

TUTKIMUSRAPORTTI

Parainen Vrouw Maria

1700-luvun hylyn arkeologiset vedenalaistutkimukset
4.7.- 15.7.2011



MA201108:78



MUSEOVIRASTO

KULTTUURIYMPÄRISTÖN HOITO | ARKEOLOGISET KENTTÄPALVELUT
RIIKKA ALVIK, RAMI KOKKO, AKI LEINONEN

Tiivistelmä

Hollantilaisen kauppalaivan Vrouw Marian hylky (id 1658) sijaitsee Paraisten kunnassa, Saaristomeren kansallispuiston erityisrajoitusalueella. Hyllyn ympärillä on ympyrän muotoinen suoja-alue, jonka halkaisija on noin 1500 metriä. Museovirasto suoritti kenttätutkimuksia hyllyllä 4.-15.7.2011. Tutkimukset olivat osa Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamaa Vrouw Maria veden alla – hanketta, joka päättyi 31.12.2012. Tutkimusten tavoitteena oli jatkaa hyllyn rungon ja takilan dokumentointia esimerkiksi kansitason, perähytin ja kansihytin sekä liitosten ja kiinnitysten osalta laivan mallintamista varten. Hyllyn ruumassa edelleen olevan lastin koostumusta selvitettiin videokuvaamalla ruumaa mm. robottikameran avulla sekä ottamalla näytteitä pakkauslaatikoista ja tynnyreistä. Näytteiden avulla haluttiin myös selvittää, onko lastina ollut elohopea levinnyt ruumatilaan. Ruumasta nostettiin tutkimussuunnitelman mukaisesti joitakin esineitä, kuten lasilinssejä, tupakkapiippuja ja hohkakiviä. Hyllyllä tehtiin myös seurantakuvaus, jotta voitaisiin havaita mahdolliset muutokset. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi kohtia, joissa on havaittavissa mekaanista rasitusta tai jotka ovat vaarassa romahtaa.

Helsingissä 19.12.2012

Riikka Alvik

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Arkisto- ja rekisteritiedot.....	3
Peruskarttaote.....	5
1. Johdanto	6
2. Tutkimushistoria	8
3. Hylyn ja tutkimusalueen kuvaus.....	12
3.1 Tutkimusalueen kuvaus	12
3.2 Hylyn kuvaus.....	15
3.3 Kiinnittymisjärjestelmä.....	16
4. Kenttätöiden kulku ja tutkimusmenetelmät	18
4.1 Tutkimusalueet, henkilökunta ja logistiikka.....	18
4.2 Työturvallisuus.....	19
4.3 Tutkimusmenetelmät	19
4.4 Tiedotus ja kenttätöiden esittely.....	18
5. Havainnot ja tulkinnot	19
5.1 Esineet ja näytteet.....	19
5.1.1 Tavoitteet	19
5.1.2 Esineet	22
5.1.3 Näytteenotto	23
5.1.4 Analyysitulokset.....	26
Puunäytteet	26
Elohopea-analyysit	26
Orgaaniset näytteet.....	27
5.2 Dokumentointi.....	37
5.2.1. Videodokumentointi.....	37
5.2.2 Mittaus- ja piirustusdokumentointi.....	38
5.2.3 Seurantakuvaus	38
6. Yhteenveto	42
Kuva- ja videoluettelot.....	41
Seurantakuvat.....	45
Henkilökuntaluettelo.....	64
Liitteet: Analyysitulokset.....	65

1. Puulaji- ja kasvinjäännetutkimus
2. Dendrokronologinen tutkimus
3. Hohkakivianalyysi
4. Tekstiili- ja väriainetutkimus
5. Elohopea-analyysit

Arkisto- ja rekisteritiedot

<i>Kunta:</i>	Parainen (kenttätöiden aikana Länsi – Turunmaa)
<i>Kylä:</i>	Trunsjö
<i>Tila:</i>	Rno 533–893-2-1, Saaristomeren kansallispuisto
<i>Kohteen laji:</i>	Historiallisen ajan laivanhylky
<i>Kohteen nimi:</i>	Vrouw Maria
<i>Museoviraston vedenalais- löytöjen rekisteri:</i>	1658 (SMM 25:22)
<i>Ajoitus:</i>	Alus on uponnut asiakirjatietojen mukaan lokakuussa 1771
<i>Kohteen syvyys:</i>	23 m (mastojen huiput), 41 m (meren pohja)
<i>Maanomistaja:</i>	Suomen valtio / Metsähallitus
<i>Tutkimuksen laji:</i>	Arkeologinen dokumentointi, näytteenotto, seuranta
<i>Tutkimuslaitos:</i>	Museovirasto/Arkeologiset kenttäpalvelut ja Vrouw Maria veden alla - hanke
<i>Tutkimuksen johtaja:</i>	FM Riikka Alvik
<i>Kenttätyöaika:</i>	4.7.–15.7.2011
<i>Tutkimuksen rahoittaja:</i>	Suomen merimuseon tuki ry ja Museovirasto

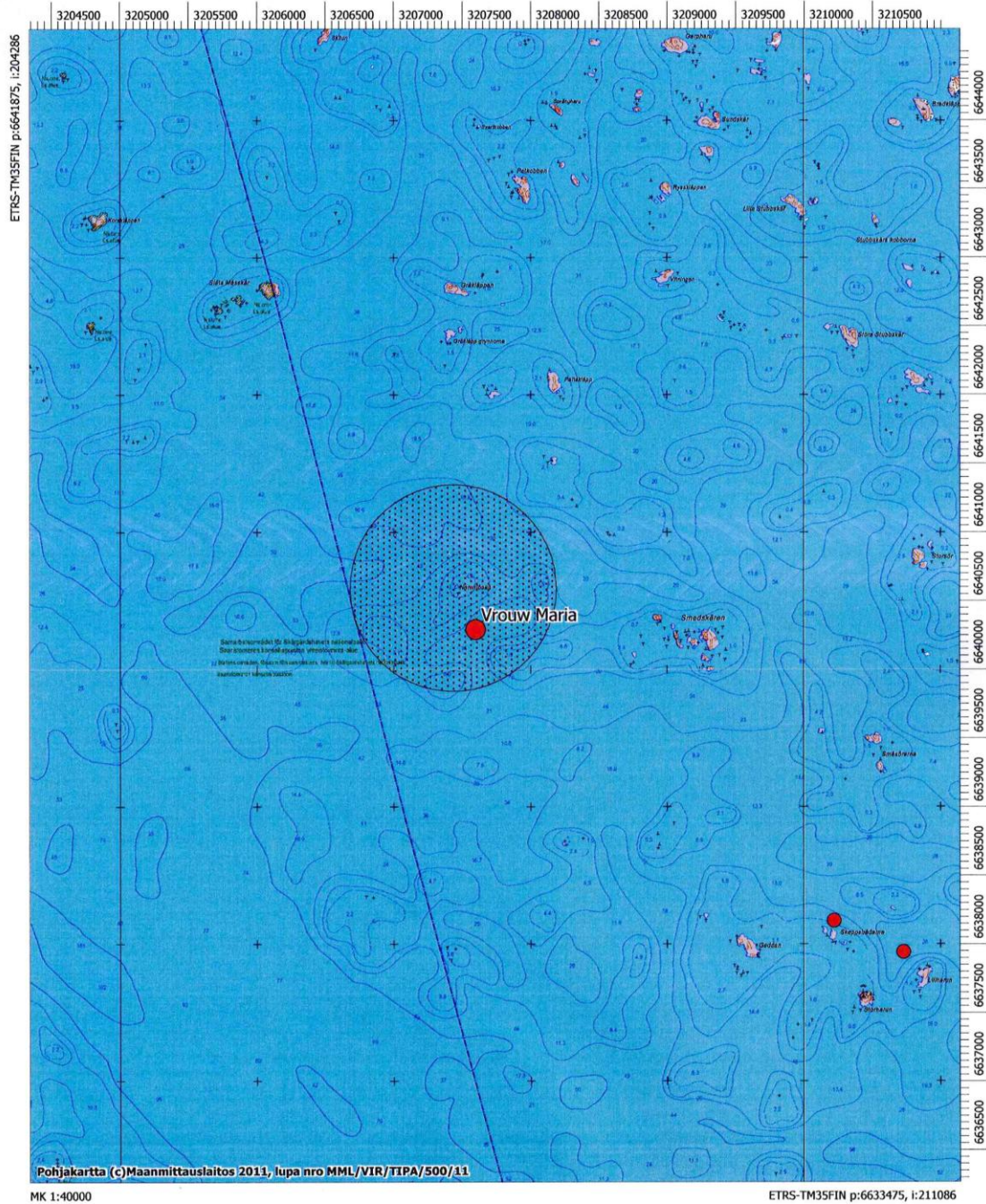
Aikaisemmat tutkimukset:

- Löytöilmoitus Rauno Koivusaari 1999 (MV 15/306/1999).
- Pro Vrouw Maria yhdistys, Rauno Koivusaari 1999, identifiointi.(SMM 99015:1–99, SMM20001:1-3, SMM 1599:1-6.).
- Kenttätutkimukset 26.6.–7.7.2000, Matias Laitinen (SMM 200016:1–114, A200105:1-19).
- Tarkastusmatka 28.5–30.5.2001, Matias Laitinen, MV ja Merivoimat.
- Kenttätutkimukset 15.6.–6.7.2001, Matias Laitinen, MV
- Tarkastusmatkasta 12.2–14.2.2002, Minna Leino, MV, Merentutkimuslaitos, Merivartiosto.
- Kenttätutkimukset 1.6–20.6.2002, Minna Leino 2002 (SMM 200234: 1-38 SMM 200246:1–13.)
- Kenttätutkimukset 8.9–12.9.2002, Stefan Wessman MV.
- Tarkastusmatka 10.–14.12.2002 Minna Leino ja Stefan Wessman, MV 8.9–12.9.2002, Stefan Wessman MV, Merentutkimuslaitos, Merivartiosto.
- Kenttätutkimukset 26.5–6.6.2003, Stefan Wessman, MV.
- Tarkastussukellus 26.8.2003, Stefan Wessman, MV.
- Tarkastussukellus 9.10.2003, Stefan Wessman, MV, Merentutkimuslaitos, Merivartiosto.
- Tarkastusmatka 3.5–7.5.2004 Minna Leino, Stefan Wessman, MV.

- Tarkastusmatka 23.- 26.7.2007 Minna Leino, MV.
- Tarkastusmatka 20.7–24.7.2009 Minna Leino, MV; Riikka Alvik ja Eero Ehanti, Vrouw Maria veden alla - hanke.
- Kenttätutkimukset 31.8.–11.9.2010 Riikka Alvik MV ja Vrouw Maria veden alla - hanke

Peruskarttaote

Vrouw Maria id. 1658



1. Johdanto

Vrouw Maria -hylvyn vuoden 2011 tutkimusten tavoitteena oli jatkaa laivan rungon ja takilan dokumentointia esimerkiksi perähytin ja kansitason osalta, tutkia isomaston takana olevan kansihytin rakenteita ja aloittaa laivan ruumassa olevan lastin sisällön selvittäminen. Kansipalkkien polvien puulajinäytteet jäivät ottamatta vuonna 2010, joten näytteenottamista jatkettiin vielä vuonna 2011. Hyllyllä tehtiin myös seurantakuvausta robottikameran avulla edellisvuosien tapaan. Myös erilaiset tutkimustehtävät dokumentoitiin robottikameralla, joka toimi samalla myös apuvalona ja yhteytenä pinnalle. Laivan lastin tutkimusta tehtiin ottamalla näytteitä ennalta valituista tynnyreistä ja pakkauslaatikoista sekä nostamalla esineitä lastiruumasta. Näytteiden avulla haluttiin selvittää pakkausten sisältö ja myös mahdollinen elohopeakontaminaatio ruumassa. Tällä tutkimuksella haluttiin varmistaa, että hyllyssä mahdollisesti edelleen oleva elohopealasti ei ole levinnyt ympäristöön.

Vrouw Maria -hylky löydettiin vuonna 1999 Rauno Koivusaaren ja Pro Vrouw Maria ry:n toimesta. Tämän jälkeen hyllyllä on pidetty noin kahden viikon mittaisia tutkimusleirejä (v. 2000–2003) sekä tehty noin viikon mittaisia tarkastuskäyntejä (vuosina 2004, 2007, 2009). Vuonna 2010 pidettiin kahden viikon mittainen kenttätutkimusleiri (kts. tutkimusraportti Vrouw Maria. 1700-luvun hylvyn arkeologiset vedenalaistutkimukset 31.8.–11.9.2010). Hyllyllä vallitsevat olosuhteet ovat meriarkeologisen tutkimuksen ja sukellustoiminnan kannalta vaikeat paikan tuulialttiuden ja kohteen syvyyden takia, lisäksi vedenalainen näkyvyys vaihtelee esimerkiksi leväkukintojen mukaan. Vuoden 2011 tutkimusjakso ajoitettiin heinäkuun alkuun siksi, että pyrittiin parhaisiin mahdollisiin tutkimusolosuhteisiin päivänvalon määrän ja vedenalaisen näkyvyyden suhteen.

Aikaisempien leirien ja tarkastuskäyntien tutkimustavoitteet ovat liittyneet hylvyn dokumentoinnin lisäksi myös tutkimuskohteella vallitsevien ympäristöolosuhteiden selvittämiseen (mm. MoSS-projekti 2002–2004). Vuoden 2010 ja 2011 hylvyn runkoon ja takilaan liittyvien tutkimusten tavoitteena on saada lisää mitattietoja ja puunäytteitä laivan rakenteen, rakennustavan ja rakentamiseen käytettyjen materiaalien selvittämiseksi. Tutkimustuloksia käytetään mm. hankkeen tavoitteisiin kuuluvan virtuaalisimulaation tekemiseen ja laivan tulevaisuuden tutkimusten ja suojelun suunnitteluun. Hylkyä ja sen ympäristöä kuvaavan virtuaalisimulaation pohjana käytetään myös MoSS-projektin aikana tehtyä hylvyn 3D-mallinnusta, Harry Alopaeuksen tekemää pienoismallia, kenttätöiden aikana kerättyä mittadataa, hyllystä tehtyjä piirroksia ja siitä otettua valokuva- ja videomateriaalia.

Vuonna 2010 ja 2011 otettujen puulajinäytteiden tarkoituksena on myös selvittää laivan rakennusajankohta ja selvittää, mistä rakennuspuu on peräisin. Laivaan liittyvään kirjalliseen lähdeaineistoon liittyy joitakin ristiriitaisuuksia. Vrouw Maria- nimistä alusta koskevassa myyntiasiakirjassa mainitut laivan mitat eivät täsmää hylvyn mittojen kanssa. Mikäli myyntiasiakirja ei liity tähän Vrouw Mariaan (laivan nimi oli varsin yleinen), meillä ei ole tietoa laivan rakennusajankohdasta tai takilan ja rungon myöhemmistä muutoksista. Myyntiasiakirjasta mainitaan, että laiva olisi rakennettu vuonna 1748, korjattu vuonna 1761 (uusi tammi-lankutus ja isomasto) ja myyty vuonna 1766. Asiakirjassa mainitaan mm. uusi kylkilankutus, joka olisi laitettu vanhan päälle. Tällaista kaksoislankutusta ei ole havaittu arkeologisissa tutkimuksissa. Vuonna 2010 aloitetussa tutkimuksessa on tarkoitus selvittää, sopivatko historialliset lähteet ja arkeologiset tutkimustulokset yhteen, ja voidaanko tämä Hollannista löytynyt arkistolähde liittää Vrouw Mariaan. Suoranaisesti laivaan liittyviä arkistolähteitä on löytynyt yllättävän vähän (esimerkiksi rekisterikirja puuttuu).

Seurantakuvaus tehtiin edellisvuosien tapaan kuvaten etukäteen valikoidut seurantapisteen (noin 30 kpl) ROV:n videokameralla. Kuvauksen tarkoituksena on tarkkailla hyllyssä mahdollisesti tapahtuvia muutoksia, kuten esineiden ja rakenteiden pysymistä niillä paikoilla, jossa ne olivat löydettyinä. Sukellettaessa huo-

nossa vedenalaisessa näkyvyydessä on hyvin mahdollista, että pienehköt takilan osat ja irralliset rakenteet liikahtavat paikoiltaan esim. varomattoman räpyläpotkun seurauksena. Seurantakuvauksessa voi näkyä myös esim. lastia peittävässä sedimentti- ja/tai rikkibakteerikerroksessa tapahtuvia muutoksia. Toistaiseksi mitään hylkyyn kajoamiseen viittaavaa ei ole havaittu. Sen sijaan tutkimustoiminnasta jää väistämättä jonkun verran jälkiä, mm. eräät kannella olevat esineet (mm. luoti, narusta punottu liina, jumprut, irralliset takilan ja rungon osat) ovat liikkuneet. Toisaalta sukellustoiminta ei ole ainoa muutoksia aiheuttava tekijä, myös fysikaalis-kemialliset tekijät altistavat muutokselle: esimerkiksi puuta ravinnokseen käyttävien bakteerien ja sienien toiminta pehmentää puun pintakerroksen. Nämä muutokset eivät välttämättä näy lyhyen aikavälin seurantakuvauksessa, vaan tulevat ilmi erilaisten analyysien yhteydessä, joissa esim. puun tiheyttä ja lujuutta mitataan. Tänä kesänä havaittiin myös uusi luonnonilmiö: seurassamme viihtynyt nuori hylje sukelsi hylyn sisään, pyyhki kansitasoa pyrstöllään ja tuuppi tutkimusvälineitä kuonollaan. Hylkeiden tai kalojen aiheuttamien muutosten mahdollisuutta ei ole aikaisemmin otettu huomioon, mutta nyt siitäkin on saatu todisteet. Hylky on todellakin tullut osaksi ympäröivää meriluontoa.

