informaation käsittely ja siihen liittyvä dokumentointi on kaiken kaikkiaan hyvin laaja kokonaisuus, keskityn tämän väitöskirjan yhteenvedossa dokumentoinnin osalta ainoastaan konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyviin dokumentoinnin piirteisiin. Myös konservointiin liittyvä dokumentointi sisältää muitakin toimintoja kuin materiaalitutkimusta. Kecskeméti sisällyttää konservoinnin dokumentointiin muun muassa materiaali- ja menetelmätutkimuksen sekä vauriokartoituksen tulokset, esineen kulttuurihistoriallisen arvottamisen ja informaatiotietokannan, teknisen konservoinnin ja säilyttämisen suunnitelmat ja toteutukset, käytetyt teknisen konservoinnin materiaalit. Kecskeméti pitää lisäksi konservointiin liittyvää dokumentointia eri asiana kuin museaalista dokumentointia.⁸⁸

Edellä mainitun Getty Information Instituutin ja CIDOC:n listan sisältämien organisaatioiden standardisointiin ja toimintaan liittyvistä kuvauksista ei kuitenkaan löydy tarkkoja tietoja materiaalitutkimuksen osalta muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. NARCISSE:n (Network of Art Research Computer Image Systems in Europe) yhteydessä mainitaan ”*Scientific documents made from paintings*” ja ICCROM:in (The International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property) toimintakuvauksessa mainitaan: ”by collecting, *studying* and disseminating information; *coordinating research and scientific analyses*”.^{89,90}

Ainut suoranaisesti materiaalitutkimukseen ja tekniikkaan liittyvä standardisointijärjestö CIDOC-listassa on ISO (International Organization for Standardization).⁹¹ CIDOC-listan tekijät myöntävätkin, että sen ulkopuolelle jää muun mu-

⁸⁶ Liite 1: Doerr 2007.

⁸⁷ ISO 2117:2006 CIDOC CRM.

⁸⁸ Kecskeméti 2007, 206.

⁸⁹ Ks. Internetosoite <<http://users.metropolia.fi/~ullak>>: ”A European research and development program under the European Commission's DG XIII, the NARCISSE project is creating a high-resolution image bank and multilingual information retrieval system. The images are principally scientific documents made from paintings undergoing conservation. The documentation records consist of information about the paintings, original images, and conservation of the works. NARCISSE has adopted the data standard developed by the International Committee for Documentation's (CIDOC) Data and Terminology Working Group for the analysis of the text information. A lexicon of standard terminology has been prepared and translated into seven languages.”

⁹⁰ Ks. Internetosoite <<http://users.metropolia.fi/~ullak>>: ”ICCROM is a leading voice in the conservation of cultural heritage around the world. Founded by UNESCO in 1956, ICCROM is the only intergovernmental organization (more than 90 Member States) concerned with conserving all types of heritage whether movable or immovable.”

⁹¹ Ks. Internetosoite <<http://users.metropolia.fi/~ullak>>: ”ISO is a worldwide federation of national standards institutes whose work of developing international stan-

assa tärkeitä luonnontieteellisiä standardilähteitä. Tämä on sinänsä ymmärrettävää, sillä luonnontieteellistä materiaalitutkimusta tehdessä joudutaan joka tapauksessa noudattamaan sen omaan aihepiiriin kuuluvia standardeja.

Yhtenä kulttuurihistoriallisten kohteiden informointiin ja dokumentointiin liittyvän ISO-standardin luomisen päämääränä on ollut edistää ja helpottaa yhteistyötä eri ammattiryhmien välillä (liite 1). Aika näyttää, miten tämä ISO 2117:2006 -standardin käytölle asetettu päämäärä tulee toteutumaan

4.2 Laadukkaan dokumentoinnin arvo

Toisaalta dokumentoinnin tärkeyttä on korostettu sekä kansainvälisesti että myös kansallisella tasolla jo ennen CIDOC-projektia ja ISO-standardin luomista. Jouko Heinosen ja Markku Lahden kirjoittamassa *Museologian perusteet* -teoksessa osoitetaan selkeästi, että "esineellä, josta ei ole tietoja, on vain rajoitettu museaalinen arvo, koska pelkästään esinettä tarkastelemalla saadaan vain rajoitettu määrä tietoa".⁹² Van Mensch esittää myös väitöskirjansa research-osassa Thielin ja Hofmannin käsityksiä siitä, että ilman dokumentointia objektilla on vain hyvin vähän tieteellistä arvoa.⁹³ Hän lainaa myös collecting-osassa Stránskýn esittämää ajatusta: "The museum object makes sense only within the framework of a collection".⁹⁴

On ilmeistä, että vain hyvin dokumentoidusta museoesineestä muodostuu arvokas tiedon lähde, ja siihen liittyvistä dokumentointitiedoista tulee luotettavia ja hyödyllisiä informaation siirtäjiä. Mielestäni laadukkaan dokumentoinnin myötä lisääntyy myös esineen museoarvo, sillä museoarvon katsotaan muodostuvan materiaalin ja informatiivisen kokonaisuuden yhteensulaumasta.^{95, 96, 97, 98} Tämän vuoksi esineitä dokumentoidessa, kun esineet kirjataan eli diarioidaan, luetteloidaan ja kortistoidaan, pitäisi kohteista kerätä tietoja mahdollisimman laajasti. Luettelointiin katsotaan kuuluvaksi esineen perustutkimuksen, joka si-

dards is carried out through the ISO Technical Committees (TCs). It was created to coordinate and systematize the international exchange of information, to standardize national and international technical specifications and related documents, and to develop standards for constructing thesauri and for indexing. Technical Committee 46 is concerned with information and documentation."

⁹² Heinonen ja Lahti 2001, 89-98.

⁹³ van Mensch 1992, Research 5/13.

⁹⁴ van Mensch 1992, Collecting 1/7; Stránský 1984 (unpublished) ja Stránský 1974, 13-43.

⁹⁵ Valtonen 2006, 18; Stránský 1995,48.

⁹⁶ Valtonen esittää museoarvosta seuraavan määritelmän: "Museoarvo on fyysisten ja dokumentoitujen ja dokumentoimattomien kontekstien kokonaisuus." Hän referoi Stránskýa 1995, 48 ja Waidacheria 1993, 708.

⁹⁷ Vilkuna 1993, 14. "Museo-objektin tietoarvo muodostuu siihen liittyvästä kontekstitiedosta. Tietoarvo korreloi usein museo-objektin museoarvon kanssa".

⁹⁸ Vilkuna 2003, 86; Stránský 1995. "Museologian tehtävä on johtaa meitä ymmärtämään mikä kohde sisältää ja mikä ei sisällä museoarvoa". Siispä, museoarvo ei tule mielestäni määräytymään pelkästään materiaalitutkimuksen kautta saadun tiedon avulla. Materiaalitutkimuksen tehtävä on tutkia materiaaleja ja niiden ominaisuuksia eikä määrittää museoarvoa.

sältää muun muassa kohteen materiaalin määrityksen ja ajoituksen. Myös koristoinnissa voidaan tiedot järjestää materiaalin mukaisesti.⁹⁹

Tämän lisäksi vanhojen jo haltuun otettujen kohteiden dokumentointeja joudutaan tarkastamaan ja uusimaan esimerkiksi kuntokartoituksen yhteydessä. Myös silloin pitäisi määrittää ja tarvittaessa analysoida kohteen materiaali tai, jos kyse on usean eri materiaalin yhdistelmästä, koko yhdistelmän koostumus. Dokumentoinnin yhteydessä tulisi esittää lisäksi tiedot mahdollisista aikaisemmista konservoinneista ja restauroinneista.¹⁰⁰

Jos puhutaan kokoelmista ja niiden luokituksista, on syytä vielä tuoda esille eräs asia. Se, missä määrin esineistä on olemassa tai niistä tutkitaan kontekstitietoja, vaikuttaa siihen, miten ne kannattaa luokitella ja myös siihen, miten korkea tieto- ja museoarvo niillä tulee olemaan.^{101, 102} Kostet lainaa Kokoelmien muodostuminen -kirjoituksessaan Vilkun käsitystä kokoelmien määräästä ja laadusta. Vilkuna on todennut muun muassa: ”Laatu on kuitenkin määrää tärkeämpi ja nyrkkisääntönä voisi olla, että yksikin ammattitaidolla tutkittu ja tallennettu objekti on monin verroin parempi kuin monisatainen huonosti dokumentoitu, kontekstitiedoiltaan vajavainen objektijoukko”.¹⁰³

4.3 Dokumentoinnin eettiset velvoitteet

Museologian ja konservoinnin kirjallisuudessa asetetaan selkeitä vaatimuksia hyvälle dokumentoinnille. Niihin liitetään myös dokumentoinnin etiikka, jonka mukaan on tärkeää, että dokumentoitu tieto on luotettavaa ja todenmukaista ja professionaalisen tarkkaa (katso liite 1).^{104, 105}

On tietenkin arvostettavaa ja myös välttämätöntä, että on olemassa eettisiä ohjeita, joita tulisi noudattaa. Mutta miten dokumentoinnin etiikka toimii käytännössä silloin, kun on kyse kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalien tutkimisesta? Ennen kuin kaikki eettiset velvoitteet eli tiedon luotettavuus, todenmukaisuus ja professionaalinen tarkkuus voitaisiin täyttää, pitäisi olla riittävästi tietoa ja myös tarkat ohjeet siitä,

- 1) Miten dokumentoinnin yhteydessä tehdään materiaalitutkimusta?
- 2) Mitä analyysilaitteita tarvitaan tutkimusta varten?

⁹⁹ Heinonen ja Lahti 2001, 89–98.

¹⁰⁰ Kecskeméti 2007, 206.

¹⁰¹ Kostet 2007, 136–162. Kostet käsittelee artikkelissaan kokoelmien muodostuminen Willbergin ja Palo-ojan (2000), (Palo-oja & Willberg 1998, 51–68.) luomaa arvottamisjärjestelmää, jota voidaan soveltaa olevassa olevaan ja hankittavaan esineistöön sekä poistojen perustana. Pääkriteerinä luokituksessa on käytetty sitä, kuinka tarpeellinen esine/näyte/dokumentti on Tampereen museoiden vastuukentässä.

¹⁰² Vilkuna 1993, 16, 17.

¹⁰³ Kostet 2007, 158–159; Vilkuna 2000, 92.

¹⁰⁴ Heinonen ja Lahti 2001, 89–98.

¹⁰⁵ Maroević 1998a, 256.

- 3) Minkälainen koulutus pitäisi olla henkilöllä, joka vastaa dokumentointiin liittyvästä materiaalitutkimuksesta?

Kuten aikaisemmin on jo käynyt ilmi, Suomessa ei kouluteta konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistuneita spesialisteja.¹⁰⁶ Myöskään museoissa työskentelevillä humanisteilla ei ole tietoa tutkimusmenetelmistä, joita pitäisi käyttää kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalien dokumentoinnissa ja tutkimuksessa.¹⁰⁷ Toisaalta pelkät menetelmätiedot eivät itsessään riitä, vaan tarvitaan sekä materiaalitutkimukseen erikoistuneita spesialisteja että analyysilaitteita, joilla kohteita tutkitaan, ennen kuin materiaalikoostumusten tutkimuksen osalta voitaisiin täyttää dokumentoinnin eettiset vaatimukset. Aikaisemmin olen lisäksi esittänyt konservoinnin materiaalitutkimuksen resursseja käsitellessä, että monissa maissa tilanne on huomattavasti parempi kuin Suomessa. On myös ilmeistä, että niissä maissa, joissa on riittävästi sekä konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistuneita spesialisteja että laiteresursseja kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimiseen, voidaan myös käytännössä toteuttaa dokumentoinnin eettiset velvoitteet.

Jos Suomessa museon palveluksessa on konservaattori, vastuu dokumentoinnin yhteydessä tehtävästä materiaalien tunnistamisesta ja tutkimisesta siirtyy usein konservaattorille, vaikka häntä ei ole koulutettu materiaalitutkijaksi, jolta voisi odottaa professionaalista tieteellistä asiantuntijuutta materiaalitutkimuksen alueella.^{108, 109} Konservattoreilla ei ole yleensä työpaikoillaan myöskään analyysiin tarvittavia laitteita, niin että he voisivat soveltaa oppimiaan asioita edes niiltä osin kuin se hankitun koulutuksen puitteissa olisi mahdollista.

Tämän väitöskirjan tarkoitus ei ole kuitenkaan syyllistää konservoinnin materiaalitutkimuksen puutteista Suomessa niitä ammattiryhmiä, jotka työskentelevät ja tekevät parhaansa kulttuuriperinnön säilyttämiseksi. Eikä ole edes järkevää ajatella, että jokaisessa museossa olisi oma laboratorio, omat kalliit analyysilaitteet ja palkattu kemisti. Jossakin kuitenkin pitäisi olla tarjolla edes analyysipalveluja, joita kokoelmien dokumentoinnista vastaavat henkilöt voisivat käyttää tarvittaessa, jotta dokumentoinnin yhteydessä kirjattavat materiaali-tiedot olisivat luotettavia ja täyttäisivät myös dokumentoinnin eettiset vaatimukset. Koska Suomi on suhteellisen pieni maa, yksikin tällainen konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistunut laboratorio olisi riittävä.

Toimintamallin voisi tietenkin ottaa jostain ulkomaisesta konservoinnin materiaalitutkimuspalveluja tarjoavasta tutkimuslaitoksesta, mutta se voisi olla myös jotakin vastaavaa kuin meillä on Suomessa esimerkiksi rikostutkimuksessa.

¹⁰⁶ Kinanen 2007, 242 ja 243. Suomen museoiden tutkimustoimintaa käsittelevän kyselyn mukaan keväällä 2007 kysymyksiin vastanneista löytyi viisi konservaattoria, jotka sanoivat tekevänsä tutkimusta. On ymmärrettävää, että lukumäärä on pieni verrattuna muihin museoissa työskenteleviin ammattiryhmiin, joista löytyi 64 tutkimusta tekevää henkilöä. Kyselyn tuloksesta ei käy kuitenkaan ilmi, moniko viidestä tutkimusta tekevästä konservaattorista tekee nimenomaan materiaalitutkimusta.

¹⁰⁷ Tilanne on samanlainen luonnontieteellisissä museoissa.

¹⁰⁸ Vilkuna 1993, 18.

¹⁰⁹ Auer 2000. Auer käsittelee väitöskirjassaan myös museoalaa sääteleviä asetuksia, jotka eivät määrittele kovin tarkkaan konservaattorien kelpoisuusvaatimuksia.

Rikoksiin liittyvä materiaalitutkimus on keskitetty keskusrikospoliisin tutkimuslaboratorioon. Kukaan ei edes kuvittele, että rikospaikalla raporttia laativa poliisi työskentelisi itse myös tutkimuslaboratoriossa ja tekisi esimerkiksi vaativia DNA-analyyskejä. Poliisi hoitaa omat tehtävänsä rikospaikalla ja poliisilaitoksella ja tutkija, joka on erikoistunut materiaalitutkimuksen johonkin tiettyyn spesiaali-alueeseen, tekee puolestaan professionaalisen luotettavat analyysit, joita voidaan käyttää tarvittaessa todisteena oikeudessa rikosta selvitetäessä.

Jos Suomessa konservoinnin materiaalitutkimukselle resursoitaisiin yksi tutkimuslaboratorio, sen luontainen paikka olisi konservointikoulutuksen yhteydessä, jossa jo entuudestaan on jonkin verran tähän tarkoitukseen soveltuvia analyysilaitteita. Kuten konservoinnin materiaalitutkimuksen historiaosuudesta ilmeni, EVTEK Muotoiluinstituutissa on tehty vähäisin resurssein, mutta kuitenkin aktiivisesti konservoinnin materiaalitutkimusta. Konservoinnin materiaalitutkimuslaboratorion palvelutoiminnan käynnistämiseksi ja samalla myös tutkimustoiminnan laajentamiseksi tarvittaisiin kuitenkin lisää konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistunutta henkilökuntaa ja tutkimuslaitteita. Tutkimuslaboratorion tuottamien analyysi- ja tutkimuspalvelujen avulla voitaisiin mielestäni vähitellen parantaa Suomessa kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalien dokumentoinnin tasoa.

Koska materiaalien dokumentointi kuuluu museaalisen toiminnan piiriin kaiken aikaa, esitän seuraavaksi tässä väitöskirjan yhteenvedossa ensin yleisemmän siitän, minkälaisia havainnointi- ja analyysitasoja on olemassa kohteen materiaalien dokumentointia varten ja minkälaista ammattitaitoa kullakin tasolla työskentely vaatii. Tämän toimintamallin avulla saa myös samalla vastaukset kysymyksiin, joita on esitetty alaluvun ”Dokumentoinnin eettiset velvoitteet” yhteydessä. Tämän jälkeen mallia sovelletaan vielä erikseen yksityiskohtaisesti sekä väridokumentointiin ja pigmenttianalyysiin että sideaineiden tunnistamiseen liittyvään analytiikkaan.

4.4 Materiaalimäärityksen ja tutkimuksen tasomalli

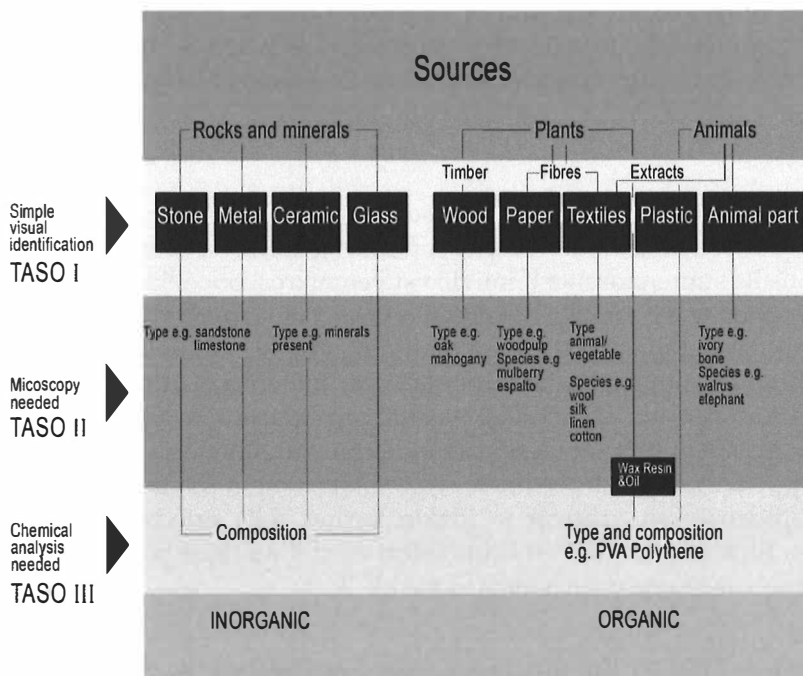
Materiaalien havainnointia ja analysointia voidaan tehdä monin eri tavoin ja käytössä voi olla materiaalien havainnoinnin ja tutkimuksen koko kirjo lähtien silmämääräisestä havainnoinnista ja niin sanotusta ”näppituntumasta” vaativiin erikoislaitteilla tehtäviin analyysimenetelmiin.

Tämän takia materiaalikoostumuksen selvittämiseen ja tutkimiseen liittyy useita kysymyksiä:

- Mitä tietoa kulttuurihistoriallisista kohteista saadaan eri havainnointi- ja analyysimenetelmiä käytettäessä?
- Mikä havainnointi tai analyysitaso on kulloinkin riittävä antamaan tarpeeksi informaatiota kohteesta?
- Miten luotettavaa tietoa saadaan eri menetelmillä?

- Mitä voidaan saada selville pelkästään silmämääräisesti?
- Milloin tarvitaan avuksi laitteita, esimerkiksi suurentavaa mikroskooppia?
- Miten selvitetään materiaalin tai materiaalien tarkempi kemiallinen koostumus?
- Mitkä menetelmät soveltuvat alkuainekoostumusten määrittämiseen?
- Millä menetelmillä tutkitaan alkuaineiden muodostamia yhdistelmiä eli atomiryhmiä?
- Miksi ja milloin tarvitaan useita eri analyysimenetelmiä?
- Miten analyysimenetelmän tai menetelmien valinta riippuu itse tutkittavasta kohteesta ja sen sisältämistä materiaalista?

Jonathan Ashley-Smithin kirjassa *Conservation Science for Conservators, Introduction to Materials* on esitettyä selkeä kaavio (kuva 4), joka havainnollistaa hyvin sen, mitä tietoa on mahdollista saada selville eritasoisin menetelmin.¹¹⁰ Siinä esitetään materiaalien havainnointia ja analysointia kolmella eri tasolla, jotka ovat silmämääräinen havainnointi, mikroskooppitarkastelu ja kemiallisen koostumuksen selvittäminen. Tämä kaavio sopii erittäin hyvin lähtökohdaksi silloin, kun tehdään kohteiden materiaalien dokumentointia. Nämä kolme tasoa asettavat rajat ja vaatimukset myös sen suhteen, minkälainen ammattitaito tarvitaan kullakin tasolla työskennellessä.



KUVA 4 Materiaalien tutkiminen ja tunnistaminen. Kaavio on J. Ashley-Smithin kirjasta *Science for Conservators I, Introduction to Materials*.

¹¹⁰ Ashley-Smith 1987, 16.

4.4.1 Taso I

Pelkästään silmämääräisesti ja niin sanotulla ”näppituntumalla” voidaan usein selvittää, mihin materiaalien perusrhyhmiin joku materiaali kuuluu: Onko kyseessä epäorgaaninen kivi, metalli, keramiikka tai kenties lasi vai onko kyseessä orgaaninen materiaali, tekstiili, paperi, puu, lakka-, tai maalipinta, muovi jne. Konservattori tai museotyöntekijä voi tehdä tällaista materiaaluokitusta.¹¹¹ Joissakin tapauksissa jo tämä saattaa olla kohteen dokumentointiin riittävä materiaali-informaatio, mutta usein joudutaan selvittämään tarkemmin vielä lisää yksityiskohtia esimerkiksi siitä, mikä nimenomainen metalli tai metalliseos, puulaji, tekstiilikuitu, paperilaatu, maali- tai lakkapinta tai muovimateriaali on kyseessä. Tämä on myös välttämätöntä silloin, kun kohde vaatii puhdistus- tai konservointikäsittelyn ja kun joudutaan tekemään kohteen pitkäaikaiseen säilyttämiseen liittyviä ratkaisuja. Yksityiskohtainen materiaaliselvitys olisi syytä tehdä myös vauriokartoituksen yhteydessä.

Kaikkea ei voi kuitenkaan havainnoida pelkästään paljaalla silmällä.¹¹² Jos ”materiaalidiagnoosi” tehdään pelkästään katsomalla tai koskettamalla kohdetta, se voi johtaa myös siihen, että kirjataan virheellisiä tai puutteellisia materiaalitietoja. Pelkän silmämääräisen tai ”näppituntuman” avulla tehdyn materiaalinmäärityksen jälkeen tulosta ei pitäisi myöskään mennä dokumentoimaan sellaisella materiaalinimikkeellä, joka liittyy jonkun materiaalin kemialliseen koostumukseen. Tämä sen vuoksi, että virheellisesti kirjatut materiaalinmääritystulokset voivat puolestaan johtaa väärin valittuihin säilyttämis- ja näytteilleasettamisosuhteisiin tai jopa kohdetta vaurioittaviin konservointikäsittelyihin.

4.4.2 Taso II

Seuraavalla havainnointi- ja analyysitasolla tarvitaan avuksi optisia mikroskooppeja, joiden avulla voi tarkastella tutkittavaa kohdetta suurennettuna. Alle satakertaisilla suurennoksilla toimivilla stereomikroskoopeilla voidaan tutkia kohdetta ja saada usein samalla dokumentoitavaa tietoa myös kohteen vaurioista. Stereomikroskooppi on yksi konservattorin perustyövälineistä.

Stereomikroskooppien suurennokset eivät kuitenkaan riitä vielä, jos on päästävä tarkastelemaan esimerkiksi yksittäisiä pigmenttipartikkeleita tai kuituja, jolloin tarvitaan sata tai usean sadan kerran suurennoksia. Optinen valomikroskooppi on silloin tarpeellinen. Valomikroskoopin käyttö ja sen avulla tehtävät kuituanalyysit vaativat jo jonkin verran sekä erityisosaamista että standardien tuntemusta.^{113, 114, 115} Esimerkiksi tekstiilikuitujen ja paperikuitujen tutkimiseen on olemassa omat standardinsa.^{116, 117}

¹¹¹ Appelbaum 2007, 27: ”The first step in most examinations is an examination of an object by eye under a bright light aided by magnification ...”.

¹¹² Stuart 2007, 72: ”Visual examination of a culturally important can provide valuable information. However, sometimes important details about an object may not be visible to the naked eye”.

¹¹³ Macur et al. 1996, 167–197.

¹¹⁴ Greaves & Saville 1995.

EVTEK Muotoiluinstituutissa konservointiopiskelijoilla on ollut muutama opintoviikon pituisia kuituanalyysikursseja. Valitettavasti opiskelijat eivät aina pääse ammattiin valmistumisen jälkeen käyttämään oppimiaan taitoja työpaikoilla, sillä kaikissa museoissa ja konservaattoreiden työpaikoissa ei ole käytävissä optisia valomikroskooppeja. Toisaalta pelkästään mikroskopian avulla ei ole mahdollista selvittää edes kaikkien kuitujen luokituksia saati sitten eri materiaalien kemiallisia koostumuksia. Tämän vuoksi tarvitaan mikroskooppien lisäksi sellaisia analyysimenetelmiä, joilla päästään selville kulttuurihistoriallisten materiaalin kemiallisesta koostumuksesta. Tällöin on turvauduttava joko kemiallisiin analyysiin, analyysilaitteilla tehtäviin analyysiin tai näiden yhdistelmiin.

4.4.3 Taso III

Kuten jo aikaisemmin olen kertonut, EVTEK Muotoiluinstituutissa konservointiopintoihin on liittynyt jonkin verran kursseja, jotka sisältävät materiaalitutkimukseen liittyvää analytiikkaa, mutta kyseiset kurssit eivät ole tietomäärältään riittävän laajoja tekemään konservaattoreista materiaalitutkijoita. Kurssien tarkoitus ja päämäärä on ollut se, että niillä opittujen asioiden ansiosta konservattori pystyy tarvittaessa työskentelemään yhdessä konservoinnin materiaalitutkimukseen erikoistuneen ammattilaisen kanssa. Tilanne on sama monissa maisa ja sen vuoksi konservaattoreiden ja materiaalitutkijoiden yhteistyön tärkeys ymmärretään hyvin. Esimerkiksi Barbara Appelbaum käsittelee *Conservation treatment methodology* -kirjassaan luvussa 3 tieteen roolia esineen karakterisoinnissa (The role of science in object characterization). Hän toteaa: "Many scientific fields, including chemistry, physics and material science, provide information that conservators use to help in interpreting observations. Scientific tests and analyses also enhance the interpretation of findings from the physical examination." Edelleen luvun kolme lopussa hän laajentaa tieteellisen materiaalitutkimuksen kautta saatavan hyödyn koskemaan myös niitä, jotka eivät työskentele konservaattoreina. Hän tekee seuraavan johtopäätöksen: "Science provides not only *information*, but also *tools* that help in the interpretation of physical findings and that can be used to explain conservation to non-conservators."^{118, 119} Näen itsekkin konservattorin yhdeksi tärkeäksi tehtäväksi toimia sekä materiaalitutkimustiedon dokumentoijana että tiedon tulkitsijana kaikille niille, jotka työskentelevät kulloinkin tutkitun kohteen kanssa.

Ennen kuin tarkastelen tutkimusmenetelmien valintaa ja materiaalitutkimuksen suorittamista käytännössä, palaan kuvan 4 kaavioon. Kaaviota voidaan käyttää rajaamaan edellä mainittuja I- ja II-työskentelytasoja vaativampaan konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyvä alue siten, että siihen kuuluu

¹¹⁵ Aaltonen 1997, 2–9.

¹¹⁶ Tappi Test Methods 1993.

¹¹⁷ SPS-käsikirja kuitustandardit 2001 osa 1: 237–292.

¹¹⁸ Appelbaum 2007, 42–64.

¹¹⁹ Appelbaum 2007, 10–11. Appelbaum käsittelee kirjassaan kohteen karakterisointia erikseen sekä materiaalisista että non-materiaalisista lähtökohdista.

kokonaan kaavion kolmas taso ja osittain myös toista tasoa. Tätä rajausta voidaan soveltaa sekä dokumentoinnin että muissa konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyvissä yhteyksissä.

Kaavion kolmannessa tasossa näkyy jaottelua sen suhteen, mitä materiaaleista yleensä halutaan tutkia: alkuainekoostumuksia tai atomiryhmiä eli sitä, minkälaisia kokonaisuuksia alkuaineiden atomit ovat muodostaneet.^{120, 121, 122} Koska sekä alkuaineanalytiikkaan että atomiryhmien tutkimiseen on olemassa tarjolla valtavat määrät erilaisia analyysimenetelmiä, joista jokainen menetelmä vaatii lisäksi erikoisosaamista, kuuluu alkuaine- ja atomiryhmien analytiikan kanssa työskentely ja tutkimustuloksista vastaaminen mielestäni vähintään ylempään korkeakoulututkimuksen suorittaneelle ammattilaisille, joilla on materiaalitutkimuksesta riittävät teoreettiset ja käytännön taidot.¹²³ Tällöin voidaan olla myös varmoja analyysitulosten luotettavuudesta, totuudenmukaisuudesta ja professionaalaisesta tarkkuudesta niin, että ne täyttävät dokumentoinnin etiikan velvoitteet.

4.5 Tutkimusmenetelmien valinta

Dokumentoinnin yhteydessä tehtävissä tutkimuksissa ja analyyseissä käytetään useimmiten laadullisia eli kvalitatiivisia menetelmiä, joiden avulla pyritään todentamaan ja tunnistamaan kulttuurihistoriallisessa kohteessa oleva materiaali tai materiaalit. Jos esimerkiksi tutkimuskohteena on maalipinta, josta halutaan tunnistaa siinä olevia pigmenttejä ja väriaineita, merkitystä ei ole useinkaan sillä, minkä verran jotain tiettyä yksittäistä pigmenttiä on pinnassa, vaan että saadaan kvalitatiivinen tieto kunkin yksittäisen pigmentin koostumuksesta, ja riittää, kun kukin pigmentti voidaan tunnistaa. Maalipinnoista tehtävien tarkkojen kvantitatiivisten analyysien tekeminen ei ole usein myöskään järkevää, sillä maalipinta on useimmiten hyvin heterogeeninen ja yksittäisen pigmentin määrä voi vaihdella pienelläkin alueella hyvin paljon.

Joissain tapauksissa on kuitenkin myös tarpeen käyttää joko semikvantitatiivisia tai täyskvantitatiivisia menetelmiä. Kvantitatiivisia menetelmiä joudutaan käyttämään silloin, kun on tarpeen saada tietoa kohteen sisältämien materiaalien ja kemiallisten yhdisteiden keskinäisistä suhteista. Tyypillisen esimerkin dokumentoinnin yhteydessä tehtävien kvantitatiivisten analyysien tarpeesta muodostavat sellaiset metalliesineet, jotka ovat kemialliselta koostumukseltaan metalliseoksia. Jos halutaan selvittää, mitä eri metalleja ja missä keskinäisissä suhteissa kulttuurihistoriallinen kohde kulloinkin sisältää, tarvitaan käytöön semi- tai täyskvantitatiiviset analyysimenetelmät. Tarkkojen kvantitatiivis-

¹²⁰ Ferretti 1993, 7–27.

¹²¹ Hancock 2000, 11–20.

¹²² Williams & Bause 1996, 115–141.

¹²³ Charola & Koestler 2006, 13–31.

ten analyysien teko on kuitenkin toteutukseltaan vaativampaa kuin kvalitatiivisten analyysien teko.

Dokumentointiin käytettävien tutkimusmenetelmien valintaan vaikuttavat monet eri tekijät. Raha-, aika- ja henkilöstöresurssien lisäksi analyysimenetelmien valinnassa on huomioitava myös itse dokumentoitavat kulttuurihistorialliset kohteet, joista ei voida ottaa joko ollenkaan näytettä tai korkeintaan pieni mikronäyte.¹²⁴ Tämän vuoksi konservoinnin materiaalitutkimus suosii suoraan kohteesta paikan päällä (*in situ*) tehtäviä *non-invasive-* tai *non-destructive-*analyysejä tai tutkimus tehdään mikro- tai nanonäytteistä (katso kuvat 5 ja 6). *Non-destructiivinen* analytiikka ei kuitenkaan aina liity suoraan kohteesta tehtävään analytiikkaan, vaan kyseessä voi olla myös kohteesta otettu erillinen näyte, joka ei tuhoudu analyysiä tehtäessä, ja samasta näytteestä voidaan sitten tehdä useampia eri analyysejä peräkkäin eri *non-destructiivisia* menetelmiä yhdistäen.^{125, 126} *Non-destructiivisten* analyysien jälkeen näyte voidaan myös pitää tallessa ja säilyttää mahdollisia jatkotutkimuksia varten.

Koska konservoinnin materiaalitutkimus on kehittänyt ja kehittää edelleen kulttuurihistoriallisten kohteiden ja materiaalien dokumentointiin ja tutkimiseen soveltuvia *non-invasive-*, *non-destructive-*, mikro- ja nanomenetelmiä, uusien analyysimenetelmien tuomia sovellutusmahdollisuuksia hyödynnetään nykyään jo laajalti monissa maissa (ks. Internetosoitteessa

<<http://users.metropolia.fi/~ullak>> olevaa LabS-TECH/EU-ARTECH-tietokantaa).



KUVA 5 *Non-destructiivista/non-invasive-*tutkimusta Pompejissa. VIS (näkyvän valon) *in situ* -spektrimitausta Minolta 2006d:lla Vesuviuksen purkauksen vaurioittamalta seinäpinnalta. Marcus Lucretiuksen talon huone 8/ ala.
Kuva Raija Kaarto.

¹²⁴ Stuart 2007, 1: "There are special requirements to be considered when choosing an analytical technique suitable for studying a museum artefact ... The goal is to minimise damage to the object of interest, so non-destructive techniques are very much favoured".

¹²⁵ Adriaens 2005, 1506–1516.

¹²⁶ Knuutinen 2006, 14.



KUVA 6 *Non-desruktiivista/non-invasive-tutkimusta Pompejissa. Seinämaalausten pigmenttien in situ XRF (Röntgenfluoresenssi)-alkuaine-analyysijä InnovX®-laitteella. Marcus Lucretiuksen huone 1, prothyrum.*
Kuva Pasi Kaarto.

Tämä näkyy muun muassa siten, että konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyviä kirjoja on myös julkaistu jonkin verran. Konservoinnin materiaalitutkimuksesta vastaavan henkilön tulee mielestäni olla perehtynyt riittävästi sekä käyttämiensä analyysimenetelmien taustakirjallisuuteen että siihen kirjallisuuteen, jota on tarjolla konservoinnin materiaalitutkimuksesta.

4.5.1 Tutkimusmenetelmiin liittyvää kirjallisuutta ja alan kongressitoimintaa

Taustakirjallisuuteen perehtyminen on tärkeää sen vuoksi, että kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimiseen voidaan varata kutakin tapausta silmällä pitäen siihen parhaiten soveltuvat tutkimusmenetelmät.¹²⁷ Eräänä hyvänä esimerkkinä konservoinnin materiaalitutkimuksen analyysimenetelmiä esittelevästä kirjallisuudesta voi pitää Enrico Ciliberton ja Giuseppe Spoton editoimaa, vuonna 2000 julkaistua *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology* -kirjaa.¹²⁸ Se on laaja, 755-sivuinen teos, jossa on kuvailtuna kaikki tärkeimmät analyysimenetelmät, joita käytetään kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimiseen. Se on laadittu siten, että monet eri konservoinnin materiaalitutkimuksen alueella työskentelevät specialistit esittävät kirjassa omalta erityisosaamisalueeltaan sekä analyysimenetelmien teoreettiset taustat että koosteen lukuisista eri kulttuurihistoriallisiin kohteisiin liittyvistä tapaustutkimuksista. Kirjan analyysimenetelmien esittelyjärjestys noudattaa luonnontieteellistä, kemiallisten analyysimenetelmien mukaista rakennetta.

¹²⁷ Stuart 2007.

¹²⁸ Ciliberto & Spoto (edit.), 2000.

Konservoinnin materiaalitutkimuksesta on julkaistu myös kirjoja, joiden rakenne pohjautuu materiaaleihin niin, että eri materiaaleista, kuten paperista, tekstiileistä, nahasta, metalleista, lasista, keramiikasta, muoveista, kivistä, puusta jne., on omat lukunsa. Eräs tällainen kirja on vuonna 2006 ilmestynyt Eric Mayn ja Mark Jonesin editoima *Conservation Science, Heritage Materials*.¹²⁹

Vuonna 2007 ilmestynyt Barbara Stuartin kirja *Analytical Techniques in Materials Conservation* edustaa edellä esiteltyjen kirjojen yhdistelmää. Siinä on kirjan ensimmäisessä luvussa esitelty tavallisimmat konservointimateriaalit ja sen jälkeen tärkeimmät analyysitekniikat.

Analyysitekniikkojen yhteydessä on lisäksi lukuisia esimerkkejä kunkin menetelmän soveltuvuudesta eri materiaaleja tutkittaessa.¹³⁰

Nykyään on myös useita eri kongressisarjoja, joissa esitellään uusimpia kulttuurihistoriallisten materiaalien ja kohteiden analysointiin käytettäviä tutkimusmenetelmiä ja niiden avulla saatuja tutkimustuloksia. Mielestäni kongressitoimintaan osallistuminen on välttämätöntä, jos haluaa pysyä ajan tasalla uusimman tutkitun tiedon kanssa. Esimerkiksi keväällä 2007 järjestettiin kolme kongressia: Lissabonissa Technart 2007, Milanossa Conservation Science 2007 ja Strasbourgissa E-MRS (European Materials Research Society) – Spring Meeting Symposium S/ Science & Technology of Cultural Heritage Materials.^{131, 132, 133} Näistä kahteen kongressiin, Milanoon ja Strasbourgisiin oli minulla tilaisuus osallistua ja toteuttaa kongresseihin hyväksytyt kontribuutiot.^{134, 135}

E-MRS:lla on jo usean vuoden perinteet konservoinnin materiaalitutkimusfoorumina. Joka toinen vuosi vuodesta 2001 lähtien on Strasbourgissa järjestetty E-MRS Spring Meetingin yhteydessä yksi symposium, joka on kohdistunut erityisesti kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimiseen. Jo ennen vuoden 2007 Symposiumia E-MRS-sarjassa on ollut seuraavia kulttuurihistoriallisten materiaalien symposiumeja:

- Vuonna 2001 Symposium K, Cellulose and Paper Degradation
- Vuonna 2003 Symposium O, Materials Aspects of Art Characterization Conservation and Restoration
- Vuonna 2005 Symposium Q, Materials Science and Cultural Heritage

Olen esitellyt konservoinnin materiaalitutkimustuloksiani kaikissa edellä mainituissa E-MRS:n symposiumeissa.^{136, 137, 138}

¹²⁹ May & Jones (edit.) 2006.

¹³⁰ Stuart 2007.

¹³¹ TECHNART 2007, Non-destructive and Micro Techniques in Art and Culture Research, 25–28 April, Lisbon, <<http://www.ciul.ul.pt/~technart/>>

¹³² Conservation Science 2007, 10.–11.05. Milan, <<http://www.conservationscience.info/CS2007.html>>

¹³³ E-MRS (European Materials Research Society) Spring Meeting, Strasbourg, 28 May – 2 June, 2007, Symposium S: Science & Technology of Cultural Heritage Materials.<<http://www.emrs-strasbourg.com/>>

¹³⁴ Knuutinen et al. 2007c.

¹³⁵ Knuutinen 2007b.

¹³⁶ Sundholm et al. 2001b.

Koska tutkittavia materiaaleja, samoin kuin erilaisia konservoinnin materiaalitutkimukseen soveltuvia analyysimenetelmiä, on nykyään tarjolla runsaasti, käsittelen tässä väitöskirjassani lähinnä niitä menetelmiä, joita olen itse käyttänyt ja kehittänyt EVTEK Muotoiluinstituutissa konservointikoulutuksen yhteydessä. Kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaaliesimerkit tulevat ennen kaikkea pigmentti- ja sideaineanalytiikan sovellutuksista.

Esimerkkeihin sisältyy melkoinen kirjo eri aikakausien materiaaleja antiikin Rooman ajasta nykypäivään. Julkaisuissani esitettyjä analyysimenetelmiä on käytetty enimmäkseen joko *non-destruktiivisesti* tai tehty suoraan tutkimuskohteesta *in situ* -mittauksin *non-invasive*-tekniikalla. Mukana on myös mikro-näyttein toteutettuja analyysejä.

137 Knuutinen 2003 ja Knuutinen et al. 2003.

138 Knuutinen et al. 2005.

5 EPÄORGAANISTEN MATERIAALIEN, VÄRIEN JA PIGMENTTIEN DOKUMENTOINTI JA MATERIAALITUTKIMUS

Pigmenttien ja värien dokumentointia joudutaan tekemään lähes kaikista värejä sisältävistä kohteista. Tällaisten kohteiden dokumentoinnissa voidaan löytää erilaisia analysointi- ja dokumentointitasoja sen mukaan, miten tarkkaan ja miten yksityiskohtaisesti väripintaa tutkitaan. Edellä esitellyt kolme eri havainnointi- ja analyysitasoa soveltuvat hyvin myös värien dokumentointiin ja pigmenttianalytiikkaan. Ensimmäinen ja samalla myös helpoin havainnointitaso liittyy pelkästään silmämääräiseen väripintojen tarkasteluun ja seuraavat tasot, joilla tutkitaan esimerkiksi tarkemmin kohteen rakennetta ja kemiallista koostumusta, ovat jo vaativampia.

5.1 Taso I, Värien ja sävyjen silmämääräinen havainnointi

Kuvailtaessa dokumentoitavan kohteen värejä tulisi pitäytyä väri- ja sävynimikkeissä eikä käyttää pigmenttinimikkeitä. Tähän on olemassa lukuisia eri syitä. Tärkein on se, ettei ilman analyysiä voida olla varmoja kohteen pigmenttien kemiallisesta koostumuksesta. Vasta, kun pigmentin koostumus on tiedossa, voidaan sanoa, mikä pigmentti, pigmenttiseos tai värillinen materiaali, esimerkiksi mineraali, on kyseessä. Minulla on lukuisia kokemuksia siitä, että sekä historiallisten pigmenttien että modernien pigmenttien kohdalla taiteilijat, taidemateriaalien myyjät, maalarit, konservaattorit, taidehistorian, historian, arkkitehtuurin ja arkeologian ammattilaiset käyttävät väreistä niiden pigmenttinimiä, vaikka kohteen tai tuotteen pigmenttiä tai pigmenttejä ja niiden kemiallisia koostumuksia ei ole tutkittu eikä analysoitu. Myös taideopinnoissa väriopin opettaminen perustuu siihen, että väreistä käytetään niiden pigmenttinimiä.

Seuraavaksi esitän kaksi konservoinnin materiaalitutkimukseen liittyvää esimerkkiä siitä, miten pigmenttinimien käyttö voi olla harhaanjohtavaa ja siir-

tää myös väärää informaatiota eteenpäin. Kumpikin niistä liittyy myös suoraan niihin tutkimuksiin ja tuloksiin, joita on esitetty tässä väitöskirjassa.