Vrouw Maria -hyllyn löytyminen on aiheuttanut aika ajoin kiivastakin keskustelua mm. hyllyn omistusoikeudesta, sen lastitavarana olleiden taide-esineiden säilymisestä ja siitä, tulisiko hylky nostaa vai ei. Vrouw Maria -hylky on myös kiinnostanut sukeltajia ns. virkistysukelluskohteena. Koska löytö katsotaan erityisen merkittäväksi kulttuuriperintökohteeksi, joka sijaitsee Saaristomeren kansallispuiston erityisrajoitusalueella, hyllylle ei ole sallittu virkistysukelluksia. Museovirasto ja vesialueen omistaja, Metsähallitus, perustivat hyllylle suoja-alueen vuonna 2001. Hyllyn tutkimusten rahoittajan, Vrouw Maria veden alla – hankkeen, tarkoitus on parantaa hyllyn saavutettavuutta tuomalla kuvamateriaalia ja esittelemällä tutkimusten etenemistä kentältä suoraan internetin välityksellä katsojalle. Pitemmän aikavälin tavoitteena on tehdä aiemmin mainittu virtuaalisimulaatio, museonäyttely Suomen merimuseoon ja näyttelyyn liittyvä julkaisu. Tutkimusten edistymistä ja tuloksia on pyritty julkaisemaan mahdollisimman pian jälkitöiden edetessä ja jopa kentältä blogin välityksellä. Tämä on poikanut myös mielenkiintoisia yhteydenottoja sekä asiasta kiinnostuneilta kansalaisilta että tutkijoitakin. Osa yhteydenotoista on johtanut jopa tutkimusyhteistyöhön jonkun tietyn esineryhmän tai materiaalin osalta (mm. geologinen tutkimus, tekstiileihin ja väriaineisiin liittyvä tutkimus). Kenttätutkimuksia on esitelty myös esitelmien ja artikkeleiden muodossa (esim. Museoviraston kenttätutkimusten esittelyt).

2. Tutkimushistoria

Ensimmäiset Vrouw Marian kohtaloa koskevat arkistolähteet löysi tutkija Christian Ahlström Suomen kansallisarkistosta jo 1970-luvulla. Arkistotutkimusten tarkoituksena oli Borstö I – hyllyn tunnistaminen ja aluksi Borstö I – hylky (St. Mikael) ja Vrouw Maria sekoitettiin keskenään. St. Mikaelia koskevissa lehtiartikkeleissa kerrottiin mm. Keisarinna Katariinan koruista ja muista ylellisyysesineistä. Molemmat ovat uponneet Saaristomerelle maantieteellisesti varsin lähelle toisiaan. Museoviraston Merihistorian toimiston toimistopäällikkö Christoffer Ericsson kiinnostui hylystä ja laati suunnitelman sen paikantamista varten vuonna 1973. Ericsson ei kuitenkaan saanut pyytämäänsä virka-apua, joten resurssien puutteessa hyllyn etsinnät eivät käynnistyneet. (Ericsson 24.8.1972, 28.5.1973, päivämätön muistio Ericsson, viite: neuvottelu Kommodori Haapkylä / tsto.päällikkö Ericsson). Hän tutki meriselityksen ja muut arkistolähteet ja rajasi etsintäalueen vertaamalla arkistolähteitä peruskarttaan, ilmakuvakarttaan ja saatuihin luotauspiirustuksiin. Ericsson toteasi hylystä seuraavasti: ”Museovirasto pyrkii paikantamaan hyllyn, koska myös pahasti turmeltuneenakin taidekokoelma voi edustaa suurta kulttuurihistoriallista arvoa.”

Christian Ahlström kokosi Vrouw Mariaan liittyviä tietoja eri arkistoista ja julkaisi ne ensimmäisen kerran vuonna 1979 kirjassaan *Sjunkna Skepp*. Keskeisin haaksirikkoa koskeva materiaali on Turun kaupunginarkiston raastuvanoikeuden pöytäkirjoista löytyvä meriselitys, johon sisältyy ote Vrouw Marian lokikirjasta sekä lista pelastetuista tavaroista. Ruotsin Riksarkivetin Diplomatica- kokoelmassa on Ruotsin ja Venäjän viranomaisten välistä aluksen etsintä- ja pelastusyrityksiä koskevaa diplomaattista kirjeenvaihtoa, meriselitys ja pelastusoperaation ja hyllyn etsintään liittyvää aineistoa löytyy Ruotsin Krigsarkivetin kokoelmista (Amiralitetskollegium, Lotskontoret, E VI Dykerihandlingar 1771–72). Ahlströmin väitöskirja ”Spår av hav, yxa och penna. Historiska sjöolyckor i Östersjön avspeglade i marinärkeologiskt källmaterial” ilmestyi vuonna 1995, ja julkaistiin myöhemmin englanniksi nimellä ”Looking for Leads”. Väitöstutkimus on tehty Tukholman yliopistossa. Tutkimuksessa käsitellään laajemmin hylkyjen identifiointiin liittyvää lähdeaineistoa erilaisten haveritapausten avulla.

Harrastajasukeltajat ovat vuosien varrella yrittäneet paikallistaa hylkyä. Hylky on ollut vuosikymmenien ajan myös kansainvälisesti tunnettu ja sillä on aarrelaivan maine Katariina Suuren taidearteiden takia (kts. mm. Nigel Pickford, *Atlas of Shipwrecks and Treasure*, 1996). Suomen merimuseoon kerättiin tietoa Vrouw Mariasta 1980-luvun alussa. Hyllyn paikantaminen oli silloisilla menetelmillä hyvin työlästä, joten haaveista luovuttiin aina vuoteen 1998 asti, jolloin Kari Väisäsen organisoima, turkulainen vapaaehtoisten ryhmä etsi hylkyä Baltic Eye Oy:n kanssa mm. viistokaiuttamalla. Tällä kerralla hylkyä ei löytynyt.

Seuraavana talvena perustettiin Vrouw Maria -hyllyn etsimiseksi yhdistys *Pro Vrouw Maria ry*, joka teetti lisää arkistotutkimuksia tarkemman etsintäalueen rajaamiseksi. Alankomaalainen tutkija Pieter Iterzen löysi Amsterdamin kaupunginarkistosta asiakirjoja Vrouw Maria -aluksen aikaisemmista vaiheista sekä lastin vakuutuksista. Kesällä 1999 yhdistyksen jäsenet löysivät hyllyn heti etsintäleirinsä ensimmäisenä päivänä. Ryhmää johti viistokaikuoperaattori Rauno Koivusaari, joka oli ollut mukana myös vuoden 1998 etsinnöissä. Yhdistyksen jäsenet videoivat ja valokuvasivat hylkyä heti sen paikantamisen jälkeen, sekä ottivat hyllyn päämitat. Merimuseon tutkija Maija Matikka vieraili tutkimusaluksella hyllyn löytöpaikalla australialaisen meriarkeologi, tohtori Bill Jefferyn (Heritage South Australia, Adelaide) kanssa. Samalla kertaa vapaaehtoiset sukeltajat nostivat Museoviraston pyynnöstä kolme liitupiippua, savipullon, lyijysinetin ja sinkkiharkon hyllyn identifioinnin varmistamiseksi. Tupakkapiippujen valmistuspaikka oli leimojen perusteella hollantilainen Goudan kaupunki ja kangaspakkaan kuuluneessa lyijysinetissä oli teksti, jossa mainittiin Leiden. Kaupunki oli tuolloin yksi Hollannin villakankaiden tuotantokeskuksia. Tämä lyijysinetti lienee liittynyt laivasta haaksirikon yhteydessä pelastettuihin kankaisiin.

Syksyllä 1999 Museovirasto/Suomen merimuseo palkkasi tutkija Matias Laitisen koordinoimaan Vrouw Maria -hylkyyn liittyviä tutkimuksia. Samaan aikaan Opetusministeriö teetti selvityksen liittyen hyllyn tutkimisen ja tulevaisuuden eri vaihtoehtoihin. Selvityksessä todettiin, että hyllyn tulevaisuudesta voidaan päättää vasta suoritettavien perustutkimusten jälkeen. Selvitysraportin valmistuttua laadittiin keväällä 2000 myös juridinen selvitys Vrouw Maria -hylkyä koskevista omistusoikeuksista silloisen kulttuuriministerin Suvi Lindenin kehotuksesta. (Honkanen 1999 ja 2000). Selvitykset johtivat Muinaismuistolain tarkentamiseen hylkyä koskevalta osalta.

Kulttuurihistoriallisesti arvokas hylky päätettiin rauhoittaa muusta kuin tieteellisistä syistä tehtävältä sukellustoiminnalta erityisellä suoja-alueella, ja Museovirasto ja vesialueen omistaja Metsähallitus sopivat toukokuussa 2000 hyllyn suoja-alueen rajoista. Suoja-alue on ympyrän muotoinen ja sen halkaisija on 1500 metriä. Sen sisäpuolella alusten ankkuroiminen ja sukeltaminen ovat kiellettyjä, elleivät ne liity vaarassa olevan aluksen meripelastustoimintaan tai Museoviraston ohjaamaan tutkimustoimintaan. Hyllyn kenttätutkimukset aloitettiin kesäkuussa 2000 ja niitä jatkettiin kesäkuussa 2001. Syksyllä 2001 aloitettiin rahoitusjärjestelyt Utrechtin yliopiston tohtorin Oscar Gelderblomin arkistotutkimusten järjestämiseksi Amsterdamin arkistoissa. Arkistotutkimus valmistui, ja Gelderblom julkaisi artikkelin *Coping with the Perils of the Sea: The Last Voyage of 'Vrouw Maria' in 1771* (International Journal of Maritime History, XV, 2, 95-115)

Syksyllä 2000 luonnosteltiin Merimuseossa kolmivuotinen kansainvälinen hylkytutkimusprojekti, joka esiteltiin Museoviraston johtoryhmälle. Museoviraston johtoryhmä asettui projektin taakse kokouksessaan 5.12.2000 ja myönsi tukensa suunniteltua EU-projektia varten. Keväällä 2001 Suomen merimuseo etsi kumppanit, Euroopan Unionin Kulttuuri 2000 ohjelman yhteisprojektia varten. *"Pohjoiseurooppalaisten hylkyjen kuntokehityksen seuranta, suojelu ja esittely - yhteisprojekti vedenalaisen kulttuuriperinnön vaalimiseksi"* projektin yhteistyökumppaneiksi ryhtyivät Mary Rose Archaeological Services Ltd. (Iso-Britannia), Netherlands Institute for Ship- and Underwater Archaeology (Alankomaat), Centre for Maritime Archaeology (Tanska), Archaeological Statemuseum of Mecklenburg-Vorpommern (Saksa) ja Södertörns högskola (Ruotsi). EU-projektin rahoitushakemus Euroopan unionille jätettiin toukokuussa, mutta lopullinen varmistus rahoituksesta saatiin vasta tammikuussa 2002. Kenttätutkimukset vuonna 2001 suoritettiin ilman varmaa tietoa siitä, olivatko tutkimukset jo osa kansainvälistä tutkimusprojektia.

Vuosina 2001–2002 hyllyllä tehtiin yhteensä seitsemän viikkoa kenttätöitä (kts. FM Minna Leinon laatimat kenttätutkimusraportit 2000–2002). Ankkurointi on riski tutkimuskohteelle, joten vuonna 2001 hyllylle rakennettiin kiinnittymisjärjestelmä, jossa tutkimusalue voidaan turvallisesti kiinnittää neljään pisteeseen. Samana vuonna Merenkulkulaitos teki alueella merenpohjankartoituksen monikeilainluotaamalla. Geologian tutkimuskeskus teki alueella tutkimuksen, jossa kartoitettiin pohja-aineksen laatu ja kerrostumat tutkimusalueella ja sen lähiympäristössä. Kartoitus tehtiin yhteistyössä Merivoimien kanssa ennen varsinaista tutkimusleiriä. Merivoimat tutki merenpohjaa viistokaikuluotaimen avulla hyllyllä ja sen lähiympäristössä toukokuussa 2001. Vuonna 2010 tehtiin uusi merenpohjatutkimus Meritaito Oy:n toimesta. Työn tilaajana oli Vrouw Maria veden alla – hanke. Luotaustekniikka oli kehittynyt kymmenessä vuodessa, joten nyt saatiin entistä tarkempi kuva merenpohjan topografiasta. Luotausta käytettiin hyödyksi myös kiinnittymisjärjestelmän uusimisessa (kts. Alvik 2010 Vrouw Maria – hyllyn kenttätutkimusraportti)

Hyllyn arkeologinen tutkimus sisälsi dokumentointia mittaamalla, piirtämällä, valokuvaamalla ja videokuvauksella hylkyä. Osa videokuvauksesta tehtiin kauko-ohjattavan robottikameran (ROV) avulla. Kauko-ohjattava videokamera on osoittautunut hyväksi apuvälineeksi hyllyn dokumentoinnissa, mutta myös sukellusturvallisuutta lisäävänä tekijänä. ROVin avulla on voitu seurata sukeltajien työskentelyä ja kuvata sellaisia alueita, joihin sukeltaja ei pääse (ruuma ja miehistön tilat, perähytyn alue, perän lastausluukku). Hyllyllä testattiin myös Aqua-Metre D100-laitetta rakenteiden dokumentoinnissa. Laite on ultraääneen perustuva

paikannusjärjestelmä, joka antaa x, y ja z – koordinaatit langattomasti. Laitteeseen kuuluu tukiasema ja pisteyttäjä, lisäksi mittaamiseen tarvitaan kansi tukipistettä. Laitteen käytössä esiintyi ongelmia mm. akkujen tyhjentymisen takia. Hyllyllä vallitseva kylmyys ja kohteen syvyys vaikutti laitteen toimintakykyyn. EU:n Kulttuuri 2000-ohjelman puitteissa tehty hanke ”Pohjoiseurooppalaisten hylkyjen kuntokehityksen seuranta, suojeleminen ja esittely” (engl. lyhenne MoSS) käynnistyi vuonna 2002 ja päättyi vuonna 2004. Vrouw Maria oli yksi kansainvälisen projektin case study- kohteista. Kenttätutkimusten yhteydessä jatkettiin hyllyn dokumentointia ja mittaustulosten pohjalta tehtiin kolmeulotteinen tietokonemallinnus Rhinoceros-ohjelman avulla (Stefan Wessman, Museovirasto). Tutkimusten tulokset julkaistiin MoSS-projektin yhteydessä (mm. MoSS-project Newsletter 2003:1, Theme Vrouw Maria ja Final Report 2004).

Hyllyn kuntoa seurattiin visuaalisin menetelmin sekä MoSS -projektiin liittyvien analyysien avulla. Tietyistä hyllyn vaurioituneista osista otettiin seurantakuvi. Tämä tarkkailu on aloitettu v. 2000 tutkimusten yhteydessä. Hyllylle vietiin näytteitä, jotka sisälsivät erilaisia orgaanisia materiaaleja, joista osa oli kääritty kankaaseen, osa oli nk. vesitilassa. Osa näytteistä on edelleen hyllyn välittömässä läheisyydessä meren pohjassa metallikehikkoihin kiinnitettynä (kts. Leino 2005, Raportti hyllyn kenttätutkimuksista 2002, 25–28). Näytteiden nostolle suunniteltiin aikataulu, ensimmäiset näytteet analysoitiin niiden oltua merenpohjassa kolmen kuukauden ajan. Näytteet analysoitiin Englannissa Mary Rose Archaeological Service Ltd:n toimesta ja niiden avulla selvitettiin bakteerien ja mikrobien toimintaa puurakenteissa. Myös hyllyllä vallitsevat ympäristötekijät kartoitettiin erilaisia fysikaalis-kemiallisia muutoksia mittaavien laitteiden avulla yhteistyössä Merentutkimuslaitoksen kanssa. Helsingin yliopiston tutkijat kartoittivat eliöt ja kasvit v. 2003 (Ruuskanen & al. 2003: Nauvo Trunsjö Vrouw Maria – hylky, Raportti hyllyn biologisista kenttätutkimuksista 2003). Suunnitelmat kuntokehityksen seurannan jatkamisesta tehtiin vuoden 2004 aikana. Vrouw Maria hyllyllä tehtiin hyllyn rakenteisiin ja irtoesineisiin liittyvä seurantakuvaus vuosina 2004, 2007 ja 2009.

Vuonna 2007 Museovirasto julkaisi selvityksen Vrouw Maria – hylystä, jossa käsiteltiin erilaisia vaihtoehtoja Vrouw Maria hyllyn tulevaisuutta koskien (toim. Pelanne, Tikkanen 2007: Vrouw Maria – Selvitys tutkimuksista, tuloksista ja tulevaisuuden eri vaihtoehtoista). Yksi tulevaisuuden vaihtoehtoista oli Vrouw Maria veden alla – hanke, jonka suunnitteluvaihe aloitettiin Opetus- ja kulttuuriministeriön erillisrahoituksella vuonna 2009 Museovirastossa. Vrouw Maria veden alla – hanke alkoi vuonna 2010 ja päättyi vuoden 2012 lopussa. Projektin tavoitteena on jatkaa hyllyn arkeologiaa ja kulttuurihistoriallisia tutkimuksia ja parantaa tutkimusten avulla sen saavutettavuutta mm. virtuaalisimulaation ja museonäyttelyn avulla. Nämä tavoitteet toteutetaan projektin viimeisen vuoden (2012) aikana. Saavutettavuuden ja tunnetuksi tekemisen välineenä myös internet – blogi, jota pidetään hyllyn kenttätutkimusten yhteydessä. Siihen on mahdollista lähettää kysymyksiä ja kommentteja. Vrouw Maria veden alla – hankkeen tavoitteisiin liittyviä kenttätutkimuksia on tehty vuonna 2009 ja 2010 (kts. Leino, Alvik ja Ehanti, Vrouw Maria – hyllyn tarkastusraportti v. 2007–2009; Alvik, Vrouw Maria – hyllyn kenttätutkimusraportti 2010).

3. Hyllyn ja tutkimusalueen kuvaus

3.1 Tutkimusalueen kuvaus

Vrouw Marian hylky sijaitsee Paraisten (ent. Länsi-Turunmaa) kunnan Trunsjön kylän vesialueella Saaristomeren kansallispuiston Natura-alueella. Lähin nimetty luoto on nimeltään Namnlösan ja lähin suurempi luotoryhmä Smedskären sijaitsee hylystä itään. Jurmon saarelle on matkaa kohteelta noin 11 kilometriä luoteeseen. Turkuun on pääväylää pitkin matkaa noin 93 kilometriä. Alue on hyvin syrjäinen ja kaukana väylistä ja pysyvästä asutuksesta. Vrouw Marialle on määritelty vuonna 2000 Museoviraston ja Metsähallituksen sopimuksella ympäröimä suoja-alue, jonka halkaisija on 1500 metriä. Suoja-alueen keskipis-

teen muodostaa Namnlösan-luoto. Sukeltaminen ja ankkurointi on kielletty suoja-alueen sisäpuolella, elleivät ne liity vaarassa olevan aluksen meripelastustoimintaan tai Museoviraston ohjaamaan tutkimustoimintaan. Suoja-alueen lisäksi Vrouw Marian läheisyydessä liikkumista rajoittaa hylyn sijainti Saaristomeren kansallispuiston ns. rajoitusosassa, jolla liikkuminen, maihinnousu ja sukeltaminen on kielletty ympäri vuoden 100 m säteellä lähimmistä luodoista.

Hylky sijaitsee Itämeren pääaltaan reunalla, Suomen rannikon ulkosaaristossa. Sijaintipaikan länsipuolella kulkee kolmannen Salpausselän reunamoreeni muodostaen alueella hiekka- ja mukulakivisaaria pitkin riuttoineen. Alueella on vaikeaa navigoida turvallisesti, sillä pohjan topografia on erittäin vaihtelevaa. Merenkulkulaitos on suorittanut monikeilainluotaamalla hylyn ympäristöstä topografisen kartoituksen vuonna 2001. Sen mukaan hylky on matalikkojen rajaaman alueen syvimmässä kohdassa kallioluotojen ympäröimässä syvänteessä, jossa vettä on enimmillään 41 metriä. Pohjavirtaukset ovat muodostaneet hylyn viereen terassin. Geologian tutkimuskeskus on tehnyt maaperäkartoituksen, jonka mukaan alue on pääasiassa savea ja liejusavea, jonka päällä on ohut hiekka/moreeni kerros. Ympäröivät luodot ovat asumattomia ja lähimmät niistä hyvin matalia niin, että aallot voivat lyödä niiden ylitse. Kasvillisuus luodoilla on niukkaa ja hyvin matalaa. Vrouw Marian haaksirikon yhteydessä laivan miehistö pelastautui jollekin lähiluodoista/saarista, koska eivät pitäneet laivassa yöpymistä turvallisena. Myös pelastettu lastitavara vietiin turvaan samalle luodolle, josta se kuljetettiin myöhemmin Turkuun luetteloitavaksi ja arvioitavaksi (kts. Vrouw Mariaa koskevat arkistolähteet, meriselitys ja lokikirja aluksen viimeisistä päivistä).

Vuoden 2007 tarkastuskäynnin yhteydessä käytiin etsimässä suuremmilta hylystä rannikon suuntaan sijaitsevilta saarilta miehistön mahdollista leiriytymispaikkaa. Gråkluppenille pystyi kohtuullisen helposti rantautumaan, mutta siellä ei ollut paikkaa joka olisi tarjonnut miehistölle suojaa. Seuraava saari Släta Måsskär hylystä luoteeseen sen sijaan vaikuttaisi todennäköisemmältä vaihtoehdolta. Saarella on useampia hyviä rantautumispaikkoja sekä yksi suojapaikka, johon kalliot antavat suojaa etelästä ja lännestä. Paikasta tehtiin maaperäkairaus sekä sitä käytiin läpi metallinilmäsimen kanssa, mutta mitään leiriytymiseen viittaavaa ei kuitenkaan löydetty (Leino, Alvik ja Ehanti 2010: Vrouw Maria. Tarkastusraportti 2007–2009).

Hylyn kunnan ja paikalla vallitsevien olosuhteiden selvittämiseksi tehtiin erilaisia monitieteisiä tutkimuksia osana kansainvälistä MoSS-projektia (Monitoring, Safeguarding and Visualizing North-European Shipwreck Sites 2002–2004) vuodesta 2002 alkaen. Hyllyllä vallitsevista olosuhteista on tutkittu fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia tekijöitä, sekä tehty selvitys merenpohjan geologiasta ja pohjaeläimistä. Visuaalisiin havaintoihin perustuvaa hylyn kunnan ja muutosten tarkkailua on tehty käytännössä joka kerran kun hyllyllä on käyty, viimeksi vuosina 2004, 2007, 2009 ja 2010. Hylyn puisten rakenteiden kuntoa on tutkittu ottamalla näytteitä ja analysoimalla mm. puuhun kertyneet alkuaineet (Top Analytica 2010) esimerkiksi raudan ja rikin osalta, sekä tutkimalla puun ominaisuuksia mm. tiheyden ja kutistumisen osalta (Rami Kokko 2010, kts. kenttätutkimusraportti). Viime mainittu näyte tehtiin mäntypuunäytteestä. Tutkimukset osoittavat puun olevan suhteellisen hyväkuntoista, vaikkakin esim. mastoon on kertynyt enemmän alkuaineita kuin rungosta sahattuihin näytteisiin. Tähän on todennäköisesti vaikuttanut sekä mastojen sijainti virtaavassa vesitilassa sekä puulaji.

Luonnonympäristö on pääsääntöisesti vakaa ja muutokset tapahtuvat hitaasti. Vesi ja sen virtaukset vaikuttavat hylyn kuntoon kuluttavasti. Virtausten takia hylyn päälle ei ole muodostunut suojaavaa sedimenttikerrosta, sen sijaan ruumassa sedimenttikerros peittää tasaisena, ohuehkona mattona näkyvät alueet lähes kauttaaltaan. Joidenkin pakkauslaatikoiden pinnalla näkyy valkoista kasvustoa, joka osoittautui vuonna 2001 tehdyssä tutkimuksessa rikkibakteerikasvustoksi (kts. Leino, Vrouw Marian kenttätutkimusraportti 2001, s. 19). Näyte otettiin pakkauslaatikosta, joka on välittömästi ison ruumanluukun alapuolella. Näyt-

teessä oli myös punaisia kuituja, joiden perusteella otettiin uusi näyte tekstiilitutkimusta varten vuonna 2011.

Hyllyssä ei ole peittävää kasvillisuutta. Hyllyn vieressä SB puolella meren pohjassa on havaittu kelluvaa levämattoa, joka on ajautunut syvänteeseen läheisten luotojen rantavesistä. Aaltojen ja jään vaikutukset eivät tunnu hyllyssä asti syvyyden takia. Veden lämpötila vaihtelee 0° - +13 °C välillä. Aurinkoisina päivinä alkukesällä ennen leväkukintojen alkamista pohjassa on luonnonvaloa, mutta yleensä hyllyllä työskentely vaatii keinovaloa. Vedenalainen näkyvyys vaihtelee noin puolesta metristä jopa lähes kymmeneen metriin. Vuonna 2011 näkyvyysolosuhteet olivat erityisesti ensimmäisen leiriviikon osalta hyvät, vesi oli vielä kohtuullisen kirkasta ja päivävaloa oli paljon. Toisella leiriviikolla veden pintakerroksessa kelluvat leväkukinnot vaikuttivat päivänvalon määrään ja tekivät nk. välivedestä varsin sameaa. Tämän takia olisi ollut parempi, että hyllylle viedyt laskeutumis- ja nousuköydet olisivat olleet keltaisia, sinisiä köysiä oli vaikea havaita huonossa näkyvydessä.



R/V Yoldia ja Museoviraston Meri II kiinnittymispoijulla. Kuva: Riikka Alvik, Museovirasto. MA201108:44.

Hyllyllä tehtiin biologisia kenttätutkimuksia vuonna 2003 (Ruuskanen, Ari; Nappu, Niko; Kinnunen Veijo 2003: Raportti hyllyn biologisista kenttätutkimuksista 2003). Hylkyä voidaan pitää keinotekoisena riuttana eli kiinnittymis- ja kasvualustana erilaisille eliöille, kuten sinisimpukalle. Puuta syöviä eläimiä ei esiinny alueella ja puuta haurastuttavien sieni- ja bakteeritoimintojen aktiivisuus on hidasta. Vuonna 2009 tilattiin Monivesi Oy:ltä pohjaeläinkartoitus hyllyn ympäristöstä mahdollisten kaivausten ympäristövaikutusten arviointia varten. Raportin mukaan alueen pohjaeläinlajiston todettiin olevan tyypillistä alueelle, samoin yksilölukumäärät. Uhanalaisia tai silmälläpidettäviä lajeja ei löytynyt. Suurimmat yksilömäärät olivat liejusimpukalla (*Machoma baltica*) ja monisukasmadolla (*Marenzelleria spp.*), kattaen 86 % kokonaisuksilömäärästä. Hyllyn virran vastaisen ja virran myötäisen puolen pohjaeläimistö erosi toisistaan lukumäärältään, mutta

ei lajistoltaan. Erot lukumäärissä selittyivät pohja-aineksen laadulla. Virran myötäisellä puolella pohjan laatu oli ympäristöä isorakeisempaa. Vesipuitedirektiivin mukainen vesialueen ekologinen tila BBI-indeksin perusteella oli hyvä (Karell, Kimmo; Ruuskanen, Ari & Nappu, Niko 2009: Vrouw Maria hylyn pohjaeläinkartoitus 2009. Monivesi Oy). Vuonna 2011 havaittiin myös paljon hylkeitä, joista yksi nuori, noin metrin mittainen harmaahylje jopa hyllyssä sisällä. Hylkeenpoikanen seurasi tutkimustöitä käytännössä ensimmäisen leiriviikon ajan joka päivä aikuisten hylkeiden pysytellessä hieman kauempana.



Hylkeenpoikanen tutkimusaluksen vierellä. Kuva Vesa Hautsalo, Museovirasto. MA201108:62.

3.2 Hylyn kuvaus

Löydettäessä (1999, Rauno Koivusaari ja Pro Vrouw Maria ry) Vrouw Maria- hylky vaikutti erittäin hyvin säilyneeltä: sen runko oli lähes ehjä ja mastojen (2 kpl) alimmat tangot yhä paikallaan. Hylky on 41 metrin syvyydessä, mastot nousevat noin 22–23 m syvyyteen. Hylyn keula osoittaa kompassisuuntaan 156° ja perä kompassisuuntaan 336°. Hylky on kölillään meren pohjassa, kallistuma styyrpuurin suuntaan on 4°. Runko on uponnut noin metrin verran meren pohjasedimenttiin.

Rungon rakenne on ammemaisen pyöreä ja se on rakennettu tasasaumaiseksi. Hylyn keulaosa on hyvin säilynyt, mm. ranapalkit ja klyyssipantturat ovat yhä paikoillaan. Keularanka vaikuttaa vahingoittumattomalta. Hylyn sisätiloista voidaan erottaa laivan keulassa sijaitseva keittiö, jonka uunin hormi näkyy kansitasolla ankkuripelin etupuolella, ruuma, jonka luukut sijaitsevat mastojen välissä, sekä perähytti, joka on noin metrin verran kansitasoa alempana. Kansihytti on romahtanut, vain SB puolen kulman lovettu tukipyylvas on pystyssä ja se on kiinnitetty kannessa olevaan palkkiin, jossa on mahdollisesti kynnysmuotoilu ko. kohdassa (kts. seurantapiste 21; MA201014:59 - 2:30 eteenpäin). Kansihytin ensimmäinen kattopalkki keulasta perään päin katsottuna on koristeltu samanlaisella kasviornamentilla kuin perähytyn ensimmäinen kattopalkki (tai korotetun peräkannen ensimmäinen kansipalkki). Perähytyn korkeus on noin 150 cm pumppujen välistä mitattuna (ks. luku 5.2).

Laivan sisätiloja on tarkasteltu työntämällä videokamera ruuman luukuista sisälle ja ajamalla ROV laivan sisälle. Ruumassa on havaittavissa välilaipioita, jotka ovat pääosin hajonneet yläosistaan. Hylyn sisäosia peittävä sedimenttikerros vaikeuttaa tarkastelua. Ruuman sisällä, isomman ruumanluukun lähellä on romahtanut kansipalkki lastitavaran päällä. Kansilankut ovat vaurioituneet ja poissa paikaltaan esimerkiksi paapuurin puolella lähellä parraslaitaa lähes koko kannen pituudelta. Myös styyrpuurin puolella, lähellä ankkuripeliä on vaurioita. Tässä kohtaa on myös kulkuaukko hyllyn sisätiloihin, aukon suulla on edelleen nähtävissä portaat.

Hyllyn perässä, styyrpuurin puolella perärangan vieressä on lastausaukko. Tätä kautta sisäosien tarkastelu on vaikeaa romahtaneiden rakenteiden takia. Lastausaukon luukku on mahdollisesti perän takana meren pohjassa. Lastausaukon sijainti tulee mitata vuoden 2011 kenttätutkimusten yhteydessä uudelleen.

Takilasta ovat yhä paikoillaan mastojen alimmat tangot (fokkamasto ja isomasto) ja pukspröötti eli keula-puomi. Mastojen läpimenoaukon ja tankojen kohdalla on havaittu kulumista mastojen liikkumisesta johtuen. Pukspröötin pää hankaa fokkamastoa, joten puuhun on kulunut hankausura. Takilan osia on pudonnut kannelle kansihytin ja isomaston väliselle alueelle ja meren pohjalle styyrpuurin puolelle.

3.3 Kiinnittymisjärjestelmä

Kesällä 2010 Meritaito Oy:ltä tilattiin uusi monikeilainluotaus, josta havaittiin vanhojen kiinnityspojujen painojen paikat, sekä pohjaan syntyneitä jälkiä kenttätöissä tapahtuneista poijupainon ja tukialuksen ankkurin raahautumisesta kovassa kelissä lähemmäs hylkyä. Luotausaineistoa käytettiin apuna tutkimusalusta varten rakennettua kiinnittymisjärjestelmää uusittaessa ja hylkyä ympäröivän maiseman visualisoinnissa. Järjestelmä uusittiin vuonna 2010, jotta tutkimusalue saadaan kiinni kohteen välittömään läheisyyteen turvallisesti. Meritaito Oy:n kanssa on tehty vuosittain uusittava sopimus kiinnittymispojujen irrottamisesta kenttätutkimusten jälkeen, varastoinnista talven ajaksi ja kiinnittämisessä seuraavana kesänä ennen kenttätutkimusten alkua. Näin ollen mahdollisesta poijujen ja/tai köysien irtoamisesta ei aiheudu vaaraa itse hyllylle. Sopimus uusitaan vuosittain projektin uuden jakson kuluessa ja Meritaidon kanssa sovitaan poijujen kiinnittäminen ja irrottaminen kenttätutkimusten ajankohdan mukaan. Kiinnittymisjärjestelmän uusimisen ja ylläpidon kustannuksista vastaa Vrouw Maria veden alla – hanke projektin keston ajan (v. 2012 loppuun saakka). Painojen koordinaatit uusituille betonipainoille on otettu kiinnitysjärjestelmän uusimisen yhteydessä vuonna 2010:

Taavi-alukselta otetut koordinaatit hyllyn uusille 1800 kg:n betonipainoille (KKJ peruskoordinaatisto, mittaustarkeus $\pm 0,1\text{m}$) ovat tässä:

Länsi-paino:

X 662 9069.8 Y 154 4408.7

Syvyys 41 m, vanhan kivipainon vieressä, sidottu vanhaan painoon 2 m köydellä.

Etelä-paino:

X 662 8988.4 Y 154 4512.5

Syvyys 41 m, kahden vanhan betonipainon vieressä, jotka kiinni toisissaan kettingillä. Sidottu köydellä kiinni vanhoihin painoihin.

Pohjois-paino:

X 662 9181.4 Y 154 4520.9

Syvyys 31 m. Hiekkaisessa rinteessä. Ei havaintoja vanhoista painoista.

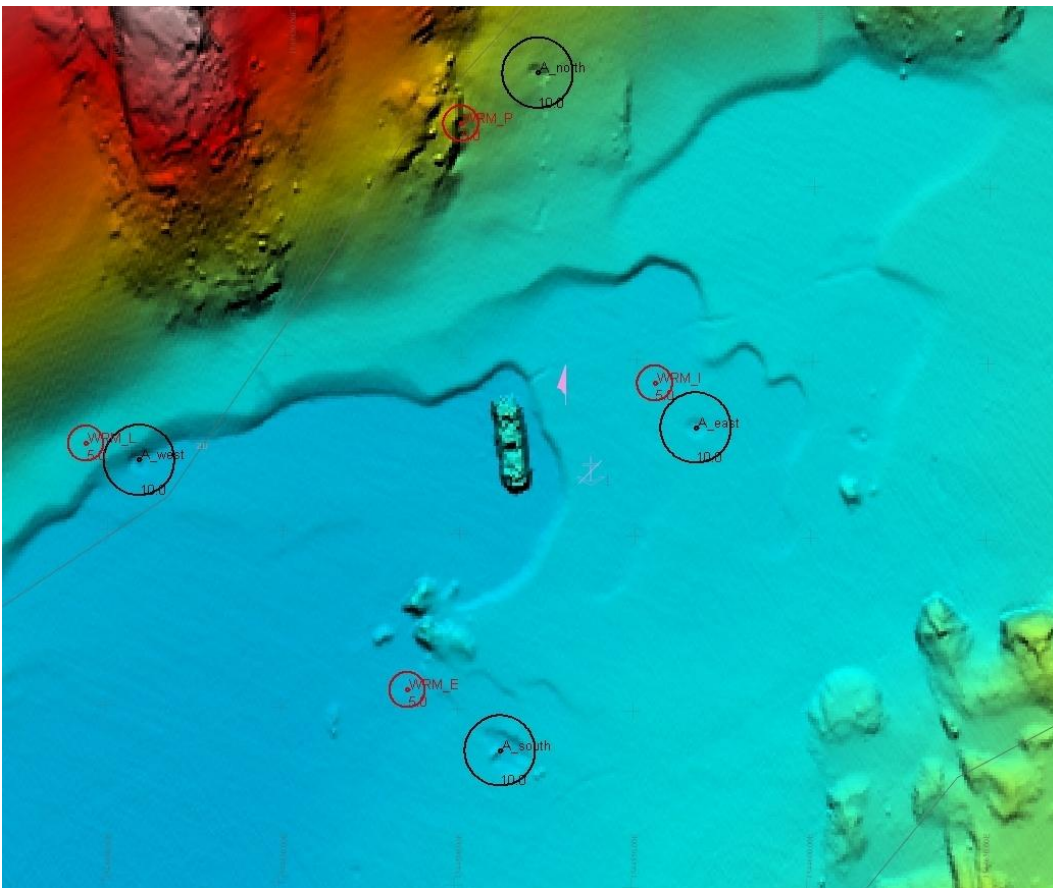
Itä-paino:

X 662 9131.8 Y 154 4607.6

Syvyys 41 m. Sukeltajaa ei käytetty. Raahautuneesta vanhasta itä-painosta n. 50 m itään.