Ensimmäinen kokemus tulee Pompejin kaivausalueelta vuoden 2005 keväällä tehdyn kenttätutkimuksen myötä. Olin juuri tekemässä mittauksia ja tutkimuksia konservointiopiskelijoiden kanssa Marcus Lucretiuksen talon sisäänkäynnin seinämaalauksen kirkkaansinisestä väripinnasta, kun kuulin kadulla kulkevan oppaan pyytävän opastettaviaan katsomaan sisään talon kirkkaita hyvin säilyneitä sinisiä väripintoja. Hän nimitti niitä lapis lazuliksi. Koska tuolloin olin jo saanut selville, ettei kyseessä ollut lapis lazuli, menin ystävällisesti korjaamaan asiaa ja kerroin, että kyseessä on Egyptin sininen, ei lapis lazuli. Tämän jälkeen opas kertoi opastettavilleen, että lapis lazuli ja Egyptin sininen ovat yksi ja sama asia eli synonyymejä. Tämän jälkeen kerroin edelleen ystävällisesti, että lapis lazuli ja Egyptin sininen eivät ole suinkaan sama asia, vaan että kyse on kahdesta täysin erilaisen kemiallisen koostumuksen ja ominaisuuksien omaavasta pigmentistä. En tiedä, menikö asia perille oppaalle, mutta sitkeässä tuntuin olevan käsitys siitä, että Pompejissa olisi käytetty lapis lazulia.

Tämä opas ei ole kuitenkaan ainut, joka on luullut, että lapis lazulia olisi käytetty Pompejissa, sillä asia löytyy sekä taidehistorian kirjallisuudesta että oletuksena suhteellisen uusista tutkimusjulkaisuista. Tähän mennessä ei ole kuitenkaan löytynyt todisteita sen puolesta, että roomalaiset olisivat käyttäneet ensimmäisellä vuosisadalla lapis lazulia pigmenttinä (1, 2). Tosin historiallisten pigmenttien kohdalla on kuitenkin kyse myös siitä, että vasta tällä vuosituhannella on ollut mahdollista tutkia pigmenttien ja muiden vanhojen materiaalien koostumuksia tarkkaan ja saada luotettavaa tietoa kulttuurihistoriallisista materiaaleista ja eri aikakausien pigmenteistä ja niiden käytöstä.^{139, 140, 141}

Yhä edelleen on kuitenkin tarjolla edellisten vuosikymmenien ja sitäkin vanhemman ajan tietolähteitä, jotka sisältävät virheellisiä materiaalitietoja. Jopa joissakin uusissa julkaisuissa referoidaan vanhaa kirjallisuus- tai julkaisutietoa kritiikittömästi ja näin virheellinen tieto siirtyy eteenpäin. Esimerkiksi tietoa lapis lazulin käytöstä ”Roman wall paintings” -julkaisuissa on referoitu vielä vuonna 2002 eräässä *Studies in Conservation* -julkaisussa.¹⁴² Tämä tilanne paljastaa mielestäni yhden tärkeän lisäsyyn siihen, miksi konservoinnin materiaalitutkimusta tarvitaan.

Toinen, lyhyt kokemus pigmenttinimen käytöstä tulee EVTEK Muotoiluinstituutista. Ammattiin valmistuva konservoinnin opiskelija raportoi käyttäneensä konservointikohteen retusointiin puhdasta kadmiumpigmenttiä. Hie-man aikaisemmin samainen opiskelija oli kyllä käynyt pigmentti- ja analyttisten tutkimusmenetelmien kurssit, joissa oli kerrottu, ettei kaupallisten pigmenttivalmisteiden puhtauteen ja kemiallisiin koostumuksiin voi luottaa. Kaupallisissa valmisteissa saatetaan käyttää pigmenttinimiä, vaikka tuotteen kemiallinen koostumus ei niitä vastaisikaan. Luennoilla oli ollut esillä myös tähän väi-

¹³⁹ Estaugh et al. 2004 a.

¹⁴⁰ Estaugh et al. 2004 b.

¹⁴¹ Knuutinen 2006.

¹⁴² Sciuti et al. 2002, 132–140.

töskirjaan yhdistetty kadmiumakvarelliväritutkimus tuloksineen, joiden mukaan 24 tutkitusta akvarelliväristä ainoastaan kahden tuotteen koostumus vastasi myyjän antamia tietoja (3). Koska retusointiin käytetyn pigmenttijauheen koostumusta ei ollut tutkittu ja varmistettu analyysin, olisi pigmentin tiedot pitänyt dokumentoida tuotteen myyjän tai valmistajan antamina tuotetietoina.

5.1.1 Värien ja sävyjen tutkiminen NCS-värijärjestelmän avulla

Jos kohteen värejä dokumentoidaan ilman analyysijä, voidaan käyttää silmämääräisen havainnoinnin tukena väripintojen tarkasteluun esimerkiksi NCS (Natural Color Systems)-värijärjestelmää. Sen käyttö perustuu siihen, miten silmä näkee värit. Se on helppokäyttöinen, eikä vaadi erityistä osaamista eikä koulutusta. NCS-värijärjestelmä on standardoitu, ja se sisältää nykyään vuonna 2004 tehdyn laajennuksen jälkeen 1950 vakioväriä, joihin tutkittavaa väripintaa vertaillaan.¹⁴³

NCS-värijärjestelmä soveltuu hyvin modernin maali-teollisuuden laadunvalvontaan, suunnittelijoille ja muille väripintojen kanssa työskenteleville, mutta sen soveltuvuus historiallisten väripintojen dokumentointiin on kuitenkin rajallinen. Jos esimerkiksi vanhat väripinnat dokumentoidaan NCS-koodeilla, tulisi huomioida, että vanhat värit ovat usein muuttuneet sävyiltään aikojen kuluessa. Dokumentoinnin tulos edustaa tällöin väripinnan sävyä dokumentointihetkellä, eikä dokumentointitulos kerro vielä sitä, millainen väripinta on ollut silloin, kun se on tehty. Eli originaalisävyä ei voi päätellä eikä tietää pelkästään dokumentointihetkellä tehdyn sävymäärityksen perustella. Miksi on näin? Tähän asiaan palaan uudestaan, kun myöhemmin käsittelen kulttuurihistoriallisten kohteiden aitoutta.

NCS-värijärjestelmää käytettäessä dokumentoinnin tulos on lisäksi riippuvainen siitä, minkälaisessa valaistuksessa se tehdään. Sekä NCS-värimalleista että dokumentoinnin kohteena olevasta pinnasta saatava väriaistimus on täysin riippuvainen siitä, minkälaisia aallonpituuksia pinnasta pääsee heijastumaan eli reflektoitumaan havainnoitsijan silmiin. Nämä väripinnan reflektiot ovat puolestaan täysin riippuvaisia värin sisältämien pigmenttien kemiallisesta koostumuksesta ja tarjolla olevasta valaistuksesta.¹⁴⁴ Väripinta voi puolestaan reflektoida vain sellaisia aallonpituuksia, joita on kulloinkin tarjolla väripinnan tarkasteluun käytetyissä valaistusolosuhteissa.^{145, 146, 147}

¹⁴³ NCS-värijärjestelmä < <http://www.ncscolourfin.com/> >

¹⁴⁴ Sama väripinta voi näyttää hyvinkin erilaiselta eri valaistusolosuhteissa. Tätä ilmiötä kutsutaan metameriaksi.

¹⁴⁵ Knuutinen 1997a, 4–5.

¹⁴⁶ Christie 2001, 12–44.

¹⁴⁷ Knuutinen 2006, 26 ja 27.

5.2 TASO II, VIS-spektrimittaukset

NCS-järjestelmää tarkempi, mutta menetelmän vaativuudelta II tasoon kuuluva väridokumentointi voidaan tehdä tutkimalla pinnan VIS (visible light/ näkyvän valon)-spektri, jolloin saadaan selville väripinnan heijastukset eli reflektiot spektrinä läpi koko näkyvän valon eri aallonpituusalueiden. Tietenkin myös tällainen väripinnan spektrimittaus vastaa dokumentointihetken tilannetta vastaavalla tavalla kuin pelkästään silmämääräisesti tehty NCS-värijärjestelmän avulla tehty havainnointi. Näidenkään mittausten avulla ei voida siirtyä ajassa taaksepäin siihen hetkeen, jolloin värillinen pinta tuotettiin.

VIS-spektrimittaus dokumentoi ja kartoittaa tutkittavasta väripinnasta kuitenkin kaikki reflektiot, jotka ovat löydettävissä näkyvän valon aallonpituusalueilla 400 nm:stä 700 tai 750 nm:iin (nm tarkoittaa nanometriä).¹⁴⁸ Kullakin värillisellä pigmentillä on sille ominainen näkyvän valon spektrikäyttäytyminen, joka on riippuvainen materiaalin kemiallisesta koostumuksesta. Pigmentin kemiallinen koostumus on määräävä tekijä sen suhteen, millä aallonpituusalueilla reflektiot esiintyvät.^{149, 150, 151} Tämän vuoksi VIS-spektrin mittaus mahdollistaa sen, että joitakin historiallisia pigmenttejä voidaan tunnistaa VIS-spektrien avulla. Tunnistaminen onnistuu VIS-spektrin muun muassa eräiden sinisten ja vihreiden pigmenttien osalta. Esimerkiksi kuvassa 7 esiintyy Pompejista Marcus Lucretiuksen talosta mitatun sinisen väripinnan VIS-spektri, joka on tyypillinen Egyptin sinisen eli Pompejin sinisen spektri (Spektri B), joka poikkeaa muiden historiallisten sinisten, esimerkiksi asuriitin ja lapis lazulin eli luonnon ultramariinisinisen spektreistä (1).

Toisena esimerkkinä kuvassa 8 on maavihreän VIS-spektri, joka on hyvin erilainen verrattuna muihin perinteisiin vanhoihin vihreisiin pigmentteihin, esimerkiksi malakiittivihreään tai verdigreehin. On kuitenkin huomattava, että tällaisia johtopäätöksiä, joissa käytetään pigmenttiniimityksiä, voidaan tehdä vasta sen jälkeen, kun käytettävissä on myös VIS-referenssispektrejä. Referenssispektrit tulee tehdä pigmenttinäytteistä, joiden koostumus on jo tiedossa. Pompejista Marcus Lucretiuksen talon seinästä mitatun Egyptin sinisen VIS-spektri B:n kanssa on samaan kuvaan 7 asetettuna Kremer pigmentsin® Egyptin sinisen VIS-spektri A. Se kulkee ylempänä, mutta kummatkin spektrit ovat samanmuotoisia ja antavat reflektiot eli heijastukset samoilla sinisen ja osittain myös vihreän värialueen aallonpituuksilla. Lisää yksityiskohtia eri pigmenttien VIS-käyttäytymisestä ja taustalla olevista teoreettisista perusteista on opetusma-

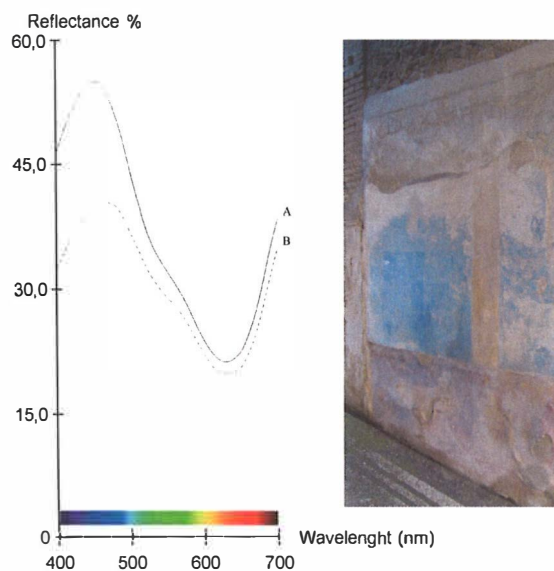
¹⁴⁸ Nykyään on VIS-spektrometrejä, joilla on mahdollista laajentaa spektrimittauksia jonkin verran UV- (ultravioletti) ja/tai NIR-(lähi-infrapuna) alueiden puolelle. UV-alue sisältää aallonpituudet 200 nm–400 nm. NIR-aallonpituusalue alkaa VIS-alueen, noin 750 nm:n jälkeen aallonpituusarvojen kasvaessa.

¹⁴⁹ Stuart 2007, 160: "Ultraviolet-visible spectroscopy can be used to produce characteristic spectra of pigments.. Reflectance techniques have proved particularly useful for studying paint pigments".

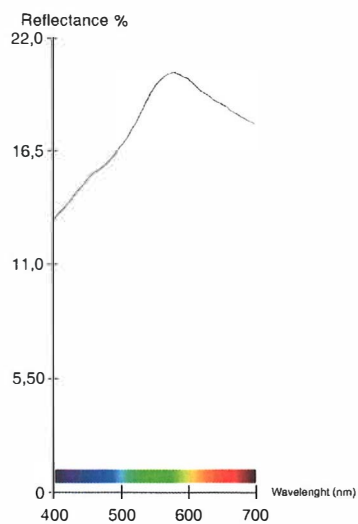
¹⁵⁰ Knuutinen 2006, 28–35.

¹⁵¹ Wyszeccki & Stiles 2000, 51–63.

teriaalijulkaisussa *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods*, Ulla Knuutinen (edited by Hanne Mannerheim), 2006. Lisäksi Pompeji-projektijulkaisusta löytyvät VIS-spektritulkinnat sekä maavihreän että Egyptin sinisen spektreille (1).

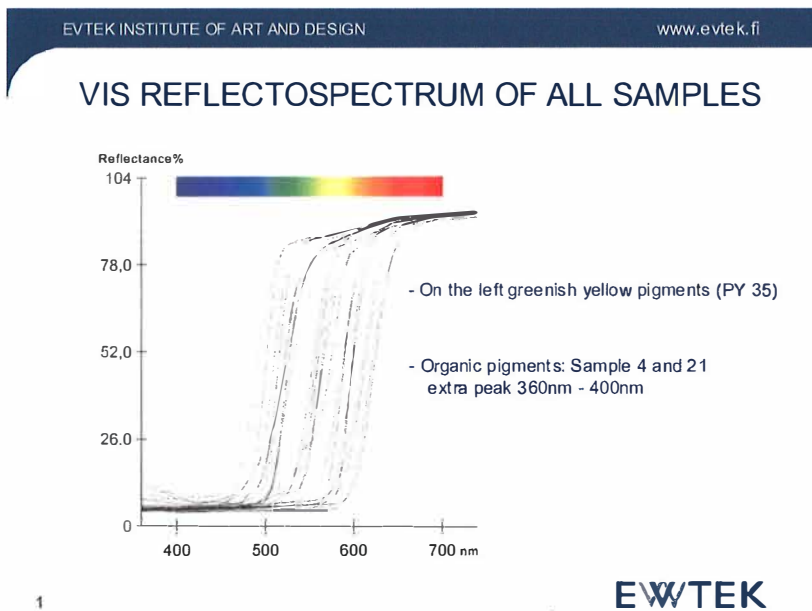


KUVA 7 Egyptin sinisen VIS-spektrejä. Ylempi spektri on Kremer pigmentsin® tuote ja alempi spektri Marcus Lucretiuksen talon *prothrumin* eteläseinästä tehty spektrimitaus (näytekoodi 1/1). Kuvassa oikealla valokuva *prothrumin* eteläseinästä. Kuva Helena Wassholm. (Kremer pigmentsin® Egyptin sinisen kemiallinen koostumus on varmistettu myös SEM-EDS-alkuaineanalysein)



KUVA 8 Maavihreän VIS-spektri. Tutkittu vihreä väripinta on Marcus Lucretiuksen talon huoneesta nro 16, *tricliniumista*.

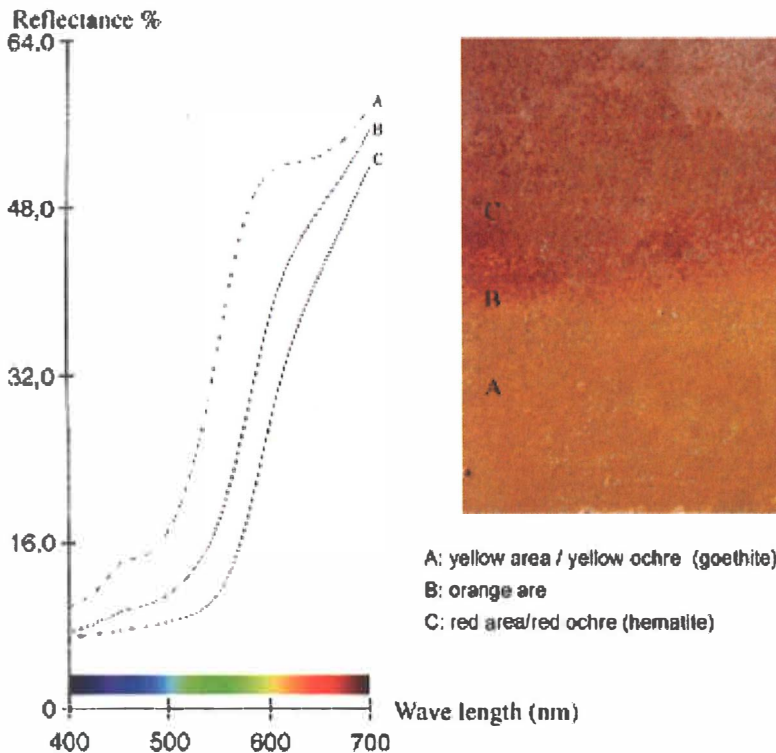
Vaikka monia historiallisia pigmenttejä voidaankin tunnistaa VIS-spektrien avulla, niin ei kuitenkaan kaikkia. Etenkin, jos dokumentoitavassa kohteessa on useita pigmenttejä seoksena, kerroksittain, tai kyseessä ovat keltaiset tai punaiset väripinnat, pigmenttien koostumus ei selviä pelkästään VIS-spektrimitauksilla. Kuitenkin myös tällaisissa tapauksissa spektreille on käyttöä sekä konservointikohteiden että konservoinnissa käytettävien materiaalien dokumentoinnissa. Esimerkiksi konservoinnissa retusointiin käytettävien kadmiumakvarellivärien tutkimuksessa (3) dokumentoitiin kaikki tutkimuksessa mukana olleet 24 eri akvarellinväriä VIS-spektrein, jolloin voitiin havaita, että tutkimukseen valitut eri akvarellivärit muodostivat tasaisen väriskaalan kellanvihreistä sävyistä kirkkaankeltaisen ja oranssin kautta syvän punaisiin sävyihin. Kuvassa 9 ovat kaikki 24 eri akvarelliväriä esitettyinä samassa spektristössä. Koska käytössä ollut mittausräite mahdollisti sen, että VIS-spektreihin saatiin mukaan myös jonkin verran UV-(ultraviolettia) aallonpituuksia (360 nm–400 nm), havaittiin joillakin akvarelliväreillä kadmiumpigmenteistä poikkeavaa spektrikäyttäytymistä UV-aallonpituuksien alueella. Tiettyjen yksittäisten akvarellivärien ylimääräiset reflektiot erityisesti UV-alueella paljastivat sen, että kadmiumväreinä myydyt akvarellivärit eivät olleetkaan kadmiumpigmenttejä sisältäviä, vaan itse asiassa orgaanisia pigmenttejä. Tämä asia varmistui vielä alkuaineanalyysien avulla.¹⁵²



KUVA 9 Kadmiumakvarellivärien VIS-spektrit. Vasemmalla ovat kellanvihreät, keskellä oranssit ja oikealla punaiset sävyt.

¹⁵² Knuutinen 2003 ja Knuutinen ja Paulus 2004.

VIS-spektrien avulla voidaan myös dokumentoida ja tutkia kulttuurihistoriallisen kohteen väripinnoissa ja pigmenteissä tapahtuneita muutoksia. Tästä esimerkiksi on värimuutosten dokumentointi Marcus Lucretiuksen talon seinäpintojen keltaokran muuttumisesta punaokraksi. Värimuutokset olivat tapahtuneet jo Vesuviuksen purkauksen yhteydessä vuonna 79. Talossa voidaan kuitenkin yhä nykyään havaita useilla seinäpinnoilla alueita, joissa keltaokra on muuttunut paikoitellen punaokraksi (1, 2). Toisaalta seinäpinnoilla on nähtävissä alueita, joissa keltaokra on säilynyt muuttumattomana. Vesuviuksen purkauksen yhteydessä ennen kuumia pyroklastisia virtauksia, joiden lämpötila oli noin 400 °C, virtasi hohkakivilaavaa, joka muodosti rakennuksissa suojaavan ja lämmöltä eristävän kerroksen huoneiden alaosien seinäpintojen suojaksi.¹⁵³ Niiltä osin kun pinnat olivat tämän suojaavan kerroksen peittämiä, keltaokran sävyt pysyivät ennallaan ja vain niiltä osin kuin ne olivat avoinna ja vapana kuumille virtauksille, keltaokran sävyt ja myös koostumus muuttui. Kuvassa 10 oleva vasen VIS-spektri edustaa keltaokraa, keskimäinen spektri jo hieman muuttunutta sävyä ja oikeanpuolimmainen punaokraksi muuttunutta väripintaa.



KUVA 10 Vesuviuksen purkauksen aiheuttama keltaokran muuttuminen punaokraksi. VIS- spektrimittaukset Marcus Lucretiuksen talon huoneen 8/ala, seinästä. Vasen (a) käyrä on mitattu keltaokran alueelta ja oikealla (c) punainen käyrä punaokran alueelta.

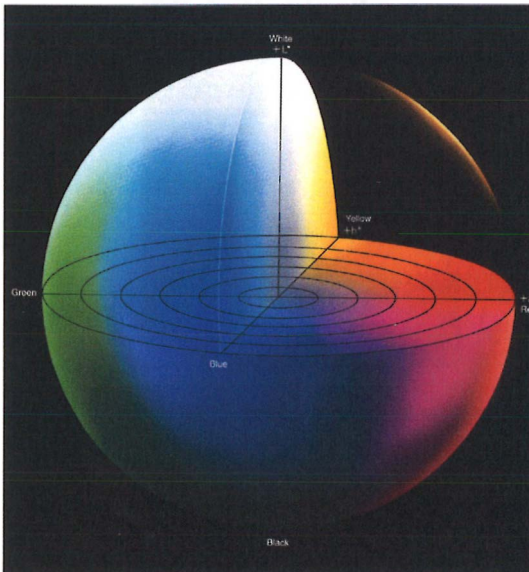
¹⁵³ Sigurdsson et al. 1985, 332–387.

Pompeji-projektin julkaisu sisältää lisää keltaokran ja muiden maavärien tutkimiseen liittyviä yksityiskohtia (1).

Markus Lucretiuksen talosta dokumentoitiin ja tutkittiin VIS-spektrein myös punaisen sinooperin värin muuttumista ja tummumista. Sinooperin värinmuutoksen syyt eivät kuitenkaan ole samat kuin keltaokran muutoksen syyt, vaan ne johtuvat ennen kaikkea ympäristöolosuhteista. Tästä asiasta esitän lisää yksityiskohtia myöhemmin muiden pigmenttitutkimuksiin käytettyjen analyysimenetelmien yhteydessä.¹⁵⁴

5.2.1 CIE $L^*a^*b^*$ -värimittaukset

VIS-spektrien kanssa samanaikaisesti tai niistä erillään voidaan mitata ja dokumentoida myös sävytietoja. Tavallisin sävyjärjestelmä, jota hyödynnetään sävymittauksissa VIS-spektrimittauksen ohella, on kansainvälinen CIE $L^*a^*b^*$ -järjestelmä. Kuvassa 11 CIE $L^*a^*b^*$ on esitetty kyseisen värijärjestelmän ”sävy-avaruus”. CIE $L^*a^*b^*$ -järjestelmästä ja siihen liittyvistä teoriataustoista on olemassa runsaasti kirjallisuutta.^{155, 156, 157} VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksen ja laitteistojen käytölle on olemassa standardeja, joista tulee poimia käyttöön sopivin tai sopivimmat. Standardeja tulisi noudattaa mittauksia tehdessä, jotta tulokset olisivat luotettavia.^{158, 159}



CIE $L^*a^*b^*$ -järjestelmän käyttöön liittyy vielä eräs hyödyllinen lisäpiirre. Järjestelmän avulla voidaan saada sävymittauksia eri valaistusolosuhteisiin. Tällöin paljastuu mahdollinen metameriala, jonka olen määritellyt alaviitteessä sivulla 55, mutta palaan tähän asiaan vielä uudelleen. Metamerialla tarkoitetaan sitä, että sama väripinta näyttää

KUVA 11 CIE $L^*a^*b^*$ -väriavaruus”
(Colour space. Minolta Co., Ltd.1998.)

¹⁵⁴ Knuutinen 2007 ja Knuutinen et al. 2007b ja c.

¹⁵⁵ Knuutinen 1997a, 5–8.

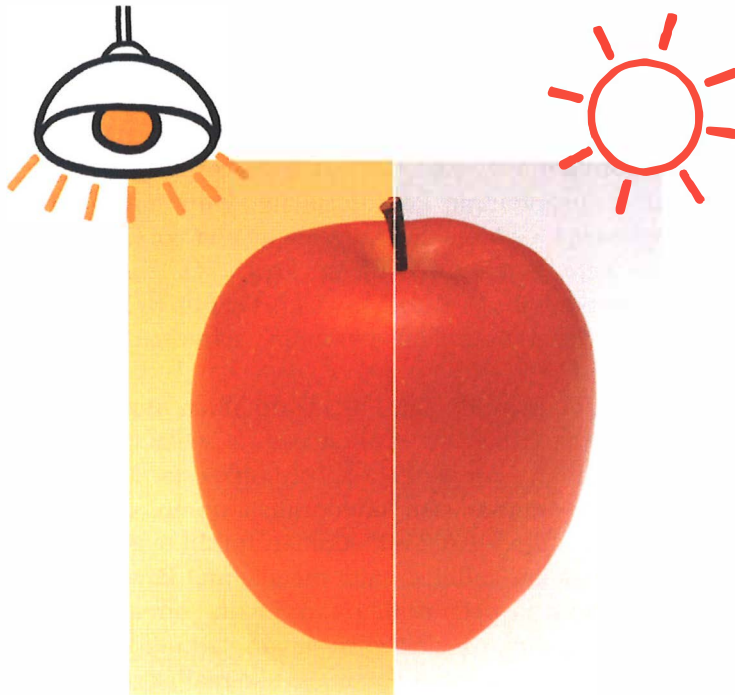
¹⁵⁶ Knuutinen 2006, 39–47.

¹⁵⁷ Nassau 2001, 19–20, 345, 394–399.

¹⁵⁸ Maali- ja lakkapintojen mittaamiseen soveltuva standardi: ISO 7724/1 Paints and varnishes colorimetry, Partie 1: Principles, 1984-10-1.

¹⁵⁹ Maali- ja lakkapintojen mittaamiseen soveltuva standardi ISO 7724/2 Paints and varnishes colorimetry, Partie 2: Colour measurements 1984-10-1.

erilaiselta eri valaistusolosuhteissa. Sen taustalla on se tosiasia, joka on mainittu jo NCS-järjestelmää käsiteltäessä, että väripinta pääsee heijastamaan vain sellaisia valon aallonpituuksia, joita on tarjolla olevissa valaistusolosuhteissa. Ja edelleen, erilaisissa valaistusolosuhteissa on tarjolla toinen toisistaan poiketen erilaisia valon aallonpituuksia.



KUVA 12 Metameria. Punainen omena näyttää erisävyiseltä eri valaistusolosuhteissa. (Minolta Co., Ltd.1998.)

VIS-spektrimittauksia ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksia voi hyödyntää paitsi konservointikohdetta dokumentoimassa, myös silloin kun halutaan dokumentoida puhdistus-, konservointi- tai restaurointikäsitteilyn vaikutusta kohteeseen. Toisin sanoen kun halutaan selvittää se, miten käsittely on muuttanut käsitellyn kohteen väriä tai värejä. CIE $L^*a^*b^*$ -mittaukset ovat hyvin laajalti käytössä kehitettäessä konservointiprosesseja ja tutkittaessa sekä pigmenttien että myös muiden materiaalien ikääntymisen aiheuttamia sävynmuutoksia.

Tähän väitöskirjaan liittämässäni julkaisuissa on esimerkkejä CIE $L^*a^*b^*$ -mittausten käytöstä esimerkiksi kadmiumakvarelliväreistä tehdyssä tutkimuksessa, jossa dokumentoitiin ja selvitettiin muun muassa kadmiumakvarelliväreissä tapahtuvia valon aiheuttamia sävynmuutoksia. Nämä tutkimukset paljastivat sen, että ne kadmiumakvarellivärit, jotka sisälsivät sinkkiä, olivat valoherkempiä. Tulosten avulla voitiin antaa suositus tai varoitus sen suhteen, että sinkkipitoisia kadmiumvärejä ei tulisi käyttää retusoinnissa. Tutkimuksen selkeä tulos toi esille sen piirteen, että konservointiin käytettävät materiaalit ja nii-

den ikääntymisominaisuudet pitäisi tutkia ennen käyttöönottoa. Lisää yksityiskohtia tutkimuksen toteutuksesta on asianomaisessa julkaisussa (3).

VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittausten avulla tehty värien ja pigmenttien dokumentointi ja tutkimus vaatii jonkin verran erityisosaamista. On tiedettävä ja tunnettava menetelmän taustalla olevat teoreettiset aineistot ja standardit. Tämän lisäksi on tunnettava tarkkaan käytössä olevan laitteiston ominaisuudet ja tehtävä luotettavat referenssispektrit.¹⁶⁰

Konservoinnin opintoihin sisältyy jonkun verran kursseja, joilla konservattoriopiskelijat oppivat pigmenttianalytiikkaan ja pigmenttien tutkimiseen liittyviä VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -menetelmien tietoja ja taitoja. Näiden kurssien laajuudet vaihtelevat lukuvuodet 2006/2007 ja 2007/2008 käsittävän opetussuunnitelman mukaan konservoinnin koulutuslalla ryhmittäin 1,5 ECTS:stä noin 7,5 ECTS:ään. Opiskelijat eivät näiden kurssien aikana voi kuitenkaan saavuttaa vielä asiantuntijan tieto- ja taitotasoa VIS-spektrien ja CIE $L^*a^*b^*$ -järjestelmällä tehtävien tutkimusten käytössä. Kurssien laajuus riittää kyllä hyvin siihen, että he voivat toimia yhteistyössä konservoinnin materiaalitutkija-asiantuntijan kanssa.

Jos väripinnat dokumentoidaan NCS-värimallien avulla tai tehdään pelkästään VIS-spektrejä ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksia, ei vielä voida tehdä varmoja johtopäätöksiä väripinnan kemiallisesta koostumuksesta. NCS-värijärjestelmän sekä VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksien käytön kiistaton etu on kuitenkin se, että niitä voidaan tehdä *non-destruktiivisesti* suoraan tutkittavasta kohteesta. Dokumentointi ei tule myöskään kalliiksi näitä menetelmiä käyttäen. Jos dokumentoinnissa halutaan tai on tarpeen esittää väripinnan kemiallinen koostumus ja siihen liittyvä pigmenttinimi, on vielä siirryttävä astetta vaativampaan työskentely- ja analyysitasoon ja käytettävä varsinaisia kemiallisen koostumuksen paljastavia analyysijä. Tällaiset pigmenttien kemiallisen koostumuksen paljastavat analyysit ovat myös huomattavasti kalliimpaa analytiikkaa kuin edellä mainitut NCS-, VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittaukset.

Jos VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittauslaitteen mittausohjelmiseen saa alle kymmenellä tuhannella eurolla, seuraavaksi esittelyyn tulevat analyysilaitteet maksavat kymmeniä tai satojatuhansia euroja. Näitä menetelmiä ovat muun muassa XRF (X-Ray Fluorescence), SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive Spectroscopy) ja FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy). Näistä EVTEK Muotoiluinstituutissa käytetyistä tutkimusmenetelmistä XRF kuuluu *non-destruktiivisiin/non-invasive*-menetelmiin. XRF-analyysijä on mahdollista tehdä suoraan kohteesta ilman erillistä näytettä. SEM-EDS- ja FTIR-tutkimukset vaativat pienen mikronäytteen.¹⁶¹ SEM-EDS-analyysijä on tehty yhteistyössä Mikrofocus Oy:n mineralogin Seppo Hornytkyjn kanssa. Edellä mainittuja analyysimenetelmiä ja niiden käyttöä ja soveltuvuutta värien ja pigmenttien analyysissä tulen esittelemään lyhyesti tässä artikkeliväitöskirjan tiivistelmässä. Mutta ennen sitä tarkastelen, mitä ongelmia on tiedostettava ja mil-

¹⁶⁰ Sama 156–159.

¹⁶¹ Knuutinen 2006, 48–62.

lainen taustatyö on tehtävä, jos pigmenttinimiä aiotaan yhdistää johonkin kulttuurihistoriallisesta kohteesta analysoituun kemialliseen koostumukseen.

5.3 Pigmenttinimien käyttö dokumentoinnissa

Historiallisten pigmenttien nimeämisen ongelmana on se, että vanhojen pigmenttinimikkeiden käyttö ei ole ollut eikä ole nykyäänkään yhtenäistä, ja on olemassa lukuisia eri sekaannuksen mahdollisuuksia. Esimerkiksi, kun puhutaan Pompejin punaisesta, se saatetaan kuvailla joko syvän ruskehtavan punaiseksi, jolloin kyseessä voi olla rautaoksidia sisältävä punaokrapigmentti tai se saatetaan kuvailla myös oranssinpunaiseksi, jolloin sävykuvaus on lähempänä sinooperaia, elohopeasulfidia.^{162, 163, 164, 165} Lisää sekaannuksen mahdollisuuksia saadaan vielä huomioimalla ne seikat, että roomalaiset itse kutsuivat luonnon punaista okraa nimellä *sinopia* (*sinope* tai *sinoper*) ja että myöhemmin keskiajalla sinooperi tunnettiin myös *minium*-nimellä. *Minium*-nimi voidaan yhdistää kuitenkin usein myös punaiseen lyijyoksidin eli lyijymönjään.¹⁶⁶ Mahdolliset pigmenttinimien käytön aiheuttamat sekaannukset eivät koske vain tässä esimerkkinä esitettyä Pompejin punaista, vaan ne ovat tavallisia lukuisten eri värien kohdalla.

Lisäksi Marcus Lucretiuksen talosta tekemäni pigmenttitutkimukset osoittavat, että pompejilaisissa neljännen maalaustyylin seinämaalauksissa ja seinäpinnoissa on käytetty värikerroksia päällekkäin, jolloin sävyt muodostuvat useamman kuin yhden pigmentin vaikutuksesta.¹⁶⁷ Esimerkiksi voimakkaammat oranssin punaiset vävyt on saatu aikaan käyttämällä päällekkäin keltaisia ja punaisia värikerroksia (**1**, **2**). Tällaista usean eri pigmentin muodostamaa värisävyä ei pitäisi nimetä eikä dokumentoida yhdelle pigmentille kuuluvalla nimellä. Väripintojen dokumentoinnin yhteydessä tulisi siis tietää myös maalipinnan rakenne ja värien käytön tekniikka.

Pigmenttinimikkeistön käyttöön liittyvät ongelmat dokumentoinnissa ovat yleisiä myös modernien pigmenttien kohdalla siitä huolimatta, että moderneilla pigmenteilla on olemassa *Color Index (CI)*-koodit, joiden avulla kunkin pigmentin kemiallinen koostumus pitäisi pystyä jäljittämään. Ongelmat johtuvat siitä, että nykyään on markkinoilla erityisesti taiteilijoiden käyttöön tarkoitettuja tuotteita, joista puuttuvat kyseiset koodimerkinnot, ja tuotteita myydään kuitenkin pigmenttinimien mukaisesti. Esimerkkinä tällaisista moderneista pigmenttituotteista, jotka ovat olleet tutkimuskohteena tässä väitöskirjassa, ovat

¹⁶² Estaugh et al. 2004a, 105–106.

¹⁶³ Gettens et al. 1972, 45–69.

¹⁶⁴ Buxbaum (edit.) 1993, 85–96.

¹⁶⁵ Helwig 1997, 181–188.

¹⁶⁶ West 1986, 109–139.

¹⁶⁷ Useat päällekkäiset eriväriset maalikerrokset ovat tavallisia muissakin kulttuurihistoriallisissa kohteissa.

kadmiumakvarellivärit. Värisävyinä vihertävän keltaisesta oranssin kautta syvän tummanpunaiseen esiintyviä kirkkaita värejä saatetaan kutsua kadmiumväreiksi, vaikka tuotteen koostumus ei vastaa kadmiumvärien kemiallista koostumusta.^{168, 169}

5.3.1 Pigmenttianalytiikkaa edeltävä taustatyö

Jos dokumentoinnissa halutaan käyttää pigmenttinimikkeitä, tulisi ennen dokumentointia selvittää tapauskohtaisesti kaikki potentiaaliset pigmenttinimikkeet ja niihin mahdollisesti liittyvät pigmentit ja niiden CI-koodit, ja sen lisäksi tulisi tehdä tarvittavat analyysit, joilla varmistetaan kohteessa olevien pigmenttien kemiallinen koostumus. Esimerkkeinä tällaisesta kartoitustyöstä esitän antiikin pigmenttitutkimuksien osalta Pompejissa Marcus Lucretiuksen talon seinäpintojen ja seinämaalausten tutkimukseen ja analysointiin liittyneen pigmenttien kirjallisuuskartoitusosuuden, johon on koottu kirjallisuudesta ja tutkimusjulkaisuista roomalaisten ja Pompejin alueen seinämaalausten pigmenttitietoja. Tämä tieto on tiivistetty taulukoksi (katso taulukko 1), josta voidaan nähdä se, että eri värien kohdalla on sekä historiallisten kirjallisuuslähteiden että uudempien tutkimustulosten perusteella olemassa useita vaihtoehtoja sen suhteen, mitä pigmenttejä voisi löytyä Pompejista Marcus Lucretiuksen talossa.

Vaikka vanhoista historiallisista materiaalikirjallisuuslähteistä ja uusista taidehistorian teoksista saatavat tiedot ovat tärkeitä, on pidettävä mielessä se tosiasia, että ne on kirjoitettu silloin, kun materiaalien kemialliset koostumukset eivät vielä olleet selvillä, eikä niitä ole ymmärretty riittävästi. Pompeji-projektissa työskennellessäni olen havainnut, että Pompejin kaivausalueen rakennusten ja seinämaalausten pigmenttejä ja muita materiaaleja on tutkittu vielä suhteellisen vähän ja että Pompejin alueen seinämaalausten tämänhetkiset materiaalikuvaukset pohjautuvat enimmäkseen taidehistorian teoksissa esitettyihin materiaali-, sävy- ja pigmenttinimikkeisiin. Tämän vuoksi Helsingin yliopiston EPUH-tutkimusryhmä on esittänyt, että Pompejin alueen seinämaalausten dokumentointiin tulisi sisällyttää standardikäytäntönä systemaattista pigmenttien analysointia.¹⁷⁰

Jo aikaisemmin on mainittu se seikka, että viime vuosina on tapahtunut valtava kehitys kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimiseen käytettävissä *non-invasive*-analyysimenetelmissä. Tämä on vaikuttanut nyt olennaisesti siihen, että pigmenttianalyysijä on ollut mahdollista toteuttaa *in situ* -mittauksin sekä Marcus Lucretiuksen talossa kaivausalueella että Napolin arkeologisessa museossa.

¹⁶⁸ Loya 1988, 347–352.

¹⁶⁹ Daley 1988, 353–356.

¹⁷⁰ Castren et al. 2007.

TAULUKKO 1 Antiikin Rooman ajan freskomaalauksissa käytettyjä pigmenttejä.
(Taulukkoon liittyvät kirjallisuusreferenssit ovat projektiraportissa, 1.)

	Vitruvius	Pliny	Selim Augusti	Hamdallah Béarat	Sebastiano Sciuti
White	<i>Paraetonium</i> <i>Melinum</i> <i>Cerussa</i>	<i>Paraetorium</i> <i>Melinum</i> <i>Cerussa</i> <i>Eretria</i> <i>Creta aunulare</i> <i>Creta argentaria</i>	<i>Paraetonium</i> <i>Creta calcarea melinum selnusia,</i> <i>Creta silicea eretria,</i> <i>cimolia</i> <i>Creta argentaria</i> <i>diatomite</i>	<i>Calcite (chaux)</i> <i>Aragonite</i> <i>Chalk</i> <i>Dolomite</i> <i>Craie annulaire</i> <i>Cerussite</i> <i>Diatomite</i> <i>Egyptian blue</i>	<i>Calcium carbonate</i> <i>Cerusia (Pb)</i>
Blue	<i>Caeruleum</i> <i>Indicum</i> <i>Armenium</i> <i>Indicum (fals.)</i>	<i>Caeruleum</i> <i>Indicum</i> <i>Armenium</i> <i>Indicum (fals.)</i>	<i>Azurite</i> <i>Lapis lazul</i> <i>Indigo</i> <i>Egyptian blue</i>		<i>Caeruleum cyprium (copper carbonate) or</i> <i>Caeruleum puteolanum (copper/calcium silicate)</i>
Yellow	<i>Ocra; Sil</i> <i>Auripigmentum</i> <i>Sil (fals.)</i>	<i>Ocra; Sil</i> <i>Auripigmentum</i> <i>Sil (fals.)</i>	<i>Ocra; sil atticum</i> <i>Brown ochre</i> <i>Brown umber</i> <i>Craie argileuse</i> <i>écume d'argent (PbO)</i> <i>Orpiment</i> <i>Atramentum</i>	<i>Yellow ochre</i> <i>Brown ochre</i> <i>Craie argileuse (marne)</i>	<i>Spuma argenti (PbO)</i> <i>Yellow ochre</i>
Black	<i>Atramentum</i>	<i>Atramentum</i> <i>Elephantinum</i>		<i>Suie</i> <i>Charbon de bois</i> <i>Noir d'os</i> <i>Hematite (well crystallized)</i> <i>Hematite (poorly crystallized)</i> <i>Yellow ochre, chauffée</i> <i>Brown ochre, chauffée</i> <i>Cinnabar</i> <i>Minium</i> <i>Minium + red ochre</i> <i>Hydroxyipyromorphiite + red ochre</i>	
Red	<i>Rubrica</i> <i>Sandaraca</i> <i>Minium (Cinnabris)</i> <i>Sandaraca (art.)</i>	<i>Rubica</i> <i>Sinopsis</i> <i>Ocra (art.)</i> <i>Sandaraca</i> <i>Minium</i> <i>Sandyx</i> <i>Syricum</i> <i>Sandaraca (artificial)</i> <i>Sandaraca (fausse)</i>	<i>Sinopsis</i> <i>Rubica</i> <i>Usta</i> <i>Cinnabar</i> <i>Realgar</i> <i>Sandyx or syricum (redlead + rubica or cinnabar)</i> <i>Spuma argenti (PbO)</i>		<i>Red (combination of pigments containing copper, lead and iron)</i>
Green	<i>Aeruca</i> <i>Chrysocolla</i> <i>Creta viridis</i> <i>Chrysocolla (fals.)</i>	<i>Aeruca</i> <i>Chrysocolla</i> <i>Appianum (green earth)</i> <i>Chrysocolla (fals.)</i>	<i>Green earth</i> <i>Malachite</i> <i>Vert-de-gris</i>	<i>Celadonite</i> <i>Glaucanite</i> <i>Chlorite</i> <i>Malachite</i> <i>Vert-de-gris</i> <i>Hematite</i>	<i>Chrysocolla (malachite, copper carbonate)</i>
Purple	<i>Usta</i> <i>Ostrum</i> <i>Ostrum (fals.)</i>	<i>Usta</i> <i>Purpussium</i>	<i>Pourpre foncé: diatomite teintée</i> <i>Pourpre clair: dilution par la craie calcaire</i>		

Tässä tutkimuskohteessa tarkkojen pigmenttianalyysien toteuttaminen ja freskointojen pigmenttien dokumentointi ei ollut sinänsä itsetarkoitus, vaan päämäärinä on ollut myös analyysien avulla saada tietoa värien muuttumisista, pigmenttien käytöstä ja työtekniikoista Pompejin alueella ja samalla kartuttaa kulttuurihistoriallista tietoa esimerkiksi talon omistajan varallisuudesta. Vanhojen kirjallisuuslähteiden perusteella tiedetään, että ainoastaan varakkailla ihmisillä oli mahdollisuus käyttää sinooperia ja muita kalliita pigmenttejä. Näin ollen voin sanoa, että heti alusta alkaen Pompeji-projektin pigmenttitutkimuksilla on ollut konservoinnin materiaalitutkimuksena polyfunktioinen luonne.