Asennustyön jälkeen jokainen paino paikannettiin vielä Meriarkeologian yksikön kannettavalla GPS-laitteella (Garmin 60 Cx) Taavi-aluksen kannelta (WGS-84, mittau tarkkuus n. ± 5m):

Länsi-paino	Etelä-paino	Pohjois-paino	Itä-paino
59° 46,318' N	59° 46,275' N	59° 46,378' N	59° 46,345' N
021° 47, 226' E	021° 47, 330' E	021° 47, 347' E	021° 47, 439' E



Kuva 3.2. Alkuperäisten poijupainojen sijainnit Vrouw Maria-hylyn ympärillä (mustat ympyrät). Uudet painot on laskettu alkuperäisten painojen välittömään läheisyyteen uutta itä-painoa lukuun ottamatta. Itä-paino on siirretty n. 50 m itään päin kuvan osoittamasta idänpuoleisesta ympyrästä. Kuva Meritaito Oy (MA201014:65).

4. Kenttätöiden kulku ja tutkimusmenetelmät

4.1 Tutkimusalukset, henkilökunta ja logistiikka

Tutkimusaluksen henkilökuntaan kuului viisi henkilöä Meritaito Oy:stä, tutkimushenkilökuntaan ensimmäisellä viikolla kahdeksan henkilöä, toisella yhdeksän. Kenttätöiden suorittaja oli Museoviraston meriarkeologian yksikkö ja kenttätöiden johtajana toimi FM, tutkija Riikka Alvik. Museoviraston henkilökuntaa olivat tutkija-konservaattori Rami Kokko, suunnittelija Vesa Hautsalo (viikko 1), ja apulais-tutkija Aki Leinonen. Tutkija Hannu Matikka oli leirillä yhden viikon ajan (viikko 2) ja koordinoi laivanrakennustutkimukseen liittyvää dokumentointia. Rami Kokko vastasi mm. näytteiden ottamisesta hylystä ja sukelsi leirille palkatun tutkimussukeltaja Kalle Salosen kanssa. Aki Leinonen hoiti tutkimuskalustoa ja osallistui sukellustoimintaan sukeltaen yhdessä ammattisukeltaja Fredrik Toivarin kanssa. Vesa Hautsalo hoiti mm. atk-laitteet, tietoliikenneyhteydet, vastasi pintakuvauksesta sekä vedenalaisten äänten nauhoituksesta ja siihen liittyvästä kalustosta. Myös Vrouw Maria veden alla – hankkeen projektipäällikkö Sallamaria Tikkanen osallistui tutkimusleirille ensimmäisellä leiriviikolla (ma-to). Hän teki mm. sukeltajien haastatteluja ja hylyn vedenalaiseen maisemaan ja äänimaailmaan liittyvää tutkimusta. Toisella leiriviikolla leirillä vieraili Museoviraston arkeologiset kenttäpalvelut – yksikön yli-intendentti Marianna Niukkanen. Vrouw Maria veden alla – hanke siirrettiin organisaatiouudistuksessa arkeologiset kenttäpalvelut – yksikön alle, kun meriarkeologian yksikkö lakkautettiin. Edellä mainittujen henkilöiden lisäksi leirille osallistuivat Niko Nappu, Ari Ruuskanen (viikko 1), Fredrik Toivari, Immi Wallin, Kalle Salonen, Mikko Vormala (viikko 2) ja Pirkko Kekäläinen. Mikko Vormala ja Kalle Salonen tekivät laivan dokumentointiin liittyviä sukellustehtäviä yhdessä pariensa kanssa. Tehtävät pyrittiin jakamaan mm. käytettävissä olevan sukellusajan mukaan. Museoviraston sukeltajat ja sukelluspari Ruuskanen ja Nappu tekivät näytteenottoon ja esinenostoihin liittyviä sukelluksia.

Tutkimusleirillä sukeltettiin paineilmalla ja seoskaasuilla. Paineilmalla sukelsivat Rami Kokko, Kalle Salonen, Aki Leinonen, Fredrik Toivari ja Riikka Alvik (sukellusparina trimix – kaasuseoksella sukeltava Immi Wallin). Biologi Niko Nappu Monivesi Oy:stä vastasi seoskaasusukellustoiminnasta ja hänen kanssaan käytiin läpi mm. ensiapuun liittyvät asiat leirin alussa (mm. hapen käyttö sukellusonnettomuuksissa jne.). Seoskaasusukellustiimiin kuuluivat biologi Ari Ruuskanen (viikko 1, Monivesi Oy), Mikko Vormala, Pirkko Kekäläinen ja sukelluskouluttaja Immi Wallin. Immi Wallin toimi myös ROV – operaattori ja Kalle Salonen avusti häntä. Seurantakuvaus tehtiin ROV:lla aiempina vuosina luodun suunnitelman mukaisesti (kts. mm. Leino: Vrouw Marian kenttätutkimukset 2001 ja 2002, Leino, Alvik, Ehanti: Tarkastusraportti 2007 ja 2009, Alvik: Kenttätutkimusraportti 2010).

Kenttätutkimusleirillä käytettiin tukialuksina Suomen ympäristökeskuksen hallinnoimaa r/v Muikku – tutkimusalusta sekä Immi Wallinin omistamaa r/v Yoldiaa. R/v Muikun päällikkönä toimi Matti Jalkanen. R/v Muikun miehistöön kuuluivat perämies Jukka Kettunen, matruusi Jari Puhakka, kokki Seppo Salo ja matruusi Lauri Pekansaari. Maatukikohtaa ei ollut, vaan henkilökunta ja miehistö asuivat aluksilla. Tyyninä päivinä yövyttiin hylyn päällä, tuulipäivinä siirryttiin Storskärin saariryhmän lähis-tölle suojaan tai Borstön laituriin. Sukeltaminen tapahtui molemmista tukialuksista. Kaasujen täyttö tapahtui r/v Muikun peräkannelta. ROV-operointi tehtiin r/v Muikun oikean kyljen puoleiselta laboratorionkäytävältä. Edellisvuonna käytössä ollut kontti oli jätetty pois, koska kaasulogistiikka, sukellusvälineet ja esineiden nostoon ja säilytykseen tarkoitetut astiat tarvitsivat tilaa. Työveneenä käy-

tettiin Museoviraston Meri 2 – kumivenettä. Leirin henkilökunta osallistui tukialusten kiinnittämiseen yhdessä Muikun miehistön kanssa.

4.2 Työturvallisuus

Henkilökunnalla oli voimassa oleva SPR:n ensiapukurssi sekä DAN – sukellusensiapukoulutus (suoritettu keväällä 2010). Museoviraston sukeltavalla henkilökunnalla oli myös työturvallisuuskorttiin oikeuttava koulutus. Jokaiselle tutkimusleirille laaditaan turvallisuussuunnitelma, jossa määritellään vastuuhenkilöt ja toimintakaavio onnettomuuden sattuessa. Turvallisuussuunnitelma päivitetään joka vuosi. Suunnitelman laati Rami Kokko ja vastuuhenkilönä toimi kenttätöiden johtaja Riikka Alvik. Turvallisuussuunnitelmassa käsitellään esimerkiksi onnettomuusriskit ja mahdollisen onnettomuustilanteen toimintakaavio. Sukellusvanhimpana toimivat Riikka Alvik ja Niko Nappu. Laivan työturvallisuudesta ja perehdyttämisestä laivan käytäntöihin vastasi laivan päällikkö

Molemmilla leirin aikana käytössä olevilla aluksilla (r/v Muikku, r/v Yoldia) oli happiensiapulaitteisto, jonka toimintaperiaate käytiin leirin alussa läpi Niko Napun johdolla. Ennen leiriä hankittiin projektin kustannuksella uusi happiensiapulaite, josta pystyi antamaan happea samanaikaisesti kahdelle henkilölle. Museoviraston meriarkeologian yksikön vanhassa laitteessa oli valmiudet vain yhden henkilön hapenannolle. Museoviraston appiensiapuvälineet olivat r/v Muikun messissä toimintavalmiudessa, samoin ohjeistukset onnettomuuden varalle.

Ennen leiriä sukelluslaitteet käytettiin huollossa ja testattiin samoin kuin tutkimusvälineistö. Hyviin käytäntöihin kuuluvat sukellusharjoitukset tehtiin Lohjalla Ojamon kaivoksessa Länsi-Uudenmaan aikuiskoulutuskeskus Luksian sukelluskoulutuskeskuksessa. Luvat sukelluskoulutuksen käyttöön saatiin sukelluskoulutuksesta vastaavalta Kalle Virtaselta.

Jokaisen leirille osallistuvan sukeltajan tulee tehdä ainakin muutamia syvä sukellusharjoituksia (+ 30 m) ennen Vrouw Marialle sukeltamista. Seoskaasusukeltajilta vaadittiin trimix-koulutus ja kokemusta hylkysukeltamisesta. Paineilmasukeltajilta vaadittiin tutkimussukelluskoulutus tai riittävä määrä sukelluskokemusta (esim. Museoviraston kenttätutkimukset). Kaikilta sukeltajilta vaadittiin voimassa oleva lääkärintodistus ja muilta kuin Museoviraston henkilökunnalta myös vakuutus. Museoviraston henkilökunnan vakuutuksista vastasi työnantaja. Kalusto oli osin Museoviraston, osin sukeltajien omia, osa tuli ostopalveluiden myötä (mm. seoskaasusukellukseen liittyvät kaasut, täyttöasema, ROV jne.). Ostopalveluita hankittiin mm. Subzone Oy:lta ja Monivesi Oy:lta tarjousten perusteella.

4.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusten lähtökohtana on, että Vrouw Maria säilytetään löytöpaikallaan. Tutkimusmenetelmät ovat ensisijaisesti kajoamattomia dokumentointimenetelmiä tai niin vähän kajoavia, että esim. hylyn rungon tai takilan romahtaminen pystytään välttämään, ja että mahdolliset muutokset näkyvät mahdollisimman vähän, eivätkä nopeuta mittavasti hylyn tai sen lastin tuhoutumista. Hylyn kunto on pääsääntöisesti varsin hyvä. Laivan runko on rakennettu tammesta ja takila on mäntyä. Toistaiseksi suurin osa rakennneosista on alkuperäisillä paikoillaan ja runko on ulkoapäin tarkasteltuna kärsinyt varsin vähän vahinkoja, esimerkiksi kyljissä ja perä- ja keularangassa ei ole näkyviä haaksirikos-

ta tai uppoamisesta johtuvia vaurioita ja liitokset ovat pitäneet osat paikoillaan. Puuaines on visuaalisten havaintojen ja analyysien perusteella kohtuullisen hyväkuntoista. Hyllyn kansitasolla on takilan romahtamisesta ja mahdollisesti pelastustoiminnasta johtuvia vaurioita. Hyllyn perässä on selvästi havaittavia vaurioita, peräsin puuttuu ja peräpeilin osat ovat romahtaneet meren pohjaan hyllyn perän taakse. Perähytissä ja perän lastausluukusta katsottaessa on nähtävissä romahtaneita lattiarakenteita. Laivan isomaston takana olevan kansihytin rakenteet ovat romahtaneet takilan osien pudottua sen päälle.

Mittavälineitä tai opasköysiä ei kiinnitetty hylkyyn, vaan hyödynnettiin aikaisempien tutkimusleirien aikana meren pohjaan jätettyjä painoja tai joitakin pollareihin kiinnitettyjä nauvoja. Sukeltajien nousu- ja laskeutumisköydet kiinnitettiin hyllyn perässä ja keulassa oleviin betonipainoihin ja niistä lähti ohut valkoinen naru opasköydeksi hylkyyn. Naru kiinnitettiin mittapisteiden merkkäuslätkien nauloihin. Hyllyn rungon mittaukset tehtiin perinteiseen tapaan rullamittaa ja taittomittaa käyttämällä.

Hyllyn rakenneosien puulajinäytteen otettiin sahaamalla, mutta sahauskohdat valittiin niin, että näytteenotosta ei aiheudu romahdusriskiä ja että näytteenottokohdat on selkeästi todennettavissa ja seurattavissa jälkikäteen. Puulajianalyysiin riittää hyvin pieni puunkappale. Näytteenottokohdat ja itse tapahtuma dokumentoitiin ennen ja jälkeen videokameralla ja niistä tehtiin luonnospiirroksia. Tänä vuonna otettiin vain kolme puulajinäytettä: kansitasolta kansipalkin pystypolvi, nk. häkkipalkin vaakapolvi ja peräkannen / perähytin ensimmäisen palkin (nk. koristepalkki) pystypolvi. Niiden rakentamiseen käytetyt puulajit tutkittiin Helsingin yliopiston kasvimuseossa (kts. luku 5 ja liite 1). Kaikki rakenneosat olivat tehty tammesta (*Quercus robur*).

Hyllyn seurantakuvaus tehdään yleensä kameraa ja/tai kauko-ohjattavan robotin videokameraa käyttämällä sukellusolosuhteista ja vedenalaisesta näkyvyydestä riippuen. Tälläkin kertaa seurantakuvaukseen käytettiin robottikameraa, koska sen avulla päästiin hyllyn sisäosiin ja kuvausta voitiin suorittaa yhtäjaksoisesti ilman että kameraa täytyi nostaa vedestä sukeltajien työskentelyn aikana. Seurantakuvauspisteitä on 29 kappaletta, ja tavoitteena on koko hyllyn kattava kuvaus, mikä on varsin aikaa vievää. Sukeltajan kuvaamana kuvaus olisi pitänyt tehdä useammassa erässä.

4.4 Tiedotus ja kenttätöiden esittely

Leiriä ennen lähetettiin mediatiedote, ja leirin aikana pidettiin blogia (<http://vrouwmariavedenalla.wordpress.com/>). Leirin jälkeen alustavat tutkimustulokset esiteltiin mediatiedotteessa, blogissa ja Museoviraston internet-sivuilla. Vrouw Marialla on myös oma facebook – sivu. Kenttätutkimusten tuloksia esiteltiin myös lukuisissa esitelmissä Suomessa ja ulkomailla (mm. Museoviraston kenttätöiden esittely, Helsingin yliopiston Tietoa pintaan – seminaari 18.11.2011, kansainvälisen Maris – tutkimusryhmän seminaari Helsingissä jne.).

5. Havainnot ja tulkinnat

5.1 Esineet ja näytteet

5.1.1 Tavoitteet

Näyteanalyysillä identifioidaan laivanrakennukseen käytetyt materiaalit, niiden hajoamisprosesseihin ja nopeuteen vaikuttavat biologiset, kemialliset ja fyysiset tekijät sekä kartoitetaan niissä mahdollisesti olevien haitallisten aineiden määrä ja laatu. Tutkimusten perusteella hyllyn nykykunnosta voidaan tehdä johtopäätöksiä hyllyn jatkotutkimustarpeisiin, suojeluun ja mahdolliseen nostoon, konservointiin ja museointiin liittyen. Lastiruumasta nostettuja näytteitä ja esineitä tutkitaan lastitavaran tarkempaa identifiointia varten. Hyllyn ruumasta nostettujen esineiden avulla pyrittiin tarkentamaan esimerkiksi kyseisen esineen valmistajaan, esineen käyttötarkoitukseen tai ajoitukseen liittyviä tietoja.

Vuoden 2011 kenttätutkimustavoitteisiin asetettiin näytteiden osalta puunäytteiden otto hyllyn pysty- ja vaakapolvista. Näytteillä täydennetään vuonna 2010 aloitettua aluksen rakentamiseen käytettyjen puulajien määrittämistä (ks. Vrouw Maria, 1700 – luvun hyllyn arkeologiset vedenalaistutkimukset 31.8.–11.9.2010, Museovirasto). Hyllyn lastina mahdollisesti olleen elohopean leviämistä hyllyn sisäosiin selvitettiin lastiruumassa olevien pakkauslaatikoiden ja/tai tynnyreiden pinnalta otettavilla sedimenttinäytteillä. Lastiruumaa peittävä ohut sedimenttikerros koostuu lähinnä hyllyn päälle vuosisatojen aikana kertyneestä hajonneesta orgaanisesta aineksestä kuten pohjaan vajonneesta kuolleesta leväkasvustosta. Elohopea-analyysillä selvitettiin, onko aluksen lastina mahdollisesti ollut elohopeaa levinnyt hyllyn sisälle.

Lastiruumasta nostettiin valikoituja esineitä lastin tarkempaa identifiointia varten: ison ruumanluukun kautta nostettiin liitupiippuja ja lasilinssejä. Rikkoontuneen puutynnyrin kantta ei nostettu tänä vuonna, vaikka se mainitaankin tutkimussuunnitelmassa. Kansi on tarkoitus siinä mahdollisesti olevien pakkausmerkintöjen tutkimiseksi ja jotta sitä voitaisiin verrata pelastetun tavaran luettelossa oleviin pakkausmerkintöihin. Romahtaneen kansipalkin vierellä olevasta lokerollisesta pakkauslaatikosta otettiin näytteitä laatikon sisällön identifioimiseksi. Laatikon on arvioitu sisältävän lasilinssejä laatikon lähellä olevan rikkoontuneen lokerollisen linssilaatikon tapaan. Ison ruumanluukun suun alapuolella olevasta laatikosta otettiin uusi näyte v. 2001 mainittujen punaisten kuitujen materiaalin ja väriaineiden tunnistamiseksi. Keulan pienen ruumanluukun kautta nostetaan lisäksi kaksi irtonaista, koksiksi oletettua näytettä jatkotutkimuksia varten.

Hyllyltä vuonna 2011 nostetut esineet ja analysoidut näytteet:

- 3 kpl tammipuunäytteitä
- 6 kpl liitupiippuja
- 24 kpl lasilinssejä
- 2 kpl hohkakiviä
- 7 kpl käärittyjä tupakanlehtiä
- viinirypäleen siemeniä
- viinirypäleen kukinnon tai kukkaperän jäänteitä
- sinistä väriainetta, todennäköisesti indigoa
- punaista villakuitua tekstiilistä (näytteessä mahdollisesti myös puuvillakuitua)
- heinäkasvin kortta
- 3 kpl puolukanlehtiä

5.1.2 Esineet

Vrouw Marian lastin tarkempaa identifiointia varten ruumasta nostettiin ison ruumanluukun kautta kuusi liitupiippua (kuva 1) ja 24 lasilinssiä (kuva 2) ja seitsemän kasvinlehtikääröä (kuva 12). Nostettujen esineiden ja näyttöiden sijainnit ruumassa on merkitty piirroksen (Kuva 6).

Pyöreät lasilevyt (SMM152011:7 a-l, 8 a-e, 9 a-g; 9 f-g ”liimaantuneet” yhteen).

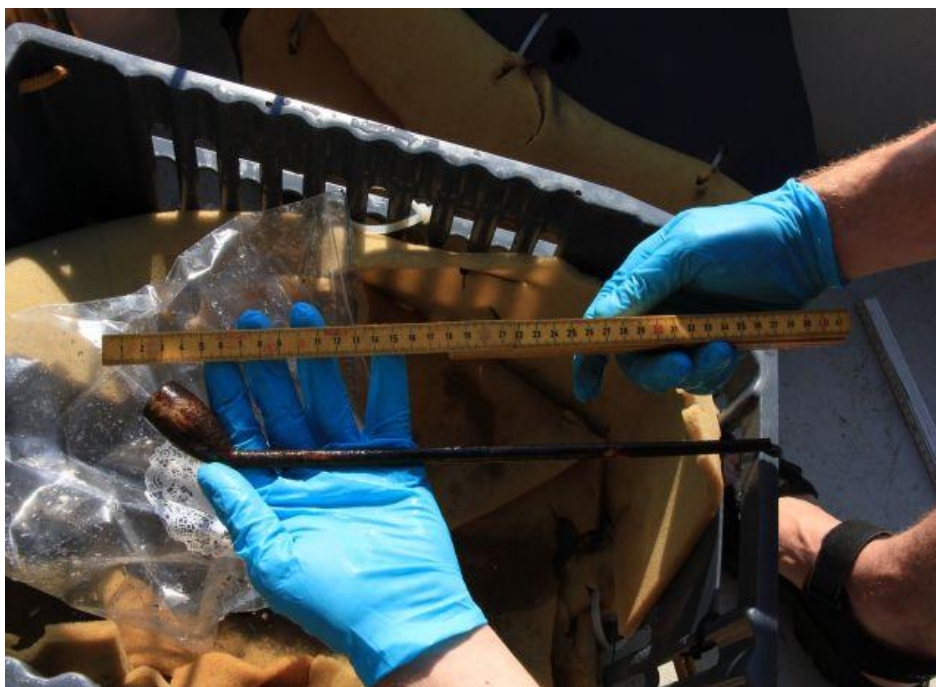
Pienet, litteät lasilevyn kappaleet halkaisijaltaan noin 36 – 38 mm. Niitä on kutsuttu tähän asti lasilinsseiksi, koska niiden koko ja muoto viittaisi esim. silmälasilinsseihin. Nämä lasilevyn kappaleet ovat kuitenkin täysin litteitä ja hyvin ohuita (noin 1-2 mm paksuja). Mikäli ne olisivat linsejä, ne olisivat keskeltä paksuja, ja muodoltaan kuperia molemmin puolin (nykyiset linssit ovat koverankuperia). Lasin väri vaihtelee läpikuultavasta hennon vihreään tai sinivihreään. Osassa lasilevyjä on lasitautia. Lasilevyjen käyttötarkoitusta ei toistaiseksi tunneta. Niitä on näytetty Suomen lasimuseon ja Kellomuseon tutkijoille sekä tutkittu mahdollinen hionta HYKSin silmäpoliklinikalla silmäkirurgi Tero Kivelän toimesta (5.12.2012). Tero Kivelä mittasi diopteriavot satunnaisesti valikoiduille kahdeksalle linssille (7a, 7d, 7f, 8b, 8d, 9b, 9d, 9e) Nikonin fokimetrimillä (fokimetri – focal length = polttoväli). Diopteriavot olivat kaikissa tapauksissa 0,1-0,2 Dpt tai tasan nolla. Tämä tarkoittaa, että lasilevyt ovat täysin litteitä. 9d oli liian samea mitattavaksi (lasitaudin aiheuttama samentumaa).

Lasilevyt – ja linssit on leikattu 1700 – luvulla käsin lasiveitsellä ja ne ovat olleet hinnaltaan halpoja. Näin ohuiden kappaleiden leikkaaminen oli vaikeaa, joten myös hävikki oli suuri. Tero Kivelän arvion mukaan hävikki oli todennäköisesti yhtä suuri kuin valmiiden linssien määrä. Mikäli nämä Vrouw Marian ruumassa olevat lasiesineet olisivat olleet esim. silmälasilinssejä, niiden arvo olisi tullut vasta kehyksestä, joita tehtiin kalliimpiin malleihin jalometalleista, ja niitä voitiin koristella esim. jalokivin. Vrouw Marian lasilevyjen käyttötarkoituksen selvittäminen jatkuu, ja yksi linssi pyritään tutkimaan lasimassan koostumuksen osalta.

Liitupiiput (SMM152011:1-6)

Vrouw Marian lastiruumassa selvimmin erottuva esinetyyppi on liitupiippu, niitä on todennäköisesti tuhansia ja ne ovat levinneet kaikkialle ruuman alueelle. Piiput on todennäköisesti pakattu koreihin, jota ovat rikkoutuneet pelastustöiden yhteydessä tai vähitellen luonnollisen, bakteerien ja sienten aiheuttaman hajoamisprosessin myötä. Tupakan polttoon tarkoitettujen liitupiiput on valmistettu Goudassa ja niissä olevista merkinnöistä voidaan erottaa kahden piippumestarin tai niiden tilaajan nimet. Piipuissa esiintyy Jan Soufreun / Soufreun (tekijä) ja todennäköisesti kauppias Bastiaan Overweselin nimi (tilaaja). Piippujen kannan sivuilla on Goudan kaupunginvaakuna ja kannan pohjassa joko kruunattu B tai nk. boogkoi-kuvio (lintuhäkki). Joidenkin piippujen sivulla on S-merkki (slegte), mikä merkitsee tavallista laatua. Merkki erotti ne posliinisesta laatutavarasta.

Vuonna 2011 Vrouw Marian ruumasta nostettiin kuusi liitupiippua (SMM 152011: 1-6) ison ruumanluukun kautta. Niissä olevat leimat ja merkinnät olivat samoja kuin vuonna 1999 nostetuissa piipuissa. Piippujen nosto oli vaikea tehtävä niiden varren haurauden ja piteuden takia, ruumaan vajonnut pohjasedimentti oli ikään kuin liimannut nipuissa olevat piiput yhteen. Suurin osa nyt nostetuista piipuista oli varresta poikki, vain yksi piippu oli täysin ehjä. Piippujen varsien mitat vaihtelivat 22,5 cm – 60,5 cm välillä varren päästä kopan juureen mitattuna.



Kuva 1. Liitupiippu. Kuva Vesa Hautsalo, Museovirasto (MA201108:4).



Kuva 2. Pyöreä lasilevy heti noston jälkeen. Kuva Riikka Alvik, Museovirasto (MA201108:2).

Hohkakivet

Keulan pienen ruumanluukun kautta ruumasta nostettiin lisäksi kaksi pyöreähköä, nyrkinkokoista, koksiksi oletettua kappaletta pitkävartisella ottimella ("roskanpoimija"). Kivet ovat nelikulmaisissa puulaatikoissa lähellä styyrpuurin puoleista laitaa. Videokuvamateriaalin perusteella laatikoita on kaksi. Ylösnostetut näytteet osoittautuvat huokoiseksi, vulkaaniseksi tuffikivimateriaaliksi alun perin oletetun kaksin sijaan (Kuva 9). Kivien nostosta vastasi Aki Leinonen avustajanaan Fredrik Toivari. Leirillä mukana ollut geologian opiskelija Pirkko Kekäläinen antoi alustavan arvion kivistä, ja näyte analysoitiin tarkemmin GTK:n analyysilabora-

torioissa Espoossa ja Kuopiossa (ks. Liite 2, Kari A. Kinnunen, GTK, "Vrouw Maria -hylystä Nauvosta heinäkuussa 2011 nostetun hohkakiven tutkimus" 29.8.2011 sekä Kari A. Kinnunen, Satu Hietala, Bo Johansson, GTK, "Vrouw Maria -hylystä Museoviraston johtamalla sukelluksella nostetun hohkakiven tutkimus" 13.10.2011). Kiviaineksen kemiallinen koostumus määritettiin elohopean osalta myös Labtium Oy:ssä Kuopiossa (ks. Susanna Arvilommi, Labtium Oy, analyysituloksia 1.12.2011). Hohkakivet talletetaan Suomen merimuseon esinekokoelmiin, toinen niistä on jauhettu elohopeatutkimusta mutta kivimateriaali on näytepurkissa ja säilytetään mahdollista myöhempää tutkimusta varten (SMM152011:10a, 10b).

Kahdesta nostetusta vulkaaniseksi tuffiksi arvioidusta kivistä toinen toimitettiin tutkittavaksi Geologisen tutkimuskeskuksen tutkimuslaboratorioon Espooseen. Näytettä tutkittiin petrografisesti ja SEM-EDS-analyysillä ja kiviaines tunnistettiin vulkaaniseksi lasiksi, ryoliittiseksi korkean kaliumpitoisuuden hohkakiveksi (kuvat 14 ja 15) (ks. Kari A. Kinnunen, GTK, "Vrouw Maria -hylystä Nauvosta heinäkuussa 2011 nostetun hohkakiven tutkimus" 29.8.2011). Hohkakiveä esiintyy luontaisesti mm. Välimeren seudulla, Amerikassa ja Uudessa-Seelannissa. Hohkakiven tarkemman alkuperän selvittäminen on kuitenkin vaikeaa, koska kivi on yleinen useimmilla vulkaanisilla seuduilla ja vertailuun soveltuvan julkaistun analytiikan määrä on vähäistä.

Hohkakivi on ollut antiikin ajoista saakka käytössä lähinnä hioma-aineena. Samoin sitä on käytetty ihonhoitoon ja myös eläinten hoitoon kuten hevosiin ja koiriin (ns. trimmauskivi). 1700-luvulla tärkein käyttökohde lienee ollut hioma-aineena ja ihonhoidossa (ks. Kari A. Kinnunen, GTK, "Vrouw Maria -hylystä Nauvosta heinäkuussa 2011 nostetun hohkakiven tutkimus", 29.8.2011). Vulkaanisilla alueilla hohkakiveä on käytetty yleisesti myös rakennusmateriaalina.

Vuonna 79 jKr. Vesuvius-tulivuoren purkaus Italiassa peitti Pompeijin kaupungin usean metrin paksuisen tuhka- ja hohkakivikerroksen alle. Helsingin yliopiston Pompeiji-tutkimuksista vastaavalla tutkija FT Eeva-Maria Viitaselta saatiin marraskuussa 2011 Pompeijista peräisin oleva hohkakivinäyte vertailevaan tutkimukseen. Noin 72 x 63 x 44 mm:n kokoinen näyte analysoitiin optisesti ja kemiallisesti GTK:lla. Analyysillä selvitettiin Vrouw Marian ja Pompeijin hohkakivinäytteiden petrologisia yhtäläisyyksiä.

GTK:n Kari A. Kinnusen mukaan Pompeijin näyte on harmaan ruskeaa lasia, jossa piipitoisuus alempi kuin Vrouw Marian hohkakivessä (Kari A. Kinnunen, GTK, sähköpostiviesti 16.12.2011). Hajarakeet puuttuvat Vrouw Marian hohkakivestä. Kaasurakkuloissa valkoista pallomaista saostumaa, mahdollisesti zeoliittia ja kalkkisaostumaa. GTK:n Satu Hietalan tekemän XRF-analyysin (röntgenfluoresenssianalyysi) perusteella titaanipitoisuus (Ti) on noin 10x korkeampi Pompeijin hohkakivessä. Tämä ilmentää siten hieman mafisempaa laavaa, sillä titaanipitoisuus kasvaa mafisempaan päin. Myös vanadiinipitoisuus (V) on noin 10x korkeampi Pompeijin hohkakivessä. Samoin rauta (Fe) on noin 2x korkeampi Pompeijin hohkakivessä.

XRF analyysin tulokset osoittavat, että Pompeijin hohkakivi on emäksisempää kuin Vrouw Marian. Tämä myös ilmeni lasin värissä ja edellä mainituista hajarakeista. Optiset havainnot ja kemialliset analyysit siis osoittavat että Vrouw Marian hohkakivi ei olisi Pompeijista kerättyä ainesta. Vrouw Marian hohkakivi soveltuu Pompeijin kiveä paremmin hiontaan, koska se ei sisällä naarmuttavia hajarakeita, kuten useimmat muut hohkakivet. Vrouw Marian hohkakivien alkuperä jää toistaiseksi hämärän peittoon, mutta vertailun vuoksi sanottakoon, että jotkut Pohjois-Italian tuffikivet soveltuvat hiontakiviksi. Esimerkiksi Museoviraston Urajärven kartanon lattioiden hiontaan käytetyt hohkakivet tilataan Kirjovärit Oy:stä saksalaisen maahantuojan (Kremer) kautta, mutta niiden alkuperämaaksi mainitaan yrityksen internet-sivuilla Italia.

5.1.3 Näytteenotto

Vrouw Marian lastiluettelossa mainitaan aluksen kuljettaneen 250 naulaa elohopeaa (noin 113,5 kg eli noin 8,4 l), joten vuoden 2002 kenttätutkimusten yhteydessä hylyn perän takaa pohjasta otettu sedimenttinäyte analysoitiin elohopeapitoisuuksien selvittämiseksi (ks. Minna Leino, Vrouw Maria -hylky, Raportti hylyn kenttätutkimuksista 2002). Analysoinnilla haluttiin tuolloin varmistaa, ettei hyllyssä mahdollisesti oleva elohopea ole levinnyt ympäristöön. Vuoden 2002 elohopeapitoisuusanalyysin tulokset tulkittiin turvallisiksi ja työterveyslaitoksen edustajat katsoivat sedimentin kaivamisen turvallisiksi hylyn ulkopuolella.

Vuoden 2011 tutkimusten yhteydessä sedimenttinäytteitä otettiin ison ruumanluukun kautta isosta pakkauslaatikosta (Kuva 3) ja kahdesta rikkoontuneesta tynnyristä (Kuva 4) mäntätoimisella putkinäytteenotimella (Kuva 5). Tynnyrit on merkitty piirrokseen (Kuva 6) numeroilla T1 ja T2. Näyteputki tyhjennettiin tukialuksen kannella minigrip -pussiin ja säilöttiin jääkaappiin. Sedimenttinäytteenotoista vastasivat Niko Nappu ja Ari Ruuskanen. Sedimentin elohopeapitoisuus määritettiin Labtium Oy:n laboratoriossa Kuopiossa (ks. Susanna Arvilommi, Labtium Oy, analyysitulokset 11.8.2011).

Pakkauslaatikon pinnalta otettu sedimenttinäyte sisälsi sivutuotteena punaiseksi värjättyä kangaskuitua (Kuva 7), jota tutkittiin Luonnontieteellisen keskusmuseon Kasvimuseolla Helsingissä (ks. Tuuli Timonen, Kasvimuseo, lausunto näytetunnistuksista 12.10.2011) sekä tutkija Krista Vajannon toimesta osana hänen arkeologisiin tekstiileihin liittyvää tutkimusta varten.

Isoa ruumanluukua lähempänä olevasta tynnyri T1:stä otetun sedimenttinäytteen sivutuotteena saatiin mm. runsaasti kasvinsiemeniä, kasvinoksia sekä pieniä kasvinlehtiä. Siemenet tunnistettiin jo kenttätutkimusten aikana kuvien perusteella viinirypäleen siemeniksi (Terttu Lempiäinen, Kasvisystematiikan ja -ekologian dosentti/Turun yliopisto, henk. koht. tiedonanto 9.7.2011). Tynnyrin T2 pinnalta otettu sedimenttinäyte sisälsi orgaanisen sedimenttiaineksen lisäksi voimakkaasti värjäävää sinistä väriainetta, joka Vrouw Marian Juutinrauman tullitileihin merkityn lastiluettelon perusteella arvioitiin tekstiilien värjäämiseen käytetyksi indigoksi.

Hylyn runkorakenteiden tutkimuksia jatkettiin ottamalla puunäytteitä rungon tukirakenteiden pysty- ja vaakapolvista. Puulajitunnistusta varten otetut näytteet sahattiin perähytin koristepalkin paapuuriinpuolelta pystypolvesta (Kuva 8), perästäpäin laskettuna paapuuriinpuoleisen laidan kolmannen kansipalkin takimmaisesta pystypolvesta (Kuva 9) ja paapuuriin puolelta häkkipalkin vaakapolvesta (Kuva 10).

Puunäytteet sahattiin käsisahalla ja näytettä otettiin vain puulajitunnistukseen vaadittava määrä polven kärkiosasta, josta sahaus oli helpointa suorittaa, ja jotta vaikutus polven rakenteelliseen kestävyysjälkeksi jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Sahaamisen jälkeen näytepala suljettiin minigrip -pussiin ja verkkokassiin, jolla sukeltaja nosti sen ylös pinnalle. Perähytin koristepalkin ja häkkipalkin tukipolvien näytepalojen sahaamisesta vastasi Rami Kokko avustajanaan Kalle Salonen. Kansipalkin pystypolven näytteenotosta vastasi Aki Leinonen avustajanaan Fredrik Toivari.

Kaikki näytteet ja ylösnostetut esineet dokumentoitiin heti noston jälkeen valokuvaamalla ja mittaamalla niiden perusmitat. Tämän jälkeen ne säilöttiin vedellä täytetyissä astioissa tai pusseissa tutkimusala r/v Muikun jääkaappiin odottamaan siirtoa Kansallismuseon vettyneen materiaalin konservointilaboratorioon Helsingin Hylkysaareen.

5.1.4 Analyysitulokset

Puunäytteet

Kaikki kolme kesällä 2011 hyllyltä nostettua puunäytettä tunnistettiin Luonnontieteellisen keskusmuseon Kasvimuseolla tammeksi (*Quercus robur*; ks. Liite 1, Tuuli Timonen, lausunto lajitunnistuksista 12.10.2011). Valomikroskooppikuva tammen poikkileikkauspinnan puusolukosta on kuvassa 13. Vuonna 2010 ja 2011 tehtyjen puulajitunnistusten perusteella voidaan todeta, että aluksen runko on rakennettu tammesta ja takilointiin on käytetty (metsä)mäntyä (*Pinus sylvestris*) nyt tutkitun keulamaston ja keulamaston raaka-puun osalta.