Samoin kuin Pompejin pigmenttejä tutkittaessa, myös kadmiumakvarellivärien kemiallisen koostumuksen varmistamisen taustalla on ollut kartoitustyö siitä, mitkä kemialliset koostumukset ja tässä tapauksessa myös *Colour Index* -

numerot kuuluvat kullekin kadmiumpigmentille (3). Kadmiumakvarellivärijulkaisussa esitetystä taulukosta 2 voidaan nähdä, että kadmiumpigmentit voivat sisältää kadmiumin lisäksi metallisina alkuaineina sinkkiä tai jopa elohopeaa ja lisäksi epämetalleina rikkiä ja seleeniä. Kadmiumvärien väriskaala vihertävän-keltaisesta oranssin kautta tummaan punaiseen muotoutuu siten, että kellanvihreissä sävyissä on mukana kadmiumin lisäksi myös sinkkiä, oranssista syvän punaiseen päästään siten, että rikin tilalle tulee enemmän ja enemmän seleeniä. On myös tavallista, että kadmiumpigmenttituotteet sisältävät ylimääräisiä täyteaineita, esimerkiksi valkoista bariumsulfaattia. Bariumsulfaattia sisältäville kadmiumpigmenteille on kuitenkin olemassa omat CI-koodinsa (katso taulukko 2).

TAULUKKO 2 Kadmiumpigmentit, niiden kemiallinen koostumus ja *Color Index* -koodit.

<i>Colour index</i>	<i>Colour</i>	<i>Chemical compositions</i>
PO 20	orange	CdS /Se cadmium sulphoselenide
PO 20:1	orange	CdS/Se + BaSO ₄ cadmium lithopone
PO 23	orange	CdS · HgS Mercadium®
PO 23:1	orange	CdS · HgS + BaSO ₄ cadmium lithopone
PR 108	red	CdSe/S cadmium sulphoselenide
PR 108:1	red	CdSe /S + BaSO ₄ lithopone
PR 113	red	CdS · HgS Mercadium®
PR 133:1	red	CdS · HgS + BaSO ₄ lithopone
PY 35	yellow	Cd/ZnS cadmium zincsulphide
PY 35:1	yellow	Cd/ZnS+ BaSO ₄ lithopone
PY 37	yellow	Cd/ZnS cadmium zincsulphide
PY 37:1	yellow	Cd/ZnS + BaSO ₄ lithopone

EWTEK

Ennen pigmenttianalyysien käynnistämistä kadmiumakvarelliväritutkimuksessa dokumentoitiin ja taulukoitiin myös tutkimuksen kohteena olleiden akvarellivärinäytteiden tuotetiedot sen perusteella, mitä tietoja tuotteesta oli saatavilla.

Sekä Pompeji-projektin että kadmiumakvarelliväritutkimusten yhteydessä kirjallisuuden avulla tehdyt taustatutkimukset osoittavat, että jo ennen pigmenttianalyysien toteuttamista on tiedettävä, mitä mahdollisia kemiallisia koostumuksia ollaan mistäkin näytteestä ja väristä etsimässä. Niiltä osin kuin on mahdollista, on myös selvitettävä, mitä pigmenttejä on käytetty minäkin aikana. Nämä tärkeät taustatiedot voivat myös mahdollistaa kulttuurihistoriallisen kohteen ajoituksen ja varmistaa kohteen autenttisuuden. Toisaalta, jos vanhaan kohteeseen on lisätty restauroinnin ja konservoinnin yhteydessä moderneja pigmenttejä, analyysit voivat paljastaa dokumentoimattomat restauroinnit. Vaikka nykyään pyritään dokumentoimaan tarkkaan restaurointi- ja konservointitoimenpiteiden yksityiskohdat käytettyjä materiaaleja myöten, on hyvin

tavallista, että aikaisemmin tehdyistä restauroinneista ei ole tietoa laisinkaan tai tiedot on dokumentoitu hyvin puutteellisesti.

Pigmenttianalytiikkaa edeltävään taustatyöhön voi käyttää avuksi *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -kurssiaineiston taulukoita, joissa on esitetty tietoja tavallisimmista historiallisista pigmenteistä, niiden kemiallisista koostumuksista ja analyysimenetelmistä.¹⁷¹ Taulukot sisältävät myös tiedot väri- ja *Colour index* -koodeista niiltä osin, kuin niitä on vanhoista pigmenteistä käytettävissä. Esitän kyseiset taulukot 3–8 myös tämän väitöskirjan yhteenvedossa, koska käytän ja referoin näitä taulukoita jatkossa useita kertoja. Taulukkoihin kerätty tieto on peräisin sekä lukuisista eri kirjallisuuslähteistä että myös omista pigmenttitutkimuksistani.

5.4 Taso III, Pigmenttien kemiallinen koostumus ja analyysit

Jo aikaisemmin olen todennut, että silloin, kun halutaan tai on tarpeen käyttää pigmenttiniimiä, väridokumentoinnin lisäksi tarvitaan tiedot kulttuurihistoriallisen kohteen pigmenttien kemiallisista koostumuksista ja että kemialliset koostumukset on tutkittava ja varmistettava analyysien avulla. Analyysimenetelmät voidaan jakaa karkeasti alkuaineanalyysiin ja analyysiin, joilla tutkitaan atomiryhmiä eli alkuaineiden yhdistelmiä. Alkuaineanalyysiä voidaan tehdä esimerkiksi XRF- tai SEM-EDS-laitteilla. Atomiryhmiä puolestaan voidaan tutkia esimerkiksi FTIR/ATR-analyysien avulla.

Miksi tarvitaan ja käytetään useita eri menetelmiä? Tämä johtuu siitä, ettei ole olemassa pelkästään yhtä menetelmää, jolla selviäisi kaikkien eri materiaalien tai edes kaikkien eri pigmenttien koostumukset. Kullakin analyysimenetelmällä ja yksittäisillä mittausrakenteilla on omat rajansa, jonka puitteissa niitä voidaan käyttää ja hyödyntää pigmenttejä tutkittaessa. Nämä menetelmien ja laitteiden rajat on myös tunnettava ja ne on huomioitava, kun suunnitellaan ja tehdään analyysiä.^{172, 173} Tämän vuoksi pigmenttien alkuaineanalyysien ja atomiryhmien tutkimiseen tarvitaan spesialisti, jolla on myös riittävästi käytännön kokemusta pigmenttianalytiikasta.

Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods -opetusmateriaalissa, samoin kuin tähän väitöskirjaan liitetyissä julkaisuissa, on lisää yksityiskohtia muun muassa XRF-, SEM-EDS- ja FTIR/ATR-analyysimenetelmien taustateorioista, EVTEK Muotoiluinstituutissa käytetyistä analyysilaitteista, analyysien suorittamisesta ja lisäksi analyysitulosten tulkitsemisestä (1, 2). Tässä yhteenvedossa esitän kuitenkin joitain esimerkkejä, jotka valottavat edellä mainittujen analyysimenetelmien käyttöä kulttuuriperinnön ja sen säilyttämiseksi tehtävissä pigmenttien ja myös muiden materiaalien tutkimuksissa.

¹⁷¹ Knuutinen 2006, 6–11.

¹⁷² Ciliberto & Spoto 2000, 1–10.

¹⁷³ Knuutinen 2006, 48–85.

White pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application		Colour index	Useful Chemical Tests for Identification ¹⁾	Key-elements (XRF) (leap)	Characteristic VIS-spectrum
			from	until				
White Pigments								
Chalk	CaCO ₃		a.p.	+	C177220 (pigment white 18)	Ca ²⁺ - and CO ₃ ²⁻ -test	{Ca}	
Gypsum	CaSO ₄ x 2H ₂ O		a.p.	+		Ca ²⁺ -test	{Ca}, {S}	
White lead	2PbCO ₃ x Pb(OH) ₂	x	a.p.	+	C177833 (pigment white 11)	Pb ²⁺ - and CO ₃ ²⁻ -test	Pb	
Baryles	BaSO ₄		1800	+	C177120 (pigment white 21)		Ba, {S}	
Zinc white	ZnO		1825/1834	+			Zn	
	ZnS			+	C177975 (pigment white 7)		Zn, {S}	
Lithopone	ZnS + BaSO ₄	x	1847	+			Zn, Ba, {S}	
Titanium white	TiO ₂ (rutile / anatase)	x	1916	+	C177891 (pigment white 6)		Ti	
Antimony white	Sb ₂ O ₃		1920	+	C177052 (pigment white 11)		Sb	
a.p. : Ancient Period	m.a. : Middle Ages		+ : Pigment is still in use					earth pigm. VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments
XRF = X-ray fluorescence leap = light elements ¹⁾ see also chemistry papers								

Yellow pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application from	until	Colour index	Useful Chemical Tests (for Identification *)	Key elements (XRF) [leap]	Characteristic VIS-spectrum
Yellow Pigments								
Yellow ochre	Fe ₂ O ₃ ·nH ₂ O (clay)		a.p.	+	C177402 (pigment yellow 42) C177085 / 77086 (pigment yellow 39)	Fe ³⁺ -test	Fe	earth pigm.
Orpiment	As ₂ S ₃	x	a.p.	+			As, {S}	
Massicot	PbO		a.p.	+	pigment yellow 48	Pb ²⁺ -test	Pb	
Indian yellow	Mg, Ca-salt of eanthranic acid		1620	+	pigment yellow 83	Ca ²⁺ -test		
Naples yellow	Pb ₃ (SbO ₄) ₂ / Pb(SbO ₃) ₂		17th	+	pigment yellow 41	Pb ²⁺ -test	Pb, Sb	
Zinc yellow	K ₂ O·x4ZnO·x4CrO ₃ ·3H ₂ O / ZnCrO ₄ ·x4Zn(OH) ₂		1800		pigment yellow 36		K, Zn, Cr	
Chrome yellow	2PbSO ₄ ·xPbCrO ₄		1818	+	pigment yellow 34	Pb ²⁺ -test	Pb, Cr, {S}	
Cadmium yellow	CdS (+BaSO ₄)	x	1829	+	pigment yellow 37 / 35		As, {S}, Ba	
Cobalt yellow	K ₂ [Co(NO ₂) ₆]·nH ₂ O		1831 / 1851		pigment yellow 40		K, Co	
Titanium yellow	NiO·xSb ₂ O ₃ ·x2TiO ₂				pigment yellow 53		Ni, Sb, Ti	
Strontium yellow	SrCrO ₄				pigment yellow 32		Sr, Cr	
Lead-in yellow	Pb ₂ SnO ₄ / PbSn ₂ SiO ₇					Pb ²⁺ -test	Pb, Sn	
Gamboge	organic resin		1640	+	natural yellow 24			
a.p. : Ancient Period	m.a. : Middle Ages	+ : Pigment still in use		earth pigm.: VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments				
XRF= X-ray fluorescence; {leap}= light elements; *) see wet chemistry papers								



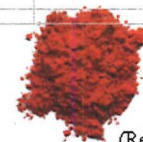
(Lead yellow I)



(Lead yellow II)

Red and orange pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application		Colour index	Useful Chemical Tests for Identification ^{a)}	Key elements (XRF ^{b)} & eap ^{c)}	Characteristic VIS-spectrum
			from	until				
Red and Orange Pigments								
Red lead (minium)	Pb ₃ O ₄		a.p.	+		Pb ²⁺ -test	Pb	
Iron oxide red (ochre)	Fe ₂ O ₃		a.p.	+	C177401 (pigment red 101)	Fe ³⁺ -test	Fe	earth pigm.
Sienna (red earth)	Fe ₂ O ₃ + clay		a.p.	+	C177491 (pigment brown 7)	Fe ³⁺ -test	Fe	earth pigm.
Umber	Fe ₂ O ₃ + MnO ₂ (clay)		a.p.	+	C177491 (pigment brown 7)	Fe ³⁺ -test	Fe, Mn	
Realgar	As ₂ S ₂	x	a.p.	+			As, [S]	
Vermilion/cinnabar	HgS		a.p.	+	pigment red 106		Hg, [S]	x
Chrome red	PbO x PbCrO ₄	x	1800			Pb ²⁺ -test	Pb, Cr	
Molybdate red	7 PbCrO ₄ x 2 PbSO ₄ x PbMoO ₄		1863 / 1921		Molybdate orange (pigment red 3)	Pb ²⁺ -test	Pb, Cr, Mo, [S]	
Cadmium red	CdS + CdSe	x	1892 / 1910	+	C177202 (pigment red 108 / 113)		Cd, [S], Se	
Cadmium vermilion	CdS + HgS		1955	+	C177201 and 77201.1 (pigment red 23 and 23.1)		Cd, Hg, [S]	
Alizarin crimson	organic synthetic anthraquinone		1868		pigment red 83			
Tyrian purple	marine sea fish (murexidae and thaisidae families)		a.p.					
Madder lake	organic pulverized root of plant (Rubia tinctorum)		a.p.	+	natural red 9			
Cochineal	principally carminic acid		a.p.	+				
Dragon blood	organic resin		m.a.	+				
a.p. : Ancient Period	m.a. : Middle Ages	+ : Pigment is still in use		earth pigm.: VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments				
XRF= X-ray fluorescence	eap= light elements	?) see wet chemistry papers						



(Red lead)



(Synt. Vermilion)

Green pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application		Colour index	Useful Chemical Tests for Identification ^(*)	Key elements (XRF) (leap)	Characteristic VIS-spectrum
			from	until				
Green Pigments								
Basic copper sulfate	$Cu_2(SO_4)_2(OH)_2$					Cu^{2+} -test	Cu, (S)	
Green earth	Fe-Mg-Al-K-hydrosilicate	x	a.p.	+	pigment green 23	Fe^{3+} -test	Fe, K	x
Malachite	$CuCO_3 \times Cu(OH)_2$	x	a.p.	18th?		Cu^{2+} - and CO_3^{2-} -test	Cu	(x)
Verdigris	basic or neutral Cu -acet.	x	a.p.	19th?		Cu^{2+} -test	Cu	(x)
	$Cu(C_2H_3O_2)_2 \times nCu(OH)_2$							
Chrysocolla	$CuSiO_3 \times nH_2O$	x	a.p.			Cu^{2+} -test	Cu	
Cobalt green	$CoO \times nZnO$		1780	1919	pigment green 19 / 50		Co, Zn	
Chromium oxide green	Cr_2O_3		1809	+	pigment green 17		Cr	x
Emerald green	$Cu(CH_3COO)_2 \times 3CuAs$	x	1814	20th?		Cu^{2+} -test	Cu, As	
	(Paris green)							
Viridian	$Cr_2O_3(OH)_2$		1859	+	pigment green 18		Cr	x
a.p.: Ancient Period	m.a.: Middle Ages	+: Pigment is still in use		earth pigm.: VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments				
XRF= X-ray fluorescence (leap) = light elements (*) see wet chemistry papers								



(Green earth)



(Malachite)

Blue pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application		Colour index	Useful Chemical Tests for Identification (*)	Key elements (XRF) (leap)	Characteristic VIS-spectrum
			from	until				
Blue Pigments								
Azurite	$2\text{CuCO}_3 \times \text{Cu}(\text{OH})_2$		a.p.	19th ?	pigment blue 30	Cu^{2+} - and CO_3^{2-} -test	Cu	
Egyptian blue	$\text{CaO} \times \text{CuO} \times 4\text{SiO}_2$		a.p.	+	pigment blue 31	Ca^{2+} - and Cu^{2+} -test	Cu, {Ca}	x
Ultramarine blue	natural $(\text{Na}_{10-12}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24})\text{S}_2\text{S}_4$ artificial id.		11th 1926	19th ? +	pigment blue 29		{S} {Al}	x
Smalt	K-Co-Al-silicate / Co-glass ($\text{K}_2\text{O} + \text{SiO}_2 + \text{CoO}$)		1475/1584	19th			Co, {K}	x
Prussian blue	$\text{Fe}_4\text{Fe}(\text{CN})_{12}$		1704	+	pigment blue 27	Fe^{3+} -test	Fe	x
Cerulean blue	$\text{CoO} \times \text{nSnO}_2$				pigment blue 36		Co, Sn	x
Cobalt blue	$\text{CoO} \times \text{Al}_2\text{O}_3$		1804	+	pigment blue 28		Co, {Al}	x
Cobalt violet (cobalt phosphate)	$\text{Co}_2(\text{PO}_4)_2$		1859		pigment violet 14		Co, {P}	
Cobalt violet (cobalt arsenate)	$\text{MgCo}(\text{AsO}_4)_2$						Co, As	
Manganese blue	$\text{BaSO}_4 \times \text{BaMnO}_4$		1935		pigment blue 33		Ba, Mn, {S}	
Indigo	leaves of indigofera		a.p.	+		Indigo-test		x

a.p.: Ancient Period m.a.: Middle Ages +: Pigment is still in use

earth pigm.: VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments

XRF= X ray fluorescence {leap} = light elements *) see wet chemistry papers



(Ultramarine)



(Azurite)

Brown and black pigments

Pigment	Basic Chemical Composition	Variations in chemical composition	Period of Application		Colour index	Useful Chemical Tests for Identification *)	Key elements (XRF) {leap}	Characteristic VIS-spectrum
			from	until				
Brown Pigments								
Umber	Fe-Mn-Al-oxide		a.p.	+	CI 77491 (pigment brown 7)	Fe ³⁺ -test	Fe, Mn, Al	earth pigm.
Brown ochre	Fe ₂ O ₃ × nH ₂ O × SiO ₂ + clay		a.p.	+	CI 77499 (pigment brown 8)	Fe ³⁺ -test	Fe	
Van Dyck Brown	bituminous earth + Fe, Mn		16th	+		Fe ³⁺ -test	Fe, Mn	
Asphaltum	bitumen		17th	+				
Black Pigments								
Antimony black	Sb ₂ O ₃						Sb	
Black iron oxide	FeO × Fe ₂ O ₃		a.p.	+	pigment black 11	Fe ³⁺ -test	Fe	
Charcoal black	C		a.p.	+				
Cobalt black	CoO						Co	
Graphite	C		a.p.	+				
Ivory / bone black	C + Ca ₃ (PO ₄) ₂		a.p.	+	pigment black 9	Ca ²⁺ and PO ₄ ³⁻ -test	{Ca}, {P}	
Lamp black	C		a.p.	+	pigment black 6			

a.p. : Ancient Period

m.a. : Middle Ages

+ : Pigment is still in use

earth pigm.: VIS spectrum is typical to iron containing earth pigments

XRF= X-ray fluorescence

{leap} = light elements

*) see wet chemistry papers



5.4.1 XRF-alkuaineanalyysit

Monilla pigmenteillä on niiden kemiallisen koostumuksen paljastavat "avainalkuaineet", joiden avulla ne voidaan tunnistaa. *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -taulukot sisältävät tietoja useiden pigmenttien osalta kullekin pigmentille tärkeistä avainalkuaineista (katso taulukot 3-8). Röntgenfluoresenssianalyysin avulla voidaan paljastaa pigmenttien ja myös muiden materiaalien alkuainekoostumuksia eli avainalkuaineita. Esimerkiksi raudan maaväristä löytyy rautaa avainalkuaineena, kadmiumpigmenttien avainalkuaine on puolestaan kadmium jne.

XRF-laite ei kuitenkaan kerro sitä, mitä pigmenttiä tai pigmenttejä tutkitavassa pinnassa on tai mille pigmentille tai pigmenteille kulloinkin löydetty alkuaineet kuuluvat. Laite ilmoittaa ainoastaan listan niistä alkuaineista, joita se on pystynyt havaitsemaan. Näin ollen löydetyistä ja todennetuista alkuaineista täytyy tehdä johtopäätökset, joissa huomioidaan sekä eri pigmenttien alkuainekoostumukset (taulukot 3-8) että myös käytössä olevan laitteen rajoitukset tunnistaa eri alkuaineita.

EVTEK Muotoiluinstituutissa XRF-alkuaineanalyysit ovat kuuluneet jo joidakin vuosia rutiinianalytiikkaan. Niitä on tehty yhä enenevässä määrin jo 1980-luvulta lähtien, joten kokemusta on kertynyt parin vuosikymmenen ajalta. Tänä aikana ovat myös XRF-analyysilaitteet kehittyneet siten, että ne ovat yhä helpokäyttöisempiä, nopeampia ja analyysitulokset ovat tarkempia kuin aikaisemmin. Uusien XRF-laitteiden avulla analyysit voidaan tehdä suoraan kulttuurihistoriallisista kohteista *non-destruktiivisesti* ilman erillisiä näytteitä.^{174, 175} Lisää yksityiskohtia eri XRF-laitetyypeistä on *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -kurssiaineistossa ja tämän väitöskirjan mukana olevissa julkaisuissa, joissa on esitettynä XRF-analyysituloksia (1-3).

Tässä yhteenvedossa otan seuraavaksi esille muutamia esimerkkejä pigmenttitutkimustuloksista, joita on saatu XRF-analyysien avulla. XRF-alkuaineanalyysin avulla voitiin esimerkiksi paljastaa, etteivät kaikki kadmiumakvarelliväreinä myydyt tuotteet olleetkaan kadmiumvärejä (3). Joukosta löytyi akvarellivärejä, jotka oli myyty kadmiumväreinä, vaikka ne sisälsivät muun muassa orgaanisia pigmenttejä. Lisäksi tutkimus osoitti, että 24 tutkitusta tuotteesta ainoastaan kahden tuotteen koostumus oli sellainen, joka vastasi tuotteesta saatuja tietoja ja vastasi myös tuotteissa annettuja *Color Index* -koodeja. Taulukossa 9 on esitetty kaikista 24 kadmiumakvarelliväristä mitatut XRF-tulokset. Taulukkoon on lihavoitu ne ylimääräiset alkuaineet, jotka eivät kuuluneet tuotetietojen mukaiseen alkuainekoostumukseen. Ne neljä akvarelliväriä, joista ei löytynyt lainkaan kadmiumia, on merkitty taulukossa kysymysmerkillä ja maininnalla orgaaninen. Mitä orgaanisia tai mahdollisesti epäorgaanisia pigmenttejä oli käytetty "imitoimaan" kadmiumvärejä, sitä ei tutkittu tässä yhteydessä muun muassa sen vuoksi, että XRF-analyysit eivät sovellu orgaanisten yhdisteiden tutkimiseen.

¹⁷⁴ Glinsman 2005, 3-17.

¹⁷⁵ Knuutinen 2006, 48-60.

ELEMENTS DETECTED BY XRF FROM SAMPLES 1-12

<i>Sample</i>	<i>Elements/Manufacturer</i>	<i>Elements/XRF-spectra</i>	<i>Comments</i>
1.	Cd, Zn	Cd, Zn	
2.	Cd, Se	Cd, Se, Ba	
3.	-	-	organic?
4.	-	-	organic?
5.	Cd, Zn	Cd, Zn, Ba	
6.	Cd, Se	Cd, Zn , Se, Ba	
7.	Cd, Se	Cd, Zn , Se, Ba	
8.	Cd, Zn	Cd, Zn, Ba , Sr	
9.	Cd, Zn	Cd, Zn, Ba , Sr	
10.	Cd, Zn, Se	Cd, Zn, Se, Ba , Sr	
11.	Cd, Zn, Se	Cd, Zn, Se, Ba , Sr	
12.	Cd, Zn	Cd, Zn, Ba	

ELEMENTS DETECTED BY XRF FROM SAMPLES 13-24

<i>Sample</i>	<i>Elements/Manufacturer</i>	<i>Elements/XRF-spectra</i>	<i>Comments</i>
13.	Cd, Se	Cd, Se, Ba, Sr	
14.	Cd, Se	Cd, Se, Ba, Sr	
15.	Cd, Se	Cd, Zn , Se, Ba	
16.	Cd, Zn	Cd, Zn	
17.	Cd, Zn, Se	Cd, Zn, Se, Ba	
18.	Cd, Se	Cd, Se, Ba	
19.	-	Ba	
20.	-	-	organic?
21.	-	-	organic?
22.	-	Cd, Zn	
23.	-	Cd, Zn	
24.	-	Cd, Se, Sr	

Tuotteiden myyjät eivät olleet myöskään ilmoittaneet värikoodeja huomioiden, että kyseessä olivat bariumsulfaattilla laimennetut kadmiumpigmenttituotteet eli kadmopinit, joille on olemassa oma *Colour Index* -koodinsa. Mitä enemmän tuote sisältää bariumsulfaattia, sen halvempi se on raaka-aineiltaan. Koska kadmiumpigmentit ovat itsessään hyvin värivoimaisia, niitä voidaan helposti laimentaa valkoisella täytepigmentillä, bariumsulfaattilla.

Useat kadmiumakvarellivärit sisälsivät myös sinkkiä. Kuten aikaisemmin olen jo maininnut, tutkimuksessa havaittiin, että nämä sinkkiä sisältävät kadmiumpigmentit ovat myös valoherkkiä. Vaikka tämä tutkimus oli tehty siitä näkökulmasta, että haluttiin tutkia retusoinnissa käytettyjen kadmiumvärien koostumuksia ja ominaisuuksia,¹⁷⁶ saatiin samalla tietoa myös kadmiumvärien ikääntymisominaisuuksista ja erityisesti sinkkipitoisten kadmiumvärien valoherkkyydestä. Saadut tutkimustulokset eivät näin ollen palvele pelkästään silloin, kun tehdään valintoja retusointiin käytettävistä akvarelliväreistä, vaan niitä voidaan hyödyntää myös sinkkipitoisia kadmiumpigmenttejä sisältävien kohteiden, esimerkiksi taideteosten ja maalipintojen, ikääntymisongelmien yhteydessä. Vaikka tässä tapauksessa oli lähdetty tutkimaan kadmiumvärien soveltuvuutta konservointiin, se tuotti lisäksi uutta tietoa taidekokoelmien säilyttämistä varten. Myös se tieto, jota oli kerätty kadmiumpigmenttien kemiallisista koostumuksista, voidaan hyödyntää analysoitaessa ja dokumentoitaessa kulttuurihistoriallisia kohteita, jotka sisältävät kadmiumvärejä. Tämä tutkimus tuloksineen muodostaa samalla selkeän esimerkin konservoinnin materiaalitutkimuksen polyfunktiooluonteesta.

Pigmenttien avainalkuaineita saattaa löytyä myös silloin, kun originaalin pigmentin väri ja kemiallinen koostumus on muuttunut alkuperäisestä huomattavasti. Tällaisessa tapauksessa pelkkä väripinnan silmämääräinen dokumentointi ja tutkiminen NCS-värijärjestelmän tai VIS-spektri- ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittausten avulla eivät pysty antamaan juuri minkäänlaista tulosta. Mielenkiintoisen esimerkin tällaisesta tapauksesta tarjoavat Marcus Lucretiuksen talon seinäpinnat ja seinämaalaukset. Jo aikaisemmin olen maininnut, että haluttiin saada selville, löytyykö talosta kalliita pigmenttejä, esimerkiksi sinooperia, joka on elohopeasulfidia. Tärkein todennettava avainalkuaine on tässä tapauksessa elohopea. Pompejin kaivausalueella sijaitsevasta talosta löytyikin yhdestä huoneesta, *tricliniumista*, seinäpinnoilta suuria elohopeapitoisuuksia, mikä varmisti sinooperin käytön. Tämän tiedon perusteella arkeologit ja taidehistorioitsijat saattoivat tehdä johtopäätöksiä talon omistajan varallisuudesta.

Sinooperi ja sen sisältämä elohopea oli mahdollista tunnistaa XRF-analyysien avulla siitäkin huolimatta, että sinooperi oli muuttanut väriään liikkaisen tumman harmaaksi.

Saman huoneen, *tricliniumin*, tärkeimpiä seinämaalauksia on säilytetty ensimmäisten kaivauksien jälkeen, jo noin 150 vuotta, Napolin arkeologisessa museossa. Museossa säilytetyistä seinämaalauksista löydettiin myös XRF-tutkimusten avulla elohopeaa, eli niissä oli käytetty aikoinaan sinooperia. Museossa sisätiloissa olleiden seinämaalauksien sinooperipintojen väri oli kuitenkin

¹⁷⁶ Knuutinen 2003, Knuutinen 2004 ja Knuutinen ja Paulus 2004.

yhä punainen, tummanpunainen. Onko tummanpunainen sävy alkuperäinen vai onko sekin muuttunut originaalista ja missä määrin, sitä on mahdotonta sanoa tässä tapauksessa pelkästään VIS-spektrien ja XRF-tutkimustulosten perusteella. Koska kuitenkin sinooperin punaisen värin häviäminen ja seinäpintojen muuttuminen harmaaksi on tapahtunut kaivausalueella ulko-olosuhteissa, eikä vastaavia harmaantumista ole havaittavissa museossa säilytyksessä olevissa freskoissa, voidaan tehdä se johtopäätös, että *tricliniumin* sinooperi ei ole menettänyt väriään Vesuviuksen purkauksen yhteydessä, vaan vasta myöhemmin. Todennäköisesti se on tapahtunut sen jälkeen, kun ensimmäiset kaivaukset on tehty noin 150 vuotta sitten, minkä jälkeen sinooperia sisältävät väripinnat ovat vielä joutuneet kaivausalueella ulko-olosuhteissa alttiiksi valolle.

Arkeologiset ja taidehistorialliset todisteet puhuvat myös sen puolesta, että sinooperin väri olisi ollut tallella purkauksen jälkeen, sillä muun muassa kaivausselostuksista ja maalauksista tehdyistä jäljennöksistä käy ilmi, että Marcus Lucretiuksen taloa esiin kaivettaessa maalaukset olivat väreiltään suhteellisen hyvässä kunnossa.¹⁷⁷

Lisää mielenkiintoa näissä tutkimuksissa havaittuun sinooperin värimuutokseen on tullut sen vuoksi, että vaikka on tiedetty jo kauan, että sinooperi saattaa muuttua valon vaikutuksesta, itse mekanismista ja sinooperin kemiallisen koostumuksen muuttumiseen liittyvistä yksityiskohdista ei ole vielä ollut tarkkaa tietoa. Sitä ollaan vasta tällä vuosituhannella parhaillaan tutkimassa.^{178, 179, 180, 181} Näin konservoinnin materiaalitutkimus on tuomassa esille uusia piirteitä myös vanhojen antiikin materiaalien ominaisuuksien ymmärtämiseen. Aikaisemmin esitetty teoria sinooperin muuttumisesta punaisesta alfa-muodosta mustaksi beeta-muotoiseksi sinooperiksi ei enää nykyisten tutkimustulosten perusteella pidä paikkaansa ainakaan Pompejista löytyvien sinooperijäänteiden kohdalla. Kuitenkaan pelkät XRF-analyysit eivät riitä selvittämään sitä, miten sinooperin kemiallinen koostumus on muuttunut, vaan tarvitaan käyttöön myös muita analyysimenetelmiä, joihin palaan vielä uudestaan tässä yhteenvedossa.

Tähän oli siis tultu Marcus Lucretiuksen talon sinooperin kanssa. Lähtökohta oli konservoinnin materiaalitutkimuksen kannalta jo alkujaan polyfunktioinen, kuten aikaisemmin olen maininnut. Kuitenkin samalla kun saatiin todisteet siitä, että talosta löytyi sinooperia, törmättiin uuteen tutkimusalueeseen, sinooperin ikääntymiseen, tummumiseen ja muuttumiseen – siis mekanismiin, jota ei vielä täysin tunneta. Kuvaan mukaan on tullut tämän vuoksi uusia funktioita, ja tutkimuksen suunta on muuttunut sinooperin osalta jatkotutkimusten myötä sinooperin ominaisuuksien ja ikääntymisen tutkimukseksi. Nämä uudet tutkimustulokset tulevat hyödyttämään myös sinooperia sisältävien kulttuurihistoriallisten kohteiden ennaltaehkäisevää konservointia, koska niiden avulla

¹⁷⁷ Tammisto ja Kuivalainen 2008, 73–103.

¹⁷⁸ Knuutinen et al. 2007a-c.

¹⁷⁹ Knuutinen 2007a.

¹⁸⁰ Keune & Boon 2005, 4742–4750.

¹⁸¹ Cotte et al. 2006, 7484–7492.

tullaan saamaan tarkkaa tietoa siitä, miten ja miksi sinooperi muuttuu ja miten muutoksia voidaan ehkäistä.

Vaikka XRF-analyysien avulla voidaan selvittää monia avainalkuaineita eri pigmenteistä, tutkimustulosten ulkopuolelle jäävät yhä vielä keveimmät alkuaineet (katso taulukot 3–8). Esimerkiksi lapis lazulin eli luonnon ultramariinin sinisen sisältämät alkuaineet Na (natrium), Al (alumiini) ja Si (pii) ovat sellaisia, joita ei pystytä tunnistamaan tavallisilla XRF-laitteilla. Kaikkia alkuaineita ei pystytä siis selvittämään XRF-analyysin. On myös mahdollista, että vaikka analyysitulokset itsessään ovat oikein ja luotettavia, on mahdollista tehdä virheellisiä johtopäätöksiä. Tämä sen vuoksi, että alkuainekoostumustiedot eivät itsessään kerro vielä sitä, missä muodossa ja minkälaisina atomiryhminä ne esiintyvät kulloinkin tutkittavassa kohteessa. On olemassa myös useita pigmenttejä, joilla on keskenään samoja avainalkuaineita, jolloin analyysitulosten johtopäätöksiä tehtäessä on huomioitava kaikki mahdolliset eri vaihtoehdot, joihin tulokset sopivat.

XRF-analyysin avulla tunnistettavien alkuaineiden kohdalla eri alkuaineiden tunnistamiseen liittyy myös pitoisuusrajoja muutamasta kymmenestä ppm:stä (miljoonasosasta) viiteen prosenttiin (sadasosaan). Lisäksi tulosten tulkintaa vaikeuttaa se, että kohteessa, jonka pigmenttejä tutkitaan, voi olla useita eri värikerroksia tai yhdessäkin värikerroksessa voi olla seoksena useita eri pigmenttejä.^{182, 183} Tällöin XRF-tulosten rinnalle tarvitaan lisäksi mikroskooppitutkimuksia, joiden avulla saadaan tietoa kohteen väripinnan rakenteesta ja siitä, kuinka monta eri pigmenttiä on todennäköisesti käytetty ja missä kerroksissa esiintyy mitään pigmenttejä. Tällaisissa tapauksissa on usein tarpeen tutkia vielä erikseen yksittäisten pigmenttien kemialliset koostumukset SEM-EDS:llä.¹⁸⁴

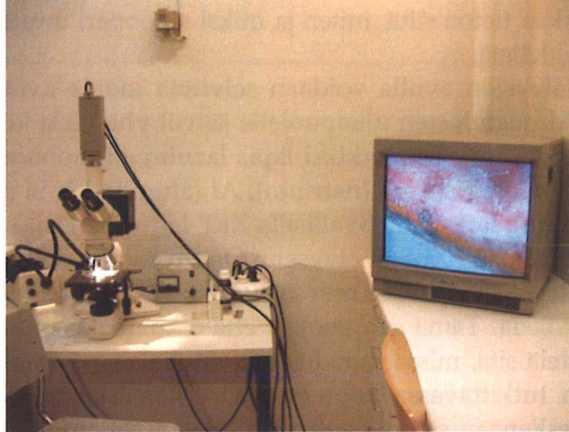
5.4.2 Poikkileikkausnäytteet

Maalikerroksista voidaan tehdä esimerkiksi kaksikomponenttihartsin valaen poikkileikkausnäytteitä, jotka voidaan dokumentoida valokuvaamalla. Kuvassa 13 on esitetty EVTEK Muotoiluinstituutin Leica-valomikroskooppi ja siihen liitetty videonäyttö, jolla voidaan tarkastella poikkileikkausnäytteitä. Tällaiset mikronäytteen tehdyt analyysit saattavat myös paljastaa uutta tietoa vanhojen materiaalien käytöstä ja materiaalien käyttöön liittyvistä työtekniikoista.

¹⁸² Glinsman 2005, 3–17.

¹⁸³ Knuutinen 2006, 22 ja 23.

¹⁸⁴ Stuart 2007, 91–95.

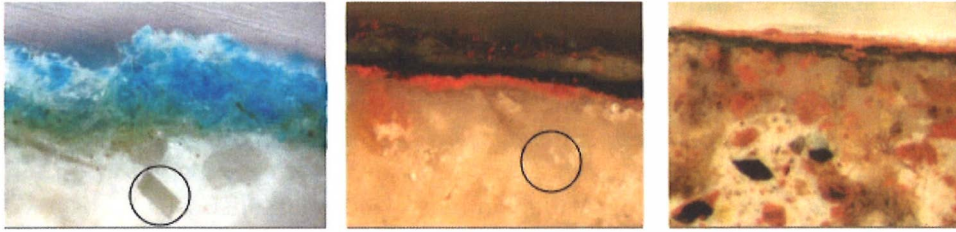


KUVA 13 Poikkileikkausnäytteiden tutkimista Leica DMLS -mikroskoopin ja siihen kytketyn monitorin avulla. Kuva Helena Wassholm.

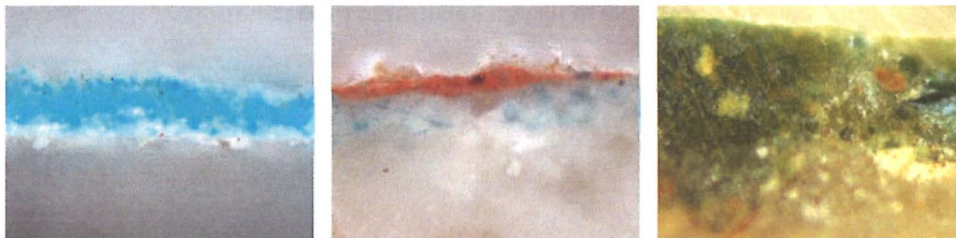
Esimerkkinä tässä yhteydessä mainitsen tutkimustuloksia, joita poikkileikkausnäytteet ovat tuoneet esille Pompeji-projektin yhteydessä. Sen lisäksi, että Marcus Lucretiuksen talosta on tutkittu niin sanottuja neljännen tyylin maalauksia, jotka oli tuotettu jossain vaiheessa ennen Vesuviuksen purkausta, on myös aloitettu tutkimaan EPUH-tutkimusryhmän tekemien kaivausten yhteydessä löytämiä toisen tyylin maalauksen palasia eli fragmentteja.¹⁸⁵ Fragmentteissa esiintyvien värien ja kuva-aiheiden perusteella ne on ajoitettu noin 40–80 eKr. Vaikka tutkimukset jatkuvat edelleen, voin jo nyt sanoa, että toisen ja neljännen tyylin seinäpinnoissa ja maalauksissa on käytetty ainakin osittain erilasta työtekniikkaa. Neljännen tyylin freskoissa väripigmenttejä on käytetty pohjustuksen eli *intonacon* päällä joko yksittäisinä värikerroksina tai kerroksittain, kuten kuvat 14/1a, 15/2a ja 15/2b osoittavat. Poikkileikkausnäytteessä 14/1a:ssa on esimerkiksi päällekkäin eri kerroksissa vihreä ja sininen, jonka avulla on saatu aikaan turkoosi sävy. Sen sijaan toisen tyylin maalipinnoista löytyy yksittäisten pigmenttien sisältämien maalikerrosten lisäksi yhdestä ja samasta kerroksesta useita eri pigmenttejä, keltaista, vihreää ja sinistä.

Kuvassa 15/2c on esitetty toisen tyylin maalauksen poikkileikkaus, jossa näkyy erivärisiä pigmentinpartikkeleja, keltaista, sinistä ja vihreää samassa värikerroksessa. Tämä vihreä seosväri on mielenkiintoinen sen vuoksi, että se liittyy tapaan, jolla kreikkalaiset käyttivät Egyptin sinistä. Vuosina 40–80 eKr. elettiin Kreikan maailmanvallan lopun aikaa. Marcus Lucretiuksen talon neljännen tyylin maalauksista, jotka ajoittuvat ennen Vesuviuksen purkausta (vuonna 79 jKr.) Rooman maailmanvallan alkupuolelle, ei ole löytynyt Egyptin sinistä käytettynä seoksena yhdessä maavihreän kanssa.

¹⁸⁵ Castren et al. 2007.



KUVA 14 Mikroskooppikuvattuja poikkileikkausnäytteitä toisen ja neljännen tyylin seinämaalauksipinnoista, oikealta vasemmalle:
1 a. Näyte 2/10 (4. tyyli), 1 b. Näyte 3Q (2. tyyli), 1 c. Näyte 1CC (2. tyyli)¹⁸⁶



KUVA 15 Mikroskooppikuvattuja poikkileikkausnäytteitä toisen ja neljännen tyylin seinämaalauksipinnoista, oikealta vasemmalle:
2 a. Näyte 1/2 (4. tyyli), 2 b. Näyte 1/8 (4. tyyli), 2 c. Näyte, Green A (2. tyyli)¹⁸⁷

Poikkileikkausnäytteet ovat paljastaneet myös eroja toisen ja neljännen tyylin laastien *intonaco*-kerroksissa. Neljännen tyylin laastien kalsiumkarbonaatit ovat huomattavasti karkeajakoisempia kuin toisen tyylin laastit, ja laastikerroksista löytyy suuria kalsiumkarbonaattipartikkeleita (katso kuva 14/1a ja 14/1b). Lisäksi toisen tyylin laasteista löytyy mielenkiintoisia värillisiä seoslaasteja, jotka näyttävät olevan jonkinlaista rakennuslaastien ja maalipintojen kierrätysmateriaalia (katso kuva 14/1c). Kyseessä on ollut selvästi antiikin ajan tapa käyttää ja kierrättää rakennusmateriaaleja. Toisen ja neljännen tyylin *intonaco*-kerrosten FTIR/ATR-laastianalyseistä esitän vielä lisää yksityiskohtia myöhemmin.

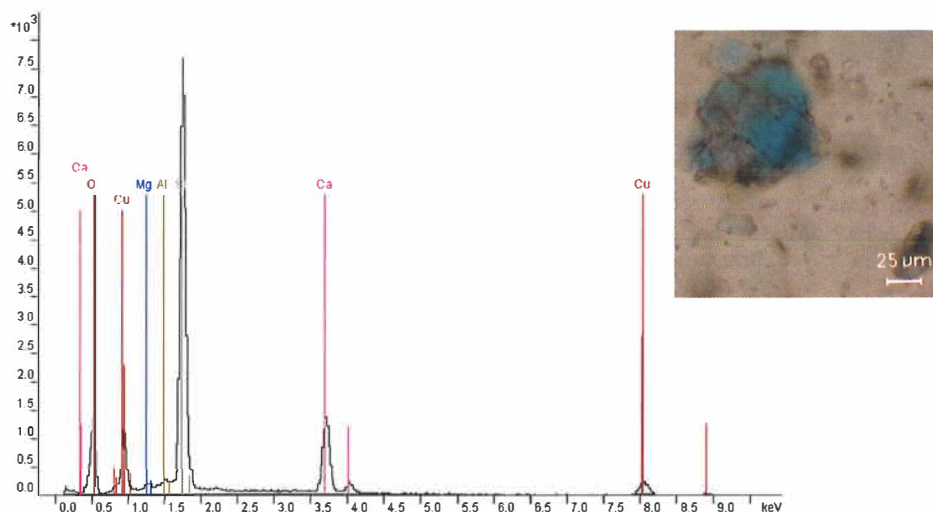
5.4.3 SEM-EDS-analyysit

Poikkileikkausnäytteitä voidaan hyödyntää myös silloin, kun tarvitaan alkuainetietoja yksittäisistä pigmenttipartikkeleista tai kun riittävän selvää tulosta ei ole saatu vielä XRF-analyysien avulla. Esimerkiksi lapis lazuli sisältää niin keveitä alkuaineita, ettei niiden havaitseminen ole mahdollista sellaisilla XRF-laitteilla, joita on ollut käytössä EVTEK Muotoiluinstituutissa. On lisäksi pig-

¹⁸⁶ Knuutinen 2007a ja Knuutinen et al. 2007c.