Vuonna 2010 nostetusta kansilankkunäytteestä saatiin dendrokronologinen ajoitustulos heinäkuussa 2011 (ks. Pentti Zetterberg, Joensuun yliopisto, 2011, Dendrokronologian laboratorion ajoituseloste 386). Kansilankussa mittauskelpoiset vuosilustot kattavat ajanjakson 1669–1729. Näytteen pinnassa on kuitenkin viimeisen mitatun luston jälkeen viisi deformatunutta vuosilustoa, joten todellisuudessa puuainesta on vielä vuosilta 1730–1734.

Vuonna 2009 nostetun ankkuripelin pallin vuosilustot kattavat ajanjakson 1630–1728. Pentti Zetterbergin mukaan molempien näytteiden kaatoajankohdaksi voidaan arvioida aikaisintaan 1700-luvun puoliväliä. Myöskään puun alkuperästä ei voida sanoa näytteiden perusteella mitään varmaa. Lustosarjat sopivat kuitenkin paremmin puolalaisiin tammiaineistoihin kuin esimerkiksi saksalaisiin tai ruotsalaisiin, joihin ne eivät sovi lainkaan. Tutkija Hannu Matikka on arvioinut, että puun kuivatusaika on kestänyt kahdesta kahdeksaan vuotta, ennen kuin puuta on käytetty laivanrakentamiseen. Näin ollen ainakin kansilankutuksen ja ankkuripelin pallin rakennusajankohta ajoittuvat aikavälille 1750–1760. Nämä ovat rakenteita, jotka ovat varsin helposti uusittavissa, joten näiden ajoitustulosten perusteella laivan rakennusajankohtaa ei voida varmuudella todeta. Ajoitusnäytteitä ei ole otettu esimerkiksi kansipalkeista tai kaarista siksi, että niiden ottamiseksi olisi täytynyt rikkoa laivan rakenteita. Esimerkiksi kaaret ovat kylkilankkujen ja sisäkarneerauksen välissä, ja kansipalkit pitävät laivan runkoa kasassa. Ruumassa on joitakin romahtaneita kansipalkkeja, mutta niihin ei pääse käsiksi näytteenottoa varten.

Elohopea-analyysit

Hyllyn ruumasta otetut pintasedimenttinäytteet analysoitiin elohopeapitoisuuksien osalta pyrolyyttisesti Labtium Oy:n laboratorioissa Kuopiossa. Näyte sisälsi elohopeaa 0,17 mg/kg ja rinnakkaisnäyte 0,11 mg/kg (ks. Susanna Arvilommi, Labtium Oy, analyysituloksia, 11.8.2011). Sedimentin pitoisuudet ovat Suomenlahden pitoisuuksiksi normaalin vaihtelun sisällä (Henry Vallinius, GTK, henk.koht. tiedonanto, sähköpostiviesti 27.10.2011).

Hohkakivinäytteen alkuainepitoisuuksia analysoitiin lisäksi GTK:n XRF-analysointilaitteella Kuopiossa. Laitteen havaitsemiskynnys on elohopean suhteen 5 ppm (miljoonasosaa), joka ei ylittynyt yhdessäkään mittauksessa. Kaikki mitatut pitoisuudet jäivät normaalin taustapitoisuuksien tasolle johtuen joko hohkakiven alkuperäisestä kemiallisesta koostumuksesta tai vähäisestä ulkopuolisesta kontaminaatiosta. Tulosten perusteella voidaan todeta, että näyte ei sisältänyt raskasmetalleja, joiden pitoisuus olisi merkittävä (ks. Kari A. Kinnunen, Satu Hietala, Bo Johanson, GTK, ”Vrouw Marian hyllystä Museoviraston johtamalla sukelluksella nostetun hohkakiven tutkimus” 13.10.2011).

Hohkakivinäytteen Hg-pitoisuus päätettiin kuitenkin analysoida vielä tarkemmin, jotta kiviaineksen elohopeapitoisuus olisi yhdenmukainen aikaisempien näytetulosten kanssa (mg/kg -tarkkuus). Labtium Oy:ssä Kuopiossa joulukuussa 2011 suoritettua pyrolyyttisen analyysin perusteella hohkakiven Hg-pitoisuudeksi saatiin <0,005 mg/kg (ks. Susanna Arvilommi, Labtium Oy, analyysituloksia, 1.12.2011). Lukemat viittaavat hyvin alhaiseen elohopean taustapitoisuuteen. Vuoden 2011 elohopea-analyysien perusteella ainakaan lastiruuman pintakerros ei ole altistunut lastista peräisin olevalle elohopeakontaminaatiolle.

Orgaaniset näytteet

Ruuman pakkauslaatikon ja kahden tynnyrin pintasedimenttikerroksesta sivutuotteina saatujen orgaanisten kasvosien lajitunnistukset tehtiin Luonnontieteellisen keskusmuseon Kasvimuseolla (ks. Tuuli Timonen, Luonnontieteellinen keskusmuseo, Kasvimuseo, lausunto lajitunnistuksista, 12.10.2011). Pienet kasvinlehdet tunnistettiin puolukaksi (*Vaccinium vitis-idaea*)(kuva 17). Tynnyristä T2 saatu sininen väriaine (Kuva 18) on mahdollisesti Vrouw Marian tulliasiakirjoissa ja pelastetun tavaran luettelossa mainittua kasvipiperäistä indigo-väriainetta.

Tupakka

Lastiruomassa olevassa, väliseinin jaetussa puulaatikossa arveltiin olevan mahdollisesti linssejä, koska laatikossa oli samoja piirteitä kuin lokerollisessa lasilevyjen säilytyslaatikossa. Laatikosta otettiin näyte käsin (Rami Kokko) ison ruumanluukun kautta. Näyte pakattiin minigrip-pussiin ja kuljetettiin pintaan verkkokassissa. Kun näyte purettiin r/v Muikun laboratorioissa, sen sisältö näytti lähinnä tummuneilta narunpätkiltä. Tarkemman tutkimisen jälkeen vaikutti siltä, että kyseessä on kasvinjäännös ja näyte lähetettiin Helsingin yliopiston kasvimuseon analysoitavaksi. Analyysin tekivät Kasvimuseon Tuuli Timonen ja Pirkko Harju. Valomikroskooppilla tehdyn tutkimuksen tulos oli, että näyte sisälsi rullalle käärittyjä tupakanlehtiä (*Nicotiana tabacum*, ks. liite 1). Seassa oli myös pieni osa jonkun tarkemmin tunnistamattoman heinäkasvin (*Poaceae*) kortta. Tupakka ja tupakkatuotteet (mm. nuuska) olivat varsin tyyppillinen Hollannin siirtomaatuote. Tupakkaa kasvatettiin esimerkiksi Hollannin siirtokunnissa Etelä-Amerikassa (mm. Brasilian rannikko), josta tupakka kuljetettiin rullalle käärittyinä lehtinä Eurooppaan.

Viinirypäleet

Tynnyristä T1 (Kuva 16) otetussa näytteessä oli runsaasti kasvinjäänteitä, joista osa tunnistettiin jo kentällä viinirypäleen (*Vitis vinifera*)siemeniksi. Tutkijoiden arvaukselle saatiin jopa vahvistus Turun yliopiston makrofossiilitutkija Terttu Lempiäiseltä, joka oli katsonut Vrouw Marian blogissa esiteltyjä kuvia. Näytteen sisältö analysoitiin Helsingin yliopiston kasvimuseolla (Tuuli Timonen ja Pirkko Harju). Näytteessä oli viinirypäleen siemeniä, ja kukinnon tai kukkaperän osia (pieniä oksankaltaisia kappaleita). Viinirypäleet ovat ilmeisesti olleet tuoreita. Näytteessä oli myös muita kasvinjäänteitä, kuten pieniä kasvin lehtiä, jotka analysoitiin puolukanlehdiksi. (ks. liite 1).

Tekstiilinäyte

Punainen kangaskuitu tunnistettiin villaksi (kuva 21), todennäköisesti lampaan villaksi. Voimakkaan punaiseksi värjätty tekstiili on rakenteeltaan hieman samettimaista, mutta vaikutelma saattaa olla myös haajoamisprosessin tulosta. Osa villakuitujen suomurakenteista on hyvin paksuja ja harvassa, mikä saattaa viitata myös jonkin muun eläimen villaan – vaihtoehtoina voi olla myös vuohi tai kameli. Kuitututkimuksen

teki arkeologi, Helsingin yliopiston jatko-opiskelija Krista Vajanto. Tutkimus tehtiin Metropolia – ammatti-
korkeakoulun välineistöllä (ks. Liite 4).

Punaisen villakuidun ja sinisen väriaineen kemiallisesta koostumuksesta saatiin tuloksia Netherlands Cultural Heritage Agency:ltä Hollannista. Tutkimuksen loppuraportti valmistui tammikuussa 2012 (kts. liite 4). Näytteille tehtiin HPLC – analyysi (HPLC: High Pressure Liquid Chromatography) ja SEM-EDX-tutkimus (SEM: Scanning Electron Microscopy; EDX: Energy Dispersive X-ray). Tutkimusten tavoitteena oli löytää tekstiilin värjäykseen käytetyt väriaineet ja mahdollinen kontaminaatio (esim. alkuaineet ym.). Mikroskooppitutkimuksessa voitiin myös tarkastella näytteen rakennetta ja vaurioita.

Tulokset osoittivat, että punainen tekstiili on värjätty kokenillilla, joka on kirvasta saatava karmiininpunainen väriaine. 1700-luvulla kokenillia tuotiin Meksikosta (*Dactylopius coccus Costa*), mutta Vrouw Marian tekstiilin analyysi viittaa armenialaiseen kokenilliin (*Porphyrophora hameli Brandt*). Historialliseen aineistoon verrattuna meksikolainen kokenilli voisi kuitenkin olla todennäköisempi vaihtoehto. Värjäykseen oli käytetty myös krappia (engl. madder, *Rubia tinctorum L.*). Krappi on punainen väriaine, joka saadaan kasvin juuresta. Kolmas havaittu väriaine oli jäkälästä saatava orseljiväri, joka antaa hennon violetin värisävyn tekstiilille. Analyysin tehnyt tutkija, tohtori Maarten Bommel pitää väriyhdistelmää varsin outona, ja arvelee että kankaan loimi ja kude olisi värjätty eri väreillä. Yleensä kankaan näkyvään osaan eli kuteeseen on käytetty kalliimpia väriaineita. Kudetta ja loimea ei pystytty erottamaan toisistaan näytteen haurauden takia, valitettavasti myös märkänä näkyvä hehkuvanpunainen väri oli tekstiilin kuivuessa kadonnut (näytteet kuivattiin ennen lähettämistä). Näyte sisälsi pyriittiä (rautasulfidi; FeS₂) ja radiolaareja, jotka ovat mikroskooppisen pieniä merieliöiden fossiileja. Kuitujen rakenne oli pahasti hajonnut, ja siinä oli luonnollisesti myös paljon suolaa.

Sininen väriaine tutkittiin samoilla menetelmillä kuin tekstiili, ja tuloksena oli joko indigo (*Indigofera tinctoria L.*) tai värimorsinko (engl. woad, *Isatis tinctoria L.*). Näiden väriaineiden kemiallinen kompositio on niin samanlainen, että niiden erottaminen kyseisillä tutkimusmenetelmillä on mahdotonta. Historialliset lähteet huomioon ottaen on todennäköistä, että näyte on indigoa. Indigokasvi fermentoidaan väriaineen tekoprosessissa, mutta olisi ehkä mahdollista löytää näytteestä kasvinjäänteitä. Mikäli hankkeen puitteissa tehtävät kenttätutkimukset toteutuvat myös vuonna 2012, tekstiililaatikosta ja sinistä väriainetta sisältävästä tynnyristä otetaan vielä uudet näytteet, tekstiililaatikosta siksi että voitaisiin vielä tutkia kude ja loimi erikseen. Tavoitteena on myös säilyttää Vrouw Marian indigoa ja tekstiiliä Suomen merimuseon kokoelmissa. Tekstiilinäytteen ottamiseen tarvitaan todennäköisesti jokin muu menetelmä kuin putkinäytteenotin, jotta voidaan saada isompi otos ehjää tekstiiliä.



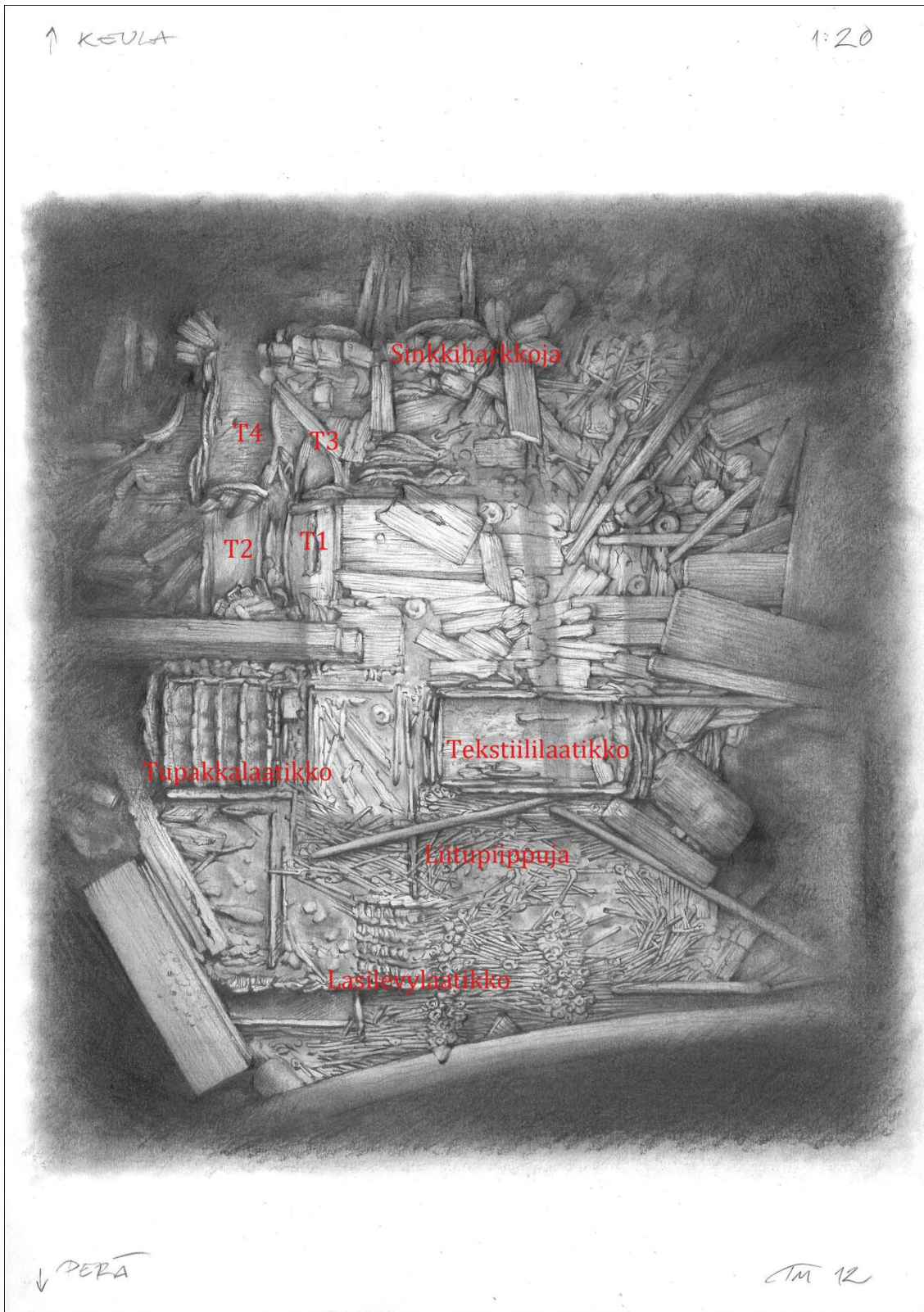
Kuva 3. Ruumassa oleva pakkauslaatikko (oikealla alhaalla), josta otettu punaista kangasta sisältävä sedimenttinäyte. Pysäytyskuva Rami Kokon kuvaamasta videosta, Museovirasto (MA201108:78).



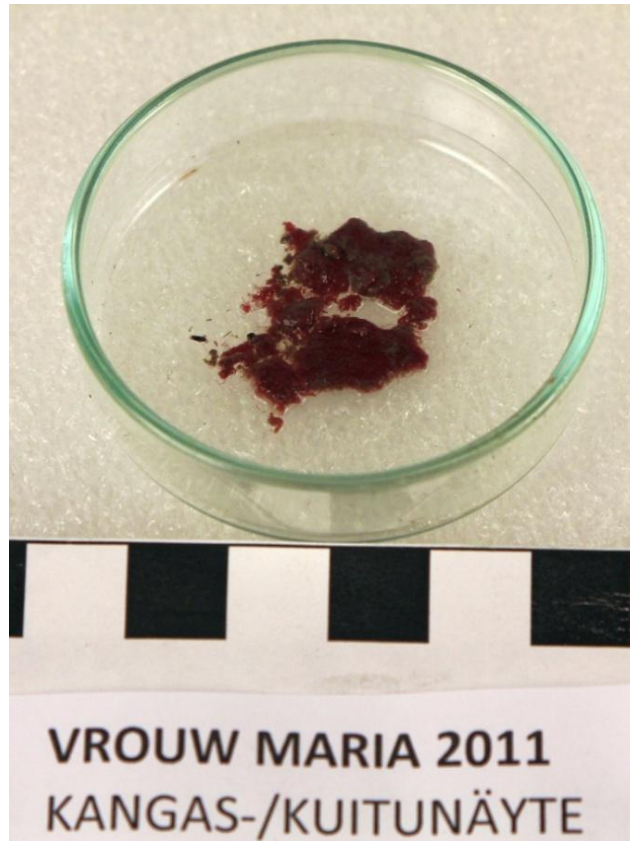
Kuva 4. Ruumassa oleva tynnyri, josta otettu sinistä väriainetta sisältävä sedimenttinäyte. Pysäytyskuva Rami Kokon kuvaamasta videosta, Museovirasto (MA201108:78).



Kuva 5. Sedimenttinäytteenotossa käytetty putkinäytteenotin. Kuva Vesa Hautsalo, Museovirasto (MA201108:54).