¹⁸⁷ Sama.

menttejä, joilla on samoja avainalkuaineita. Tällöin joudutaan tekemään jatko-analyyskejä esimerkiksi SEM-EDS- ja/tai FTIR/ATR-laitteilla. Esimerkiksi antiikin pigmenteissä on kaksikin eri kuparia sisältävää sinistä pigmenttiä, asuriitti ja Egyptin sininen. Avainalkuaineen, kuparin lisäksi ne sisältävät kummatkin niin keveitä muita alkuaineita, ettei Egyptin sinisen ja asuriitin erottaminen toinen toisistaan onnistu pelkästään XRF-analyysin. Kuten Pompeji-projektin yhteydessä tehdystä "Roman Wall paintings" -taustakirjallisuustaulukosta voi havaita, kaikki edellä mainitut siniset pigmentit, asuriitti, lapis lazuli ja Egyptin sininen, mainitaan Rooman ajan freskomaalauksien taustakirjallisuudessa (taulukko 1 ja taulukko 7). Niinpä yksittäisistä sinisistä pigmenttipartikkeleista tehtiin SEM-EDS-analyysit, jotka paljastivat sen, että kyseessä on nimenomaan Egyptin sininen, jota kutsutaan myös Pompejin siniseksi (katso kuva 16). Sen koostumukseen kuuluu kuparin lisäksi kalsiumia, piitä ja happea.



KUVA 16 Sinisten pigmenttipartikkeleiden SEM-EDS-spektri ja PLM-mikrokuva ylhäällä oikealla. SEM-EDS-spektrissä alkuaineista saatava informaatio muodostuu energiaspektrinä. PLM-mikrokuva ja SEM-EDS-analyysi Seppo Hornytzkyj, Microfocus Oy.

Pompejin sinistä pidetään ensimmäisenä keinotekoisena pigmenttinä. Se on yksi kestävimmistä pigmenteistä ja juuri sen vuoksi kyseinen sininen väri on säilynyt sävyltään kirkkaana Marcus Lucretiuksen talossa meidän päiviimme asti. Kuitenkin ilman konservoinnin materiaalitutkimuksen käyttämiä analyysimenetelmiä ei olisi mitenkään ollut mahdollista selvittää, mikä on Marcus Lucretiuksen talon sinisten väripintojen tarkka kemiallinen koostumus, ja tietää, mikä nimenomainen pigmentti on kyseessä. SEM-EDS-analyysien lisäksi sinisiä pigmenttipartikkeleita tutkittiin PLM:n (polarisaatiomikroskoopin) avulla, jolloin paljastui myös Egyptin sinisten pigmenttipartikkeleiden karkeajakoisuus. PLM-

kuvassa (kuva 16, PLM-mikrokuva) olevan partikkelin koko on yli 50 μm .¹⁸⁸ Vastaavasti Lucretiuksen talon sinooperipartikkelit ovat olleet kooltaan jopa vain alle 5 μm . Lisää yksityiskohtia Egyptin sinisestä ja sen tutkimisesta on varsinaisessa julkaisussa (1).

SEM-EDS-analyysien on jatkettu myös sinooperin värinmuutokseen liittyviä tutkimuksia. Kuten aikaisemmin mainitsin, sinooperin tummumisen ajateltiin liittyvän sinooperin muutokseen punaisesta alpha-muodosta mustaan beeta-muotoon. Tämä tieto oli myös itselläni lähtöolettamuksena. Muutos alpha-muodosta mustaan beeta-muotoon on kuitenkin fysikaalinen, eikä siihen liity kemiallisen koostumuksen muutosta. Mutta uudet tutkimukset ovat paljastaneet jotain muuta. Elektronimikroskoopin avulla on ollut mahdollista tutkia Marcus Lucretiuksen talon *tricliniumin* seinäpintojen yksittäisiä tummuneita sinooperipigmenttipartikkeleita ja todeta niiden sisältävän elohopeakloridiyhdisteitä (katso kuva 17). Tällä hetkellä tiedetään, että kloori ja kenties muutkin halogeenit ovat osallisia sinooperin kemiallisessa muutosprosessissa, fotodegradaatiossa.^{189, 190, 191} Halogeeneja on luontaisesti meri-ilmastossa, mutta niitä on voinut joutua seinä- ja seinämaalauspinnoille myös esimerkiksi seinäpintojen suojaamiseen käytettyjen vahojen myötä.

Vanhat materiaalioppikirjat kuvailevat, kuinka ”Punic wax” -vahaa tehtiin mehiläisvahasta keittämällä sitä merivedessä. Merivesi sisältää merisuolaa ja siten myös klorideita. Koska jo antiikin aikana tiedettiin sinooperin valoherkkyydestä, sinooperipintoja pyrittiin suojaamaan valolta esimerkiksi vahojen avulla.¹⁹² Nyt uusimpien materiaalitutkimustulosten myötä on ilmeistä, että jos käytössä on ollut merivedessä keitetty suoloja sisältävä vaha, sen avulla on pikemminkin joudutettu sinooperin kemiallista muuttumista ja punaisen värin menettämistä. Tämä tilanne on oiva esimerkki siitä, miten ihminen on menneisyydessä ottanut käyttöön suoraan luonnosta tai valmistanut itse uusia materiaaleja tai materiaaliyhdistelmiä niin, että käyttöänoton hetkellä ei ole ollut vielä tietoa materiaalin kemiallisesta koostumuksesta ja niiden ominaisuuksista tai materiaalien keskinäisistä vaikutuksista toinen toisiinsa. Vasta myöhemmin tällä vuosituhanella on paljastunut kulttuurihistoriallisia kohteita tutkittaessa menneisyydessä käytettyjen materiaalien ja materiaaliyhdistelmien todellinen ”luonne”.

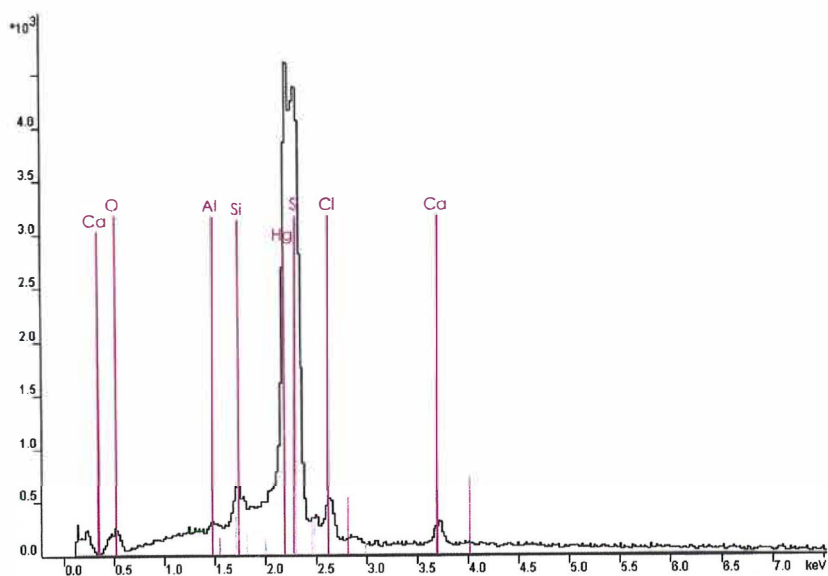
¹⁸⁸ μm tarkoittaa mikrometriä eli metrin miljoonasosaa.

¹⁸⁹ Knuutinen et al. 2007a-c.

¹⁹⁰ McCormack 2000, 796–798.

¹⁹¹ Cotte et al. 2006, 7484–7492.

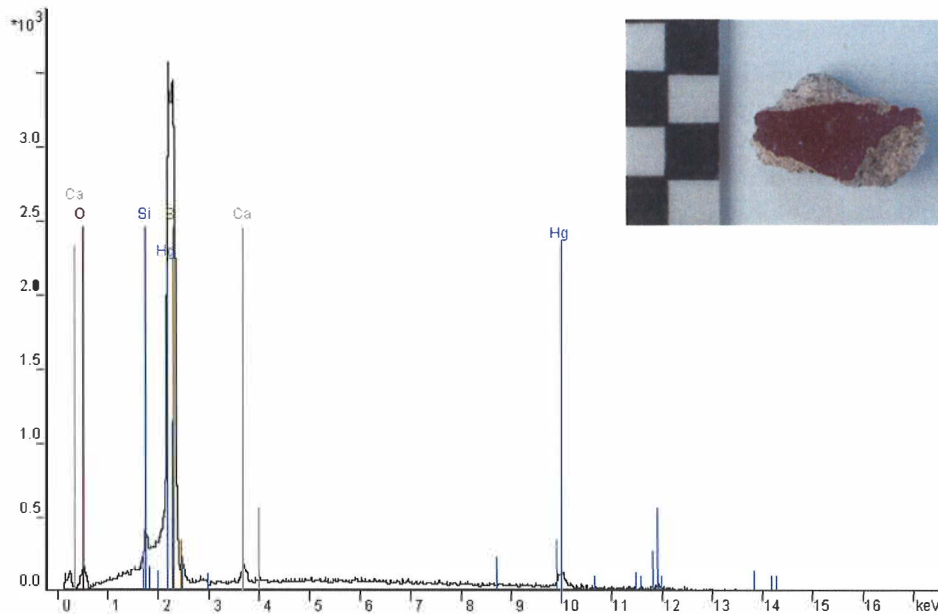
¹⁹² Pliny 1th Century AD/ Translated 1961.



KUVA 17 Marcus Lucretiuksen talon *tricliniumin* seinäpinnan tummuneen sinooperin SEM-EDS-spektri, 4. tyylin näyte, koodi 16/55. SEM-EDS-analyysi Seppo Hornytzkij, Microfocus Oy. Kuva Helena Washholm.

Mitä kaikkia eri kemiallisia yhdisteitä ja sinooperin muuttumis- ja hajoamistuotteita esiintyy Marcus Lucretiuksen talon seinäpinnoissa ja mahdollisesti myös Napolissa museossa olevissa neljännen tyylin seinämaalauksissa, ei vielä tiedetä, koska tähän tutkimusosioon on ollut käytettävissä hyvin rajallinen määrä mikronäytteitä ja muun muassa museosta olevista seinämaalauksista ei ole ollut mahdollista edes ottaa mikronäytteitä. Toisaalta nyt tiedetään kuitenkin, että ilman valoa ja halogeeneja sinooperin väri voi pysyä muuttumattomana. Toisen tyylin fragmenttien sinooperi onkin säilyttänyt ainakin toistaiseksi kirkkaan värinsä. SEM-EDS-analyyseissä ei ole myöskään löytynyt fragmenttien sinooperinäytteistä elohopeakloridiyhdisteitä (katso kuva 18).

Marcus Lucretiuksen talon sinooperin muuttumiseen liittyviä tutkimustuloksia olen esittänyt keväällä 2007 Milanossa Conservation Science -kongressissa ja Strasbourgissa E-MRS Spring Meetingissä.



KUVA 18 Toisen tyylin kirkkaan punaisen fragmentin SEM-EDS-spektri ja valokuva fragmenttinäytteestä. Red A. Spektrin mukaan näyte ei sisällä klooria, eikä siis elohopeakloridiyhdisteitä. SEM-EDS-analyysi Seppo Hornytkyj, Microfocus Oy.

Sinooperin muuttumisesta ja muista pigmenttitutkimuksista saatuja tuloksia, joita on saatu aikaan Pompeji- projektin yhteydessä, on voitu käyttää heti tuoreeltaan siten, että hyödyntämisellä on myös selkeä museaalinen konteksti. Amos Andersonin taidemuseon Pompeji-näyttelyä varten maalattiin kesän ja syksyn 2007 aikana EVTEK Muotoiluinstituutissa muutamia Marcus Lucretiuksen talon freskojen rekonstruktioita. Rekonstruktioihin käytetyt pigmentit valittiin huomioiden freskojen originaalipigmenttikoostumukset. Sinooperin tilalle valittiin sävyiltään ja VIS-spektrikäyttäytymiseltään mahdollisimman samankaltainen, mutta sinooperia kestävämpi punainen pigmentti, kadmiumin punainen.^{193, 194} Myös toisen tyylin kirkkaanpunaista originaalisinooperia sisältävien fragmenttien ja fragmenteista koottujen rekonstruktioiden näytteille asettamisessa ja varastoinnissa on kiinnitetty huomiota sinooperipintojen valoherkyyteen ja siihen, että ne eivät pääsisi turhaan konservointitoimenpiteiden, näyttelyn ja säilytyksen aikana "kontaminoitumaan" klorideilla tai muilla halogeenilla.^{195, 196}

¹⁹³ Räsänen ja Wassholm 2008,

¹⁹⁴ Buxbaum (edit.) 1993, 107–114. Kadmiumvärejä saa käyttää yhä taiteilijakäytössä.

¹⁹⁵ Häyhä et al. 2007 ja Häyhä 2008, 195–197.

¹⁹⁶ Knuutinen ja Mannerheim 2008, 187–193.

5.4.4 FTIR/ATR-analyysit

Vaikka SEM-EDS-analyysien ja osittain myös XRF-analyysien avulla saadaan väridokumentoinnissa ja pigmenttianalyyseissä tietoa pigmenttien alkuainekoostumuksista, ne eivät paljasta kuitenkaan sitä, minkälaisia atomiryhmiä tutkimuksen kohteena oleva pigmentti sisältää. Tämän vuoksi alkuaineanalyysien jälkeen voidaan joutua tutkimaan myös pigmenttinäytteiden atomiryhmiä. Tähän soveltuu esimerkiksi IR (infrapuna)-spektroskopia.^{197, 198} On olemassa useita eri IR-spektroskopian muotoja, joita voidaan käyttää pigmenttien analysointiin. EVTEK Muotoiluinstituutissa on tehty IR-analyysejä ensin FTIR- ja DRIFTS-tekniikoilla, ja nyt uusimpana laitteistona on FTIR/ATR-versio.^{199, 200} Lisäksi silloin, kun on ollut tarpeen tehdä FTIR-mikroskooppianalyysejä, on toimittu yhteistyössä Tikkurila Oy:n analyttisen laboratorion kanssa. Lisää yksityiskohtia IR-analytiikasta on *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -opetusjulkaisussa ja tähän väitöskirjaan liitetyissä julkaisuissa, joissa IR-analytiikkaa on käytetty tutkimusmenetelmänä (1, 2, 4, 5, 6).

Esimerkkinä pigmenttien FTIR/ATR-analyyseistä esitän tässä yhteydessä maavihreän tutkimista Pompeji-projektissa. Tämän esimerkin avulla haluan valottaa myös sitä, miksi usein täytyy käyttää peräkkäin useita eri analyysimenetelmiä. Maavihreänäytteistä oli tutkittu ensin VIS-spektri ja tehty XRF-analyysit ja sen jälkeen vielä yksittäisistä vihreistä partikkeleista ajettu SEM-EDS-alkuaineanalyysit (katso taulukko 6). Kaikki nämä tehdyt analyysit todensivat sen, että kyseessä on maavihreä, mutta maavihreää on olemassa useita eri mineraalimuotoja, joista kahdella pigmentillä on kuitenkin identtiset alkuaineosuudet. Kumpaan näistä mineraalimuodoista, glaukoniittia ja seladoniittia on raportoitu löytyvän Rooman ajan freskoista (katso taulukko 1). Toisaalta useista ”Roman Wall paintings” -tutkimustuloksista puuttuu kokonaan tarkka mineraalitieto.²⁰¹

Marcus Lucretiuksen talo neljännen tyylin seinämaalauksen maavihreä pigmentti osoittautui FTIR/ATR-analyyseissä seladoniitiksi. Kuvassa 19 on esitetty neljännen tyylin maavihreänäytteen FTIR/ATR-spektri.

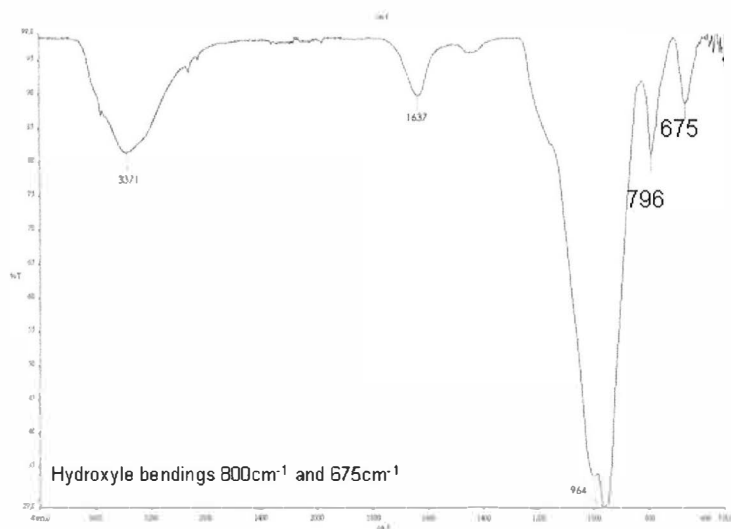
¹⁹⁷ Stuart et al. 1998, 1–13, 32–74.

¹⁹⁸ Derrick et al. 1999. Koko kirja sisältää IR-spektroskopian sovellutuksia konservoinnin materiaalitutkimuksen tarpeisiin. Se ei kuitenkaan sisällä vielä IR:n uusimpia tekniisiä versioita, kuten esim. ATR:ää.

¹⁹⁹ DRIFTS (Diffuse reflection infrared Fourier transform spectroscopy)

²⁰⁰ ATR (Attenuated total reflectance)

²⁰¹ Hardil et al. 2003, 223–236.



KUVA 19 Neljännen tyylin maavihreänäytteen (näytekoodi 16/85) FTIR/ATR-spektri. Spektri-informaatio muodostuu IR-aaltolukualueiden transmission eli läpimenevän IR-säteilyn spektrinä.

Seladoniitin tunnistamisen perustin IR-spektrissä näkyviin seladoniitille tyypillisiin sormenjälkiin. Lisää yksityiskohtia maavihreän ja myös muiden pigmenttien FTIR/ATR-analyyseistä ja niiden tuloksista on *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -opetusjulkaisussa ja Pompeji-projektin tuloksissa (1, 2).

Edellä esitetyt tutkimusmenetelmät, NCS-värijärjestelmä, VIS-spektroskopia, XRF, SEM-EDS ja FTIR/ATR, muodostavat ikään kuin portaikon, jonka mukaan voi edetä havainnoitaessa värejä, sävyjä ja tutkittaessa tarkasti pigmenttien yksityiskohtaisia kemiallisia koostumuksia siirtyen samalla ensimmäiseltä analyttisen työskentelyn tasolta toisen tason kautta kolmanteen tasoon. Tämän analyysiportaikon kanssa työskentely ja asian toteuttaminen käytännössä ei ole kuitenkaan kovin yksinkertaista siirryttäessä analyysimenetelmästä toiseen. Jotta analyysitulokset olisivat luotettavia, tarvitaan mittava käytännön kokemus kustakin yksittäisestä analyysimenetelmästä ja sen soveltuvuudesta pigmenttianalytiikkaan sekä yksittäisten eri aikoina käytettyjen pigmenttien kemiallisen koostumuksen tunteminen (katso taulukot 3–8) ja sen ymmärtäminen, minkälaista analyysidataa voidaan saada aikaan kutakin menetelmää käytettäessä. On tunnettava sekä analyysimenetelmien että laitteistojen ominaisuudet ja toimintarajat. Lisäksi, ennen kuin voidaan tutkia kulttuurihistoriallisten kohteiden näytteitä, taustalla on oltava kullakin menetelmällä ja laitteella analysoidut pigmenttiferenssinäytteet, joiden kemiallinen koostumus on etukäteen tiedossa.

5.5 Miksi tarvitaan useita eri analyysimenetelmiä?

Edellä esitettyyn värien dokumentointiin ja pigmenttianalytiikkaan liittyvä osuus sisälsi esimerkkejä useiden eri analyysimenetelmien käytöstä. Esimerkit oli valittu myös niin, että ne kertoivat, miksi tarvitaan useita eri analyysimenetelmiä. Vaikka joissakin tapauksissa pigmentin koostumus voi selvittää pelkääntään yhtä analyysimenetelmää käyttäen, usein tarvitaan kuitenkin useita eri menetelmiä, jotka täydentävät toisiaan ja niitä käytetään sen mukaan kuin on kulloinkin tarpeen jonkun kulttuurihistoriallisen kohteen pigmenttikoostumusten selvittämiseksi.

Pigmenttitutkimuksiin käytettävien analyysimenetelmien valintaa voisi verrata hyvin eri tautien diagnostisoimiseen käytettyihin tutkimusmenetelmien valintaan. Joku tauti saattaa selvittää jo yhdellä hyvinkin yksinkertaisella tutkimusmenetelmällä tai laboratoriokokeella, mutta useimmiten tautien diagnostiointi vaatii, että potilasta tutkiva lääkäri tietää taudin oireet ja kliiniset tutkimusmenetelmät, joilla kukin tauti voidaan diagnosoida. Hän laatii tutkimussuunnitelman, joka sisältää useita eri tutkimuksia ja laboratoriokokeita sen mukaan, mitä tautia potilaalta ollaan kulloinkin jäljittämässä. Tilanne on jossain määrin vastaavaa, kun halutaan todentaa kulttuurihistoriallisesta kohteesta joku tietty materiaali, esimerkiksi pigmentti. Konservoinnin materiaalitutkija tietää etukäteen, minkälaista kemiallista koostumusta hän on jäljittämässä ja myös sen, mitä analyysimenetelmiä täytyy kulloinkin käyttää kunkin materiaalin tutkimiseksi ja todentamiseksi. Tutkija laatii suunnitelman, jonka mukaan tutkimukset ja analyysit etenevät. Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella voidaan sitten varmistua tutkimuksen kohteena olevan materiaalin kemiallisesta koostumuksesta.

5.6 Materiaalianalyysit ja kulttuurihistorialliset arvot

Tässä yhteydessä on syytä vielä pysähtyä hetkeksi miettimään sitä, mitä kulttuurihistoriallista arvoa tällaisella syvälle kemiallisen koostumuksen yksityiskohtiin pureutuvalla materiaalitutkimuksella on. Jo aikaisemmin olen kertonut esimerkiksi sinooperitutkimustulosten antamista hyödyistä ja valottanut myös, mitä materiaalitutkimukset ovat paljastaneet esimerkiksi Egyptin sinisen käytöstä Pompejin seinämaalauksista. Joten, vastaus edellä esitettyyn kysymykseen liittyy siihen informaatioon,²⁰² mitä eri materiaalit itsessään pitävät sisällään: materiaalit, joita ihminen on käyttänyt joko paikallisesti tai kuljettanut paikasta toiseen, ovat säilyneet tuhansia vuosia joko muuttumattomina tai alkuperäisestään koostumuksesta eri tavoin muuttuneina. Ihmisen menneisyydessä käyttämät

²⁰² Aikaisemmin olen jo esittänyt ajatuksen, ettei konservoinnin materiaalitutkimus ole itsessään informaatiotiedettä, vaan että se tuottaa tärkeää informaatiota Šolan kaaviossa (2005) esitetuille muistiorganisaatioille (katso kaavio 1a.).

materiaalit sisältävät vielä runsaasti sellaisista tietoa, mitä ei ole selvitetty riittävästi. Sitä mukaa, kun hyödynnetään konservoinnin materiaalitutkimuksen analytiikan kehittämiä tutkimusmenetelmiä, saadaan yhä tarkempaa tietoa eri materiaalien koostumuksesta, ominaisuuksista, käytetyistä työtekniikoista ja saadaan usein myös yhä tarkempi kuva menneisyydestä. Materiaalitutkimuksen avulla opitaan ymmärtämään yhä paremmin myös sitä, miten eri kulttuuri-historiallisia kohteita ja niiden materiaaleja voidaan säilyttää.

5.7 Pompeji-projektin jatkotutkimusten taustatekijöitä

Sen jälkeen kun Pompeji-projektissa on selvitetty peruspigmenttikoostumukset, on näyttöä lähdetty tutkimaan vielä lisää yhä tarkemmin. Aikaisemmin olen maininnut jo sinooperin jatkotutkimukset sinooperin tummumis- ja hajoamisprosessin ymmärtämiseksi. Tämän lisäksi pigmenteistä, erityisesti maaväreistä, haluaisin selvittää vielä sivualkuaineita ja mineraalirakennetta esimerkiksi LA-ICP-MS (Laser Applation Ion Coupled Plasma - Mass Spectrometer)- ja XRD (X-Ray Diffraction)-menetelmillä. Näistä menetelmistä LA-ICP-MS on suhteellisen uusi analyttinen työkalu kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimiseen. Jatkotutkimusten tarkoituksena on muun muassa selvittää pigmenttien sisältämiä sivualkuaineita ja maavärien alkuperää.

5.7.1 Eri-ikäisiä ja erilaisissa olosuhteissa olleita materiaaleja

Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa tarjoaa kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimukselle varsinaisen aarreaitan monessa suhteessa, sillä tutkittavaksi on tarjolla eri-ikäisiä ja erilaisissa olosuhteissa olleita pigmenttejä ja muita materiaaleja. Tämän vuoksi tutkimuksen kannalta mielenkiintoista ja samalla haasteellista on, että yksi ja sama materiaali voi esiintyä eri tavoin muuttuneena riippuen siitä, minkälaisen muutosprosessin se on kulloinkin käynyt läpi. On neljännen tyylin (ennen Vesuviuksen purkausta vuonna 79 jKr.) seinäpintoja ja seinämaalauksia, jotka ovat olleet alttiina itse purkaukselle (katso kuva 20). Kuitenkin siten, että ennen varsinaisia, kuumuudeltaan noin 400 °C, pyroklastisia purkauksia rakennus on osittain täyttynyt kevyellä hohkakivellä, joka on toiminut kuumuutta eristäen ja suojannut seinäpintojen alimpia osia. Millä korkeudella missäkin huoneessa on ollut eristävä kerros, on selvästi nähtävissä tänäkin päivänä huoneiden seinäpinnoissa. Jo aikaisemmin on ollut esillä tähän ilmiöön liittyvä materiaali- ja sävymuutosmerkki keltaokran muuttumisesta punaokraksi.



KUVA 20 Marcus Lucretiuksen talon, *tricliniumin*, tummuneita seinäpintoja. Kuva Helena Wassholm.

Vesuviuksen purkauksen edetessä talon eri kohdat ja niiden materiaalit olivat eri tavoin alttiina purkauksen vaikutukselle. Sen jälkeen, kun ensimmäiset kaivaukset oli toteutettu jo noin 150 vuotta sitten, osa seinämaalauksista oli siirretty Napolin arkeologiseen museoon, jossa ne ovat olleet aina tähän päivään asti sisätiloissa. Toisaalta koko Lucretiuksen talo ja sinne jääneet seinämaalaukset ovat olleet vastaavan ajan alttiina Pompejin kaivausalueen vaihteleville ympäristöolosuhteille. Tässä yhteydessä haluan korostaa sitä, että ennen EPUH-projektin käynnistymistä talossa vielä jäljellä olevia neljännen tyylin maalauksia, samoin kuin Napolin arkeologisessa museossa sijaitsevia neljännen tyylin maalausten pigmenttejä, ei ollut tutkittu lainkaan. Myös muista Pompejin alueen rakennuksista on tehty vielä suhteellisen vähän materiaalitutkimusta.²⁰³ Roomalaisista seinämaalauksista tehdyt materiaalitutkimukset ovat suurelta osin keskittyneet maantieteellisesti muille antiikin Rooman alueille.^{204, 205}

Lisäksi, kuten jo aikaisemmin olen maininnut, EPUH-tutkimusryhmän tekemien kaivausten avulla on löytynyt maakerroksista seinämaalauksfragmentteja, jotka on ajoitettu noin vuosille 40–80 eKr. ja arvioitu kuuluviksi toisen tyylin seinämaalauksiin. Nämä fragmentit ovat olleet maakerrosten alla suojassa yli 2000 vuotta. Kuvassa 21 on Marcus Lucretiuksen talon pihalla laatikoita, joissa on EPUH-tutkimusryhmän kaivamia seinämaalauksfragmentteja. Fragmenttien

²⁰³ Castren 2006, 235–237. ja Castren et al. 2007.

²⁰⁴ Béarat 1997, 11–34.

²⁰⁵ Barbet 1997, 35–61.

värit, sinooperi ja myös maavärit, ovat säilyneet hyvin. Fragmenteissa keltaokra on säilynyt muuttamatta väriään punaokraksi. Maakerrokset ja hohkakivikerros ovat suojanneet fragmentteja purkauksen aikana. Vaikka fragmenttien materiaalitutkimukset jatkuvat edelleen, jo nyt on paljastunut mielenkiintoisia eroja neljännen ja toisen tyylin pigmenttien käytön, ts. maalaustekniikan, suhteen kuten jo aikaisemmin olen maininnut.²⁰⁶



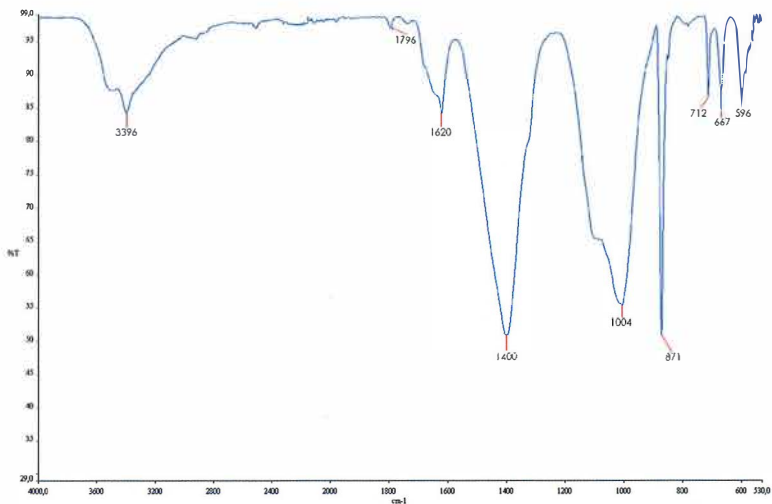
KUVA 21 Arkeologisissa kaivauksissa (2003–2005) EPUH-tutkimusryhmän löytämiä seinämaalauksfragmentteja. Marcus Lucretiuksen talo Pompeji. Kuva Pasi Kaarto.

5.7.2 Laastien sulfatoituminen

Eräänä tarkempaa materiaalien jatkotutkimusta vaativana lisäpiirteenä haluaisin mainita vielä sen, että seinämaalauksien freskojen laastit ja maalipinnat sisältävät kalkkilaastia eli kalsiumkarbonaattia, joka muuttuu ilman rikin oksidien vaikutuksesta kipsiksi eli kalsiumsulfaatiksi. Kyseessä on samalla myös valkoista väriä antava pigmentti, jota on runsaasti sekä Lucretiuksen talon seinäpinnoissa että neljännen ja toisen tyylin maalauksissa. Kalsiumkarbonaatin muuttumista kipsiksi kutsutaan kalkin sulfatoitumiseksi. Erityisesti ulko-olosuhteissa ilman rikkidioksidisaasteiden vaikutuksesta helposti tapahtuvaa sulfatoitumista pidetään yhtenä pahimpana freskopintoja vaurioittavana tekijänä.

²⁰⁶ Häyhä et al. 2007 ja Häyhä 2008. Osana Pompeji-projektia EVTEK Muotoiluinstituutissa on konservointiosastolla kehitetty fragmenttien non-destruktiiviseen kokoamiseen liittyviä konservointitekniikoita.

FTIR/ATR-analyysit ovat paljastaneet Lucretiuksen talon kalkkilaastin *intonaco*-osan sisältävän kipsiä (katso kuva 22), jota tosin voi esiintyä vanhoissa laasteissa jonkin verran muutenkin. Laastissa olevat sulfaattit näkyvät FTIR-spektrissä omana piikkinään ”sormenjalkialueella”, joka alkaa noin aaltolukuarvosta 1500 cm^{-1} eteenpäin mentäessä.²⁰⁷ Vielä on kuitenkin tutkimatta, löytyykö huomattavia sulfatoitumisasteen eroja Napolin arkeologisessa museossa 150 vuotta sisätiloissa säilössä olleiden neljännen tyylin seinämaalausten ja ulko-olosuhteissa olleiden seinäpintojen ja seinämaalausten väliltä. Sulfatoitumisprosessilla saattaa olla lisäksi jossain määrin yhteyttä sinooperin tummumiseen ulko-olosuhteissa.²⁰⁸



KUVA 22 FTIR/ATR-spektri neljännen tyylin laastin *intonaco*-kerroksesta, Näyte 1/18.

FTIR/ATR-tutkimukset ovat osoittaneet puolestaan, että 2000 vuotta maan alla suojassa olleiden toisen tyylin fragmenttienäytteiden valkoinen hienojakoinen *intonaco* ei sisällä sulfaatteja, eikä ole näin ollen kipsiintynyt, vaan on lähes puhdasta kalsiumkarbonaattia (katso kuva 23).

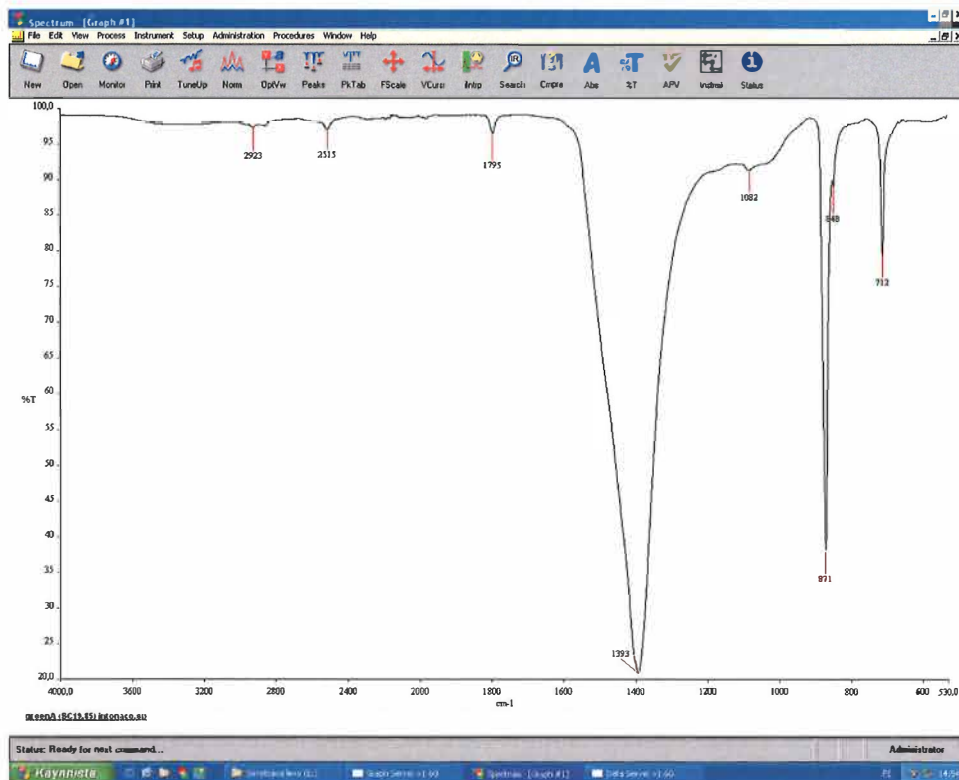
Neljännen ja toisen tyylin *intonaco* FTIR/ATR-näytteiden tutkimustulokset olen esitellyt keväällä 2007 Strasbourgissa E-MRS Spring Meetingissä.²⁰⁹

Pompeji-projektijulkaisusta ja *Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods* -kurssiaineistossa on lisää yksityiskohtia FTIR/ATR-spektroskopiasta ja IR-spektroskopian spektritulkinnosta (1).

²⁰⁷ IR-spektrit esitetään usein aaltolukuspektreinä. Aaltoluku on aallonpituuden käänteisarvo. Käytetyt yksiköt ovat tällöin cm^{-1} .

²⁰⁸ Cotte et al. 2006, 7484–7492.

²⁰⁹ Knuutinen 2007a.



KUVA 23 FTIR/ATR-spektri toisen tyylin laastin *intonaco*-kerroksesta. Fragmenttinäyte: Green A.

Epäorgaanisten pigmenttien jatkotutkimusten lisäksi olen alkanut tutkia Lucretiuksen talosta orgaanisia yhdisteitä, lähinnä vahoja, joita on käytetty mahdollisesti sideaineina ja myös maalipintojen suojaamiseen. Näiden orgaanisten materiaalienkin suhteen Lucretiuksen talo tarjoaa eriaikaisia ja erilaisissa olosuhteissa olleita mielenkiintoisia orgaanisia materiaalinäytteitä.

6 ORGAANISTEN MATERIAALIEN DOKUMENTOINTI JA MATERIAALITUTKIMUS

Samoin kuin epäorgaanisia materiaaleja, myös orgaanisia materiaaleja voidaan dokumentoinnin yhteydessä tunnistaa jossain määrin silmämääräisesti ja tehdä materiaalmääritystä ja havainnointia aikaisemmin esittämälläni I-tasolla.²¹⁰ Tässä yhteenvedossa esitän orgaanisten materiaalien tunnistamis- ja tutkimus-esimerkkejä II- ja III-tasoilta, koska väitöskirjaani liitetyt orgaanisten materiaalien tutkimusjulkaisut sisältävät sellaisia analyysimenetelmiä, jotka kuuluvat ko. tasoille. Vaikka kaikki edellä mainitut väridokumentoinnin ja pigmenttianalyysien esimerkit ovat olleet niin sanotuista epäorgaanisista materiaaleista ja yhdisteistä, jotkut näiden materiaalien tutkimiseen käytetyt analyysimenetelmät soveltuvat hyvin myös orgaanisten materiaalien tutkimiseen.^{211, 212} Aikaisemmin määritellyt analyysien suorittamisen vaativuustasot ovat orgaanisia materiaaleja tutkittaessa samat kuin epäorgaanisia materiaaleja analysoitaessa. Näin ollen toiselle vaativuustasolle kuuluvat VIS- ja CIE $L^*a^*b^*$ -tutkimukset. FTIR/ATR-analytiikka ja muut orgaanisten molekyylien yksityiskohtaista kemiallista koostumusta kartoittavat menetelmät kuuluvat tasolle III.

6.1 Taso II, VIS-spektroskopia ja CIE $L^*a^*b^*$ -mittaukset

Orgaanissa materiaaleissa (paperi, tekstiili, puu, muovi, liimat, lakat ym.) tapahtuu ikääntymisen myötä sävy muutoksia, esimerkiksi kellastumista, joka voidaan dokumentoida VIS-spektrien ja CIE $L^*a^*b^*$ -tutkimusten avulla. Kel-

²¹⁰ Katso kuva 4 Materiaalien tutkiminen ja tunnistaminen.

²¹¹ Bray & Sibilis 1996, 17–38.

²¹² Williams & Fleming 1995, 29–62. Luku 2. Infrared spectra. IR-spektroskopiaa hyödynnetään useimmiten orgaanisten yhdisteiden tutkimiseen, koska IR-spektrin avulla saadaan tietoa molekyylien ja atomiryhmien värähtelyistä. Kaikki orgaaniset yhdisteet ovat molekyyliyhdisteitä, joiden luokitus ja tunnistus perustuvat tiettyjen atomiryhmien ns. funktionaalisten ryhmien tunnistamiseen.

lastuminen on usein signaali siitä, että materiaali on muuttumassa kemiallisesti.²¹³ Kuvassa 24 näkyy taideteoksen kellastunutta UP-komposiittimateriaalipintaa.



KUVA 24 Kellastunutta UP-komposiittihartsipintaa. Kuva on julkaisusta Two case studies of unsaturated polyester composite art objects, e-Preservation science 2006, 3, 11-19: Knuutinen, U. and Kyllönen, P. Kuva Päivi Kyllönen.

CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksia on hyödynnetty muun muassa tähän väitöskirjaan sisältyvän tyydyttämättömien polyestereiden (unsaturated polyesters =UP) komposiittimateriaalitutkimuksessa (4). Pilottiprojektissa dokumentoitiin ja tutkittiin sekä Oulun taidemuseon kokoelmiin kuuluvia komposiittimateriaaleja sisältäviä taideteoksia että kaupallisia tyydyttämättömiä polyestereitä ja niiden lasikuitukomposiittituotteita. Tämä konservoinnin materiaalitutkimus on ollut po-

²¹³ Cardamone 2001, 8-22.

lyfunktioinen jo heti sen käynnistymisestä asti, sillä siinä on tutkittu sekä museon taidekoekokoelmiin kuuluvia kohteita että erikseen kohteiden sisältämiä materiaaleja. Projektin pilottivaiheen aikana tehtiin muun muassa CIE $L^*a^*b^*$ -mittauksia sekä originaalitaideteoksesta että kaupallisista UP-hartsituotteista. Kaupallisista UP-hartseista tehtiin näytteitä, jotka ikäännytetään keinotekoisesti niin sanotussa ilmastorasituskaapissa (QUV-kaappi), ja näytteistä mitattiin ennen ilmastorasitusta ja ilmastorasituksen jälkeen niiden kellastumisaste. Ilmastorasitus toteutettiin standardoiduissa koeolosuhteissa.²¹⁴

Tällöin havaittiin, että eri UP-tuotteista löytyi keskinäisiä eroja riippuen siitä, miten voimakas kellastumisaste niihin muodostui ilmastorasituksen aikana. Kaupallinen tuote, joka oli kallein ja sisälsi UV-stabilointi- eli suoja-aineen, selvisi tästä standardoidusta testistä vähimmillä sävynmuutoksilla (4). Taideteoksen kellastumisaste vastasi puolestaan voimakkaimmin kellastuneen tuotteen sävynmuutosta. Nyt saatettaisiin helposti ajatella, että kyseessä on pelkkä esteettinen haittatekijä (katso kuva 24). Kyllä se sitäkin on, mutta näihin UP-komposiittimateriaaleja sisältäviin kohteisiin liittyy myös läheisesti niiden säilyvyyteen ja sitä kautta säilyttämiseen ja konservointiin liittyviä ongelmia. Kellastuessaan ja UV-valolle alttiina ollessaan ne alkavat haurastua. Erityisesti ulkotiloissa olevat komposiittimateriaalikohteet, joissa on lisäksi mukana lasikuitua, ovat rakenteeltaan myös erittäin huokoisia ja keräävät itseensä vettä, joka voi talvella jäätymään. Jos näin pääsee käymään, tämä pahentaa tilannetta, koska UP-hartsit sekä haurastuu mekaanisesti että muuttuu myös kemiallisesti.

6.2 TASO III, FTIR/ATR ja muut analyysimenetelmät

Tarkemmat kemialliset analyysit FTIR-laitteella vahvistivat sen, että UP-hartsituotteissa oli tapahtunut myös kemiallisia muutoksia, jotka olivat eriasteisia eri tuotteilla.²¹⁵ Vähäisimmät kemialliset muutokset esiintyivät UV-stabiloidussa tuotteessa. Lisää tutkimukseen liittyviä yksityiskohtia on väitöskirjan mukana olevassa UP-komposiittimateriaalitutkimusjulkaisussa (4). Tämän pilottiprojektin jälkeen UP-komposiittimateriaalitutkimuksia on jatkettu edelleen tutkimalla yksityiskohtaisesti UP-hartsien ja lasikuitukomposiittien sekä fysikaalisia että kemiallisia muutoksia.^{216, 217} Lisäksi koska UP-hartsit ovat orgaanisia seoksia, joiden kemiallinen koostumus voi vaihdella, käynnissä on ollut myös jatko projekti, jossa selvitetään yksityiskohtaisesti UP-hartsien kemiallisen koostumuksen vaikutusta ikääntymismuutoksiin ja tutkitaan myös mitä kemiallisia muutoksia käynnistyy ajan myötä eri UP-hartseissa. Näissä tutki-

²¹⁴ SFS- EN ISO 11507:2001 Paints and Varnishes, Exposure of Coating to Artificial weathering.

²¹⁵ Muovimateriaaleista tulee tutkia niiden sisältämät peruspolymeerit, Quye & Williamsin (edit.) 1999, 54–83. FTIR-spektroskopia on yksi käytetyimmistä muovien tunnistamismenetelmistä.

²¹⁶ Häärä 2005.