Kuva 6. Piirros lastiruumasta ison ruumanluukun yläpuolelta kuvattuna. Piirros Tiina Miettinen, kuvankäsittely Riikka Alvik. (MA201201:13).



Kuva 7. Sedimenttinäytteen mukana saatua tekstiiliä. Kuva Rami Kokko, Museovirasto (MA201108:7).



Kuva 8. Puunäyte perähtyn koristepalkin pystypolvesta. Kuva Aki Leinonen, Museovirasto (MA201108:19).



Kuva 9. Puunäyte kannen pystypolvesta. Kuva Aki Leinonen, Museovirasto (MA201108:17).



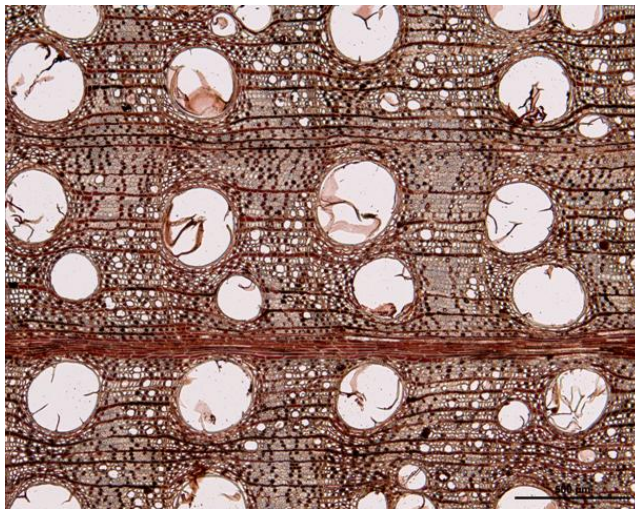
Kuva 10. Puunäyte häkkipalkin vaakapolvesta. Kuva Aki Leinonen, Museovirasto (MA201108:15).



Kuva 11. Hohkakivi heti noston jälkeen. Kuva Riikka Alvik, Museovirasto (MA201108:8).



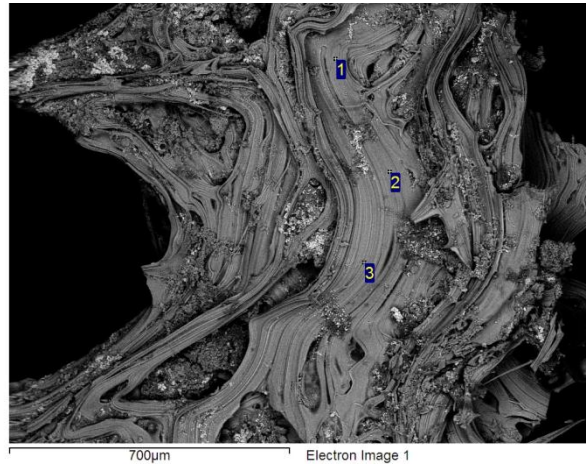
Kuva 12. Kasvinlehtikääröjä. Kuva Riikka Alvik, Museovirasto (MA201108:14).



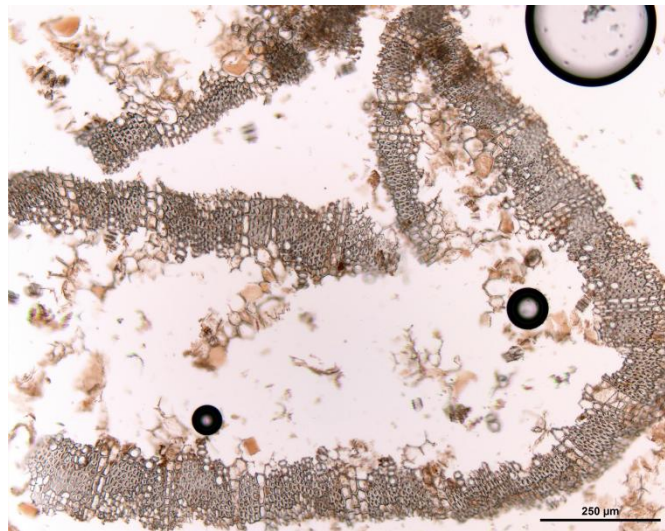
Kuva 13. Valomikroskooppikuva tammien (*Quercus robur*) puusolukosta. Kuva Tuuli Timonen / Pirkko Harju, Luonnontieteellinen keskusmuseo (MA201108:31).



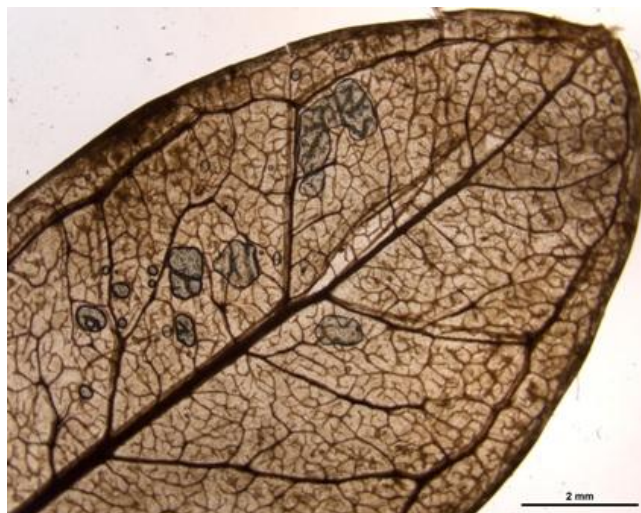
Kuva 14. Hohkakivi. Läpimitta 68 mm. Kuva Kari A. Kinnunen, Geologian tutkimuskeskus (MA201108:11).



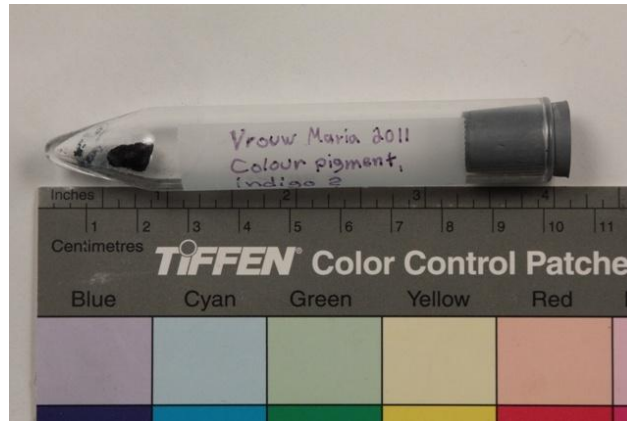
Kuva 15. SEM-kuva hohkakivistä. Kuva osoittaa aineksen koostuvan virtausrakenteellisesta vulkaanisesta lasista. Kuva Bo Johanson, GTK (MA201108:28).



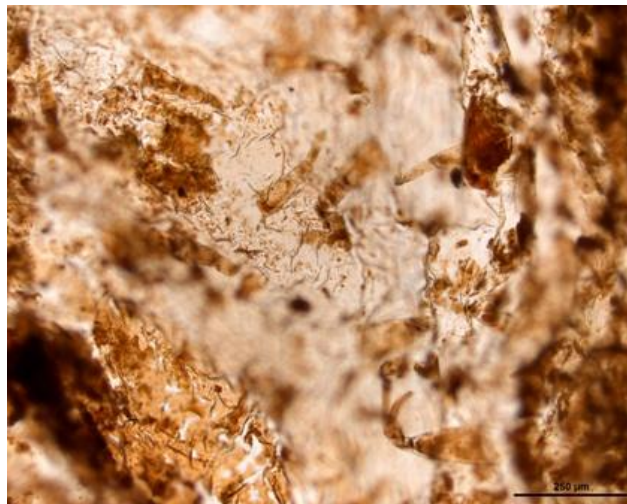
Kuva 16. Valomikroskooppikuva viinirypäleen (*Vitis vinifera*) tertun oksan solukosta. Kuva Tuuli Timonen, Luonnontieteellinen keskusmuseo (MA201108:33).



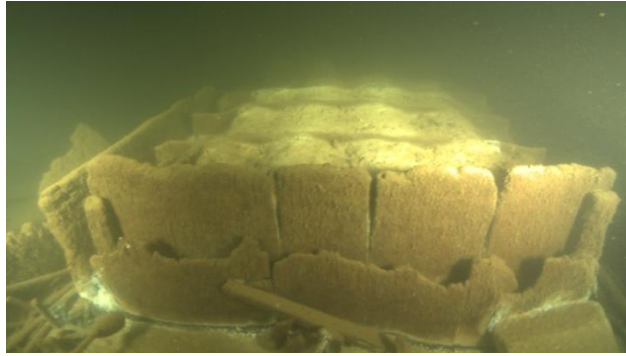
Kuva 17. Valomikroskooppikuva puolukan lehdestä (*Vaccinium vitis-idaea*). Kuva Tuuli Timonen, Luonnontieteellinen keskusmuseo (MA201108:36).



Kuva 18. Näyteputken sisällä olevaa sinistä väriainetta. Kuva Rami Kokko, Museovirasto (MA201108:22).



Kuva 19. Valomikroskooppikuva tupakanlehden (*Nicotiana tabacum*) solukosta. Kuva Tuuli Timonen, Luonnontieteellinen keskusmuseo (MA201108:29).



Kuva 20. Tupakkaa sisältävä lokerollinen puulaatikko. Pysäytyskuva Juha Flinkmanin kuvaamasta videosta, SYKE / Museovirasto (MA201014:58).



Kuva 21. Valomikroskooppikuva kokenillilla, krapilla ja orseljivärillä punaiseksi värjätystä villakuiduista. Kuva Tuuli Timonen, Luonnontieteellinen keskusmuseo (MA201108:25).

5.2 Dokumentointi

5.2.1. Videodokumentointi

Hylyn dokumentointia jatkettiin sukeltajan käsikäyttöisellä HD-videokameralla, kauko-ohjattavalla robottivideokameralla (ROV) sekä mittauksin ja piirtäen. Koska esinenostot ja näytteenotot keskittyivät ruumaan, videomateriaalia kertyi erityisesti isosta ruumanluukusta, jota kuvattiin ennen nostoja, niiden välillä ja nostojen jälkeen. Lastiruumaa ei onnistuttu kuvaamaan pienen ruumanluukun sisäpuolelta kuvaushetkellä vallinneesta veden sameudesta johtuen.

Videokuvaus ruumasta ison ruumanluukun kautta suoritettiin pääsääntöisesti samoin kuin aikaisempina vuosina: kuvaaja laskeutui varovasti luukusta alas, välttämällä kosketusta esineisiin ja hylynosiin, ja kuvasi ruumatilaa kiertämällä kameraa 360° koko näkymän kattamiseksi. Isoa ja pientä ruumanluukua sekä kansihytin aluetta kuvattiin lisäksi kansitason yläpuolelta kohtisuoraan alaspäin ruumanluukusta näkyvän irtaimen lastitavaran sijainnin tarkentamiseksi (ks. luku 5.1, kuva 4, Tiina Miettisen piirros) ja hyllyn kansitason yleiskarttapiirroksen päivittämiseksi, jota tekee Kalle Salonen.

Hylyn peräosaa videoitiin lähinnä perähytin alueella. Perähytin alapuolisesta lastiruumasta saatiin videokuvaa kuvaajan työnnettyä kameran perän lastausluukun kautta hyllyn sisäpuolelle. Tämä mahdollisti sisätilan kuvauksen noin 180° sektorissa hyllyn molempiin kylkiin ja keulaan päin. Videokuvalla voitiin varmistaa, että hyllyn peräosa on alun perin jaettu kapteenin hyttiin ja sen alapuolella olevan lastiruumatilaan. Lattia on sortunut osittain lastiruuman sisälle.

Uutta videomateriaalia ruumasta saatiin myös suoraan kansitason alapuolelta kuvaajan laskettua kameran ison ruumanluukun kohdalta, paapuurin puoleisen laidan vierestä, kansilankkujen välistä alas ruumaan. Kuvaaja käänsi kameraa käsin, jolloin ruumaa saatiin kuvattua noin 180° sektorissa keulaa, isoa ruumanluukua ja perää kohti. Tupakkaa sisältävästä lokerollisesta pakkauslaatikosta ja oletetusta kirstusta saatiin näin tallennettua videokuvaa myös paapuurinpuoleisen laidan puolelta. Videomateriaalia kertyi myös hyllyn mastoista ja kansitasosta: keulamaston ja pükspröötin tyven hankauskohta kulumaurineen videoitua (Kuva 22). Lisäksi kuvattiin hyllyn paapuurinpuoleisen laidan kansipalkkien ja niitä tukevien pystypolvien yksityiskohtien dokumentoimiseksi.

Kauko-ohjattavalla robottikameralla (ROV) suoritettiin lisäksi hyllyllä säännöllisesti tarkastuskäyntien yhteydessä suoritettava seurantakuvaus ennalta määrättyistä kohteista (ks. Seurantakuvaus).



Kuva 22. Maston liikkumisesta aiheutunut hankausjälki keulamastossa. Pysäytyskuva Rami Kokon kuvaamasta videosta, Museovirasto (MA201108:76).

5.2.2 Mittaus- ja piirustusdokumentointi

Hylyn rakenteellisten yksityiskohtien dokumentointia jatkettiin mittauksin ja piirtämällä.

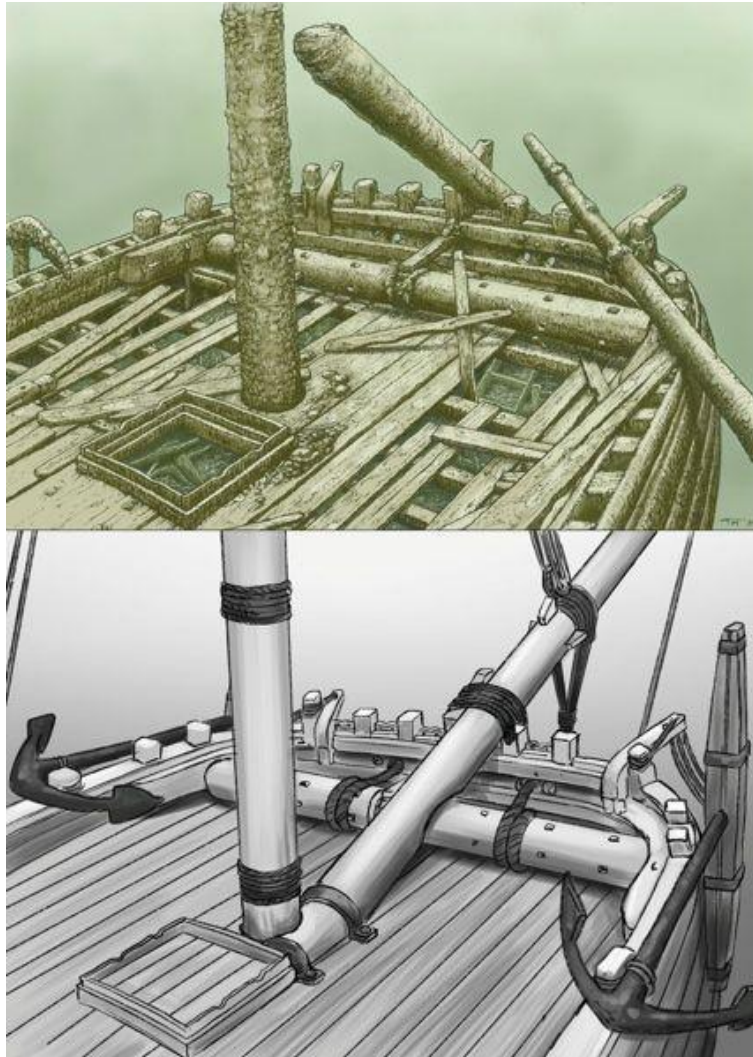
Mastojen korkeudet ja ympärysmitat mitattiin sukellustietokoneen ja rullamitan avulla. Isomaston korkeus kansitasosta esselin ylätasoon on sukellustietokoneella (Suunto Vyper) mitattuna 14,8 m (syvyys esselin yläosan tasossa 23,3 m ja kansitasossa 38,1 m). Keulamaston korkeudeksi saatiin rullamitalla 13,92 metriä esselin alapuolelle mitattuna. Sukellustietokoneella syvyydeksi mitattiin esselin ylätasossa 24,6 m ja kansitasossa 37,9 m. Keulamaston ympärysmitta esselin alapuolella on 1,15 m ja kansitasossa 1,48 m. Isomaston ympärysmitta esselin alapuolella on 1,15m ja kansitasossa 1,48m.

Isomaston takana olevan kansihytin sokkelin mitoiksi saatiin 5,34 m (paapuurin puoleisen laidan suuntainen sivu) x 3,37 m ("takaseinä" pumppujen edessä laivan poikittaissuunnassa). Kansihytin keskellä makaavan kaarevan koristepalkin pituudeksi mitattiin 5,46 m. Kansihytin paapuurin puoleisen etukulman etäisyys mittapisteeseen nro 6 on 6,9 m ja mittapisteeseen nro 7 10,6 m.

Perähytin pituus perärangan takareunasta perähytin koristepalkin takareunaan on 4,21 m. Perärangan halkaisija on pituussuunnassa 26 cm. Pumppujen etäisyys perähytin / peräkannen koristepalkin etureunasta keulaan päin on 55 cm ja pumppujen väli toisistaan 1,15 m.