²¹⁷ Lufti 2006.

muksissa on uutena keskeisenä analyysimenetelmänä NMR (Nucleus Magnetic Resonance Spectroscopy)-analytiikka, jota on viime vuosina kehitetty kulttuurihistoriallisten orgaanisten sideainemateriaalien tutkimuksiin soveltuvaksi.²¹⁸

6.2.1 Modernien materiaalien tutkimuksen tarve

Miksi konservoinnin materiaalitutkija tutkii moderneja polymeerimateriaaleja, sideaineita ja muoveja? Eikö riitä, että muoviteollisuus tutkii ja testaa polymeerimateriaaleja, joista valmistetaan muovi ym. polymeerituotteita? Kun muovi- ja polymeeriteollisuus tuottaa uusia synteettisiä materiaaleja ja niiden yhdistelmiä, näiden materiaalien säilyvyyttä ja niiden ikääntymisominaisuuksia ei ole niiden tuotannon aloittamisen yhteydessä tutkittu riittävästi.^{219, 220} Muovi- ja polymeeriteollisuudella on käytössä tutkimuslaitteistot ja standardoidut testausmenetelmät, mutta niillä tehtävä tutkimus kohdistuu siihen, että tuotteista saadaan kulloiseenkin ajallisesti rajalliseen käyttöön sopivia tai niin sanottuja kertakäyttötuotteita.^{221, 222, 223} Monien uusien polymeerimateriaalien on usein lisäksi luultu olevan hyvin säilyviä, mutta todellisuudessa ne ovat osoittautuneet lyhytikäisiksi.²²⁴ Tämän vuoksi uusiin moderneihin materiaaleihin kohdistuva konservoinnin materiaalitutkimus pyrkii selvittämään uusien muovimateriaalien ikääntymisominaisuuksia ja löytämään keinoja polymeerien säilymiseen ja säilyttämiseen.^{225, 226, 227} Kun kokoelmiin otetaan tai ostetaan esimerkiksi komposiittimateriaaleja sisältäviä teoksia tai jos niitä jo on kokoelmissa, pitäisi tietää, minkälaiset säilytysolosuhteet teokset vaativat, koska komposiittimateriaaleistakin tehtyjen teosten halutaan säilyvän mahdollisimman kauan. Moderneista muovi- ja polymeerimateriaaleista saatavaa tutkimustietoa tulisi hyödyntää jo nyt ennalta ehkäisevään konservointiin. Kokoelmista vastaaville henkilöille tulisi myös pystyä varaamaan tutkittua tietoa siitä, mitä kustannuksia komposiittimateriaaleja sisältävien kohteiden säilyttämisestä ja mahdollisesta konservoinnista tulee aiheutumaan tulevaisuudessa. Koska komposiittimateriaalitutkimukset kuitenkin jatkuvat vielä edelleen, ei tällä hetkellä voida kuitenkaan antaa tarkkoja ohjeita näiden materiaalien aktiivista konservointia varten.

Tilanne on sama monien muidenkin polymeriamateriaalien suhteen. Konservattoreilla on vielä suhteellisen vähän tietoa esimerkiksi erilaisten muovien ominaispiirteistä. Kati Hovinmaa toteaaakin nykytaiteen konservointia käsittele-

²¹⁸ Spyros 2003, 1881-1888.

²¹⁹ Shashoua 2006, 185-212.

²²⁰ Baker 2001, 128-135.

²²¹ Palo-oja (toim.) 2004, Sarvis Muovia vuodesta 1921, 7-27 Sarvis oy - Muovialan suuryritys, 30-53 Muovi saapuu Suomeen / Sarviksen tuotanto.

²²² Nyman & Poutasuo 2004, 5-19, 33-48.

²²³ Elias 1997, 4-9.

²²⁴ Sama pätee myös konservoinnissa käytettäviin moniin polymeerejä sisältäviin liima- ja lujiteaineisiin.

²²⁵ Shashoua 2006, 185-212.

²²⁶ Quye & Williamson (edit.)1999, 111-135.

²²⁷ Baker 2001, 128-135.

vässä taidehistorian pro gradu -tutkielmassaan, että muovien monimuotoisuudesta johtuen materiaalista on vaikea tehdä johtopäätöksiä pelkän ulkonäön perusteella. Hän kertoo tämän johtuvan muun muassa siitä, että muovimateriaalien koostumuksesta on usein vain rajallisesti tietoa.²²⁸ Huovinmaan esittämät asiat korostavat mielestäni materiaalitutkimuksen tarpeellisuutta. Hän esittää itsekin ajatuksen siitä, miten entistä kehittyneemmät tutkimusmenetelmät parantavat mahdollisuuksia tutkia ja dokumentoida tuhoutuvia materiaaleja.²²⁹

6.2.2 DSC ja FTIR

Modernien UP-komposiittimateriaalitutkimusten lisäksi esimerkkinä muista orgaanisista sideainetutkimuksista esittelen tässä väitöskirjassa vaha-analyysijä (6). Tämä siksi, että myös näitä analyysijä on tarvittu aina silloin, kun konservoitavaksi tuleva kohde on sisältänyt vahaa. Vaha-analyysien kehittäminen sai alkunsa EVTEK Muotoiluinstituutissa tapaustutkimuksesta, kun monimateriaaleja käsittelevälle tekstiilikonservointikurssille oli saatu Vantaan kaupunginmuseolta pieniä hääkoristeita. Hääkoristeiden kukat ja kukkanuput oli tehty vahasta. Kuvassa 25 on valokuva vahakukkakoristeista.



KUVA 25 Vahakukkakoriste. Omistaja Vantaan kaupunginmuseo. Kuva Mika Seppälä.

Dokumentoinnissa olisi voitu tietysti tyytyä materiaalien osalta mainitsemaan, että kyseessä ovat vahaa sisältävät esineet, mutta koska kyseessä oli konser-

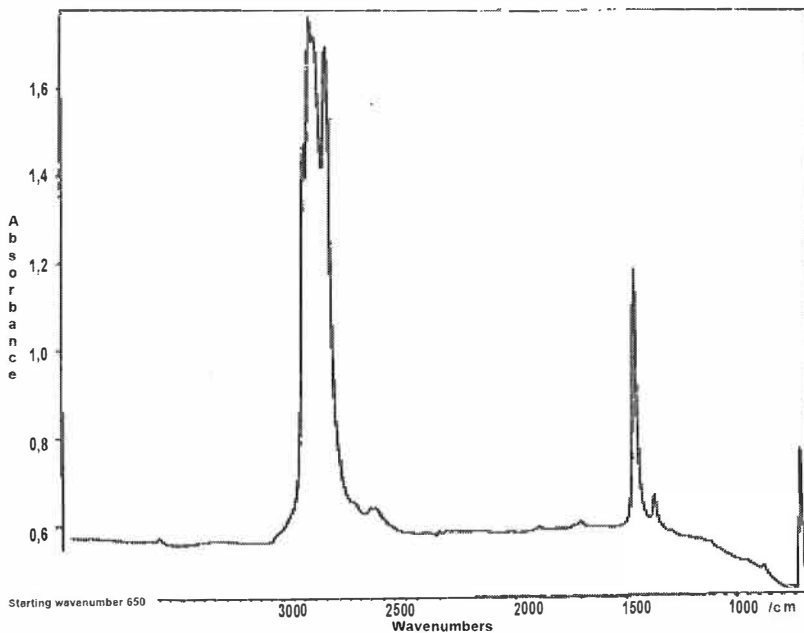
²²⁸ Huovinmaa 2003, 33 ja 49.

²²⁹ Sama.

vointikurssi, oli tarpeen pohtia myös kohteen mahdollista aktiivista ja ennalta-ehkäisevää konservointia. Tämän vuoksi oli olennaista tutkia myös vahan kemiallinen koostumus. Yksittäisillä eri vahoilla ja eri vahaseoksilla on kuitenkin toinen toisistaan poikkeavia kemiallisia ja fysikaalisia ominaisuuksia. Esimerkiksi hauraus, sulamispisteet ja vahojen liukoisuudet vaihtelevat. Kukaan ei pysty myöskään määrittelemään vahan koostumusta pelkästään silmämääräisesti kohdetta tarkastelemalla.

Vahatutkimuksiin kehitin ja sovelsin kahden eri analyysimenetelmän yhdistelmää. FTIR- analyyseillä voidaan tutkia orgaanisen vahamateriaalin kemiallinen koostumus ja DSC (Differential Scanning Calorimeter)-analyyseillä puolestaan selvitetään vahan sulamispiste. Yhdistämällä nämä kaksi eri menetelmää saadaan tietoa sekä tutkimuksen kohteena olevan vahanäytteen kemiallisista että fysikaalisista ominaisuuksista. Vaha-analyysien kehittämisen yhteydessä oli tarpeen tutkia myös koko joukko yksittäisiä vahoja referenssimateriaaleina. Niiden avulla voitiin testata käytössä olevien analyysimenetelmien toimivuutta ja luotettavuutta (6).

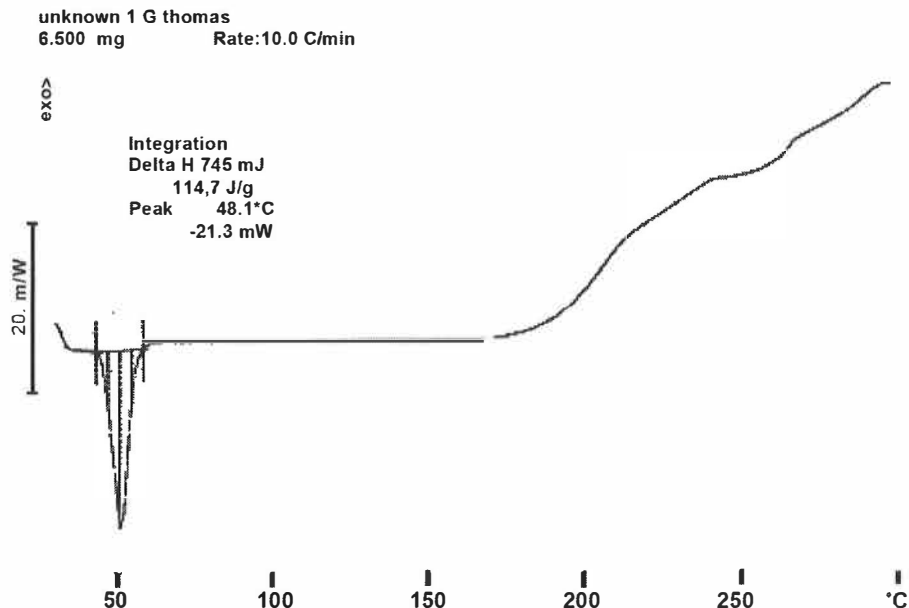
Vahakukkakoristeita tutkittaessa näytteinä voitiin käyttää koristeista irronneita pieniä vahapaloja. Niistä tehdyissä FTIR-analyyseissä löytyi ainoastaan hiilivetyryhmiä. Tämä merkitsi sitä, että kyseessä oli niin sanottu mineraalivaha. Kuvassa 26 on esitettynä kukkakoristeiden FTIR-spektri absorptiospektirinä (näytteeseen imeytyneet säteilyalueet IR-säteilyn eri aaltolukujen mukaan). Hiilivetyä sisältäviä vahoja ovat muun muassa mikrokidevaha ja parafiinivaha. Lisää yksityiskohtia FTIR-spektrin tulkinnasta on tähän väitöskirjaan liitettyssä julkaisussa (6).



KUVA 26 Hääkukkakoristeiden vahan FTIR-absorptiospektri.

Kuvassa 27 on kukkakoristeen DSC-käyrä, jossa sulamispiste on käyrän alimman kohdan osoittamassa lämpötilassa. DSC-analyysin mukaan vahakukkien sulamispiste oli vain 48,1 °C. Jo ennen sulamista kyseinen vaha lähtee pehmenemään ja muuttamaan muotoaan. Tämä piirre näkyy siinä, että DSC-käyrä kaartuu alaspäin ennen varsinaista sulamispistettä. DSC-analyysitulokset kertoivat, että kyseessä oli parafiinivaha, sillä mikrokidevahan sulamispiste on korkeampi kuin parafiinivahan. Parafiinivahat ovat myös hauraampia kuin mikrokidevahat.

Vertailun vuoksi on syytä mainita tässä yhteydessä, että esimerkiksi mehiläisvahan sulamispiste on yli 60 °C ja karnaubavahan jopa yli 80 °C. Lisää yksityiskohtia vaha-analyyseistä on tähän väitöskirjaan liitettyssä julkaisussa (6).



KUVA 27 Hääkukkakoristeen vahan DSC analyysikäyrä. Vahan sulamispiste on 48,1 °C.

Kuten jo aikaisempiinkin tässä yhteenvedossa esittämiini tapaustutkimuksiin, myös tähän vahakukkakoristeiden materiaalitutkimukseen on liittynyt useita konservoinnin materiaalitutkimuksen funktioita.

Hääkukkakoristeesta tehty materiaalitutkimus oli tarpeen kohdetta dokumentoitaessa ja hyödytti lisäksi konservointisuunnitelmia tehdessä. FTIR- ja DSC-analyysien perusteella voitiin havaita, että kyseessä oli hyvin hauras parafiinivaha, joka sulaa, pehmenee ja menettää muotonsa jo suhteellisen alhaisessa lämpötilassa. Vahakoristeiden säilytyslämpötilan ja niiden käsittelylämpötilan tulee olla huomattavasti alle pehmenemis- ja sulamislämpötilan. Alhainen sulamislämpötila on huomioitava myös mahdollisen näytteille asettamisen yhteydessä. Koska vahakukat ovat kemialliselta koostumukselta hiilivetyjä, ne myös liukenevat hiilivetyliuottimiin, esimerkiksi bensiiniin. Vahakoristeita ei näin ollen saa puhdistaa hiilivetyjä sisältävillä liuottimilla.

Museaalisten funktioiden lisäksi vahojen analysointiin liittyvät tutkimukset ovat kehittäneet samalla FTIR- ja DSC-analyysimenetelmien käyttöä konservoinnin materiaalitutkimusta varten. Analyysimenetelmien kehittämistä pidän tärkeänä taustafunktiona, joka koituu perusfunktioiden hyödyksi. Vaha-analyysimenetelmien kehitystyö on ollut myös syynä siihen, että olen esittänyt näitä tutkimuksia kansainvälisillä konservoinnin materiaalitutkimusfoorumeilla (6).²³⁰ Näitä tutkimuksia aikaisemmin ei ollut käytetty vanhojen kulttuurihistoriallisten kohteiden sisältämien vahojen tutkimiseen vastaavalla tavalla DSC:n ja FTIR:n yhdistelmää.

Jatkotutkimuksissa havaittiin lisäksi, että tämä analyysimenetelmien yhdistelmä toimii suhteellisen hyvin myös silloin, kun näytteenä on vahaseoksia.²³¹ Lisäksi myöhemmin tässä yhteenvedossa esitettävän aikaisempaan konservointikäsitteilyyn liittyvän lubrikantti-ongelman ratkaiseminen oli mahdollista sen vuoksi, että oli olemassa jo aikaisempia tutkimustuloksia ja kokemusta vahaseosten analysoinnista (5).

6.2.3 GC, LC, XRD ja NMR

Pelkästään DSC- ja FTIR/ATR-analyysin tehdyillä materiaalitutkimuksilla ei kuitenkaan päästä läheskään aina selvittämään orgaanisten vahojen tai muiden orgaanisten sideaineiden ja materiaalien koostumusten yksityiskohtia tai orgaanisissa materiaaleissa tapahtuvia ikääntymismuutoksia, joten näiden analyysimenetelmien rinnalle tarvitaan vielä muita nimenomaan orgaanisille yhdisteille soveltuvia menetelmiä, esimerkiksi GC (kaasukromatografia) ja LC (nestekromatografia) eri muodoissaan, XRD (Röntgen Diffraktio) tai jo aikaisemmin mainittuja NMR-analyysejä, joilla voidaan selvittää jopa orgaanisten seosmateriaalien yksittäisiä komponentteja ja tutkia myös tarkkaan orgaanisissa materiaaleissa tapahtuvia kemiallisia ikääntymismuutoksia. Tällainen analytiikka on kuitenkin usein niin työlästä ja vaativaa, että näiden analyysimenetelmien rutiinikäyttö ei ole ollut mahdollista EVTEK Muotoiluinstituutissa.²³² Joissain erillisissä projekteissa, on tehty GC-MS (kaasukromatografia massaspektrometria) -analyysejä yhteistyössä EVTEK tekniikan koulutusalan kanssa.^{233, 234} Näiden erillisprojektien lisäksi sekä UP-komposiittimateriaalien että Pompeji-projektin vaha-analyysien jatkotutkimuksia on ollut käynnissä Kreikassa, Heraklionissa Kreetan yliopiston kemian laitoksen NMR-laboratoriossa.

Kreikkalaisten yhteistyökumppaneiden kanssa olemme julkaisseet ensimmäiset UP-komposiittihartsien NMR-analyysitulokset syyskuussa 2007 XIV Euroanalysis -kongressissa, Antwerpenissa.²³⁵ Lisäksi toukokuussa 2008 Jerusa-

²³⁰ Knuutinen et al. 2003.

²³¹ Sama.

²³² Mm. sekä XRD- että NMR-analytiikka kuuluvat yliopistojen luonnontieteellisten tiedekuntien käyttämiin tutkimusmenetelmiin, joilla tehdään kemian tai fysiikan perustutkimusta.

²³³ Lehtonen 2001.

²³⁴ EVTEK-Palvelut, T&K Projektiraportti 2004.

²³⁵ Spyros et al. 2007.

lemissa pidetyssä ART-2008 -kongressissa, olemme esittäneet posterin ja abstraktin aiheesta, *NMR and mechanical studies of the weather resistance of UP resins, modern contemporary art materials*.²³⁶ NMR-tutkimukset ovat osoittaneet, että kyseinen analyysimenetelmä soveltuu erittäin hyvin sekä luonnon että synteettisten orgaanisten materiaalien tunnistamiseen. NMR-analyysit ovat paljastaneet myös yksityiskohtia UP-hartsien kemiallisista muutoksista muun muassa sen, että UP-hartsien haurastumisprosessi liittyy sekä hartsien sisältämien pehmittinaineiden vähenemiseen että hartseissa tapahtuvaan ristisidosten muodostukseen.^{237, 238, 239}

Cardiffin yliopistossa, Englannissa, on lisäksi toteutettu paperin selluloosan kiderakennemuutoksiin keskittynyt projekti, jossa paperin selluloosan kide muutoksia on tutkittu röntgendifraktiolla. Ensimmäiset röntgendifraktiotulokset julkaistiin joulukuussa 2007 Papertech-kongressissa Napolissa.^{240, 241} Olen esitellyt projektin tuloksia lisäksi kesällä 2008 Ljubljanassa, Sloveniassa Durability of Paper and Writing 2nd International -symposiumissa.^{242, 243} XRD-tutkimustulokset ovat osoittaneet muun muassa, että vanhan loppupaperin selluloosan ikääntymiseen liittyvää haurastumista ja kiteisyyden lisääntymistä voidaan hillitä vesipesun ja neutralointikäsittelyjen avulla. Aikaisemmin on puolestaan luultu, että vesipesu lisäisi paperin selluloosan kiteisyyttä.²⁴⁴

²³⁶ Knuutinen et al. 2008.

²³⁷ Spyros et al. 2007.

²³⁸ Knuutinen et al. 2008.

²³⁹ UP-hartsien ikääntymiseen palaan vielä uudestaan ennaltaehkäisevän konservoinnin käsittelyn yhteydessä.

²⁴⁰ Maxwell et al. 2007.

²⁴¹ Knuutinen 2007b.

²⁴² Maxwell et al. 2008.

²⁴³ Knuutinen 2008.

²⁴⁴ Knuutinen 2007b.

7 KULTTUURIHISTORIALLISTEN KOHTEIDEN AITOUS JA MATERIAALITUTKIMUS

Dokumentoinnin yhteydessä tehdyllä materiaalitutkimuksella pyritään usein siihen, että sillä halutaan todentaa kohteen aitous ja osoittaa kohteen olevan väärentämätön. Samalla saadaan tietoja myös kohteen ajoittamista varten.²⁴⁵ Tähän tehtävään konservoinnin materiaalitutkimus, jossa selvitetään kohteen kemiallinen koostumus, soveltuukin erittäin hyvin. Aitous on kuitenkin hyvin suhteellinen käsite, jos sitä tarkastellaan materiaalien kannalta.²⁴⁶ Ideaalinen aitous eli originaali tarkoittaisi sitä, että materiaalin kemiallinen koostumus samoin kuin fysikaaliset ominaisuudet olisivat ja pysyisivät muuttumattomina. Vain harvat materiaalit ovat kuitenkin itsessään niin stabiileja, että ne pysyvät muuttumattomina satoja tai tuhansia vuosia vakaisissa olosuhteissa, saati sitten vaihtelevissa olosuhteissa. ”Timantit ovat ikuisia” sanotaan ja tiedetään myös, että jalometallit, kuten kulta ja jotkut kivilajit, esimerkiksi graniitti, ovat hyvin kestäviä materiaaleja. Kuitenkin suurin osa materiaaleista, etenkin orgaaniset materiaalit, mutta myös monet epäorgaaniset materiaalit, muuttuvat kemiallisesti kaiken aikaa.

7.1 Materiaalin kemiallisen koostumuksen aitous

Joskus on vaikeaa vetää rajaa sille, milloin materiaalin alkuperäinen koostumus on muuttunut niin paljon, että se ei ole enää aito, eikä ole kenties enää edes tunnistettavissa. Esimerkiksi voidaan ottaa epäorgaanisista materiaaleista jo aikaisemmin tutkimuskohteena mainittu punainen sinooperi (**1 ja 2**).^{247, 248} Uudet

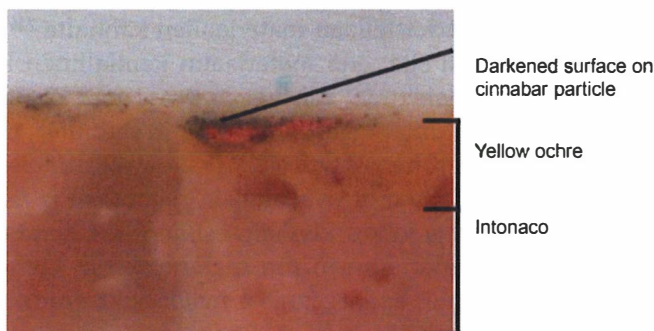
²⁴⁵ Hannu Valtonen esittää väitöskirjassaan ajatuksia aitoudesta ja käsittelee tätä aihetta erityisesti museoesineiden näkökulmasta. Valtonen 2006, 16, 73–75.

²⁴⁶ Nykysuomen sanakirjan mukaan aito on oikea, väärentämätön, todellinen, täysipitoinen, puhdas. Tämän määritelmän mukaan materiaali on aito, jos se on täysipitoinen ja puhdas. Nykysuomen sanakirja 1992, 29.

²⁴⁷ Knuutinen et al. 2007c.

²⁴⁸ Knuutinen 2007a.

tutkimustulokset ovat paljastaneet sen, että sinooperi tummuessaan muuttuu kemiallisesti, ja kemiallisten reaktioiden seurauksena muodostuu todennäköisesti useita eri elohopeayhdisteitä. Tiedetään myös, että tietyt sinooperin reaktiotuotteet ovat jopa vesiliukoisia ja voivat sateen mukana huuhtoutua seinäpinoilta pois.²⁴⁹ Tämän vuoksi voidaan aiheellisesti kysyä, missä vaiheessa sinooperi lakkaa olemasta aito, täysipitoinen sinooperi? Tähän kysymykseen voi miettiä vastauksia katsomalla sinooperipartikkelin poikkileikkausnäytettä mikroskoopilla. Kuvassa 28 nähdään Marcus Lucretiuksen talon *tricliniumin* sinooperipartikkeli, jonka valolle alttiina ollut pinta on harmaantunut ja tummunut. Tummunut pinta on muuttunut jo kemiallisesti ja muodostanut uusia kemiallisia yhdisteitä. Koska juuri tämä harmahtava pinta on se, minkä katsoja näkee tarkastellessaan *tricliniumin* seinäpintoja, on vaikea uskoa, että seinät ovat olleet joskus voimakkaan oranssin vivahtavan punaiset. Mutta tarkasteltaessa sinooperipartikkelin poikkileikkausta voidaan nähdä, että harmaan muuttuneen kerroksen alla on tässä tapauksessa vielä punaista. Mikroskoopin avulla kuvattu pigmenttipartikkelin poikkileikkaus paljastaa sen, että sinooperi ei ole muuttanutkaan vielä kokonaan väriään. Mikroanalyysein voidaan edelleen todeta, että myös alkuperäistä kemiallista koostumusta on jäljellä tummuneen pintakerroksen alla.



KUVA 28 Mikroskooppivalokuva poikkileikkausnäytteestä, jossa pinnaltaan tummunut sinooperipartikkeli.

Jos materiaalia pidetään aitona silloin, kun siinä on muuttumatonta täysipitoista tai puhdasta originaalimateriaalia vielä jäljellä edes jossain määrin, *tricliniumin* seinäpintojen sinooperia voidaan pitää aitona, vaikka visuaalinen vaikutelma on jotakin muuta.²⁵⁰

Konservoinnin materiaalitutkimus paljastaa yksittäisistä materiaaleista ja niiden muuttumisista asioita, jotka tekevät aitouskäsikäsityksen hämmäntäväksi, jos aitouden mittana pidetään alkuperäiskoostumusta ja ominaisuuksia. Toisaalta materiaalien muuttuminen on tiedostettu kyllä hyvin museologisessa ajattelussa, jossa museoitua objektia pidetään aitona kaiken aikaa, vaikka sen

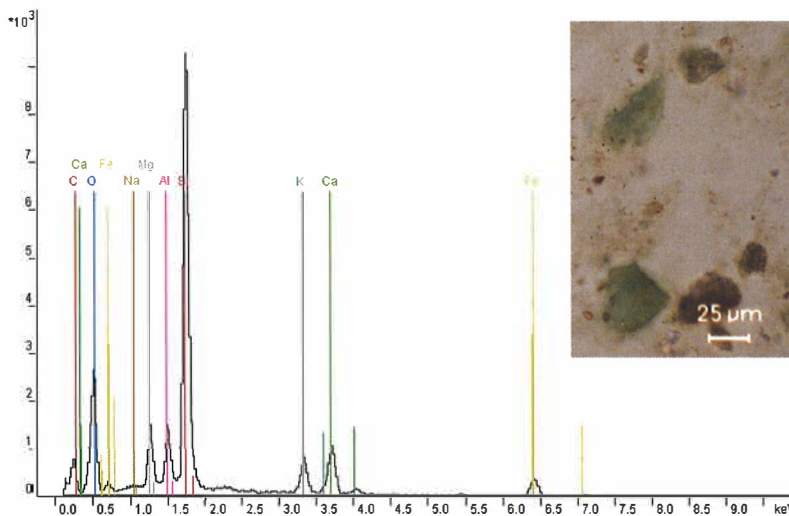
²⁴⁹ Cotte et al. 2006, 7484–7492.

²⁵⁰ Pelkästään visuaalisin keinoin ei voida määrittää sinooperipinnan aitoutta.

annetaan ajan myötä rapautua ja lopulta jopa tuhoutua.^{251, 252} Tällaisen aitouuskäsityksen mukaan *tricliniumin* sinooperia voidaan pitää aitona vielä silloinkin, kun sen kemiallinen koostumus on muuttunut originaalista.

Alkuperäisen kemiallisen koostumuksen ei edes tarvitse muuttua siten, että sävy vaihtaisi väriä muutoksen myötä, vaan yhdellä ja samalla pigmentin alkuainekoostumuksella voi luonnostaan esiintyä erilaisia värisävyjä. Tämä on hyvin tavallinen ilmiö erityisesti luonnon mineraalipigmenteissä. Sen vuoksi pitää myös jossain määrin paikkansa sanonta "aitous on katsojan silmässä". Vaikka väripinnoista tutkittaisiin pigmenttien alkuainekoostumukset, on usein mahdotonta sanoa täsmällisesti originaalivärisävyjä edellä mainitun kunkin pigmentin kemialliseen koostumukseen kuuluvan luonnollisen perussävyjen väri vaihtelujen vuoksi. Luonnon mineraalipigmenteissä voi esiintyä hyvin huomattavia värisävyvaihteluja.

Esimerkiksi maavihreissä esiintyy samalla alkuainekoostumuksella värisävyjä vaaleankellanvihreästä, kirkkaamman vihreän kautta ruskeanvihreästä aina ruskeisiin sävyihin asti. Tämä johtuu siitä, että maavihreä sisältää raudan kahta eri hapetusastetta, rauta II ja rauta III. Maavihreän sävy riippuu muun muassa siitä, missä suhteissa näitä raudan eri hapetusasteita kulloinkin esiintyy. Mitä enemmän rautaa on korkeammassa III-hapetusasteessa, sitä ruskeampaa maavihreä on (1). Kuvassa 29 on maavihreän polarisaatiomikroskooppikuva, jossa nähdään samassa maavihreän pigmenttipartikkelissa alueita, joissa on sekä kirkkaamman vihreää että ruskeita alueita.



KUVA 29 PLM (polarisaatiomikroskooppi)-kuva ja SEM-EDS-spektri maavihreän pigmenttipartikkelista. PLM-kuva ja SEM-EDS-analyysi Seppo Hornytzkyj, Mikrofocuss Oy.

²⁵¹ Vilkuna 2003, 83–84.

²⁵² Maroević 1998b, 135. "The course of time leaves its traces on all the material and semantic components of cultural heritage. Material, because the passage of chronological influences give rise to the ageing and degradation of the material of which cultural heritage is constructed".

Jos siis jokin vanha maalipinta sisältää esimerkiksi edellä mainittua maavihreää, on täysin mahdotonta tietää, millainen kohteen originaali sävy on ollut ja kuvailla täsmällisesti sitä, miltä kyseinen kohde on näyttänyt alun alkaen.

Lisäksi tilanne on vielä monimutkaisempi, jos kyseessä on kohde, jossa on useita eri värikerroksia, sillä sävyn sekä originaaliin että dokumentointihetkellä kirjattavaan sävyyn vaikuttaa myös kerrosten rakenne ja työskentelyyn käytetty tekniikka. Kun vielä huomioidaan se, mitä edellä olen juuri todennut kunkin yksittäisen pigmentin luontaisesta sävyvaihtelusta, väripinnan originaalin värisävyn täsmällinen tietäminen on lähes mahdotonta. Restaurointitöitä onkin osittain aiheellisesti kritisoitu siitä, että ne edustavat restauroijan omaa mielikuvaa jostain originaalista.²⁵³ Mutta toisaalta restauroijan omaa mielikuvaa on muovannut paitsi materiaalitietous, myös historian tai taidehistorian luoma vaikutelma. On ilmeistä, että muodostunut mielikuva ei aina vastaa todellisuutta. Taidehistorian teoksista saatu tieto voi olla joskus virheellistä ja harhaanjohtavaa esimerkiksi silloin, kun kohteiden esittelyn yhteydessä annetaan sävytietoja pigmenttinimikkein silloinkin, kun ei ole tiedossa, mitä pigmenttejä taiteilija on käyttänyt tai pigmenttejä ei ole tutkittu ja analysoitu.

7.2 Muiden materiaalien vaikutus originaalisävyihin

Värisävyyden aitouden arviointia voi vaikeuttaa lisäksi se, että kohteen maalikerrokset ovat esimerkiksi liian, niin sanotun sekundäärismateriaalin, peitossa. Konservoinnissa pidetään klassisena ”pieleen menneenä” taidehistoriallisena interpretointiesimerkkinä Vatikaanin sikstiiniläiskappelissa olevien Michelangelon maalaamien kattofreskojen tulkintaa. Koska freskoja oli totuttu katsomaan vuosisatoja nokisina ja likaisina, taidehistorioitsijat esittivät omat väärät tulkintansa Michelangelon freskon maalaamiseen käyttämistä väreistä ja tekniikasta. Vasta freskojen puhdistuksen yhteydessä tehdyt tutkimukset paljastivat originaalipigmenttikoostumukset ja sen, että pigmenttien värit olivat olleet hyvin kirkkaita silloin, kun ne oli maalattu. Tämä väärä tulkinta puhuttaa yhä ja se kaivetaan esille puhuttaessa virheellisistä taidehistoriallisista tulkinnoista ja niiden taustalla olevista syistä. Hans-Christoph von Imhoff esittää ICOM-CC Newsletter -artikkelissaan (March 13. 2007) *Paintings – their physical condition – their perception – their interpretation and the role of the conservator – restorer*, seuraavia ajatuksia: ”Up to the 1970s sfumato was one of the cornerstones in the interpretation of Michelangelo’s style... So il maestro del sfumato wasn’t Michelangelo, but the glue layer on the top of the Michelangelo, as on the Tondo, where it was the combination of dirt and discoloured varnish that created the sfumato”. Hans-Christoph von Imhoff esitti virheellisten tulkintojen syyksi muun muassa huonoja ja huonolaatuisia kuvamateriaaleja, joita taidehistorioitsijat käyttivät.²⁵⁴

²⁵³ van Mensch 1992, Conservation 3/12.

²⁵⁴ von Imhoff 2007, 7-9.

Virhetulkinnoissa ovat vaikuttamassa von Imhoffin mainitsemat tekijät, erityisesti silloin, kun johtopäätöksiä tehdään visuaalisin perustein. Hyvin usein väreihin ja sävyihin liittyvät virhearviot johtuvat kuitenkin kulttuurihistoriallisten kohteiden sisältämien primääri- ja sekundäärismateriaalien ja niiden ominaisuuksien puutteellisesta tuntemisesta. Vaikka kohteesta olisi tehty materiaalitutkimusta, voi esiintyä erilaisia tulkintoja esimerkiksi sen suhteen, mil-laista varjostus- ym. tekniikkaa taiteilija on käyttänyt teosta luodessaan. Tämän vuoksi puhdistuksen yhteydessä saatetaan poistaa likana varjostuksia, jotka kuuluivat aikoinaan originaaliteokseen. Näin moititaan käyneen esimerkiksi puhdistettaessa juuri edellä mainittuja Michelangelon tekemiä sikstiiniläiskap-pelin kattofreskoja.²⁵⁵

Paitsi likakerrokset, myös esimerkiksi kankaalle maalattujen taulujen pin-tojen kellastuneet, teosten suojaksi sivellyt, mutta ajan myötä kellastuneet lak-kakerrokset vaikeuttavat originaalivärien ja sävyjen tulkintaa. Esimerkiksi pak-su kellastunut lakkakerros saa siniset pigmentit ja sävyt näyttämään vihreiltä. Usein on lisäksi mahdotonta tietää, minkä sävyisenä lakkaa on käytetty, onko se ollut jo valmiiksi jonkun verran kellertävää tai jonkun muun sävyistä. Tämän vuoksi silloin, kun taideteoksia puhdistetaan ja uusitaan lakkakerroksia, käy-dään jatkuvasti kriittistä ajatusten vaihtoa sen suhteen, miltä konservoinnin lopputuloksen tulisi näyttää.^{256, 257, 258}

Originaalisävyjen tietämisen mahdottomuus ja arvioimisen vaikeus on tul-lut selvästi esille myös Pompeji-projektin yhteydessä. Siitäkin huolimatta, että on tarkkaan tutkittu originaalipigmenttien koostumuksia ja tehty jonkin verran myös maalauskerrosten rakenteiden poikkileikkaustutkimuksia, ei voida nyt enää, noin kahdentuhannen vuoden kuluttua sanoa, minkälaiset olivat seinä-pinnoissa ja seinämaalauksissa esiintyneet originaalivärisävyt.²⁵⁹ Esimerkiksi *tricliniumin* seinäpinnat koostuvat vaaleanpunertavan *intonacon* päällä olevasta keltaokra- ja sinooperikerroksesta, jolloin sävyvaikutelma on ollut alun alkaen oranssin punainen. Miten keltaisen tai punaisen oranssi pinta on ollut kyseessä, sitä ei pystytä enää tietämään (katso kuva 28). Koska originaalisävyjen täsmäl-linen tietäminen on useimmiten materiaalitutkimuksen kannalta asiaa katsottu-na täysi mahdottomuus, tuntuu ymmärrettävältä myös se, että taidehistorioitsi-jat ja restauroijat esittävät toinen toisilleen yhden ja saman kohteen värien ja sä-vyjen tulkinnoista hyvinkin vastakkaisia mielipiteitä.

Kuitenkin Pompeji-projektissa on tehty sekä kaivausalueella että Napolin arkeologisessa museossa paljon sävy- ja värisävyymittauksia ymmärtäen, että saadut mittaustulokset edustavat tilannetta mitta- ja dokumentointihetkellä. Lisäksi on tehty tuoreilla, uusilla originaalikoostumusta vastaavilla pigmenteil-lä ja myös moderneilla pigmenteillä uusia värimalleja, joista on tehty myös vä-

²⁵⁵ van Mensch 1992, Conservation 5–7.

²⁵⁶ Daley 2006.

²⁵⁷ van de Wetering 2007, 9–12.

²⁵⁸ van Mensch 1992, Conservation 5–7.

²⁵⁹ Olenkin leikkisästi sanonut, että originaalisävyjen tietämiseksi pitäisi päästä ajassa taaksepäin siihen hetkeen, jolloin teokset tehtiin.

rimittauksia. Näiden mittaustulosten ja tutkimusten avulla on pyritty saamaan tietoja sitä, miltä väripinta on todennäköisesti näyttänyt. Kun huomioidaan se, mitä juuri edellä olen esittänyt, näitä tuloksia ei esitellä siten, että niiden avulla pystyttäisiin tietämään, mitkä olivat aidot originaalisävyt. Väreistä ja sävyistä saatuja tutkimustuloksia on kuitenkin hyödynnetty EVTEK Muotoiluinstituutissa graafisella osastolla Marcus Lucretiuksen talon 3D-mallinnuksessa ja tehtäessä Amos Andersonin museon näyttelyyn rekonstruktioita talon originaali-maalauksista.^{260, 261, 262, 263}

7.3 Taideteosten aitouskäsityksiä

Jos aitouskäsitys on hämmentävä, kun sitä tarkastellaan kulttuurihistoriallisen materiaalitutkimuksen näkökulmasta, niin asia ei ole sen yksinkertaisempi, jos sitä mietitään taideteoksiin liittyvien aitouskäsitysten kautta. On yleistä ajatella, että taideteosta voidaan pitää aitona, jos ollaan varmoja siitä, että se on jonkun tietyn taiteilija tekemä. Aitouden toteamiseksi varmistetaan sekä taidehistorian että materiaalitutkimuksen keinoin, että taideteos kuuluu jonkun tietyn taiteilijan tuotantoon. Jos taas kyseessä on tuntematon taiteilija, voidaan taidehistorian ja materiaalitutkimuksen avulla selvittää kohteen ajoitusta.²⁶⁴

On itsestään selvää, että epäaitona ja väärennöksenä pidetään sellaista taideteosta, joka on jonkun toisen kuin originaalitaiteilijan tekemä. Eräänä esimerkkinä Suomessa tehdystä taideteosten aitoustutkimuksesta ovat pigmentti-analyysit, joita tehtiin kahdesta lähes identtisestä maalauksesta, joista toinen oli Valtion taidemuseon ja toinen Cygnaeuksen gallerian omistama. Kyse oli Alexander Laureuksen (1783–1823) taulusta Osteria Roomassa. Koska eri omistajien taulut olivat niin identtiset, että pelkät taidehistorialliset tutkimukset eivät voineet antaa varmuutta siitä, kumpi oli aito Laureus, oli päätetty tutkia taulujen pigmenttien alkuainekoostumukset PIXE- (Proton Induced X-ray Emissio) ja PIGE (Proton Induced Gamma Emissio) -analyysien. Silloin selvisi, että toinen tauluista, Valtion taidemuseon omistama taulu, sisälsi muun muassa sinkkivalikoista, jota Laureus ei ollut käyttänyt taiteellisessa tuotannossaan. Lisäksi sinkkivalikoista ei ollut vielä edes käytössä silloin, kun Laureus toimi taidemaalarina. Näin varmistui, että Cygnaeuksen gallerian taulu oli aito Laureus ja Valtion taidemuseon taulu oli aito kopio.²⁶⁵

Aina ei voi luottaa kulttuurihistoriallisen kohteen aitouteen, ei edes silloin, kun kyseessä on käytössä materiaalit, jotka kuuluvat johonkin tiettyyn aikakautteen. Nimittäin on myös se mahdollisuus, että taiteilija on kirjannut omiin ni-

²⁶⁰ Kaarto et al. Marcus Lucretiuksen talo < <http://pompeji.evtek.fi> >

²⁶¹ Kaarto 2008, 183–185.

²⁶² Knuutinen & Mannerheim 2006, 242. ja 2008, 187–193.

²⁶³ Räsänen ja Wassholm 2008, 199–203.

²⁶⁴ Laitinen-Laiho 2004, 150–154.

²⁶⁵ Tuurnala 1985, 132–145.

miinsä teoksia, jotka ovat hänen oppilaidensa tekemiä. Nykyään tiedetään, että esimerkiksi Rembrandt Harmensz van Rijn (1609–1669) kirjasi ajan tavan mukaan oppilaidensa töitä omiin nimiinsä. Vielä 1900-luvun alussa tunnettiin tuhatkunta Rembrandtin tekemänä pidettyä maalausta, mutta aitoustutkimuksen metodien kehittyessä on määrä pudonnut jo kolmannekseen. Myös Suomen ainoa Rembrandtin teosta, Sinebrychoffin museon Lukevaa munkkia (1661), on epäilty oppipojan työksi.

Koska kyseessä on ollut satoja Rembrandtin nimellä signeerattuja taideteoksia, joiden aitoutta on osattu epäillä, on ollut käynnissä useita vuosia kestävä Rembrandt-projekti, Rembrandt Research Project.²⁶⁶ Projekti on myös hyvä esimerkki siitä, miten yhdistetään useiden eri ammattilaisten asiantuntijuus. Materiaalitutkimuksen osalta siinä on ensin etsitty ja testattu useita eri tutkimusmenetelmiä, joista on sitten valittu projektin käyttöön sopivimmat. Rembrandt-projektin preface-osassa mainitaan tutkimusmenetelmiä käsiteltäessä, seuraava: "As research in the past years has shown, memory – also visual memory – is not particularly reliable instrument. Memories, thus also the images stored in the visual memory are radically altered by a variety of factors". Rembrandt-projektissa on tiedostettu ja huomioitu se, että eri henkilöillä voi olla hyvinkin erilainen mielikuva ja visuaalinen muisto. Tämän vuoksi projektin tutkimusmenetelmät on pyritty valitsemaan siten, että niiden avulla saadaan mahdollisimman luotettavaa tietoa. Projektin käyttöön sovelletuista teknisistä tutkimusmenetelmistä mainitaan: "These three techniques (Dendrochronology, Research of grounds eli pohjustusanalyysit ja X-Radiography) came to play the most important roles in the project".²⁶⁷

Ajan myötä taideteoksissa originaalimateriaalit muuttuvat, mutta sen ei katsota vaikuttavan itse kohteen aitouteen. Kohdetta pidetään myös yleisesti edelleen aitona silloinkin, kun sitä on konservoitu ja restauroitu. Aidon tunnetun taiteilijan maalaaman taulun ei siis katsota muuttuvan epäaidoksi sen vuoksi, että sitä on konservoitu tai restauroitu. Tämä näkyy myös siinä, että taiteen keräilijät ovat valmiita maksamaan valtavia rahasummia aitona pitämäänsä konservoidusta tai restauroidusta taulusta. Sen sijaan kukaan ei suostu maksamaan hyvinkään tehdystä kopiosta originaalin taulun hintaa.

Humanistit ovat kuitenkin esittäneet vastakkaisen ajatuksen siitä, että objektin aitous vähenee joka kerta restaurointitoimenpiteen myötä.^{268, 269} Jos asiaa tarkastellaan konservoinnin materiaalitutkimuksen näkökulmasta, kohteesta mahdollisesti poistettujen originaalimateriaalien tai siihen lisättyjen materiaalien osalta tämä pitää kyllä paikkansa. Kohteen materiaalit eivät ole enää samat kuin ne olivat teoksen työstöhetkellä.

Toisaalta kohteeseen on voinut joutua vuosien, jopa vuosisatojen varrella, originaaliin materiaaliin ylimääräisiä, kohteeseen alun perin kuulumattomia sekundäärimateriaaleja, esimerkiksi likaa, joiden vaikutuksesta kohteen materi-

²⁶⁶ Rembrandt Research Project <<http://www.rembrandtresearchproject.org/>>

²⁶⁷ Sama.

²⁶⁸ van Mensch 1992, Conservation 1–2, 5–7/12.

²⁶⁹ Viikuna 2003, 83–84.

aalin aitouteen olen juuri edellä esittänyt jo joitain ajatuksia. Kohteeseen alun perin kuulumattoman lian eli ylimääräisen sekundäärismateriaalin poisto on kuitenkin konservoinnissa yleistä eikä sen katsota vaikuttavan taideteoksen aitouteen. Konservattoreiden ja restauroijien tekemät maalausten ja taidesineiden puhdistamiset ovat kuitenkin saaneet osakseen välillä aiheellista ja välillä aiheetonta kritiikkiä. Kritiikkiä on esitetty jo voimakkaasti 1950-luvulta tälle uudelle vuosituhannelle asti.^{270, 271, 272} Se on ollut aiheellista esimerkiksi silloin, kun puhdistuksen yhteydessä on vaurioitettu tai samalla poistettu kohteeseen kuuluvia originaaleja materiaaleja. Tapauskohtaisesti tulisi tehdä ratkaisuja sen suhteen, onko ylimääräisen materiaalin antama sekundäärinen informaatio tärkeä säilyttää kohteessa vai ei. Ja toisaalta mielestäni ratkaisuihin pitäisi punnita myös kohteen säilyttämiseen ja säilymiseen liittyviä näkökohtia, ei pelkästään kohteen aitouteen liittyviä näkökohtia.²⁷³

7.4 Voiko imitaatio olla aito?

Konservoinnin materiaalitutkimuksen kannalta katsottuna kohteen materiaalit itsessään ovat aitoja sellaisena kuin niitä on käytetty kohdetta tuottaessa. Käsitys sisältää myös kohteen tuottamiseen ja työstämiseen käytetyt työtekniikat. Tähän aitouskäsitukseen sisältyy myös se, että materiaalien imitaatiot voivat olla myös aitoja. Edellyttäen tietenkin sitä, että niitä ei ole käytetty varta vasten kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden aitojen kohteiden väärentämiseksi. Ihmiset ovat osanneet jo antiikin aikoina jäljitellä esimerkiksi eri maalausteknikoiden avulla kivimateriaaleja, muun muassa marmoria tai eri puulajeja. Kyseiset imitointiin perustuvat työtekniikat tunnetaan marmorointina ja ootrauksena.

Luonnonmateriaalien imitointi lisääntyi huomattavasti noin 1800-luvun puolivälistä eteenpäin, jolloin kehitettiin menetelmiä erityisesti luonnon selluloosan muokkaamiseksi uusiksi keinoaineiksi, puolisynteettisiksi polymeereiksi.^{274, 275} Tällöin syntyivät myös monet uudet luonnonmateriaalien imitaatiot, muun muassa keinosilkki, puu-, norsunluu- ja meripihkajäljitelmät. Puolisyn-teettisten polymeerien tuotannon jälkeen käynnistyi 1800–1900-lukujen vaihteessa varsinainen muoviteollisuus, jossa perusraaka-aineet eivät ole välttämät-

²⁷⁰ Daley 2006.

²⁷¹ van de Wetering 2007, 9–12.

²⁷² Alexanro Contin 2007: xvii–xix (translated by Helene Glanville) teoksessa *Restoration and authenticity*-osassa Conti esittää mielenkiintoisen ajatuksen: "Nothing can be lost or added without altering the effect, and hence perspection of the whole". Conti käsittelee teoksessaan laajasti koko taidekonservoinnin ja restauroinnin historiaa.

²⁷³ Tietenkin myös non-materiaaliset aspektit on huomioitava; Appelbaum 2007, 182: "The conservator's task in the treatment decision-making process is to present the custodian with defined choices that lie within appropriate ethical limits and within his understanding of the consequences".

²⁷⁴ Shashoua 2006, 185–211.

²⁷⁵ Klemm et al. 1998, 99–114.

tä luonnon omia polymeerejä.²⁷⁶ Muoviteollisuus, joka käyttää erityisesti öljyä raaka-aineena, on suorastaan syytänyt markkinoille runsaasti erilaisia luonnon materiaaleja imitoivia tuotoksia. Monien museoiden kokoelmissa on jo runsaasti joko puolisynteettisiä tai täyssynteettisiä muovituotteita, jotka voivat olla samalla myös luonnonmateriaalien jäljitelmiä.²⁷⁷

Tällaiset kohteet ovat sekä kulttuurihistorian että konservoinnin materiaalitutkimuksen kannalta katsottuina oman aikansa tuotoksia ja sellaisenaan myös aitoja. Kohteiden materiaalikoostumus on sellainen kuin niiden kuuluukin olla joko puolisynteettisenä, täyssynteettisenä tai näiden yhdistelmätuotteina. Materiaalijäljitelmät ovat hyvin aidon näköisiä, ja sen vuoksi niitä on joskus mahdoton tunnistaa imitaatioiksi pelkästään näköhavainnoin tai näppituntumalla. EVTEK Muotoiluinstituutin konservointikursseilla ja opinnäytetöissä on vuosien varrella ollut lukuisia eri esineitä, joita ei ole dokumentoitu aikaisemmin, tai materiaalmääritys ja luokitus on ollut täysin virheellinen sen vuoksi, että kyseessä on ollut jokin materiaalin imitaatio. Tässä yhteydessä mainitsen eräät keltaiset helmet. Ne oli dokumentoitu meripihkahelmiksi, mutta FTIR-analyysit paljastivat kiistatta, että kyse olikin keltaiseksi värjätystä puolisynteettisestä muovista, selluloosanitraatista eli selluloidista. Materiaalien virhearviot ovatkin hyvin tavallisia silloin, kun on kyse materiaalien imitaatioista. Keinotekoisesti voidaan jäljitellä aitoja materiaaleja joskus niin hyvin, että ne sekä näyttävät että tuntuvat aidoilta.

Tämä tapaus osoittaa mielestäni sen, että nykyään on mahdollista tunnistaa materiaalit konservoinnin materiaalitutkimuksen kehittämien analyysimenetelmien avulla ja saada selvyys siitä, onko kyseessä aito luonnonmateriaali vai puoli- tai täysisynteettinen imitaatio, jonka koostumus poikkeaa aidon luonnonmateriaalin koostumuksesta. Jos on mahdollista, että jokin kohde ei sisällä aitoja luonnon originaalimateriaaleja, materiaaleja ei pitäisi mielestäni dokumentoida aitona luonnonmateriaalina ennen kuin materiaalit on analysoitu ja tutkittu. Esimerkiksi keltaiset helmet ovat vain keltaiset helmet, jonka materiaali on tunnistamaton tai määrittelemätön niin kauan, kun ei ole tutkittu helmien kemiallista koostumusta. Vasta kun analyysitulokset ovat käytettävissä, ne ovat joko meripihkahelmet, selluloosanitraattihelmet tai sitten jotkut muut helmet, sen mukaan, mitä analyysitulokset kertovat.

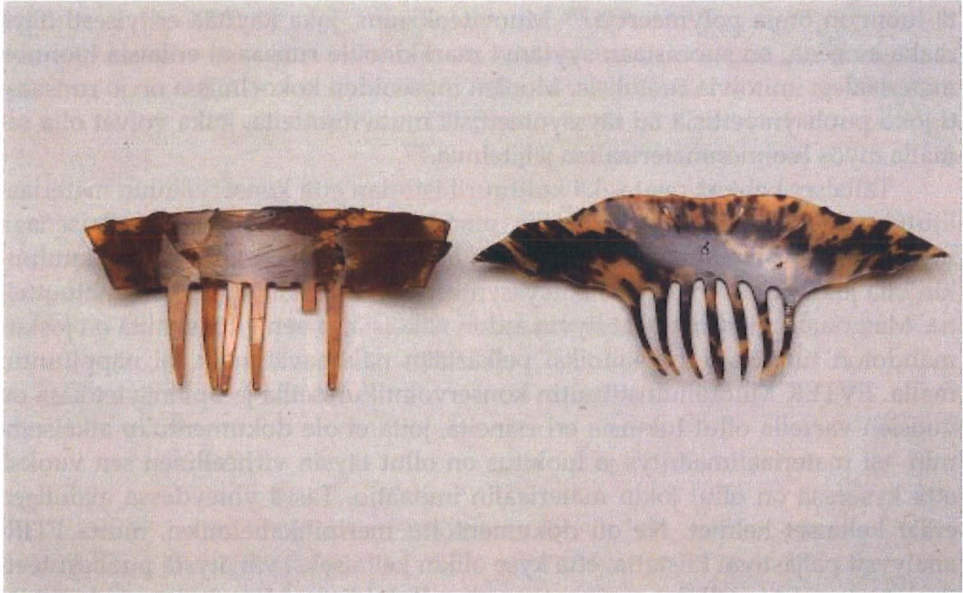
Selluloosanitraattia on käytetty sen keksimisestä lähtien 1850-luvulta hyvin monien eri luonnonmateriaalien imitointiin.²⁷⁸ Kuvassa 30 on vierekkäin kaksi kampa, joista toinen on selluloosanitraattia ja toinen kilpikonnankuorta. Myös tässä tapauksessa kampojen materiaalien ulkonäkö ja tuntu ovat niin samanlaiset, että ilman analyysijä on mahdotonta tietää, että kammot on tehty eri materiaaleista.²⁷⁹

²⁷⁶ Elias 1997, 4–9.

²⁷⁷ Quye & Williamson (edit.) 1999, 2–22.

²⁷⁸ Klemm et al. 1998, 99–114.

²⁷⁹ Shashoua 2007.



KUVA 30 Vasemmalla selluloosaniitraattikampa ja oikealla aito kilpikonnankuorikap.
pa. Lähde: Yvonne Shashoua, "The Challenges of Plastics" -kurssiaineisto.
Kurssi pidetty EVTEK Muotoiluinstituutissa huhtikuussa 2007.

8 TIIVISTELMÄÄ DOKUMENTOINTIIN LIITTYVÄSTÄ MATERIAALIMÄÄRITYKSESTÄ JA SIIHEN LIITTYVÄSTÄ TUTKIMUKSESTA

8.1 Materiaalitutkimuksen laadunvalvonta

Edellä esitetyt dokumentointiin liittyvät materiaalitutkimukset tuloksineen osoittavat, että pelkästään silmämääräisesti havainnoimalla tai ”näppituntumalla” ei materiaalin määrittäminen ole usein riittävä tai edes luotettava. Toisaalta ei kemiallisten testien tai analyysimenetelmien käyttö vielä itsessään takaa luotettavia ja oikeita analyysi- ja materiaalmääritystuloksia, vaan tulokset ovat luotettavia vasta sitten, kun ne on tehty riittävällä asiantuntijuudella tai ainakin asiantuntijan valvonnassa. Suomessa on lukuisia hyviä esimerkkejä rutiini- ja tutkimuslaboratorioista, joiden tulosten laaduntarkkailu on kehitetty hyvin pitkälle. Tällaisia ovat esimerkiksi kliiniset laboratoriot. Niissä on joka näytesarjassa mukana pakolliset standardinäytteet, joista on saatava oikeat tulokset ja sen lisäksi vielä säännöllisin väliajoin näytesarjoissa on mukana tuntemattomia kontrollinäytteitä, joiden on läpäistävä kontrolli. Kliinisiä analyysijä saavat tehdä ainoastaan siihen koulutetut henkilöt, jotka työskentelevät joko kliiniseen laboriodiagnostiikkaan erikoistuneen sairaalakemistin tai laboriolääkärin alaisuudessa. Analyysitulosten on oltava luotettavia, koska kyse on potilasturvallisuudesta.

Suomessa on myös monissa tutkimuslaboratorioissa käytössä akreditointijärjestelmä, jonka avulla määritellään tarkkaan kuka työntekijä saa tehdä ja antaa tuloksia eli raportoida mitään analyysijä. Mitään vastaavia laadunvalvontajärjestelmiä tai työskentelyn kontrollia ei ole kuitenkaan käytössä Suomessa kulttuurihistoriallisten materiaalien dokumentointiin ja niihin liittyvien materiaaliarvioiden tai analyysien tekemiseen. Tämän vuoksi dokumentointiin liittyvän materiaalmäärityksen ja tutkimuksen alueella olisi syytä käynnistää kehityshanke, jossa luodaan laatukriteerit materiaalmääritysten ja niihin liittyvien analyysien tekemistä ja tulosten raportointia varten.

8.2 Tutkimustulosten raportointi

Jos Suomessa halutaan jo nyt täyttää luotettavan materiaalmäärityksen ja sen raportoinnin minimivaatimukset, pitäisi kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaaleja dokumentoitaessa pystyä vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

Mikä materiaali tai mitkä materiaalit on kyseessä?

Miten materiaali(t) on määritelty?

Kuka määrityksen on tehnyt?

Miten kohdetta on tutkittu tai analysoitu?

Mikä analyysilaitte on ollut käytössä tai mitä analyysilaitteita on käytetty?

Mitä analyysimenetelmää tai analyysimenetelmiä on käytetty?

Mitkä ovat käytettyjen analyysimenetelmien virhe- tai havainnointirajat?

Mitä referenssejä, standardeja tai kalibrointeja on käytetty analyysijä tehdessä?

Minkälaiset analyysitulokset on saatu?

Missä analyysit on tehty tai teetetty?

Kuka on suorittanut analyysit?

Vaikka edellä esitettyjen kysymysten asettelujärjestys ei noudata luonnontieteellisessä julkaisussa/raportissa esitettävien asioiden järjestystä, edellä esitettyjen kysymysten sarja sisältää sellaisia asioita, joita on esitettävä luonnontieteellisessä tutkimusjulkaisussa. Luonnontieteellisiä tutkimustuloksia ei pidetä luotettavina eikä julkaisukelpoisina, ellei julkaisija voi esittää todisteita ja vastauksia edellä esitettyihin kysymyksiin. Referenssiesimerkkeinä konservoinnin materiaalitutkimuksen ja luonnontieteellisen tutkimusjulkaisun esittämisestä voisin tässä yhteydessä mainita ePS:n (e-Preservation Science) ja Applied Physics A:n julkaisun kirjoittamiseen annetut ohjeet, joiden taustalla on myös tutkimukselle asetetut kriteerit.^{280, 281} Tähän väitöskirjaan liittämistäni julkaisuista kaksi julkaisua on julkaistu kyseisissä julkaisusarjoissa (3, 4).

Dokumentointilomakkeissa ei yleensä ole tilaa näin monelle eri yksityiskohdalle. Jos kohteen materiaaleja on kuitenkin tutkittu, tutkimuksista pitäisi laatia erillinen tutkimusraportti, jossa on edellisessä listassa mainitut tiedot. Kulttuurihistoriallisista kohteista tehdyn tutkimuksen ja tutkimustulosten liittämiseen kohteen dokumentointiaineistoon kannustetaan myös uuden ISO 21127:2006 CIDOC -dokumentointistandardia kehittäneen CIDOC-ryhmän Newsletterissä no 1, 2006, jossa on CIDOC-ryhmän sihteerin Monica Hagedorn-Saupen esittämä kirjoitus *Statement of Principles of Museum Documentation*. Siinä todetaan muun muassa: "The documentation includes all research and other pub-

²⁸⁰ e-PRESERVATIONScience, Introduction for Authors, Scientific research for the preservation of cultural heritage, 2007. <<http://www.morana-rtd.com/e-preservationscience/>>

²⁸¹ Applied physics A, Introduction for Authors, <<http://www.springerlink.com/content/100501/>> 2007.

lished material relating to each objects...The documentation includes information about each significant collections management activity (such as conservation) and acts of research or interpretation involving an object".^{282, 283} Kulttuurihistoriallisten kohteiden tutkimuksella voitaisiin suppeasti ajatellen tarkoittaa vain humanistista tutkimusta. Olisi kuitenkin puutteellista dokumentoida ainoastaan humanististen tieteiden tuottama tieto ja jättää pois luonnontieteellisen materiaalitutkimuksen avulla saatu informaatio.

8.3 Dokumentoinnin kehittäminen

EVTEK Muotoiluinstituutissa on pyritty kehittämään dokumentointia konservointikoulutuksen yhteydessä jatkuvasti. Viimeisimpänä kehitysvaiheena voidaan mainita meneillään oleva dokumentoinnin tietokannan kehitysprojekti. Sen eräänä tarkoituksena ja päämääränä on yhtenäistää oppilaitoksen sisällä eri konservointiryhmien dokumentointia niin paljon kuin mahdollista, mutta pyrkii samalla huomioimaan myös riittävästi eri konservoitavien kohteiden ja materiaalityöryhmien erityistarpeita. Tietokannan avulla saadaan vähitellen keräytyksi tietoa kaikista konservointikurssien ja opinnäytetöiden työkohteista. Tietokannan kehittämisessä pyritään myös huomioimaan uusi kansainvälinen ISO 21127:2006 CIDOC -standardi, niiltä osin kuin se soveltuu konservointikoulutuksen käyttöön. Oppilaitoksessa on myös kehitetty erityisesti paperikonservoitinta palveleva paperin tunnistamisen tietokanta, joka on osoitteessa <http://conservation.evtek.fi>.

Uudet tietokannat ovat hyödyllisiä ja tarpeellisia, koska niiden avulla saadaan keräytyksi tietoa lukuisista eri kulttuurihistoriallisista kohteista ja myös niiden materiaaleista, mutta niiden käyttö ei itsessään ratkaise niitä ongelmia, jotka liittyvät materiaalien dokumentointiin ja niiden yhteydessä tehtäviin materiaalitutkimuksiin ja analyysiin. Materiaalimääritykset ja mahdolliset analyysitulokset, joita saatetaan syöttää tietokantoihin, eivät mielestäni muutu sen luotettavammiksi tietokannan käytön myötä kuin mitä ne ovat itsessään. Konservoinnin materiaalitutkimuksen kannalta katsottuna tietokantoihin syötettävien analyysitulosten luotettavuus voi olla jopa sitä kyseenalaisempi, mitä laajemmassa käytössä tietokanta on, ellei tietokannan taustalle ole kehitetty myös kontrolloivaa järjestelmää, jolla varmistetaan analyysitulosten luotettavuus.

²⁸² ISO 21127:2006 CIDOC CRM.

²⁸³ Hagedorn-Saupe 2006, 15–16.

9 LUOTETTAVIEN DOKUMENTOINTITIETOJEN ARVO JA KONSERVOINTIIN LIITTYVÄ MATERIAALITUTKIMUS

Kun kulttuurihistoriallisesta kohteesta tehdään dokumentoinnin yhteydessä materiaalianalyysit, ja tarvittaessa varmistetaan kohteen aitous, saadaan samalla tietoa kohteen kemiallisesta koostumuksesta. Kemiallinen koostumus määrää edelleen sekä materiaalien kemialliset että suurelta osin myös fysikaaliset ominaisuudet. Nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten herkkiä eri materiaalit ovat muuttumaan missäkin olosuhteissa. Edelleen materiaaleihin liittyvien kemiallisten ja fysikaalisten ominaisuuksien perusteella voidaan saada tietoa myös materiaalien ikääntymisominaisuuksista ja niihin vaikuttavaisista tekijöistä. Materiaalitutkimuksen avulla saatujen luotettavien dokumentointitietojen ja materiaalien ominaisuuksien ymmärtäminen tulee mielestäni olla tärkeä osa konservointisuunnitelmien pohjaa ja perustaa (katso kaaviot 1b ja 1c).²⁸⁴

9.1 Ennaltaehkäisevä konservointi

Ennaltaehkäisevän konservoinnin suunnittelussa on tärkeä ymmärtää eri materiaalien koostumukset ja koostumusten vaikutus materiaalien säilymiseen erityisesti silloin, kun tehdään päätöksiä esimerkiksi näytteille asettamista, kuljetamisesta ja säilytyksestä.

EVTEK Muotoiluinstituutti on ollut omalta osaltaan kehittämässä ja edistämässä ennaltaehkäisevän konservoinnin kansainvälisten strategioiden luomisessa. Oppilaitoksessa järjestettiin vuonna 2000 syyskuussa Preventive Conservation Strategy Project, jonka tuotoksena syntyi Vantaa-dokumentti *Towards a European Preventive Conservation Strategy*.²⁸⁵

²⁸⁴ Appelbaum (2007) tuo esille non-materiaalisen aspektin tärkeyden kirjansa neljännessä luvussa Quadrant-III Non-material aspects of the object (sivut 65–119). Tässä väitöskirjassa olen keskittynyt konservoinnin materiaalitutkimuksen kautta vain materiaaliseen näkökantaan.

²⁸⁵ Putt & Häyhä (edit.) 2001.

Kansainvälisesti on käynnissä jatkuvasti projekteja, jotka on suunnattu nimenomaan ennaltaehkäisevän konservoinnin alueelle. Eräs tällainen projekti on EU-rahoitteinen COST-hanke: COST D42 (2006–2010) Chemical interactions between cultural artefacts and the indoor environment – EnviArt.²⁸⁶ Projektin päämäärä on esitelty seuraavasti: "The aim of ENVI^{ART} / COST D42 is to explore chemical interactions between cultural artefacts and typical indoor environmental conditions through field studies and laboratory experiments and transfer the results into preventive conservation practice. The Action focuses on the chemical impact of pollutants on materials, thus also considering physical and environmental aspects, materials technology, chemical analytics, emission and standardisation". Toimintapäämääriensä mukaisesti tämä projekti tulee keskittymään erityisesti sisäilmaston tutkimiseen ja sisäilmaston vaikutukseen kulttuurihistoriallisissa kohteissa. Projektissa on huomioitu myös sekä kohteiden materiaalitutkimukseen että ilmasto-olosuhteiden mittauksiin liittyvän teknologian ja analytiikan standardisointitarve.

9.1.1 Materiaalitutkimus paljastaa jatkuvasti uusia asioita

Sekä tällaiset suuremmat kansainväliset projektit että pienimuotoisempikin materiaalien ikääntymisominaisuuksiin ja ennaltaehkäisevään konservointiin liittyvä tutkimus on tarpeen. Sillä vaikka eri materiaalien ikääntymisominaisuuksien keskittävää tutkimusta on tehty jo useita vuosikymmeniä, vanhoista perinteisistä, jopa antiikin ajan materiaaleista löytyy yhä lisää erityispiirteitä ja yksityiskohtia, joita on tarpeen tutkia yhä edelleen. Tämä on käynyt ilmeiseksi muutamissa omissa tutkimusprojekteissani. Esimerkiksi Cardiffin yliopiston kanssa yhteistyössä toteuttamassani selluloosan vesipesuun, neutralointikäsittelyihin ja ikääntymiseen liittyvässä tutkimusprojektissa on saatu uutta tietoa kasvikuittuisen, niin sanotun "lumpupaperin" selluloosan ikääntymiseen liittyvistä kiteisyysmuutoksista. Vaikka vesipesu ja neutralointikäsittelyt kuuluvat aktiiviseen konservointiin, projekti on tuonut uutta tietoa myös ennaltaehkäisevän konservoinnin alueelle. Röntgendifraktioanalyysit ovat osoittaneet, että ikääntyessään ja happamoituessaan selluloosakuitujen nano-rakenteessa tapahtuu kiteisyyden lisääntymistä, mikä on eräs syy vanhan paperin haurastumiseen.²⁸⁷ Aikaisemmin olen esittänyt myös miten Pompeji-projektissa on saatu uutta tietoa antiikin pigmentin, sinooperin kemiallisista ikääntymismuutoksista (1, 2).²⁸⁸

Vanhojen perinteisten materiaalien lisäksi konservointikohteina on nykyään myös monia puolisynteettisiä ja täyssynteettisiä, moderneja materiaaleja. Näiden uusien materiaalien ikääntymisominaisuudet ovat paljastumassa vasta vähitellen sitä mukaa, kun niiden kanssa alkaa tulla konservointiin liittyviä ongelmia.²⁸⁹ Tähän väitöskirjaan liittämäni tyydyttämättömien polyestereiden

²⁸⁶ ENVI-ART kotisivu <<http://www.echn.net/enviart/>>

²⁸⁷ Knuutinen 2007b ja Knuutinen 2008.

²⁸⁸ Knuutinen et al. 2007c ja Knuutinen 2007a.

²⁸⁹ Allen & Edge 1992, 52–101. Polymeerien tuottajat ovat nykyään jossain määrin kiinnostuneita polymeerimateriaalien ikääntymisongelmista. Tämä ilmenee mm. siten, että polymeerimateriaalien stabilointiin saatetaan käyttää tiettyjä lisäaineita muovien

komposiittimateriaalitutkimus muodostaa esimerkin uusista moderneista materiaaleista ja niihin liittyvistä ennaltaehkäisevän konservoinnin ongelmista. Tutkimuksissa on paljastunut tähän mennessä muun muassa tiettyjen UP-hartsilaatujen heikko UV-kestävyys ja huokoisesta komposiittirakenteesta johtuva huono säänkestävyys (4).^{290, 291} UP-hartsien haurastumisen tiedetään nyt tutkimusten perusteella johtuvan myös muun muassa pehmitinaineiden pitoisuuden vähenemisestä ja ristisidosten (crosslinking) muodostuksesta.²⁹²

Konservointiin liittyvät ongelmat johtuvat usein myös siitä, että kohde on ulko-olosuhteissa. Taideteosten UP-komposiiteissa tapahtuneet ikääntymismuutokset, samoin kuin Pompejin kaivausalueella sinooperin kemiallinen muuttuminen ja laastin kipsiintyminen, ovat konkreettisia esimerkkejä ulko-olosuhteiden aiheuttamista materiaali muutoksista (1, 2, 4).²⁹³

Jos kokoelmissa esiintyy joko sisä- tai ulko-olosuhteissa herkästi muuttuvia materiaaleja, olisi niiden kohdalla mietittävä tarkkaan, miten niitä säilytetään ja pidetään esillä. Jos esimerkiksi aikaisemmin mainitulla keltaisten selluloosanitraattihelmien omistaneella museolla olisi ollut tiedossa materiaalin todellinen koostumus, olisi tämä asia voitu huomioida suunniteltaessa helmien ennaltaehkäisevää konservointia. Selluloosanitraattimateriaaleille on olemassa nykyään omat säilytysohjeet, joissa on huomioitu selluloosanitraatin luontainen hajoamisprosessi, joka tuottaa ympäristöön typpihappoa. Typpihappo kiihdyttää selluloosanitraatin omaa hajoamisprosessia ja on vaaraksi myös monille muille materiaaleille, kun niitä säilytetään yhdessä selluloosanitraattia sisältävien esineiden läheisyydessä.^{294, 295} Sekä selluloosanitraatti että muut herkästi muuttuvat materiaalit vaativat lisäksi jatkuvaa seurantaa ja tarvittaessa materiaalien kuntokartoitusta useammin kuin hyvin säilyvät materiaalit.

Toisaalta on esitetty hyvin ristiriitaisia näkemyksiä siitä, miten herkästi muuttuvia materiaaleja sisältäviä kulttuurihistoriallisia kohteita pitäisi säilyttää. Yhdeksi äärimmäiseksi vaihtoehdoksi on esitetty jopa sellainen ajatus, että hyväksytään materiaalin tuhoutuminen.^{296, 297} Toisaalta ratkaisuksi esimerkiksi modernien polymeerimateriaalien huonoon säilyvyyteen on tutkittu ja jonkin verran myös toteutettu käytännössä erityisolosuhteita, muun muassa sekä haettomia että kylmäsäilytysolosuhteita.^{298, 299, 300} Koska tarjolla on näin äärim-

tuotantoprosessin yhteydessä. Kulttuurihistoriallisissa kokoelmissa on tällä hetkellä kuitenkin enimmäkseen sellaisia polymeerimateriaaleja, jotka edustavat puolisynteettisten ja täyssynteettisten muovien alkuvaiheen tuotantoa jolloin näitä stabilointiaineita ei ollut vielä käytössä.

²⁹⁰ Häärä 2005.

²⁹¹ Lufti 2006.

²⁹² Knuutinen et al. 2008.

²⁹³ Knuutinen 2007a.

²⁹⁴ Shashoua 2006, 185–212.

²⁹⁵ Shashoua 2007.

²⁹⁶ Vilkuna 2003, 84

²⁹⁷ Huovinmaa 2003, 65. Nykytaiteessa on tietysti mahdollista, että taiteilija on tehnyt teoksen ajan myötä tuhoutuvaksi. Tällainen tilanne on konservaattorin kannalta eettisesti haastava.

²⁹⁸ Shashoua 2005, 358–364.

mäisiä ratkaisuvaihtoehtoja, tulisi päätöksenteon taustalla olla harkittuna ja tutkittuna sekä kohteen kulttuurihistoriallinen arvo että sen sisältämät materiaalit ja niiden säilyvyysominaisuudet. Päätöstä ei mielestäni pitäisi tehdä vastuuntunnotomasti siten, että ei edes selvitetä ja tutkita kaikkia kuhunkin tapaukseen liittyviä tekijöitä.

Koska konservoinnin materiaalitutkimus paljastaa jatkuvasti uutta tietoa materiaaleista ja niiden säilyvyydestä, pitäisi olla tarjolla myös jatkuvasti täydennyskoulutusta kaikille niille henkilöille, jotka vastaavat kokoelmista. Myös ennaltaehkäisevien konservointistrategioiden luomisen ja niiden kautta toteutettavien toimenpiteiden tulisi mielestäni pohjautua uusimpaan ajantasaisesti tuun tietoon.^{301, 302, 303}

9.2 Aktiivinen konservointi

Kun materiaalien dokumentointi on onnistunut ja kirjatut tiedot ovat luotettavat myös materiaalikoostumustietojen suhteen, tietoa pitäisi hyödyntää sekä ennaltaehkäisevässä että aktiivisessa konservoinnissa. Aktiiviseen konservointiin kuuluvat monet erilaiset konservointikäsitteet. Konservoinnin materiaalitutkimuksen yksi tärkeä kaaviossa 1c esitetty funktio liittyy konservointikäsitteiden kehittämiseen. Tällöin tutkimuksen tarkoitus ja päämäärä on lisätä ja parantaa kohteen materiaalin tai materiaaliyhdistelmien säilyvyyttä. Myös tällä tutkimusalueella riittää nykyään haasteita, sillä aktiiviseen konservointiin on käytössä runsaasti erilaisia kemiallisia tai kemiallisia aineita sisältäviä käsittelyjä, esimerkiksi puhdistus- ja neutralointikäsitteilyjä.

9.2.1 Konservointikäsitteilyjen ja prosessien tutkiminen

On kuitenkin tavallista, että reseptit, joita on olemassa konservointikäsitteilyjä varten, ovat puutteellisia eikä niissä kerrota selkeästi kaikkia asiaan liittyviä yksityiskohtia. On mahdollista, että puutteellisen informaation takia koko prosessi tehdään väärin. Ongelmia liittyy myös siihen, että prosessia ei ole tutkittu tieteellisesti tai prosessin kontrollointi on puutteellista.

²⁹⁹ Edellisen vuosituhanen lopulta lähtien on tutkittu myös polymeerejä sisältävien yhdistelmäateriaalien esimerkiksi valokuvausmateriaalien kylmäsäilytystä. Tumosa et al. 2001, 136–144.

³⁰⁰ Quye & Williamson (edit.)1999, 84–110.

³⁰¹ Huovinmaa 2003, 70. Huovinmaa esittää pro gradu -tutkielmassaan toiveen nykytieteen konservoinnin opiskelumahdollisuuksien lisäämisestä Suomessa.

³⁰² EVTEK Muotoiluinstituutti on järjestänyt vuosina 2006 ja 2007 sekä konservoinnin erikoistumisopinnot että ylemmän ammattikorkeakoulun opintojen yhteydessä synteettisiin polymeerimateriaaleihin liittyvät 7 opintopisteen kurssit. Mielestäni sekä konservattoreille että kokoelmista vastaaville henkilöille tarvitaan kuitenkin vielä lisää sekä nykytieteen että polymeerimateriaaleihin liittyvää täydennyskoulutusta.

³⁰³ Shashoua 2007.

Prosessien puutteellinen testaus ja tutkimus ovat johtuneet usein siitä, ettei konservointikäsittelyjen testaukseen ja niiden yhteydessä toteutettuihin tutkimuksiin ole ollut riittävää materiaalitutkimuksen vaatimaa asiantuntijuutta. Tällä alueella tarvitaan kuitenkin samanlaista materiaalitutkimuksen spesiaaliosaamista kuin kohteiden materiaaleja analysoitaessa.^{304, 305}

Koska konservointikäsittelyissä ja niiden tutkimuksessa on yhä puutteita, ne herättävät lukuisia kysymyksiä:

Onko käytössä olevan menetelmän prosessi optimoitu niin, että se toimii parhaalla mahdollisella tavalla ja aiheuttaa mahdollisimman vähän haittaa käsittelyn kohteena olevalle materiaalille?

Onko prosessi sellainen, että se parantaa kohteen säilyvyyttä?

Jos kohteeseen lisätään käsittelyn yhteydessä muuta materiaalia, mikä on tämän lisämateriaalin vaikutus originaaliin?

Edellä mainitut kysymykset ovat heränneet samalla, kun olen osallistunut tutkimusprojekteihin, joissa on tukittu muun muassa paperin neutralointi- ja lujittamiskäsittelyjä. Koska happamoituneiden paperien neutralointikäsittelyjä on tutkittu paljon usean vuosikymmenen ajan,^{306, 307} tältä alueelta on myös paljon hyviä julkaisuja ja alan kirjallisuutta, esimerkiksi Restaurator- ja Paper Conservator -julkaisusarjoissa. Myös ICOM-CC:n Graphic Documents Working Group on julkaissut runsaasti paperin neutralointiin liittyviä tutkimuksia.^{308, 309}

9.2.1.1 Paperin neutralointi- ja lujittamisprosessin Tekes-projekti

Jos paperin neutralointia on jo tutkittu runsaasti, miksi on ollut tarve tehdä lisää tutkimusta tällä alueella? Tekesin rahoittamassa paperin neutralointiprojektissa³¹⁰ ei tutkittu pelkästään paperin neutralointia, vaan kehitettiin prosessia, jossa samanaikaisesti neutralointiprosessin aikana voidaan myös lujittaa haurasta paperia. Kun vanha paperi on haurastunut riittävän pitkälle,³¹¹ se voi tarvita neutraloinnin lisäksi myös lujittamista.³¹² Tämä lujittaminen tehdään usein erillisenä toimenpiteenä, mutta Tekesin projektin tulokset osoittivat, ettei ole välttämätöntä tehdä neutralointia ja lujittamista erikseen, vaan ne voidaan toteuttaa

³⁰⁴ Strlič & Kolar (edit.) 2005b, Ageing and stabilisation of paper, Preface: "The mission of this book is to provide the foundation on which the conservation chemist will be able to design and test conservation treatments".

³⁰⁵ Charola & Koestler 2006, 13–31.

³⁰⁶ Havermans 1995. Koko kirja käsittelee ilmansaasteiden, erityisesti happamoitumisen vaikutusta paperiin ja paperin neutralointimenetelmien tutkimista.

³⁰⁷ Havermans 1994. Havermans on toiminut EC DG XII Step Project CT 90-0100, The Effect of Air Pollutants on the Accelerated Ageing of Cellulose Containing Materials-Paper -projektin koordinaattorina. Lisäksi hän toimii parhaillaan COST D 42 EnviArt -projektin koordinaattorina.

³⁰⁸ Strlič et al. 2005b, 181–203.

³⁰⁹ Strlič & Kolar 2005a, 231–237.

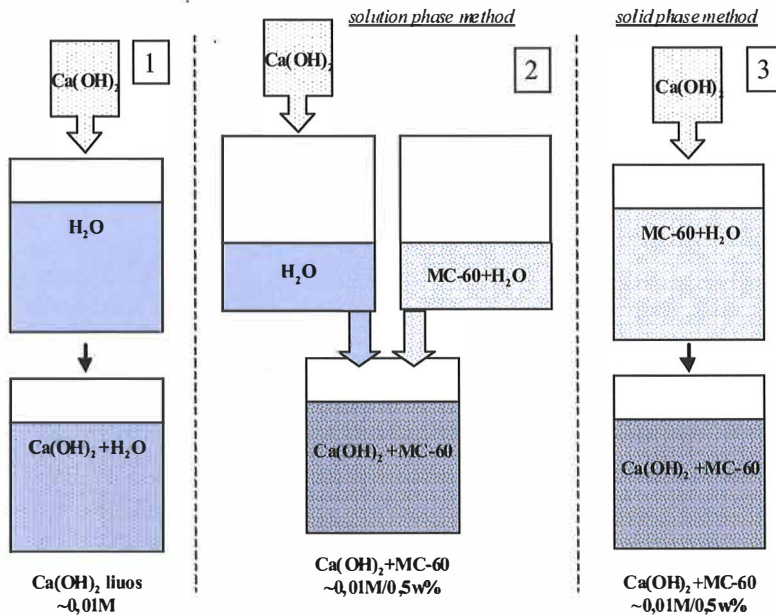
³¹⁰ Sundholm et al. 2001a ja b.

³¹¹ Daniels 2006, 32–55.

³¹² Pedersoli 1994.

samanaikaisesti. Tällöin prosessiin liittyviä työvaiheita voidaan vähentää ja koko prosessi nopeutuu, mikä koituu myös konservoitavan kohteen hyödyksi.

Prosessia tutkittiin siten, että useille eri paperilaaduille³¹³ tehtiin sekä pelkkiä kalsiumhydroksidineutralointikäsitteilyjä että kahdella eri tavalla valmistettujen yhdistelmäliuosten käsitteilyjä. Yhdistelmäliuokset sisälsivät sekä neutralointiaineen että lujittajan, metyyliiselluloosan. Käsitteilyjen vaikutuseroja vertailtiin useiden eri kemiallisten ja fysikaalisten testien avulla. Kuvassa 31 on kaavio kolmen eri käsitteilyliuoksen valmistusprosessista.



KUVA 31 Tekes 40437/98 -neutralointiprojektin kalsiumhydroksidikäsittelyjen prosessikaavio.

Vasemmanpuoleinen prosessi on pelkkä kalsiumhydroksidiliuoksella tehtävä käsitteily ja kaksi muuta käsitteilyliuosten prosessia sisältää identtiset kalsiumhydroksidi- ja metyyliiselluloosapitoisuudet, mutta liuokset valmistettiin eri tavoin. Liquid phase (Neste-faasi) -menetelmässä valmistettiin erikseen kalsiumhydroksidi ja metyyliiselluloosaliuokset ja sekoitettiin liuosmuotoisena keskenään. Solid phase (Kiinteä-faasi) -menetelmässä valmistettiin metyyliiselluloosaliuos, johon kalsiumhydroksidi laitettiin kiinteänä. Nämä kaksi eri tavoin valmistettua yhdistelmäliuosta toimivat paperissa eri tavoin siitäkin huolimatta, että liuokseen käytettyjen lähtöaineiden pitoisuudet ja määrät olivat samat.

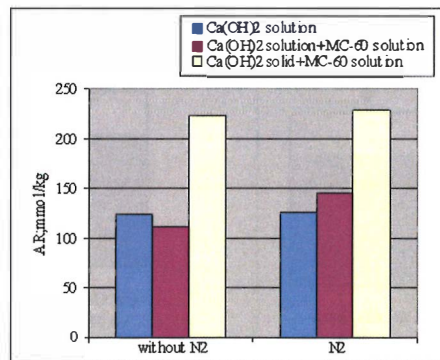
Mitattaessa papereihin muodostunutta alkalireservää (emäsyylimäärää), havaittiin, että solid phase -menetelmä tuottaa lähes kaksinkertaisen alkalireservin liquid phase -menetelmään ja pelkkään kalsiumhydroksidikäsittelyyn

³¹³ Tekes-projektin tutkimuksissa käytettiin osittain myös samoja paperilaatuja, joita oli käytetty myös EC DG XII Step Projektissa.

nähdän. Kuvassa 32 on alkalireservimääritystuloksia. Suuri ero muodostuneessa alkalireservissä selittyy sillä, että kalsiumhydroksidin vesiliuoksissa kalsiumhydroksidi alkaa ja pääsee reagoimaan ilman hiilidioksidin kanssa, ja liuoksissa alkaa sakkautua kalsiumin karbonaatteja eli kalkkia jo ennen neutralointikäsittelyä. Tätä reaktiota ei ehdi tapahtua, jos kalsiumhydroksidi laitetaan ja sekoitetaan kiinteänä metyyliselluloosaliuokseen. Tutkimustulos tähdensi sen tärkeyttä, että konservointikäsittelyyn annetun reseptin tulee olla tarkka ja yksityiskohtainen. Jos konservointikäsittelyä varten annettu resepti kertoo pelkästään liuokseen laitettavien aineiden pitoisuudet, reseptin käyttäjä ei tiedä, miten hänen pitäisi valmistaa liuos. Konservointikäsittelyn lopputulos ainakin tässä tapauksessa riippuu kuitenkin hyvin suureksi osaksi juuri siitä, miten liuos valmistetaan.

Effect of preparation method on alkali reserve

- when treatment solution was prepared by the solid phase method the alkali reserve increased 54-57% comparable to the solution phase method.



KUVA 32 Alkalireservin emäsymäärän muodostuminen eri kalsiumhydroksidikäsittelyissä:
1. Pelkkä kalsiumhydroksidiliuos, 2. Liquid Phase ja 3. Solid Phase.
Lähde: Tekes 40437/98 loppuraportti.

Projektin tulosten perusteella voitiin antaa konservointiin happaman paperin neutralointikäsittelyä ja lujittamista varten seuraavanlainen yksityiskohtainen ohje:

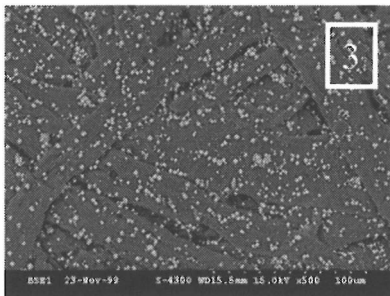
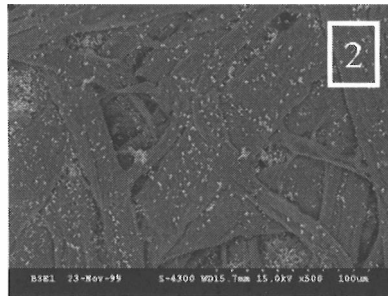
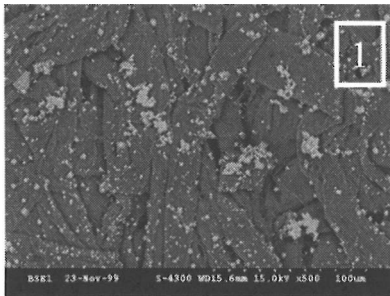
0,5%:n Metyyliselluloosa (MC 60)-liuoksen valmistus.

- Punnitus, 5 g litraa kohden.
- Turvottaminen 80 °C:ssa kymmenesosassa veden täyttömäärästä, jolloin muodostuu geeli.
- Jäähdytys jääkaapissa 2 tuntia.
- Geelin laimennos käyttökonsentraatioon ja stabilointi ja seisotus 12h. Liuos säilyy käyttökelpoisena 4–5 vrk.

1. Neutralointiliuoksen (0,01 M Kalsiumhydroksidi 0,5%:ssa MC-liuoksessa) valmistus.
 - a) Kalsiumhydroksidijauhetta punnitaan 0,74g litraa kohden.
 - b) Kalsiumhydroksidi lisätään kiinteänä MC 60 -käyttöliuokseen. Käyttöliuosta valmistetaan vain kulloinkin neutralointikäsitteilyyn käytettävä määrä.

Solid phase -menetelmän todettiin olevan tehokkaampi myös siten, että SEM:lla paperinäytteitä tarkasteltaessa havaittiin, että kalsiumhydroksidista muodostuva kalsiumkarbonaatti levittäytyy paperin pinnalle kuituihin huomattavasti tasaisemmin solid phase -menetelmää käytettäessä kuin liquid phase -menetelmää tai pelkkää kalsiumhydroksidikäsittelyä käytettäessä. Kuvassa 33 on elektronimikroskooppikuvia. Neutralointiaineen tasainen jakautuminen paperikuitujen pinnalle suojaa kuituja paremmin uusien happamuuden aiheuttajia vastaan kuin epätasaisesti jakautunut neutralointiaine.

EFFECT OF PREPARATION METHOD ON DISTRIBUTION OF ALKALI RESERVE



- the treatment by the solid phase method improved the homogeneity of alkali reserve at least in small scale.
- **1-** $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution
- **2-** $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solution+ MC-solution
- **3-** $\text{Ca}(\text{OH})_2$ solid+ MC-60 solution

KUVA 33 SEM-kuvia neutralointiaineen jakautumisesta selluloosakuitujen päälle. 1. Pelkkä kalsiumhydroksidiliuos, 2. Liquid phase ja 3. Solid phase. Lähde: Tekes 40437/98 loppuraportti.

Lisää yksityiskohtia projektissa tutkittujen eri paperilaatujen materiaalianalyysistä ja projektissa käytetyistä eri tutkimusmenetelmistä ja niihin liittyvistä

standardeista tuloksineen on Tekesin projektiraporteissa.^{314, 315} Tekesin projektin tuloksia julkaistiin kansainvälisissä kongresseissa vuonna 2001: ICOM-CC Interim Meeting of Graphic Documents ja E-MRS Spring Meeting.³¹⁶

9.2.2 Konservointiprosessien kontrollointi

Kun konservoinnin materiaalitutkimus kehittää käsittelyprosesseja (kaavio 1c), päähuomio tutkimuksessa keskittyy usein siihen, miten käsittely vaikuttaa konservoitavaan materiaaliin. Tämä on tietenkin luonnollista sen vuoksi, että tutkimuksen avulla pyritään varmistumaan siitä, että käsittely parantaa kohdemateriaalin säilyvyyttä. Koska havaitsin, että monet konservointiprosessit ovat yhä vielä puutteellisesti tutkittuja, eikä usein tiedetä tarkkaan, mitä prosessin aikana sen eri vaiheissa tapahtuu, olen lähtenyt testaamaan myös uutta analyysimenetelmää, joka mahdollistaa vesipohjaisten konservointikäsittelyprosessien eri vaiheiden tutkimista.

9.2.2.1 IC-kromatografia

Kyseessä on IC eli ionikromatografia. Sen avulla voidaan tutkia suoraan vesipesuliemistä tai neutralointiin käytetyistä liuoksista monien eri suolojen kationeja tai anioneja samanaikaisesti. IC-kromatografiaa on tähän mennessä testattu ja toteutettu paperin ja tekstiilikuitujen vesipesujen ja vesipohjaisten konservointikäsittelyjen yhteydessä. Tässä väitöskirjassa esitän Sloveniassa, Ljubljanassa syksyllä 2004 pidetyn Durability of Paper kongressin preprint-julkaisun, jossa on lisää yksityiskohtia IC-kromatografiasta, käytetystä laitteistosta ja IC-analyysimenetelmän avulla saaduista tuloksista (7).

Mitä kaikkea IC-kromatografialla voidaan selvittää? Esimerkiksi vesipesun aikana voidaan ottaa pesuvedestä näyte, josta tutkitaan anioneja, muun muassa sulfaatteja. Vaikka mahdollisia sulfaattilähteitä on useita, varhoissa happamoituneissa papereissa ja tekstiileissä olevat sulfaatit ovat usein peräisin happamuutta aiheuttavista ilman rikin oksideista, joita kuitumateriaali on kerännyt itseensä ympäröivästä ilmasta.^{317, 318, 319} IC-kromatografialla voidaan tutkia, paljonko sulfaatteja ja muita suoloja poistuu paperista tai tekstiilikuiduista pesun aikana, ja voidaan myös optimoida vesipesuun tarvittava aika.³²⁰ Lisäksi voidaan tutkia, miten nopeasti happamuutta aiheuttavat sulfaatit saadaan poistumaan, ettei konservoitavan kuitumateriaalin tarvitse liota turhaan pitkiä aikoja pesuvedessä tai neutralointiliuoksessa. Kuvassa 34 on IC-kromatogrammi,

³¹⁴ Tekes päätösnumero 40437/98, Paperin Neutralointi-projektin ensimmäisen hankkeen loppuraportti.

³¹⁵ Tekes päätösnumero 40627/00, Paperin Neutralointi-projektin toisen hankkeen loppuraportti.

³¹⁶ Sundholm et al. 2001a ja b.

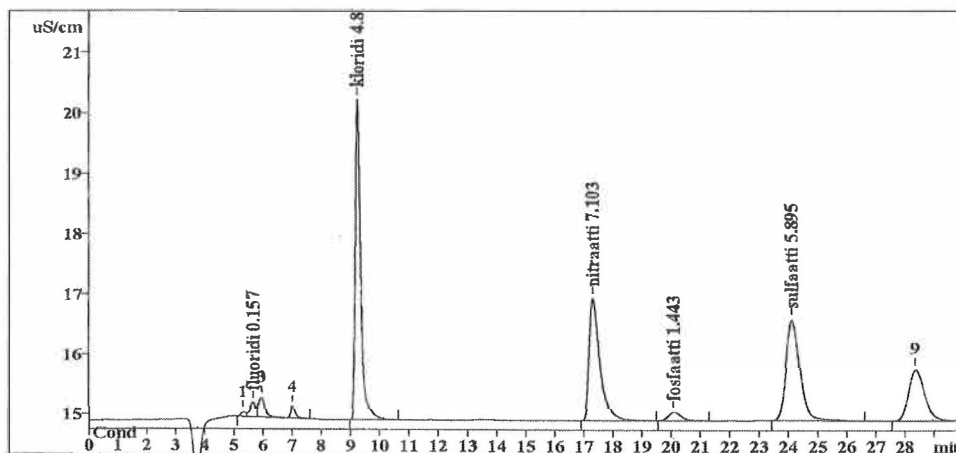
³¹⁷ Knuutinen 1997b, 1–8, 20–22.

³¹⁸ Havermans 1995, 17–23.

³¹⁹ Timar-Balazsy & Eastop 1998, 3–66.

³²⁰ Perkiömäki et al 2008.

jossa näkyy, minkä verran vanhasta lumpupaperista on poistunut suolojen anioneja vesipesun aikana. Vaikka tavallisesti ajatellaan happaman vanhan paperin sisältävän sulfaatteja, niin IC- analyysit ovat osoittaneet tapauskohtaisesti paperin sisältävän useita erilaisia suoloja, joiden vaikutusta ei vielä tunneta.



Quantitation method: Custom

No	Retention min	Height uS/cm	Area uS/cm*sec	Conc. mg/l	Name
1	5.30	0.07	0.903	0.000	
2	5.65	0.24	3.286	0.157	fluoridi
3	5.96	0.33	5.393	0.000	
4	7.01	0.19	2.364	0.000	
5	9.25	5.31	67.905	4.810	kloridi
6	17.33	2.02	53.799	7.103	nitraatti
7	20.09	0.14	4.353	1.443	fosfaatti
8	24.13	1.67	55.634	5.895	sulfaatti
9	28.37	0.84	32.725	0.000	
9	30.01	10.82	226.362	19.408	

KUVA 34 Vanhan lumpupaperin vesipesunäytteen IC-kromatogrammi. Kromatogrammin piikit edustavat vesinäytteestä löytyneitä eri ioneja ja niiden pitoisuuksia. Puolen tunnin vesipesun aikana paperista on poistunut vesiliuokseen sulfaatteja 5,9 mg/l vastaava määrä.

IC-kromatografian avulla voidaan myös tarkastaa ja varmistaa konservoinnissa käytettävien neutralointiliuosten pitoisuuksia ja selvittää ionien tarttumista seluloosakuituihin prosessin aikana.^{321, 322} IC- kromatografia, kuten muutkin konservoinnin materiaalitutkimusmenetelmät, vaatii kuitenkin spesiaaliosaamista. Se ei näin ollen ole rutiinimenetelmä, jota konservaattori käyttäisi konservointikäsitteilyn aikana, vaan se on tutkimusmenetelmä, joka on hyödyllinen vesipohjaisten konservointiprosessien tutkimiseen ja testaamiseen etukäteen niin, että prosessi voidaan optimoida etukäteen hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi.

IC-tutkimusmenetelmän käyttöön liittyy vielä sekin etu, että jos sitä halutaan toteuttaa konservointikohdetta käsiteltäessä, kohteesta ei tarvitse ottaa

³²¹ Knuutinen 2007b.

³²² Knuutinen 2008.

edes mikronäytettä, vaan näytteet saadaan suoraan käsittelyliuoksista. Etu on huomattava, sillä suuri osa tutkimusmenetelmistä, joita käytetään konservointiprosessien kehittämiseen, ovat täysin destruktiivisia ja poikkeavat näin ollen niistä tutkimusmenetelmistä, jotka soveltuvat kohteen dokumentoinnin yhteydessä käytettäviin materiaalitutkimusmenetelmiin. Konservointiprosessien kehittämiseen ei voida yleensä käyttää kulttuurihistoriallisesti arvokkaita originaalimateriaaleja vaan joko uusia materiaaleja, keinotekoisesti ikäännytettyjä materiaaleja tai sellaisia vanhoja originaalimateriaaleja, joita ei jostain syystä haluta tai ei ole tarpeen säilyttää.

Destruktiivisten menetelmien lisäksi konservointiprosessien tutkiminen edellyttää myös, että tutkimusmenetelmien avulla on saatava aikaan määrällisiä eli kvantitatiivisia tuloksia. Niinpä suurin osa Tekesin neutralointiprojektin analyysistä, samoin kuin edellä esitelty IC-kromatografia-analyysit, ovat kvantitatiivisia menetelmiä (7).^{323, 324} Kvantitatiiviset analyysit ovat vaativampia ja työläämpiä toteuttaa kuin pelkät kvalitatiiviset analyysit, koska taustalle tarvitaan kunkin laitteen, analyysimenetelmän ja tutkittavan pitoisuusalueen vaatimat standardit, kalibroinnit tai mahdollisesti validoinnit ennen kuin voidaan tutkia tuntemattomien näytteiden pitoisuudet, esimerkiksi konservointiprosessin aikana otettujen näytteiden pitoisuudet. On myös selvitettävä kunkin menetelmän luontaiset virherajat. Tuntemattomien näytteiden pitoisuudet täytyy lisäksi saada "osumaan" standardisoidulle ja kalibroidulle mittausalueelle ennen kuin tuloksia voidaan pitää luotettavina ja niitä voidaan raportoida.

9.2.2.2 Pesuprosessin puskurointitestausta

Konservointiprosessin testaukseen ei tarvita kuitenkaan aina monimutkaisia analyysilaitteita tai paljon työaikaa vieviä mittauksia, sillä joskus voidaan tyytyä myös suhteellisen yksinkertaisiin testauksiin. Pelkkiä yksinkertaisia menetelmätestauksia ei tulisi mielestäni kuitenkaan luokitella luonnontieteelliseen materiaalitutkimukseen kuuluviksi tieteellisiksi tutkimuksiksi, vaikka testausprosessissa tulee olla tutkimuksellinen ote. Tällaisesta testauksesta hyvänä esimerkkinä on EVTEK Muotoiluinstituutissa opinnäytetyöhön ja erikoistumisopintoihin liittynyt tapaustutkimusprojekti, jossa testattiin ja kehitettiin happaman pellavavaatteen pesuliuosresepti.³²⁵

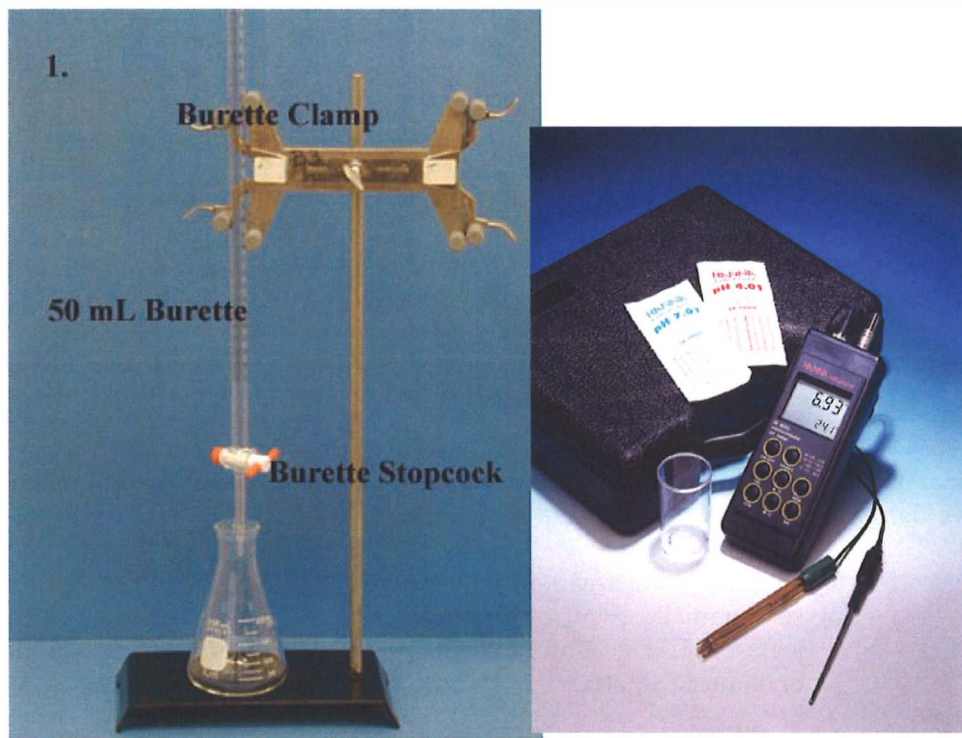
Eri reseptivaihtoehtoja testattiin ja tutkittiin sen vuoksi, että haluttiin varmistaa pesuliouksessa pH:n pysyminen neutraalina koko pesun ajan. Koska pesua vaativa pellavatekstiili oli hapan, oli oletettavaa, että pesun aikana tekstiilitä irtoava happamuus laskisi pesuliouksen pH-arvoa. Pesuliouksen happamuus voisi puolestaan vaurioittaa lisää pestävää tekstiiliä. Happaman selluloosatekstiilin pesuun löytyi tekstiilikonservoinnin julkaisuista reseptejä, joissa pH:ta ylläpidetään puskuroivien aineiden avulla. Kun resepteissä käytettyjen pusku-

³²³ Tekes päätösnumero 40437/98, Paperin Neutralointi-projektin ensimmäisen hankkeen loppuraportti.

³²⁴ Tekes päätösnumero 40627/00, Paperin Neutralointi-projektin toisen hankkeen loppuraportti.

³²⁵ Knuutinen ja Koskinen 2006.

roivien aineiden pitoisuuksia verrattiin kemiallisiin puskuriresepteihin, voitiin havaita, että puskuroivien aineiden määrät olivat hyvin alhaiset eikä reseptien toimivuutta ollut testattu käytännössä. Toisin sanoen ei ollut todisteita siitä, että kyseisillä puskuriaineiden käyttöpitoisuuksilla voitaisiin pitää yllä neutraalia pH:ta koko pesun ajan. Tämän vuoksi ennen varsinaisen kohteena olleen pella-vatekstiilin pesua testattiin yksinkertaisen titrausmenetelmän avulla monia pesuliuosia, joissa oli vaihtelevasti erilaisia pesu- ja puskuroivien aineiden pitoisuuksia. Analyysivälineiksi tarvittiin pelkkä pH-mittari ja titrauksessa hapon annosteluun byretti (katso kuva 35).

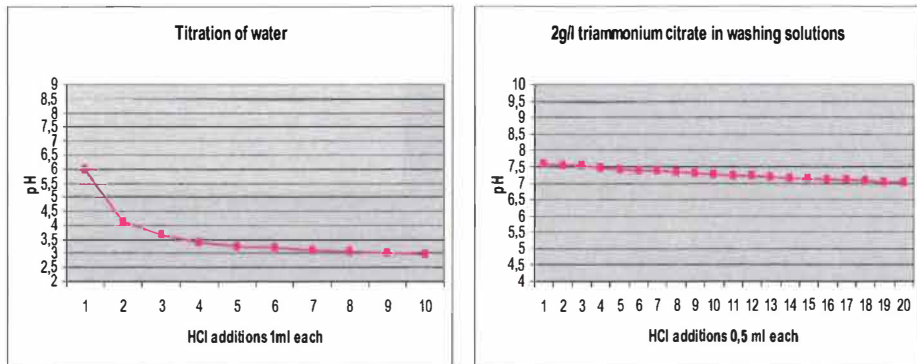


KUVA 35 Happonäytteen titraukseen käytettävä byretti ja pH-mittari.

Projekti sisälsi myös työturvallisuuteen ja ekologiaan liittyvän lisäpiirteen, sillä tekstiilikonservoinnissa on käytetty monissa maissa, myös Suomessa, Synperonic NP 8 -nimistä detergenttiä, pesuaktiivista ainetta, jonka nykyään tiedetään muodostavan ympäristössä myrkyllisiä pilkkoutumistuotteita, minkä lisäksi se kuuluu niin sanottuihin hormonihäiritsijöihin. Tutkimuksessa Synperonic-tuote korvattiin ekologisella ja työterveyttä edistävällä pesuaineella, Minirisk®-tuotteella.³²⁶

³²⁶ Minirisk®-tuotteet soveltuvat usein konservointikäyttöön, koska ne on kehitetty allergisille henkilöille eivätkä sisällä ylimääräisiä terveydelle tai ympäristölle haitallisia komponentteja. Tuotteiden koostumuksista on myös saatavilla tarkat koostumustiedot.

Pesuliuoksia testatessa todettiin, että puskuroivan aineen, ammoniumsitraatin, tarve oli nelinkertainen verrattuna tekstiilikonservoinnin originaali-reseptin esittämään puskuroivan aineen määrään. Toisaalta havaittiin myös, että puskuroivassa pesussa ei ole tarpeen käyttää niin suuria puskuroivan aineen määriä, mitä mainitaan varsinaisissa kemiallisissa puskuriresepteissä. Kuvassa 36 on sekä pelkän veden että puskuroivan pesuliuoksen titrauskäyrät.



KUVA 36 a Veden titrauskäyrässä pH laskee nopeasti suolahappoa lisättäessä. b. Puskuroivan pesuliuoksen titrauskäyrässä pH pysyy neutraalina suolahappolisäykistä huolimatta.

Happaman pellavatekstiilin pesuun käytettävä pesuliuoksen sitraattipuskuri voidaan valmistaa joko käyttämällä

- a) triammoniumsitraattia 2 g litraan tai
- b) sekoittamalla 8 ml 5 % ammoniakkia sitruunahappoliuokseen, jossa on 1,54 g kiinteää sitruunahappoa litrassa. (Sitruunahappo on kiinteää ainetta.)

Puskuroivassa pesussa käytettiin pesuaktiivisena aineena Minirisk®-astianpesuainetta 2 ml 5 litraan vettä.

Vasta, kun testausten avulla oli tuotettu hyvin puskuroiva pesuliuosresepti, pestiin pellavavaate. Pesua kontrolloitiin koko ajan pH-mittauksin. Pesuliuoksen pH pysyi koko pesun ajan neutraalina, pH 7,3 lukemissa.

Konservointi- ja restaurointitoimenpiteitä toteutettaessa on syytä korostaa, että silloinkin, kun ne on tehty riittävän tarkan ja yksityiskohtaisen ohjeen mukaan, toimenpiteet ja prosessit tulisi dokumentoida tarkkaan käytettyjä materiaaleja myöten.³²⁷ Tällöin on helpompi selvittää myöhemmin, mistä on kyse, jos

³²⁷ Appelbaum 2007, 384–417. The purposes of treatment documentation: "Conservation treatment documentation, including treatment proposal and reports, photographs, and other graphic material, serves many functions: business contract, scientific report, justification for payment or salary earned, memory aid, teaching tool, and at times, public relations".

ongelmia alkaa esiintyä tai havaitaan, että käsittely tai toimenpide ei ole tuottanut toivottua tulosta.

9.2.3 Restaurointi- ja retusointimateriaalien tutkiminen

Myös restauroinnissa³²⁸ käytettävät materiaalit tulisi tutkia ennen käyttöä (kaavio 1c). Vaikka restaurointitoimenpiteet pyritään suorittamaan siten, että lisämateriaali on tarvittaessa poistettavissa, huonolaatuiset materiaalit voivat aiheuttaa ongelmia hyvinkin nopeasti ja restauroinnin joutuu uusimaan.

Siksi näidenkin materiaalien valinta tulisi tehdä vasta sitten, kun on tutkittu tai tiedetään riittävän paljon lisämateriaalin tai materiaalien ikääntymisominaisuuksista. Tällöin säästytään jo etukäteen myös suurelta työmäärältä, joka on edessä, jos lisämateriaalit joudutaan poistamaan ja korvaamaan jossain vaiheessa taas uusilla materiaaleilla.

Kadmiumakvarelliväritutkimus osoitti selvästi, ettei retusoinnissa³²⁹ kannata käyttää sellaisia kadmiumvärejä, jotka sisältävät sinkkiä, koska ne ovat valoherkkiä ja niiden kellanvihreät sävyt haalistuvat helposti (3).^{330, 331} Myös polyesterikomposiitti-materiaalitutkimuksessa on saatu tietoa siitä, miten tärkeää on kiinnittää huomiota UP-hartsien laatuun ja ikääntymisominaisuuksiin, jos joskus tulevaisuudessa joudutaan valitsemaan materiaaleja lasikuitukomposiittikohteen konservointiin (4).^{332, 333}

9.2.4 Vanhojen konservointikäsittelyjen aiheuttamien ongelmien tutkiminen

Koska konservointi- ja restaurointiprosesseja ei ole aikaisemmin tutkittu yhtä tarkkaan kuin nykyään, on olemassa vielä konservoinninmateriaalitutkimuksen toiminta-alue, jonka tarkoituksena on löytää syitä jo suoritettujen konservointi- ja restaurointikäsittelyjen aiheuttamiin ongelmiin ja etsiä sekä keinoja ongelman ratkaisemiseen että kohteen säilyttämiseen jatkossa parhaalla mahdollisella tavalla (kaavio 1 c).

Tällaisen esimerkin tarjoaa nahan hoitoaineen käytön aiheuttama nahkahärmäongelma, jota lähdettiin tutkimaan EVTEK Muotoiluinstituutissa Helsingin yliopiston kansalliskirjaston toimeksiannosta. Kansalliskirjaston omistaman Monrepos'n kirjaston kirjojen nahkakannet oli noin kolmekymmentä vuotta sitten käsitelty nahanhoitoaineella eli lubrikantilla, jonka resepti oli peräisin British Museumista (5). Nahanhoitoaine sisälsi mehiläisvahaa, lanoliinia, setripuun

³²⁸ Restauroida = korjata entiselleen, entistää. Nykysuomen sanakirja 1992, osa 4, 695.

³²⁹ Retusoida = parantaa, korjailla. Nykysuomen sanakirja 1992, osa 4, 698. Retusoinnin avulla pyritään tekemään esineestä ymmärrettävämpi täydentämällä esineen muotoa, väriä ja olemusta.

³³⁰ Paulus ja Knuutinen 2004 ja Knuutinen ja Paulus 2004, 63–64.

³³¹ Leone et al. 2005, 803–813. The deterioration of cadmium sulphide yellow artists' pigments- julkaisussa todetaan: "the deterioration occurs mainly in the lighter yellows".

³³² Spyros et al. 2007.

³³³ Knuutinen et al. 2008.

öljyä ja orgaanista liuotinseosta. Kuvassa 37 on British Museumin nahanhoitoaineen resepti ja reseptiin tarvittavia raaka-aineita.³³⁴

**The original recipe of the
British Museum Leather Dressing :**

- 1. Adeps.lan. (Lanolin) 200
- 2. Aetherol.lign.cedr. (Cedar wood oil)80.0
- 3. Cera flav. (Beeswax) 15.0
- 4. Benzin.medic. 340.0

- m.d.s.
- exp. 3l
- Date 761029



Lanolin

Cedar
wood oil

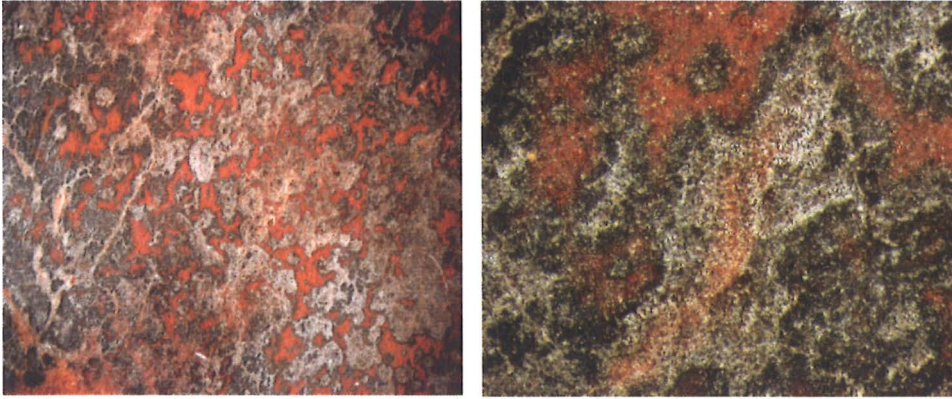
Beeswax

KUVA 37 British Museumin nahanhoitoaineen resepti ja lubrikantin resepti ja raaka-aineita.

Kyseistä lubrikanttia on käytetty hyvin laajalti koko Euroopassa, ei pelkästään kirjojen kansissa vaan myös muissa nahkaesineissä. Vuosien myötä kyseinen nahanhoitoaine on aiheuttanut nahkahärmäksi kutsutun ongelman. Nahan pintaan muodostuu valkoinen harsomainen homekasvulta näyttävä kalvo ja nahan pinta on lisäksi tahmea, niin että siihen tarttuu helposti likaa ja pölyä. Kansalliskirjastossa nahkahärmää oli yritetty poistaa mekaanisesti kirjojen kansista, mutta jonkin ajan kuluttua pintaan muodostui taas uutta härmää (katso kuva 38).

Nahkahärmäongelmaa oli mahdollista lähteä ratkaisemaan konservoinnin materiaalitutkimuksen keinoin, koska jo aikaisempina vuosina olin kehittänyt vahaa ja vahaseoksia sisältävien konservointikohteiden dokumentoinnissa tarvittavan materiaalitutkimuksen analyyskejä. Aikaisemmin tässä yhteenvedossa olen käsitellyt vaha- ja vahaseosanalyysimenetelmiä ja niiden kehittämistä (6). Toinen ratkaiseva tekijä ongelman ratkaisemisessa oli myös se, että kansalliskirjaston konservointitiloissa oli säilytetty resepteineen 30 vuotta vanha originaalipullo British Museumin lubrikanttia. Näin tutkimukseen oli käytettävissä alkuperäistä nahanhoitoainetta, eikä näyttöä tarvinnut ottaa kirjojen kansista. Tutkimuksia varten tehtiin myös uusi tuore lubrikantti originaalireseptin mukaan. Näin päästiin tekemään analyyskejä sekä uudesta tuoreesta tuotteesta että kolmekymmentä vuotta ikääntyneestä tuotteesta.

³³⁴ Knuutinen 2005.



KUVA 38 Nahkahärmää kirjan kannessa. Wild M 3 B Stereomikroskooppikuvat: vasemmalla 6,4 x ja oikealla 40 x suurennokset. Kuvat Laura Sallas.

Koska lubrikantti oli tehty ja sitä oli käytetty tietyssä liuotinseoksessa, olisi voinut helposti järkeillä, että samainen liuotinseos soveltuu myös nahkahärmän poistoon. Mutta ratkaisu ei ollut näin yksinkertainen, sillä ikääntyessään ja hapettuessaan nahanhoitoaineen liukoisuusominaisuudet olivat muuttuneet. Myös FTIR-analyysit todistivat, että lubrikantin originaalikoostumus oli muuttunut ja että tuote oli hapettunut vuosien kuluessa (5).

Kuitenkin nahkahärmän poistoon tarvittiin avuksi liuottimia, koska hapetumistuotteet eivät olleet vesiliukoisia. Sopivien liuotinseosten löytämiseksi testattiin järjestelmällisesti useita liuotinseoksia. Liuottimien valinnassa kiinnitettiin huomiota työturvallisuuteen ja myös siihen, että hapettunutta lubrikanttia oltiin poistamassa nahasta, joka on herkkä poolinen (hydrofiilinen) ja kollageenipitoinen materiaali, jolloin on työskenneltävä vähiten poolisella liuotinseoksella.³³⁵ Kuvassa 39 on testaukseen käytettyjen liuottimien (Ligroin, asetoni ja etanoli) ja liuotinseosten liukoisuusalueet.^{336, 337, 338, 339}

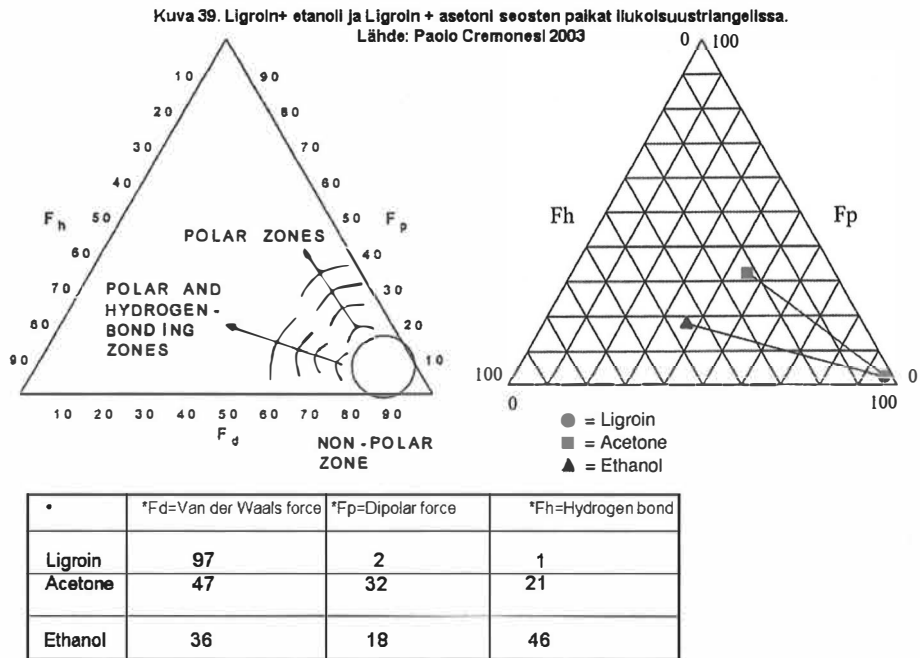
³³⁵ Poolisuus, hydrofiilisyyys (vesihakuisuus) vaikuttaa nahkan kosteuskäyttämiseen mm. siihen, että nahka sitoo helposti vettä itseensä ja turpoaa kosteuden vaikutuksesta.

³³⁶ Hare 1998, 361–363.

³³⁷ Cremonesi 2003.

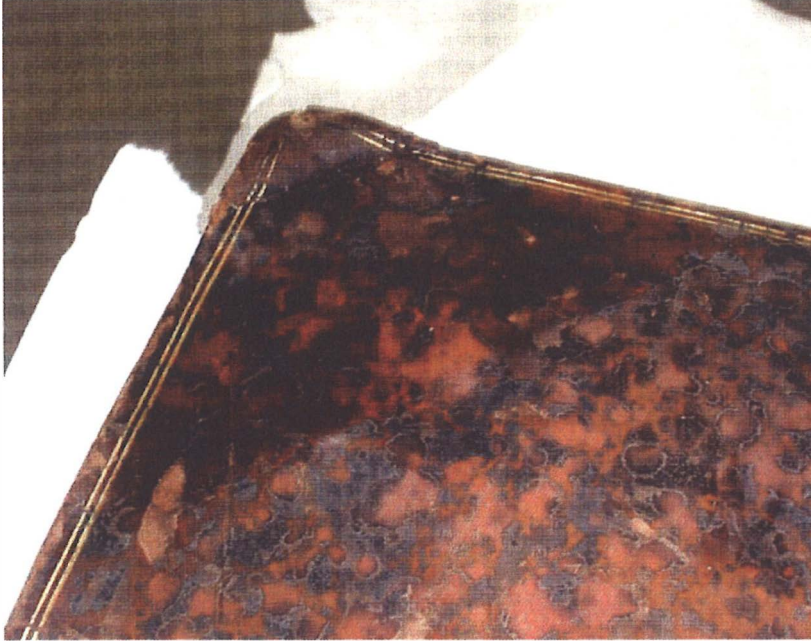
³³⁸ Ligroin on erityispuhdas (extrapure) hiilivetyliuotinseos. Se ei sisällä karsinogeenisiä, syöpää aiheuttavia, aromaattisia hiilivetyjä. Se on siten työskentelyn kannalta turvallisempi kuin epäpuhtaammat hiilivetyseokset kuten esim. Whitespirit.

³³⁹ Knuutinen 2005.



KUVA 39 Ligroin + etanoli- ja Ligroin + asetoni-seosten paikat liukoisuustriangelissa. Lähde: Cremonesi 2003.

Liukoisuustestien avulla löydettiin sopivat nahkahärmää poistavat liuotinseokset. Testauskokemukset osoittivat myös sen, että nahkahärmän poistoon tarvitaan useita puhdistuskertoja. Kuvassa 40 on todiste puhdistustuloksesta.



KUVA 40 Nahkahärmän liuotinpuhdistustulos kirjan kannen kulmassa. Kuva Laura Sallas.

Lisää yksityiskohtia nahkahärmäongelman testaukseen, tutkimukseen ja tuloksiin liittyvistä yksityiskohdista on tämän yhteenvedon mukana olevassa vuonna 2005 ICOM-CC The 14th Triennial Meeting the Hague preprint -julkaisussa (5).

LOPPUSANAT

Väitöskirjani yhteenvedo osoittaa, että konservoinnin materiaalitutkimuksella on tärkeä osa heritologiassa. Konservoinnin materiaalitutkimus ei mielestäni tuota aineellisesta kulttuuriperinnöstä tehdyn humanistisen tutkimuksen rinnalle pelkästään ylimääräistä lisäarvoa, vaan on monin eri tavoin välttämättömyys.

Eräs konservoinnin materiaalitutkimuksen tärkeä funktio liittyy kulttuurihistoriallisten kohteiden materiaalien dokumentointiin. Jos halutaan saada varmaa ja luotettavaa tietoa kohteessa olevista materiaaleista, kohteen alkupe-
räästä, autenttisuudesta tai siitä, onko kohteelle tehty jossain vaiheessa restaurointia, siihen tarvitaan kemiallisen koostumuksen paljastavia analyyskejä. Vain materiaalitutkijan tekemät luotettavat ja laadukkaat analyysit voivat taata sen, että materiaalien dokumentointitiedot täyttävät niille asetetut tutkimukselliset ja eettiset vaatimukset.

Konservoinnin materiaalitutkimuksen toinen huomattava toiminta-alue liittyy konservointiin. Materiaalitutkimus hyödyttää kulttuurihistoriallisten kohteiden säilyttämistä siten, että tutkimuksen kautta saatu tieto auttaa ymmärtämään materiaalien ominaisuuksia ja materiaaleissa ajan myötä tapahtuvia kemiallisia ja fysikaalisia muutoksia. Sekä ennaltaehkäisevä että aktiivinen konservointi ja niihin liittyvä suunnittelu ja tutkimus tarvitsevat avukseen materiaalitutkimusta.

Heritologiaan liittyvien toimintojen lisäksi konservoinnin materiaalitutkimuksella on lisäksi omia tarpeellisia taustafunktioita, jotka johtuvat osittain siitä, että materiaalitutkimuksen juuret ovat luonnontieteissä ja tutkimusmenetelmät kuuluvat pääosin sekä kemian että fysiikan alueisiin. Luonnontieteellisiä tutkimusmenetelmiä kehitetään koko ajan. Tätä kehitystä tulee mielestäni seurata aktiivisesti ja katsoa, miten uusia menetelmiä voitaisiin soveltaa yhä paremmin kulttuurihistoriallisten materiaalien tutkimiseen.

Konservoinnin materiaalitutkimus on mielestäni luonteeltaan polyfunktioista, sillä kaikkiin tässä väitöskirjassa esittämiini tutkimuksiin tai tutkimusprojekteihin sisältyy useita eri funktioita tai päämääriä.

Vaikka museologiassa konservointi ja siihen liittyvä tutkimus luokitellaan soveltavaan museologiaan, niin konservoinnin materiaalitutkimuksessa on mielestäni kuitenkin kyse ennen kaikkea luonnontieteellisten tutkimusmenetelmien soveltamisesta kulttuurihistoriallisten kohteiden ja niiden sisältämien materiaalien tutkimiseen. Konservoinnin materiaalitutkimus ei ole siis itsessään informaatiotiedettä kuten heritologia, mutta se tuottaa kuitenkin tärkeää informaatiota Šolan kaaviossa (2005) esitetyille muistiorganisaatioille. Tämän vuoksi näen konservoinnin materiaalitutkimuksen osana monitieteellistä heritologiaa, jossa tutkimusta tulisi tehdä yhä enenevässä määrin yhteistyössä humanistien ja luonnontieteiden specialistien kesken. Tällöin pystyttäisiin myös hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla kaikki se informaatio, mikä konservoinnin materiaalitutkimuksella on tarjottavanaan. Korkeatasoinen monitieteellinen yh-

teistyö voi mielestäni taata laadukkaat kohteiden dokumentointitiedot ja luoda vakaan pohjan kulttuurihistoriallisten kohteiden ja materiaalien säilyttämiseen ja konservointiin.

Väitöskirjani osoittaa lisäksi sen, että konservoinnin materiaalitutkimuksen resursointi on Suomessa huomattavasti vähäisempää kuin monissa muissa Euroopan maissa. Tämän vuoksi olisi syytä miettiä keinoja tutkimusresurssien lisäämiseksi. Panostamalla kulttuuriperinnön ja sen säilyttämiseen liittyvään tutkimukseen on mahdollista osoittaa, että kulttuuriperintöä todella arvostetaan. Lisääntyvän tutkimuksen avulla saadaan uutta ja tarpeellista tietoa siitä, miten kulttuuriperintö voidaan säilyttää myös tuleville sukupolville.

LÄHDELUETTELO

Kirjeenvaihto sähköpostitse

- 18.4.2007. Michel Menu. <michel.menu@culture.gouv.fr> Resources (staff and equipments) for conservation material research. Co operation with other research institutes currently.
- 30.4. 2007. Jean Louis Boutaine, C2RMF. <jean-louis.boutaine@wanadoo.fr> Present situation of the LabS TECH survey, concerning the European institutions active in Science & technology for cultural heritage study & conservation/restoration.
- 8.5.2007. Rene Larsen. <rl@kons.dk> Resources (staff and equipments) of conservation material research connected to conservation education and its chemistry, physics and other natural science studies. Co operation with other research institutes.
- 24.5.2007. Tennent Norman. <normantennent@yahoo.co.uk> The solar system presented by Norman Tennent in the lecture of Conservation Science 2007 Congress in Milan.
- 13.6.2007. Yvonne Shashoua. <Yvonne.Shashoua@natmus.dk> Resources (staff and equipments) for conservation material research. Co operation with other research institutes currently.

Painamattomat julkaisut ja kongressiesitelmät

- Daley, M. 2006. Oral presentation: Dirt - a phobic construct or a professional ploy. NKF (Nordiska konservatorförbundet XVII Congress, 30.11-1.12. 2006. Stockholm, Sweden.
- Knuutinen, U. 2003. Oral presentation O-IX.2: Cadmium Colours, Composition and Properties. The European Materials Research Society Spring Meeting, Symposium O, 10.-13.6.2003. Strasbourg, France.
- Knuutinen, U. 2004. Oral presentation: Commercial "Cadmium" Aquarelle Colours, composition and Stability. The ICOM-CC Graphic Documents Meeting, 11.-12.3. 2004. Ljubljana, Slovenia.
- Knuutinen, U. 2005. Oral presentation: Leather Spue - A Problem with Lubricants. The ICOM-CC Leather and Related Working Group. ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, September 12-16.2005.
- Knuutinen, U. and Koskinen A. 2006. Oral presentation: The Buffering of Washing Solution- A Case Study of Acidic Linen Blouse. NKF Nordiska Konservator Förbundet XVII Congress, 31.11-1.12. 2006. Stockholm, Sweden.
- Knuutinen, U. 2007a. Oral presentation: The Material Analysis of Inorganic Pigments from Pompeian Wall Paintings of Marcus Lucretius' house. The European Material Research Society Spring Meeting Strasbourg,

- Symposium S, Science & Technology of Cultural Heritage Materials, 28.5.-1.6.2007. Strasbourg, France.
- Knuutinen, U. 2007b. Oral presentation: Studying Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatograph and Alterations in Cellulose Crystallinity with X-Ray Diffraction. Papertech 6th -FP- EU-Project Exhibition 2007 conference 3.-4.12.2007. Naples, Italy.
- Knuutinen, U. 2008. Oral presentation: Closer look to aqueous paper treatment solutions and to the nano structure of cellulose. Durability of Paper and Writing 2nd International Symposium and Workshop. 7.-9.7.2008. Ljubljana, Slovenia.
- Tennent, N. 2007. Oral presentation: Bridging the gap between the laboratory and the studio-proposals for translating scientific findings into conservation practise. Conservation Science 2007 Congress, 10.-11.5.2007. Milan, Italy.

KIRJALLISUUS

- Aaltonen, P. 1997. Testing of pulp and Paper part 1. HUT Laboratory of paper Technology reports. Series D 1. Finland 1997. ISBN 951-22-1433-4.
- Allen, N. A. and Edge, M. 1992. Fundamentals of polymer Degradation and Stabilisation. Elsevier Applied Science, Cambridge 1992. ISBN 1-85166-773-3.
- Appelbaum, B. 2007. Conservation treatment methodology. Butterworth-Heinemann, Oxford 2007. ISBN 978-0-7506-8274-9.
- Adriaens, A. 2005. Non- destructive Analysis and Testing of Museum Objects: An Overview of 5 Years of Research. *Spectro chimica Acta Part B* 60, 2005, 1503-1516.
- Auer, T. 2000. Konservointityön professionalisaatio. Akateeminen Väitöskirja. *Acta Universitatis Tamperensis* 773, Tampere 2000. ISBN 951-44-4935.
- Baker, M. 2001. Polymers in Museums. *Historic Textiles, Papers and Polymers in Museums*. (Edit.) Cardamone, M. and Baker, M. T. ACS Books, Washington (DC) 2001. ISBN 951-0-00590-8.
- Barbet, A., Fuchs, M. and Tuffreau-Libre, M. 1997. Les diverses utilisations des pigments et leurs contenants. In *Roman wall painting: Materials, techniques, analyses and conservation*. (Edit.) Béarat, H., Fuchs, M., Maggetti, M. and Paunier, D., Fribourg University, Fribourg 1997. ISBN 2-9700132-0-7.
- Béarat, H. 1997. Quelle est la gamme exacte des pigments romains? Confirmation des resultats d'analyse avec les texts de Vitruve et de Pline. *Roman wall painting: Materials, techniques, analyses and conservation*. (Edit.) Béarat, H., Fuchs, M., Maggetti, M. and Paunier, D., Fribourg University, Fribourg 1997. ISBN 2-9700132-0-7.
- Bray, R. G. and Sibilía, J. 1996. *Molecular Spectroscopy. A guide to Materials Characterisation and Chemical Analysis*, 2nd ed., (Edit.) Sibilía, J., VCH, Publishers, New York 1996. ISBN 1-872748-24-4.

- Buxbaum, G. 1993. (Edit.) *Industrial Inorganic Pigments*. VCH, New York 1993. ISBN 1-56081-810-7.
- Cardamone, J. M. 2001. *The aging, Degradation, and Conservation of Historic Materials Made from Cellulose Fibres. Textiles, Papers and Polymers in Museums*. (Edit.) Cardamone, M. and Baker, M.T. ACS Books, Washington (DC) 2001. ISBN 951-0-00590-8.
- Castren, P. 2006. *Suomalainen tutkimushanke Pompeijissa. Mitä Missä Milloin 2007*. Kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu 2006. ISBN-13: 978-951-1-21080-1.
- Castren, P., Berg, R., Tammisto, A. and Viitanen, E-M. 2007. In the heart of Pompeii- *Archaeological Studies in the Casa di Marco Lucrezio (Insula IX, 3, 5. 24) Postprint of Nuove ricerche archeologiche nell'area vesuviana, (scavi 2003–2006) in Rome February, 2007*.
- Charola, E. and Koestler, R. 2006. *Methods in Conservation. Conservation Science, Heritage Materials*. (Edit.) May, E. and Jones, M. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2006. ISBN 978-0-8504-659-1.
- Christie, R. M. 2001. *Colour Chemistry*. RSC Paperbacks, Cambridge 2001. ISBN 0-85404-573-2.
- Ciliberto, E. and Spoto, G. 2000. (Edit.) *Modern Methods in Art and Archaeology*. Wiley, New York 2000. ISBN 1-800-225-5945.
- Conti, A. Translated by Glanville, H. 2007. *A History of the Restoration and Conservation of Works of Art*. Butterworth-Heinemann, Elsevier 2007. ISBN 978-0-7506-6953-5.
- Cotte, M., Susini, J., Metrich, N., Moscato, A., Gratziu, C., Bertagnini, A. and Pagano, M. 2006. *Blackening of Pompeian Cinnabar Paintings: X-ray Micro spectroscopy Analysis*. *Analytical Chemistry* 78 (21), 2006, 7484–7492.
- Cremonesi, P. 2003. *Le Miscele Solventi per il Test Solubilità. Centro per lo Studio dei Materiali per il Restauro*. Padova 2003.
- Daley, J. E. 1988. *Cadmium-Mercury Sulfides. Pigment Handbook Vol 1, Properties and Economics*. (Edit.) Lewis, P. A. Wiley, New York 1988. ISBN 0-471-82833-5.
- Daniels, V. 2006. *Paper. Conservation Science, Heritage Materials*. (Edit.) May, E. and Jones, M. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2006. ISBN 978-0-8504-659-1.
- Dardes, K. 1998 (Edit.) *Defining and measuring effectiveness in education and training. Proceedings of interim meeting of the ICOM-CC, Working group on training in conservation and restoration.16.–18.4.1998*. Vantaa, Finland. Tummavuorenkirjapaino Oy. ISBN 951-647-002-5.
- Derrick, M., Stulik, D. and Landry, J., M. 1999. *Infrared Spectroscopy in Conservation Science*. The Getty Research Institute, Los Angeles 1999. ISBN 0-89236-469-6.
- Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplin, T. and Siddall, R. 2004a. *Pigment Compendium, A Dictionary of Historical Pigments*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford 2004. ISBN 0-7506-5749-9.

- Eastaugh, N., Walsh, V., Chaplin, T. and Siddall, R. 2004b. *Pigment Compendium, Optical Microscopy of Historical Pigments*. Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford 2004. ISBN 0-7506-4553-9.
- Elias, H-G. 1997. *An Introduction to polymer Science*. VCH, Germany 1997. ISBN 3-527-28790-6.
- EVTEK- Palvelut T&K Projektiraportti 2004. ETHOMEEN C25-GC-MS. Halonen, I., Åkerman, M-L., Kirillova, E. ja Knuutinen, U. Vantaa 7.6.2004.
- Ferretti, M. 1993. *Scientific Investigations of Works of Art*. ICCROM, Rome 1993. ISBN 92-9077-108-9.
- Gettens, R. T., Feller, R. and Chas, W. T. 1972. *Vermillon and Cinnabar*. *Studies in Conservation* Vol.17, 1972, 45-69.
- Glinsman, L. D. 2005. *The practical application of air-path X-ray fluorescence spectrometry in the analysis of museum objects*. *Studies in Conservation* 2005, 6, 3-17.
- Greaves, P. H. and Saville, B.P. 1995. *Microscopy of Textile Fibres*. Royal Microscopy Society, Oxford 1995. ISBN 1-872748-24-4.
- Hakala, J. T. 1996. *Opinnäyte ja sen ohjaaminen, Johdatus tutkimusprosessin hallintaan*. Gaudeamus, Tammer-Paino, Tampere 1996. ISBN 951-662-650-5.
- Hancock, R. G. V. 2000. *Elemental analysis. Modern Methods in Art and Archaeology*. (Edit.) Ciliberto, E. and Spoto, G. Wiley, New York 2000. ISBN 1-800-225-5945.
- Hardil, D., Grygar, T., Hradilovká, J. and Bezdička, P. 2003. *Clay and Iron Oxide Pigments in the History of Painting*. *Applied Clay Science* 22, 2003, 223-236.
- Hare, C. H. 1998. *Protective Coatings: fundamentals of chemistry and composition*. SSPC, Pittsburgh 1998. ISBN 0-938477-90-0.
- Havermans, J. B. G. A. 1994. EC DG XII Step Project CT 90-0100. *The Effect of Air Pollutants on the Accelerated Ageing of Cellulose Containing Materials- Paper. Part 1 and 2*. Delft September 1994.
- Havermans, J. B. G. A. 1995. *Environmental Influences on the Deterioration of Paper*. Den Haag 1995. ISBN 90-5613-010-2.
- Heinonen, J. ja Lahti, M. 2001. *Museologian perusteet*. Suomen Museoliitto. 3. uudistettu painos. Virma Oy, Jyväskylä 2001. ISBN 951-9426-25-6.
- Helwig, K. A. 1997. *A note on burnt yellow earth pigments: Documentary sources and scientific analysis*. *Studies in Conservation* 42, 1997, 181-188.
- Huovinmaa, K. 2003. *Eritteestä etikkaan - Nykyaikaisen taiteen vaikutus taidekonservaattorin rooliin*. Lasipalatsi, Helsinki 2003. ISBN 952-91-5740-1.
- Huuhka, M. 2004. *Vantaan käsi- ja taideteollisuusoppilaitoksesta EVTEK Muotoiluinstituutiksi 1984-2004*. Juhlapäivänä Matkalla/ Luovaa osaamista kahden vuosikymmenen ajan. Paino & Repro/ Libris Oy, EVTEK Muotoiluinstituutti, Vantaa 2004.
- Häyhä, H., Danielli, C. and Tammisto, A. 2007. *Poster: Developing the Digital Puzzling and Reconstruction System for Second Style Fresco Fragments from the Casa di Marco Lucrezio (IX, 3, 5. 24) Pompeii*. *Glass and*

- Ceramics Conservation. Interim Meeting of the ICOM-CC Working Group. Nova Gorica, Slovenia 27.-30.8.2007.
- Häyhä, H. 2008. Freskofragmenttien kokoaminen. DOMVS POMPEIANA. Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa. Näyttelykirja Amos Andersonin taidemuseo 29.2.-25.5.2008. (toim) Castrén, P. Helsinki. ISBN 978-951-1-22415-0.
- Häärä, A. 2005. Tyydyttämättömän polyesterin säänkestävyys. Insinööriyden ohjaajana Ulla Knuutinen ja valvojana Kai Laitinen. EVTEK-ammattikorkeakoulu, Vantaa 2005.
- ISO 7724/1. 1984. Paints and varnishes colorimetry. Partie 1: Principles 1984-10-1.
- ISO 7724/2. 1984. Paints and varnishes colorimetry. Partie 2: Colour measurements 1984-10-1.
- ISO 21127:2006 CIDOC CRM (The International Committee for Museum Documentation) Information and documentation – A reference ontology for the interchange of cultural heritage information. First edition 2006-09-15.
- Kaarto, P. 2008. Marcus Lucretiuksen talon kolmiulotteinen mallintaminen. DOMVS POMPEIANA. Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa. Näyttelykirja Amos Andersonin taidemuseo 29.2.-25.5.2008. (toim) Castrén, P. Helsinki. ISBN 978-951-1-22415-0.
- Kaukovalta, M. 1997. Synteettisten polymeerigessojen koostumus ja niiden käyttäytyminen keinotekoisessa ikäännäytämisessä. Opinnäytetyön ohjaajana Ulla Knuutinen. Espoon Vantaan Ammattikorkeakoulu 1997.
- Kaukovalta, M. 2002. A Study of Synthetic Polymer Gesses and their Behaviour in Artificial Ageing Tests. *Plastics in Art*. (Edit.) Van Oosten, T., Shashoua, Y. and Waentig, F. Siegl, Munchen 2002. ISBN 3-935643-05-5.
- Kecskeméti, I. 2007. Konservointi. *Museologia tänään*. (toim.) Kinanen, P. Suomen museoliiton julkaisuja 57. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2007. ISBN 978-951-9426-43-1.
- Keune, K. and Boon, J. J. 2005. Analytical Imaging Studies Clarifying the Process of Darkening of Vermilion in Paintings. *Analytical Chemistry* 77, 2005, 4742-4750.
- Kinanen, P. 2007. Museoiden kokoelmat/Museo tutkii. *Museologia tänään*. (toim.) Kinanen, P. Suomen museoliiton julkaisuja 57. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2007. ISBN 978-951-9426-43-1.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U. and Wagenknecht, W. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry, Vol 2*. Wiley- VCH, Neustadt 1998. ISBN 3-527-29489-9.
- Knuutinen, U. 1997a. Pigmentit, Espoon-Vantaan ammattikorkeakoulun julkaisusarja C 5. Vantaa, Yliopistopaino Helsinki 1997. ISBN 951-799-017-0.
- Knuutinen, U. 1997b. Paperin säilyvyyden kemia. Espoon-Vantaan ammattikorkeakoulun julkaisusarja C 3. Vantaa, Yliopistopaino Helsinki 1997. ISBN 951-799-014-6.

- Knuutinen, U. and Norrman, A. 2000. Wax Analyses in Conservation Objects by Solubility Studies, FTIR and DSC. 15th World Conference on Non-Destructive Testing Roma 15.-21.10.2000.
< <http://www.ndt.net/article/wcndt00/toc/cons.htm>>
- Knuutinen, U., Lehtonen, J. and Norrman, A. 2003. Poster Presentation O/P.20: Characterisation of Waxes and Wax mixtures in Conservation Samples by DSC and DRIFTS. The European Materials Research Society Spring Meeting, Symposium O. 10.-13.6.2003. Strasbourg, France.
- Knuutinen, U. 2004a. Kaksi vuosikymmentä konservointikemiaa. Juhlapäivänä Matkalla/ Luovaa osaamista kahden vuosikymmenen ajan. Paino & Repro/ Libris Oy, EVTEK Muotoiluinstituutti, Vantaa 2004.
- Knuutinen, U. 2004b. Muovitutkimus-Piloottihankkeen 2003 loppuraportti, EVTEK Muotoiluinstituutti 22.3.2004.
- Knuutinen, U. and Paulus, J. 2004. Commercial "Cadmium" Aquarelle Colours, Composition and Stability. Proceedings of the ICOM-CC Graphic Documents Meeting 11.-12.3. 2004 Ljubljana, Slovenia. National and University Library Ljubljana 2004. ISBN 961-6162-95-0.
- Knuutinen, U., Kecskemeti, I., Heikkilä, I. and Raappana, T. 2004. Control of Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatography. Poster presentation and proceedings of the International Conference, Durability of Paper and Writing 16.-19.11. 2004 Ljubljana, Slovenia. ISBN 961-6162-98-5.
- Knuutinen, U., Rasanen, S. and Kyllonen, P. 2005. Modern Composite Materials in Contemporary Art. Poster presentation P/Q.10. The European Materials Research Society Spring Meeting, Symposium Q. 31.5-3.6.2005. Strasbourg, France.
- Knuutinen, U. and Sallas, L. 2005. Leather Spue: A Problem with Lubricants. Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, 12.-16.9.2005. James & James, London 2005. ISBN 1-84407-253-3.
- Knuutinen, U. and Kyllonen, P. 2006. Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art Objects. e- Preservation science 2006, 3, 11-19.
- Knuutinen, U. 2006. Identification of Historical Pigments, Non-destructive and Micro Methods. (Edit.) Mannerheimo, H. Study Materials D. EVTEK 2006:4. ISBN 10951-647-024-6.
- Knuutinen, U. ja Mannerheimo, H. 2006. Pigmenttitutkimus; Casteren, P. Suomalainen tutkimushanke Pompejissa. Mitä Missä Milloin 2007. Kustannusosakeyhtiö Otava, Keuruu 2006. ISBN-13: 978-951-1-21080-1.
- Knuutinen, U., Mannerheimo, H. and Hornytkyji, S. 2007a. Report of the Pompeii Project/ Project Report of Pigment Analyses of the Fourth Style Wall Paintings In the Casa Di Marco Lucrezio (IX 3, 5.24) in Pompeii. EVTEK University of Applied Sciences. Askon Paino Oy, 2007. ISBN 978-951-647-027-9.
- Knuutinen, U., Mannerheimo, H. and Hornytkyji, S. 2007b. Colours and Inorganic Pigments of the House of Marcus Lucretius (Insula IX 3, 5/24). Poster and postprint. II Congress of Recent Research in Vesuvian Area, Rome, February 2007.

- Knuutinen, U., Mannerheimo H. and Hornyzykj S. 2007c. Analysis of Pigments from Pompeian Wall Paintings in the House of Marcus Lucretius. Poster presentation and Architype proceedings. Conservation Science 2007, 10.-11.05.2007. Milan, Italy. (in press.)
- Knuutinen, U. ja Mannerheimo, H. 2008. Marcus Lucretiuksen talon seinämaalausten pigmenttitutkimukset. DOMVS POMPEIANA. Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa. Näyttelykirja Amos Andersonin taidemuseo 29.2.-25.5.2008.(toim) Castrén, P. Helsinki. ISBN 978-951-1-22415-0.
- Knuutinen, U., Stamatakis, G., Spyros, A., Laitinen, K. and Häärä, A. 2008. NMR and mechanical studies of the weather resistance of UP resins, modern contemporary art materials. Poster presentation and proceeding abstract. Art 2008, 9th International Conference. 25.-30.5. 2008. Jerusalem, Israel.
- Kostet, J. 2007. Kokoelmien muodostuminen. Museologia tänään. (toim.) Kinanen, P. Suomen museoliiton julkaisuja 57. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2007. ISBN 978-951-9426-43-1.
- Laitinen-Laiho, P. 2004. Taide väärennökset. WSOY, Helsinki 2004. ISBN 951-0-29369-5.
- Lehtonen, J. 2001. DSC-, DRIFTS- ja GC-MSD- tekniikan sovellutuksia vahojen ja kasviöljyjen analytiikkaan. Insinööriyön ohjaajana Ulla Knuutinen ja työn valvojana Anna Norrman. Espoon Vantaan teknillinen ammattikorkeakoulu, Vantaa 2001.
- Leone, B., Burnstock, A., Jones, C., Hallebeek, J., Boon, J. and Keune, K. 2005. The deterioration of cadmium sulphide yellow artists' pigments. Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands 12.-16.9.2005. James & James, London 2005. ISBN 1-84407-253-3.
- Loya, J. E.1988. Cadmium Sulfide Pigments. Pigment Handbook Vol 1, Properties and Economics. (Edit.) Lewis, P. A. Wiley, New York 1988. ISBN 0-471-82833-5.
- Lufti, E. 2006. Lasikuidun pinnoitteen vaikutus tyydyttämättömän polyesterin ikääntymiseen, Insinööriyön ohjaajana Ulla Knuutinen ja valvojana Anna Norrman. EVTEK- ammattikorkeakoulu, Vantaa 2006.
- Macur, J.E., Marti, J. and Lui, S-C. 1996. Microscopy. Material Characterisation and Chemical Analysis. (Edit.) Sabilia J.VCH, New York 1996. ISBN 1-56081-922-7.
- Maroević, I. 1998a. Introduction to Museology- European Approach. Verlag Dr. Christina Muller- Straten, Munich 1998. ISBN 3-932704-52-5.
- Maroević, I. 1998b. The Phenomenon of Cultural Heritage and the Definition of a Unit of Material. Nordisk museologi 1998. 2. 135-142. ISSN 1103-8152.
- Maxwell, C. A., Kennedy, C., Wess, T. J. and Knuutinen, U. 2007. Poster presentation. (Knuutinen U. referece person) Effect of water, deacidification treatments and artificial ageing on cellulose/ X- Ray diffraction analysis of in-situ measurements on paper samples. PAPERTECH 6th -FP- EU-Project Exhibition Conference, 3.-4.11.2007. Naples, Italy.

- Maxwell, C. A., Kennedy, C., Wess, T. J. and Knuutinen, U. 2008. (Knuutinen, U. corresponding author) X-Ray diffraction analysis of paper samples – Investigation into the effects of water, deacidification treatments and artificial ageing process on cellulose crystallinity. *Durability of Paper and Writing 2nd International Symposium and Workshop*. 7.–9.7.2008. Ljubljana, Slovenia. ISBN 978-961-6286-97-8.
- May, E. and Jones, M. (Edit.) *Conservation Science, Heritage Materials*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2006. ISBN 0-85404-659-3.
- McCormack, J. K. 2000. *The Darkening of Cinnabar in Sunlight*. *Mineralium Deposita* 35, 2000, 796–798.
- van Mensch, P. 1992. *Towards a methodology of museology*. Ph.D thesis, University of Zagreb. CD-ROM *museologia*, Jyväskylän yliopisto.
- Minolta Co., Ltd. 1998. *Precise Color Communication*. Printed in Japan. 9242-4830-92.
- Nassau, K. 2001. *The Physics and Chemistry of Color, the fifteen causes of color*. John Wiley & Sons, New York 2001. ISBN 0-471-39106-9.
- Niinistö-Suviranta, S. 2006. *Opinnäytetyön koordinaatit – Ohjeita EVTEK-ammattikorkeakoulun kulttuurialalle*. EVTEK-Ammattikorkeakoulu 1. painos, Askon Paino Oy. ISBN 951-647-020-3.
- Nykysuomen sanakirja 1992. *Päätoimittaja Matti Sadeniemi*. Kolmastoista painos. WSOY, Juva. 1992. ISBN 951-0-18261-3.
- Nyman, H. ja Poutasuo, T. 2004. *Muovikirja, arkitavaraa ja designesineitä*. WSOY, Helsinki 2004. ISBN 951-0-29132-3.
- Palo-oja, R. and Willberg, L. *How to Manage Collection? Nordisk Museologi* 1998. 2. ISSN 1103-8152.
- Palo-oja, R. 2004. (toimittaja) *Sarvis Muovia Vuodesta 1921*. Emil Aaltosen säätiön teollisen kulttuurin tutkimusrahasto 2004. ISBN 952-99351-0-2.
- Paulus, J. and Knuutinen, U. 2004. (Knuutinen, U. corresponding author) *Cadmium Colours: Composition and Properties*, *Applied Physics A, Materials Science & Processing*, 19 May 2004. Vol 79, 397400.
- Pedersoli, J. L. 1994. *Evaluation of the Efficiency of Calcium Hydroxide and of Methyl Ethers of Cellulose in a Simultaneous Deacidification-Reinforcement Treatment for Paper Artefact*. Helsinki University, Department of Polymer Chemistry, Helsinki 1994.
- Perkiömäki, K., Knuutinen U., Leppilähti, T and Ukkonen, P. *Ion chromatography – A useful non-destructive tool for monitoring aqueous conservation treatments of cellulose materials*. Poster and full paper. *Art 2008, 9th International Conference*. 25.–30.5. 2008. Jerusalem, Israel.
- Pliny, M. 1st century AD. *Naturalis Historia Libri XXXII- XXXV*. Translated by Rackham, H. Harvard University Press, London 1961. Original work published 1st century AD.
- Putt, N. and Häyhä, H. 2001. (Edit.). *A Project report, European Preventive Conservation Strategy Project*. Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi 2001.
- Quye, A. and Williamson, C. 1999. *Plastics, collecting and conserving*. NMS, Edinburgh 1999. ISBN 1-901663-12-4.

- Ruuben, T. (Edit.) 2004. Conservation Education-Changing Environment. Proceedings of the Interim Meeting of the ICOM-CC Education and training working group 1.-3.10. 2004. EVTEK Institute of Art and Design, EVTEK-digitaalipaino,Vantaa, Finland. ISBN 951-647-014-9.
- Ruuben, T., Knuutinen, U. and Seppälä, M. 2006. Student Conservation Projects of Panel Paintings and Polychrome Sculptures. Four Posters to Cesmar 7 (Centre for the Study of Materials for Restoration), "The Care of Painted Surfaces, Materials and Methods for Consolidation, and Scientific Methods to Evaluate their effectiveness.10.-11.11. 2006. Milan, Italy.
- Räsänen, A. ja Wassholm, H. 2008. Ruokasalin seinämaalausten rekonstruktio. DOMVS POMPEIANA. Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa. Näyttelykirja Amos Andersonin taidemuseo 29.2.-25.5.2008.(toim) Castrén, P. Helsinki. ISBN 978-951-1-22415-0.
- Sciuti, S., Fronterotta, G., Vendittelli, M., Logoni, A. and Fiorini, C. 2002. A Non-destructive Analytical Study of a Recently Discovered Wall Paintings. Studies in Conservation 46, 2002, 132-140.
- SFS- EN ISO 11507:2001. Paints and Varnishes, Exposure of Coating to Artificial Weathering.
- Shashoua, Y. 2005. Storing plastics in cold: more harm than good? Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, 12.-16.9.2005. James & James, London 2005. ISBN 1-84407-253-3.
- Shashoua, Y. 2006. Plastics. Conservation Science, Heritage Materials, (Edit.) May, E. and Jones, M. The Royal Society of Chemistry, Cambridge 2006. ISBN 0-85404-659-3.
- Shashoua, Y. 2007. The Challenges of Plastics, kurssiaineisto. Konservoinnin YAMK opintoihin liittyvä kurssi pidetty EVTEK Muotoiluinstituutissa huhtikuussa 2007.
- Sibilia, J. 1996. (Edit.) A guide to Materials Characterisation and Chemical Analysis, 2nd ed. VCH Publishers, New York 1996. ISBN 1-872748-24-4.
- Sigurdsson, H., Carey, S., Cornell, W. and Pescatore, T. 1985. The Eruption of Vesuvius in A.D. 79. National Geographic Research 1985, 1 (3), 332-387.
- Smith, J. A. 1987. An Introduction to Materials, Science for Conservators Book 1, Conservation Unit, London 1987. ISBN 0-948630-03-5.
- Šola, T. 2005. What Theory? What Heritage? Nordisk Museologi 2005-2, 3-16. ISSN 1103-8152.
- Spyros, A. 2003. Characterization of Unsaturated Polyester Alkyd Resins Using One- and Two- Dimensional NMR Spectroscopy. Journal of Applied Polymer Science Vol 88, 2003, 1881-1888.
- Spyros, A., Kartsonaki, E., Stamatakis, G., Knuutinen, U. and Anglos, D. NMR Spectroscopy applications in the analysis of cultural heritage materials. EuroAnalysis XIV, 9.-14.9.2007. Antwerp, Belgium.
- Stránský, Z. Z. 1974. Metodologické otázky dokumentace současnosti. Muzeologické sešity (5):13-43.
- Stránský, Z. Z. 1995. Museology - Introduction to Studies, Brno 1995, ISBN 80-210-0704-4.

- Strlič, M. and Kolar, J. 2005a. Review of practices for aqueous paper deacidification. Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands, 12.-16.9.2005. James & James, London 2005. ISBN 1-84407-253-3.
- Strlič, M. and Kolar, J. 2005b (Edit.). Ageing and stabilization of paper. National and University Library, Ljubljana 2005. ISBN 961-6551-03-5.
- Stuart, B., George, W.B. and McIntyre, P.S. 1998. Modern Infrared Spectroscopy. ACOL, Wiley, Chichester 1998. ISBN 0-471-9517-0.
- Stuart, B. 2007. Analytical Techniques in Materials Conservation. John Wiley & Sons, Ltd, Australia 2007. ISBN 978-0-470-01280-2.
- Sundholm, F., Bremer-Laamanen, M., Knuutinen, U. and Tahvanainen, M. 2001a. Study of Ca(OH)₂/ MC-60 Strengthening- Neutralisation Method. Book of Abstracts. ICOM-CC Interim Meeting Working Group on Graphic Documents. 7.-10.3.2001. EVTEK Institute of Art and Design, Vantaa, Finland.
- Sundholm, F., Bremer-Laamanen, M., Knuutinen, U. and Tahvanainen, M. 2001b. Study of Ca(OH)₂/MC-60 Strengthening-Neutralisation Method. The European Materials Research Society Spring Meeting ,Symposium K. 5.-8.6.2001. Strasbourg, France.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS Ry. 2001. SFS-käsikirja Tekstiilit osa 1. ISSN 0780-7961; 27-1.
- Tammisto, A. ja Kuivalainen, I. 2008. Marcus Lucretiuksen talon seinämaalaus ja lattiakoristelu. DOMVS POMPEIANA. Marcus Lucretiuksen talo Pompejissa. Näyttelykirja Amos Andersonin taidemuseo 29.2.-25.5.2008.(toim) Castrén, P. Helsinki. ISBN 978-951-1-22415-0.
- Tappi Test Methods 1993. T 401 om-93, Fiber analysis of paper and paperboard. Tekes päätösnumero 40437/98. Paperin Neutralointi- projektin ensimmäisen hankkeen loppuraportti. Raportin laatija Maria Tahvanainen.
- Tekes päätösnumero 40627/00. Paperin Neutralointi-projektin toisen hankkeen loppuraportti. Raportin laatija Maria tahvanainen.
- Timar-Balazsy, A. and Eastop, D. 1998. Chemical Principles of Textile Conservation. Butterworth- Heinemann, Oxford 1998. ISBN 0-7506-2620-8.
- Townsend, J. H., Eremin, K. and Adriaens, A. 2003. (Edit.) Conservation Science. ICON Conference, Edinburg, Scotland. 22.-24.5.2002. Archetype Publications Ltd, London 2003. ISBN 1-873132-88-3.
- Tumosa, C. S. Mecklenburg, M. F. and McCormick, M. H. 2001. The Physical Properties of Photographic Film Polymers Subjected to Cold Storage Environments. Historic Textiles, Papers and Polymers in Museums. (Edit.) Cardamone, M. and Baker, M. T. ACS Books, Washington (DC) 2001. ISBN 951-0-00590-8.
- Tuurnala, T. 1985. Pigment analysis by using particle accelerator. Post print of NKf X Kongress. Konservering i går och i dag. 10.-15.6.1985. Helsinki.
- Tuurnala, T., Hautojärvi A. and Harva K. 1985. Nondestructive Analysis of Paintings by PIXE and PIGE. Studies in Conservation, 30, 1985, 93-99.

- Tuurnala, T. and Hautojärvi, A. 1986. Examination of Oil Paintings by using PIXE/PIGE Combination. *Nuclear Instruments and Methods B* 14, 1986, 70-75.
- Tuurnala, T., Hautojärvi, A. and Nurminen, S. 1991. A Factory of Beautiful Pictures? A Physical Study of Three Paintings by Lucas Cranach the Elder. *Revue des Archéologues et Historiens D'Art de Louvain, Louvain-la-Neuve* XXXIV 1991, 63-72.
- Tuurnala, T. ja/and Hautojärvi, A. 1993. Maalausten Väriainetutkimus Hiukkaskiihdyttimen ja Säteilyn Avulla/ Pigment Analysis Using Particle Accelerators and Radiation. *Ateneum The Finnish National Gallery Bulletin* 1992. Helsinki 1993, 74-78.
- Tuurnala, T., Hautojärvi, A. and Kilpinen, T. 1996. Vincent van Gogh's Painting "Street in Auvers-sur-Oise" studied by PIXE/PIGME. *Proceedings of 5th International Conference on Non-Destructive Testing, Microanalytical Methods and Environmental Evaluation for Study and Conservation of Works of Art.* Budapest 1996, 617-630.
- Valtonen, H. 2006. Tavallisesta Kuriositeetiksi, Kahden Keski-Suomen Ilmailumuseon Messerschmitt Bf 109 - lentokoneen museoarvo. *Jyväskylän yliopisto 2006. Jyväskylä studies in Humanities* 49. Printing House Kari Ky, Jyväskylä 2006. ISBN 951-39-2365-7.
- Waidacher, F. 1993. *Handbich der Allgemeinen Museologie.* Wien 1993, ISBN 3-205-98445-5.
- West, F. E. 1986. Red Lead and Minium. *Artists' pigments: A handbook of their history and characteristics Vol 1.* (Edit.) Feller, R. National Gallery of Art, Washington 1986. ISBN 0-89468-086-2.
- Vilkuna, J. 1993. Kokoelmista ja tutkijakonservaattoreista. *Konservaattoriiliiton lehti*, NO. 34-35. Helmikuu 1993.
- Vilkuna, J. 2000. Kestämätöntä kehitystä. Näkökulmia museoihin ja museologiaan. (toim.) Vilkuna, J. *Ethnos toimitte* 10. Saarijärvi 2000.
- Vilkuna, J. 2003. Täytetyn tiikerin äärellä - Museologia, mitä se on? *Suomen Tiedeakatemia, Vuosikirja* 2003, Eripainos. Jyväskylä 2003. ISBN 951-796-331-9.
- Vilkuna, J. 2007. Museologian vaiheita. *Museologia tänään.* (toim.) Kinanen, P. Suomen museoliiton julkaisuja 57. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2007. ISBN 978-951-9426-43-1.
- Willberg, L. ja Palo-oja, R. 2000. Arvoluokitus - avain museokokoelmien hallintaan. Näkökulmia museoihin ja museologiaan. (toim.) Vilkuna, J. *Ethnos toimitte* 10. Saarijärvi 2000.
- Williams, D. H. and Fleming, I. 1995. *Spectroscopic Methods in Organic Chemistry.* McGraw-Hill, London 1995. ISBN 0-07-709147-7.
- Williams, R. J. and Bause, D. E. 1996. *Elemental and Chemical analysis. A guide to Materials Characterisation and Chemical Analysis*, 2nd ed. (Edit.) Sibilia, J. VCH Publishers, New York 1996. ISBN 1-872748-24-4.

Wyszecki, G. and Stiles, W. S. 2000. Color Science, Concept and methods, Quantitative data and formulae. John Wiley & Sohns, New York 2000. ISBN 0-471-39918-3.

Internet-lähteet

- Applied physics A, 2007. Introduction for Authors.
<<http://www.springerlink.com/content/100501/>> 2007. Luettu ja monistettu heinäkuussa 2007.
- CIDOC The International Committee for Museum Documentations 2007.
<http://cidoc.mediahost.org/> Luettu ja monistettu huhtikuussa 2007. Last updated 08.10.2007.
- CNRS laboratoriot < <http://www.cnrs.fr/en/docs/findaCNRSlab.pdf> > Luettu toukokuussa 2007.
- Conservation Science 2007, 10–11.05. Milan.
<<http://www.conservation-science.info/CS2007.html>> Luettu huhtikuussa 2007.
- Doerr, M. 2007. Liite 1. Past and Future of ISO21127:2006 or CIDOC CRM.
<[http://cidoc.mediahost.org/standard_crm\(en\)\(E1\).xml](http://cidoc.mediahost.org/standard_crm(en)(E1).xml)> Luettu huhtikuussa 2007. Last update: 22.03.2007.
- EPISCON, European Ph.D. in Science for Conservation. <
www.episcon.scienze.unibo.it> Last update 13.10.2007.
- e- PRESEVA TION Science, 2007 Introduction for Authors, Scientific research for the preservation of cultural heritage, < <http://www.morana-rtd.com/e-presevation-science/> > Luettu ja monistettu heinäkuussa 2007.
- EPUH projektin kotisivu:
< http://www.helsinki.fi/hum/kla/epuh/epuh_eng.htm >
Luettu maaliskuussa 2007.
- EU-ARTECH:n kotisivu:< <http://www.eu-artech.org/> > Luettu toukokuussa 2007.
- E-MRS (European Materials Research Society) Spring Meeting, Strasbourg, 28 May - 2 June, 2007, Symposium S: Science & Technology of Cultural Heritage Materials.< <http://www.emrs-strasbourg.com/>> Luettu ja ohjelma monistettu toukokuussa 2007.
- ENVI^{ART} < <http://www.echn.net/enviart/> > Luettu elokuussa 2007.
- Hagedorn- Saupe, M., 2006. Statement of Principles of Museum Documentation.
<[http://cidoc.mediahost.org/newsletter\(en\)\(E1\).xml](http://cidoc.mediahost.org/newsletter(en)(E1).xml)> 01-2006, 15–16. Luettu huhtikuussa 2007.
- EVTEK Ammattikorkeakoulu 2007.
<http://www.evtek.fi/opiskelijapalvelut/kirjasto/opinnaeytetyoet/> luettu huhtikuussa 2007.
- EVTEK Ammattikorkeakoulun opinto- opas/ konservointikoulutus 2007 <
<http://opinto-opas.evtek.fi/ooPortal/portal/cn/Opinto-opas/Alasivu>>
luettu huhtikuussa 2007.

- Kaarto, P. et al. 2006. <Marcus Lucretiuksen talo. <http://pompeji.evtek.fi>> luettu joulukuussa 2006.
- Kulttuurirahaston apurahat vuonna 2007.
<http://www.skr.fi/default.asp?docId=12642&year=2007&fund=kr&grant=all&x=15&y=7> Luettu helmikuussa 2007.
- LabS-TECH-projektin kotisivu < <http://www.chm.unipg.it/chimgen/LabS-TECH.html> > Luettu maaliskuussa 2007.
- Museum and cultural heritage information standards and organisation < <http://www.willpowerinfo.myby.co.uk/cidoc/stand2.htm#ICON>> Luettu ja tallennettu huhtikuussa 2007.
- NCS Värijärjestelmä < <http://www.ncscolourfin.com/> > Luettu maaliskuussa 2007.
- Majaoja säätiö apurahat vuonna 2005 <<http://www.majaojasaatio.fi/apurahat.htm> > Luettu maaliskuussa 2007.
- Rembrandt Research Project <http://www.rembrandtresearchproject.org/> Luettu heinäkuussa 2007.
- TECHNART 2007, Non-destructive and Micro Techniques in Art and Culture Research, 25–28 April, Lisbon, <http://www.ciul.ul.pt/~technart/> Luettu tammikuussa 2007.
- Tampereen teknillinen yliopisto, opinto-opas 2008–2009.
<http://www.tut.fi/public/oppaat/current/opas1/b/Syventavatopinnot-Materiaalitutkimus.html> Luettu elokuussa 2008.
- van de Wetering, E. 2007. The cleaning of paintings by Rembrandt: New arguments in a controversy, <http://icom-cc.icom.museum/Documents/WorkingGroup/TheoryHistory/ICOM-CC-wg-Theory-and-History-Newsletter-no-13.pdf>, 2007, 9–12. Luettu heinäkuussa 2007.
- von Imhoff, H-C. 2007 Paintings- their physical condition –their perception-their interpretation and the role of the conservator- restorer”, <http://icom-cc.icom.museum/Documents/WorkingGroup/TheoryHistory/ICOM-CC-wg-Theory-and-History-Newsletter-no-13.pdf>, 2007, 7–9. Luettu heinäkuussa 2007.

LIITE

ISO 21127: 2006 DIDOC Standardi

[http://cidoc.mediahost.org/standard_crm\(en\)\(E1\).xml](http://cidoc.mediahost.org/standard_crm(en)(E1).xml)

Past and Future of ISO21127:2006 or CIDOC CRM

The CIDOC Conceptual Reference Model (CRM) is a formal ontology intended to facilitate the integration, mediation and interchange of heterogeneous cultural heritage information. Its goal is to provide the semantic definitions and clarifications needed to transform disparate, localised information sources into a coherent global resource, be it within an institution, an intranet or on the Internet. In order to achieve this, the CRM adopts a supra-institutional perspective, abstracted from any particular local context. This abstraction is derived from the underlying semantics of the database schemata and document structures found in museum and cultural heritage documentation. The CRM is descriptive rather than prescriptive: it explains the logic of what cultural heritage institutions do in fact document rather than telling them what they should document. We believe that this is the key to enabling semantic interoperability.

Work on the CRM began in 1996 when ICS-FORTH invited the CIDOC Documentation Standards Working Group, co-chaired by Pat Reed and Nick Crofts, to a workshop in Heraklion, Crete to discuss how a common data standard could achieve interoperability of museum data while still taking into account its extraordinary diversity and specialization. This workshop was the beginning of 10 years development work by an interdisciplinary team of experts, coming from fields such as computer science, archaeology, museum curation, art history, natural history, library science, physics and philosophy. The approach was “bottom-up”, aimed at reverse-engineering and integrating the common meaning of more and more database schemata and documentation structures from all museum disciplines, archives and, more recently, libraries.

The very first schema analysed was the CIDOC Relational Data Model. This complex model, which contains more than 400 tables (Reed 1995), was successfully condensed to an ontology of about 50 classes and 60 properties, with far wider applicability than the original schema. Over the following years, other schemata were analysed in order to cover the documentation practice of all museum disciplines. The CRM now contains 80 classes and 130 properties, and covers the semantic field of hundreds of schemata.

In contrast to commonly held beliefs, we found a surprisingly stable set of core concepts shared across many disciplines and institutional categories. This common ground is concealed beneath a confusing diversity of expert terminology. Habit, lack of time and patience and the paucity of interdisciplinary collaboration seem to be at the root of the belief that there are wide differences of conceptualisation, rather than any real absence of common concepts.

The concepts and relationships of which the CRM ontology is composed demonstrate a surprising level of stability: the more schemata we analysed, the fewer changes or additions were needed to describe new cases and applications. This experience convinced the working group as a meeting in London, in 1999, to start the standardisation process in collaboration with ISO. Nick Crofts became the convenor of the International Standards Organisation (ISO) working group ISO/TC46/SC4/WG9. The CIDOC CRM became an international standard, ISO 21127:2006, in September of 2006.

In Ottawa, 2000, CIDOC founded the CIDOC CRM Special Interest Group (SIG) chaired by Martin Doerr. The purpose of this group is to cope with the specific demands of the standardisation process and to foster wide support for the model beyond ICOM. From the perspective of ISO, the CRM-SIG acts as a group of domain experts and will continue to maintain ISO 21127:2006 together with ISO/TC46/SC4/WG9.

On first reading, the CRM looks very similar to an object-oriented database schema. However, as a formal ontology, it represents a higher level of abstraction: a simplified representation of how experts and laymen perceive reality, specifically the reality of cultural heritage, in terms of categories (classes) and relationships (properties). It is a common ground of understanding rather than an arbitrary convention and, as such, it is extensible and unlimited. This gives it its particular power to integrate information from disparate fields.

Using the CRM requires a little work. Existing schemata need to be re-expressed, or “mapped”, in terms of the classes and properties contained in the ontology. New schemata may also be created from scratch, using the relevant elements. Once this is done, the semantic obstacles to interoperability that arise from divergent forms of representation are removed and it becomes possible, using suitable tools, to merge, combine and query contents from disparate and otherwise incompatible sources.

This may seem like a lot of hard work. However, other approaches to interoperability cannot provide anywhere near the level of depth and expressive power that are required in the field of cultural heritage – in our view there really is no viable alternative to a common ontology. Experts in other institutions and R&D projects seem to agree – take-up of the CRM is rapidly increasing. The CRM SIG is now working on two fronts: fostering application know-how and collaboration with tool providers on the one hand, while widening the scope of the ontology on the other.

We believe that museum information can best be seen in the wider context of memory institutions in general. Therefore we have been working on harmonisation and integration of the CRM with relevant models from related disciplines. In 2001, a harmonisation study of the ABC Harmony model was carried out in collaboration with Carl Lagoze and Jane Hunter. ABC Harmony was developed independently by the Digital Libraries and Multimedia communities and was seen as potentially in competition with the CRM. The

harmonisation study enriched the CRM with interesting abstractions of material and immaterial things and demonstrated the existence of a common underlying conceptualisation.

In 2003, we started a very fruitful collaboration with the Functional Requirements for Bibliographic Records (FRBR) Review Group, chaired by Patrick Le Boeuf, aimed at harmonising the FRBR model with the CRM. FRBR and FRAD, which are maintained by the International Federation of Library Associations (IFLA), are important models of library concepts. A reformulation of FRBR and FRAD, as an ontology named “FRBRoo”, should be completed in 2007. This work demonstrated that, with some minor but useful changes, the CRM is powerful enough to incorporate FRBR concepts as a specialisation of the CRM. FRBRoo presents a conceptualisation of intellectual production, including performing arts, which is equally interesting to museums and libraries. FRBRoo is an official work item of IFLA and we expect its acceptance by IFLA in due course.

Our collaboration with IFLA could be a good model for future development of the CRM. Together, the CRM and FRBRoo form a coherent ontology. Nevertheless, there are two distinct communities responsible for the maintenance of both parts. These communities ensure that the social and intellectual contents of these models conform to their conceptualisation and take into account the long-term needs of the domain experts. Both communities are committed to resolving possible inconsistencies between their models on an open and equal basis.

It is our hope that this fruitful pattern of interdisciplinary negotiation can be repeated. In order for discussion to be possible, we have to convince the experts that a) there is indeed a need to share information across fields and disciplines and b) that sharing is possible since, despite appearances, our fundamental concepts are in fact the same.

In this vein, a similar collaboration has just begun with the Text Encoding Initiative (TEI) community. It is our hope that initial contacts with representatives of the archival community will finally lead to an intellectual model capable of integrating Archives, Libraries and Museums. We regard the prospect of a common, rich and expressive ontology for the integration of metadata across all fields of cultural and scientific heritage as both attractive and feasible.

Finally, we wish to thank the many unnamed contributors to the CRM for their enthusiasm and hard work and we hope to continue receiving their support in the future.

Martin Doerr, 2007-03-22

TUTKIMUSJULKAISUT

1

Report of the Pompeii Project/ Project Report of Pigment Analyses of the Fourth Style Wall Paintings In the Casa Di Marco Lucrezio (IX 3, 5.24) in Pompeii.

Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheimo and Seppo Hornytzkyj, 2007

EVTEK University of Applied Sciences, Askon Paino Oy,
ISBN 978-951-647-027-9.

**Colours and Inorganic Pigments of the House of Marcus Lucretius
(Insula IX 3, 5/24)**

Ulla Knuutinen, Hanne Mannerheim ja Seppo Hornytzkj, 2007

Posteri ja post print- kongressijulkaisu, joka on esitetty Roomassa, II Congress
of Recent Research in Vesuvian Area, Rome, February 2007

[https://www.researchgate.net/
publication/283451735_Colours_and_Inorganic_Pigments_in_the_Wall_Paintings_in_the
_Casa_di_Marco_Lucrezio_IX_3_524_Pompeii](https://www.researchgate.net/publication/283451735_Colours_and_Inorganic_Pigments_in_the_Wall_Paintings_in_the_Casa_di_Marco_Lucrezio_IX_3_524_Pompeii)

3

Cadmium Colours: Composition and Properties

J. Paulus and U. Knuutinen, 2004

Applied Physics A, Materials Science & Processing, 19 May 2004. Vol 79, 397400

Julkaisu on osoitteessa:

<http://www.springerlink.com/content/d2m6g6yuw99pqp8u/fulltext.pdf>

<https://doi.org/10.1007/s00339-004-2646-6>

4

**Two Case Studies of Unsaturated Polyester Composite Art
Objects**

Ulla Knuutinen and Päivi Kyllönen, 2006

e- Preservation science 2006, 3, 11-19

[https://www.researchgate.net/
publication/26436731_Two_case_studies_of_unsaturated_polyester_composite_art_objects](https://www.researchgate.net/publication/26436731_Two_case_studies_of_unsaturated_polyester_composite_art_objects)

Leather Spue: A Problem with Lubricants

Ulla Knuutinen and Laura Sallas, 2005

Preprint ICOM-CC 14th Triennial Meeting The Hague, The Netherlands,
September 12.-16.2005, ICOM-CC Leather and Related Working Group

[https://www.researchgate.net/publication/259925028_Leather_Spue-
_A_Problem_with_Lubricants](https://www.researchgate.net/publication/259925028_Leather_Spue-_A_Problem_with_Lubricants)

6

**Wax Analyses in Conservation Objects by Solubility Studies,
FTIR and DSC**

Ulla Knuutinen ja Anna Norrman, 2000

15th World Conference on Non- Destructive Testing, Roma 15.-21.10.2000

Julkaisu on osoitteessa:
<http://www.ndt.net/article/wcndt00/toc/cons.htm>

<https://www.ndt.net/article/wcndt00/papers/idn555/idn555.htm>

Control of Aqueous Paper Treatments with Ion Chromatography

Ulla Knuutinen, Istvan Kecskemeti, Ilkka Heikkilä, and Tuomo Raappana, 2004

Poster presentation and preprint,
Proceedings of the International Conference, Durability of Paper and Writing,
November 16.-19.2004. Ljubljana, Slovenia
ISBN 961-6162-98-5

<http://www.science4heritage.org/Zbornik.pdf>