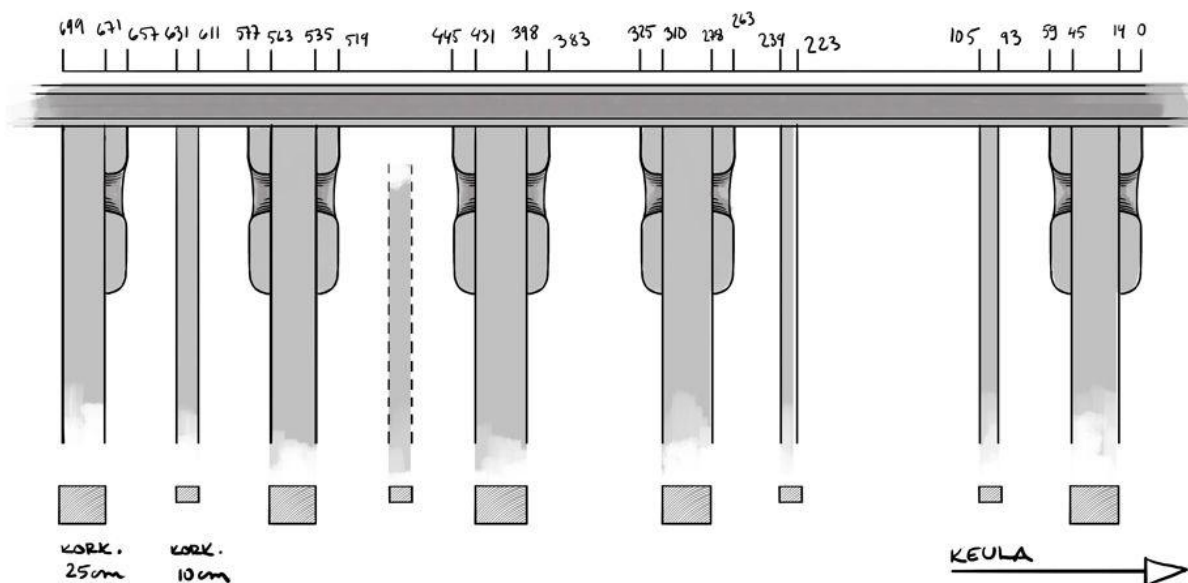
Keulapuomin tyven yksityiskohtia dokumentoitiin keulapuomin kiinnityskohdan ja -mekanismin selvittämiseksi. Keulapuomin kaarevan syvennyksen mittojen perusteella se on todennäköisesti ollut kiinnitettyä keulamaston sivuun. Keulassa sijaitsevan ankkuripelin ympärysmitta on 160 cm. Ankkuripelin etäisyys etumastoon on 160 cm ja sen korkeus kannelta mitattuna on 76 cm.

Keulamaston etäisyys keularangasta on 3,05 m. Keulapuomin tyven pituus keularangan etureunaan mitattuna on 3,95 m. Etumaston oikealla etupuolella on kannella ruostekrustia, joka voi liittyä keulapuomin kiinnitysmekanismiin. Krustin etäisyys keulapartaasta on 2,75 m.



Etumaston ja keulapuomin liitoskohta. Ylemmässä kuvassa Tiina Miittisen piirros hylystä sen nykyisessä kunnossa. Alakuvassa Mikko Vormalan rekonstruktiopiirros samasta kohdasta (ylempi kuva MA201201:5 ja alempi kuva MA201221:307).

Kansipalkkien lukumäärä ja palkkien välit mitattiin BB-laidan vierestä. Kansipalkkien lukumääräksi laskettiin BB-laidan vierestä keulasta perään (perähytin koristepalkkiin saakka) havainnoituna 23 tai 24 kappaletta (näyttäisi siltä, että perähytin edestä laskettuna 14. kansipalkki puuttuu). Palkkien etenemä vaihtelee 60–70 cm välillä. Kansipalkkeja tukevien pystypolvien jaotus vaihtelee koko kannen pituudelta, eikä selvää säännönmukaisuutta jaotuksessa ole havaittavissa (vrt. R. Kokon piirros 2010 raportissa); osa jykevämmistä kansipalkkeista on tuettu kahdella pystypolvella ja osa yhdellä. Pystypolvilla tuettujen palkkien leveys vaihtelee noin 28–32 cm:n välillä, polven korkeuden ollessa 25 cm. Kevyempien, polvettomien palkkien leveys on noin 11–20 cm ja korkeus 10 cm. Pystypolvien vaakapituus vaihtelee noin 100–105 cm:n välillä ja leveys 14–18 cm:n välillä.



Kansipalkit ja niiden pystypolvet. Piirros: Mikko Vormala (MA201221:308).

Perähytin kaarevan, kasviornamentilla koristellun palkin alareunan ja kannen välinen korkeus mitattiin pumppujen välistä ja noin 25 cm:n etäisyydeltä BB-laidasta. Pumppujen välissä korkeus on 150 cm ja laidan vieressä 135 cm. Palkin korkeus edestä on 20 cm ja leveys päältä 9,5 cm.

Hylyn paapuurin puolen peräkannen korokkeen kylkilankkujen ja "siiven" mittauksia jatkettiin, korokkeen ja kannen välinen korkeusero on 150 cm ja perässä ensimmäisen häkkipalkin ja "siiven" korkeusero on 220 cm.

Hylyn ulkopuolella mitattiin lisäksi keulan SB-puolella pohjalla makaavan raa'an pituudeksi 8,80 m. Raa'an vierellä makaavan etumaston (?) jatkotangon pituudeksi mitattiin 10,10 m. Tangon yläpästä lukkokiilan alapintaan mitta on 9,5 metriä. 7-7,30 m kohdalla on tangossa kavennus.

5.2.3 Seurantakuvaus

Seurantakuvaus tehtiin Immi Wallinin toimesta hänen Subzone Oy:n Loxus Video Ray Pro – robottikameralla. Seurantakuvaus noudatti edellisvuosien tapaan Matias Laitisen ja Minna Leinon luomaa suunnitelmaa. Seurantakuvauspisteitä on kaikkiaan 29 kappaletta, mutta samalla on kuvattu myös mm. hylyn sisätiloja ruumanluukuista käsin. Kiintopistejärjestelmä on luotu hylyn löytymisen jälkeen v. 2000 – 2001. Kuvaus keskittyy pitkälti hylyn kansitasolle alkaen paapuurin puolen ranapalkista päättyen perähytin edustalla oleviin pumppuihin. Vaikeasti havainnoitavia alueita ovat mm. kansihytin alue sekä styyrpuurin puoleisella kyljellä partaan ulkopuolelle ja kannelle romahtaneet takilan osat. Esimerkiksi kansihytin alueen tarkempi dokumentointi on tarpeen, jotta saataisiin selville kansihytin koko ja rakenne. Tällä hetkellä vain yksi kansihytin lovettu nurkkatolppa on pystyssä, muut

osat ovat romahtaneet. Nurkkatolpat ja seinän lovetut tukipalkit ovat kuitenkin erotettavissa kansitasolla olevien rakenneosien joukosta. Tulevina vuosina seurantakuvaussuunnitelmaa voidaan tarkentaa ja joitakin pisteitä ei välttämättä tarvitse kuvata yhtä tarkoin, mikäli kenttätöitä tehdään peräkkäisinä vuosina. Esimerkiksi pollarit ja muut hyvin vakaat seurantapisteet voidaan tarvittaessa jättää kuvaamatta. Tosin on hyvä muistaa, että esim. mittapisteet ja selkeästi erottuvat rakenteet, kuten pollarit toimivat hyvinä referenssipisteinä videokuvassa, ja seuraamalla kuvattavien pisteiden listaa tulee samalla luotua kattava yleiskuva hylystä. Yleensä videokuvasta löytyy aina uusia yksityiskohtia, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi piirrosdokumentoinnissa.

Seurantapiste 19 käsittää mm. irrallisen metallilevyn kappaleen. Metallin väri on hyvin vaalean harmaa, mikä viittaisi lyijyyn tai tinaan. Tämän kappaleen nostoa on harkittava, koska se on herkästi liikkuva esine, joka on todennäköisesti poissa alkuperäiseltä paikaltaan ja vaarassa rikkoutua. Ennen nostosuunnitelmaa on kuitenkin selvitettävä esineen konservointiin ja säilyttämiseen liittyvät seikat, eli säilyykö se paremmin veden alla mahdollisesti siirrettynä turvallisempaan paikkaan, vai onko nosto parempi vaihtoehto. Seurantakuvauksessa kuvattiin seuraavat pisteet, joiden kuvat löytyvät alta Seurantakuvat-luvusta.

1. BB ranapalkki
2. Ankkuripelin palli/ jarru
3. BB pollari – kiintopiste 2
4. BB parras – ankkuri
5. Pieni ruumanluukku kansitasossa
6. Pieni ruumaluukku sisäpuolelle
7. BB parras – kiintopiste 4
8. Iso ruumanluukku kansitasossa
9. Iso ruumanluukku sisäpuolelle – lasti keulaan
10. Iso ruumanluukku sisäpuolelle – lasti SB
11. Iso ruumanluukku sisäpuolelle – lasti perän suuntaan
12. Iso ruumanluukku sisäpuolelle – lasti BB
13. BB parras, pollari – kiintopiste 6
14. Perän kansipalkit – yleiskuva
15. BB peräkulman pollari – kiintopiste 8
16. Peräranka takaapäin
17. SB peräkulma
18. SB peräkulma – kiintopiste 7
19. SB perähytin katto – lyijylevy, pinnanpää (paikka, jossa pullo oli)
20. SB parras, pollari – kiintopiste 5
21. Kansihytin pystytolppa
22. SB partaan ulkopuolella nojaavat takilan osat
23. SB parras – kiintopiste 3
24. SB kansitaso – seurantakohde 1: lyijyluoti ja -liina sekä plokkit
25. Pukspröötin ja maston kohtaamiskohda
26. SB ranapalkki
27. SB pollari – kiintopiste 1
28. SB pumppu
29. BB pumppu

6. Yhteenveto

Vrouw Maria-hylyn kenttätutkimukset etenivät vuonna 2011 tutkimussuunnitelman mukaan, joskin ajoittain jouduttiin tekemään hieman soveltamista lähinnä valittujen metodien suhteen ja jättämään joitakin suunniteltuja esinenostoja pois ajan loppuessa kesken. Uusia dendrokronologisia näytteitä ei otettu, koska hylyn rakenteita ei haluttu rikkoa ja romahtaneet kansipalkit olivat niin syvällä ruuman sisällä, että näytteen sahaaminen oli mahdoton tehtävä. Isojen kappaleiden nostaminen ruumasta on mahdotonta rikkomatta hylyn kansirakenteita, koska kansipalkit ovat niin tiheässä ja kansitasolla olevat aukot ovat varsin pieniä. Kannen pystypolvista otettiin puulajinäytteet. Pystypolvet on rakennettu tammesta, kuten muutkin laivan rungon rakenneosat (kts. v. 2010 kenttätutkimusraportti). Kylkien kaksoislankutusta ei havaittu tutkimuksissa. Kansihytin rekonstruktio saatiin aloitettua ja koko saatiin ”kehysten” osalta mitattua, mutta seinä- ja kattorakenteiden tutkimusta täytyy jatkaa tulevana kesänä. Myös kylkilankkujen tutkimus ja kylkien kaarevuuteen liittyvät mittaukset jäivät kesken.

Seuraavien kenttätutkimusten aikana dokumentoitavia kohteita ovat mm.:

- kansihytti: rakenneosat erotettava kannelle romahtaneista takilan osista, mitattava ne ja tehtävä rekonstruktio tämän perusteella
- kylkien kaarevuuden mittaaminen, suunniteltava Hannu Matikan kanssa

Hylkyä dokumentointiin mittaamisen lisäksi myös sukeltajan käyttämällä videokameralla sekä ROV:n videokameralla. Hylystä kaivattaisiin lisää hyvälaatuista kuvamateriaalia, erityisesti still-kuvia, joita voisi käyttää tutkimustarkoituksiin, internetsivuille, julkaisuihin ja näyttelyihin.

Laivan lastin tutkimus eteni, näytteitä otettiin ison ruumanluukun kautta kahdesta tynnyristä, yhdestä pakkauslaatikosta ja yhdestä väliseinin erotellusta laatikosta. Yhdessä tynnyrissä oli sinistä väriainetta (todennäköisesti indigoa), yhdessä kasvinjäänteitä (lähinnä viinirypäleen siemeniä). Väliseinin erotellussa pakkauslaatikossa oli rullalle käärittyjä tupakanlehtiä. Isossa, heti ruomanluukun alla sijaitsevassa pakkauslaatikossa oli punaista, kokenillilla, krapilla ja orseljivärillä värjättyä villakangasta. Lisäksi ison ruomanluukun kautta nostettiin kuusi liitupiippua ja 24 pientä pyöreää lasilevyä. Pienen ruomanluukun kautta nostettiin kaksi kiviesinettä, jotka osoittautuivat hohkakiveksi. Näytteiden ottamista kannattaa jatkaa tulevana kesänä pakkauslaatikoiden ja tynnyreiden sisällön identifiointiseksi. Tutkimussuunnitelmassa mainittua tynnyrinkannen nostoa ei pystytty tänä vuonna toteuttamaan ajan loppuessa kesken, joten sekin pyritään toteuttamaan tulevana vuonna. Kasvinäytteet, väriaine ja tekstiili ovat herättäneet huomiota alan tutkijoissa, kun tuloksia on esitelty kansainvälisissä konferensseissa (mm. Dyes in History and Archaeology – konferenssi). Tuloksia on verrattu historiallisiin lähteisiin. Osa tuloksista sopii hyvin kirjallisen lähdeaineiston kanssa (mm. tekstiili ja indigo), osa taas on uutta tietoa (mm. hohkakivi, lasilevyt, tupakanlehdet, viinirypäleet). Nämä tuotteet saattavat olla osa Juutinrauman tullitileissä mainittua nk. määrittelemätöntä kappaletavaraa.

Kuvan numero	Aihe	Kuvauspäivä	Tekijä
MA201108:1	Hylystä nostetut lasilinssit.	25.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:2	Hylystä nostettu lasilinssi.	11.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:3	Hylystä nostettu täysipitkä liitupiippu.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:4	Hylystä nostettu liitupiippu.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:5	7.7.2011 nostetut liitupiiput.	1.9.2011	Aki Leinonen
MA201108:6	8.7.2011. Hylystä nostetut liitupiiput.	1.9.2011	Aki Leinonen
MA201108:7	Pala punaista tekstiiliä.	25.8.2011	Rami Kokko
MA201108:8	Hylystä nostettu hohkakivi.	13.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:9	Hylystä nostettu hohkakivi.	13.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:10	Hohkakivi.	31.10.2011	Ulla Klemelä
MA201108:11	Hohkakivi.	21.10.2011	Kari A. Kinnunen
MA201108:12	Pompeijin hohkakivi.	16.12.2011	Kari A. Kinnunen
MA201108:13	Hylystä nostettu näyte. Tupakkaa.	12.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:14	Hylystä nostetut näytteet. Kaksi tupakkakääröä.	12.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:15	Näyte häkkipalkin vaakapolvesta.	29.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:16	Näyte häkkipalkin vaakapolvesta.	14.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:17	Näyte kannen pystypolvesta.	29.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:18	Näyte kannen pystypolvesta.	29.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:19	Näyte koristepalkin pystypolvesta.	29.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:20	Näyte koristepalkin pystypolvesta.	29.8.2011	Aki Leinonen
MA201108:21	Sedimenttinäyte.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:22	Indigo väriainetta.	5.9.2011	Ulla Klemelä
MA201108:23	Viinirypäleen siemeniä.	7.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:24	Puolukanlehti.	21.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:25	Punaisen kankaan villakuituja.	2.9.2011	Krista Vajanto
MA201108:26	Punaisen kankaan villakuituja.	25.11.2011	Tuuli Timonen
MA201108:27	Punaisen kankaan villakuituja.	6.10.2011	Tuuli Timonen
MA201108:28	Mikroskooppikuva hohkakivestä.	29.8.2011	Bo Johansson
MA201108:29	Mikroskooppikuva tupakanlehdestä.	26.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:30	Mikroskooppikuva tammesta.	1.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:31	Mikroskooppikuva tammesta.	1.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:32	Mikroskooppikuva tammesta.	1.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:33	Viinirypäleentertun oksahaara.	7.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:34	Viinirypäleentertun oksahaara.	7.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:35	Puolukanlehti.	20.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:36	Puolukanlehti.	20.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:37	Puolukanlehti.	21.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:38	Heinävarsi.	5.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:39	Heinävarsi.	5.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:40	Heinävarsi.	5.9.2011	Tuuli Timonen
MA201108:41	Työpaikka.	5.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:42	ROV kuvaa.	5.7.2011	Aki Leinonen
MA201108:43	Tukialus r/v Muikku ja Meri2.	5.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:44	Tukialus Yoldia ja Meri2	14.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:45	Tukialukset Borstön laiturissa.	12.7.2011	Rami Kokko
MA201108:46	Saaristomaisema.	12.7.2011	Riikka Alvik

MA201108:47	Saaristomaisema.	5.7.2011	Sallamaria Tikkanen
MA201108:48	Neuvonpito.	11.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:49	Tukialuksen asemoiminen alkaa.	5.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:50	Tutkija Rami Kokko asentaa työvaloja.	5.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:51	Sukeltaja Kalle Salonen valmistaa takaiskuventtiiliä.	6.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:52	Sukeltajat näytteiden ottimiseen.	6.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:53	Liitupiippuja nostetaan kannelle.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:54	Sedimenttinäyte nostettu tukialuksen kannelle.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:55	Tukialus r/v Muikun irroittamista asemoinnista.	14.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:56	Vesa Hautsalo nauhoittamassa hydrofonilla.	5.7.2011	Sallamaria Tikkanen
MA201108:57	ROV kuvan tarkastelua.	13.7.2011	Ari Ruuskanen
MA201108:58	ROV kuvan tarkastelua.	13.7.2011	Ari Ruuskanen
MA201108:59	Tukialus r/v Muikun asemoinnin irroittamista.	14.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:60	Sukelluksen pintavalmistelua.	5.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:61	Tutkija Riikka Alvik ja sukeltajat Immi Wallin ja Fredrik Toivari lähdössä Vrouw Maria-hyllylle.	5.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:62	Kuuttiakin kiinnostaa.	7.7.2011	Vesa Hautsalo
MA201108:63	ROV tukialus r/v Muikun kannella.	8.7.2011	Riikka Alvik
MA201108:64	A-lippu lasketaan.	14.7.2011	Riikka Alvik

Videoluettelo			
MA201108:65-80			
MA-numero	Tyyppi	Aihe	PVM
201108:65	video	Kuvaa sedimenttinäytteenotosta, työtehtävistä ja kuvaamisesta kohteella sekä rakenteista. Useita tiedostoja.	5.7.2011
201108:66	video	Kuvaa dokumentoimismenetelmistä, näytteidenotoista ja työtehtävistä. Kuvaa hylkeestä. Useita tiedostoja.	6.7.2011
201108:67	video	Kuvaa hyllyn rakenteesta ja irtaallaan olevista osista kannella sekä lastista, näytteenotosta ja mittaamisesta. Useita tiedostoja.	7.7.2011
201108:68	video	Kuvaa dokumentoinnista ja liitupiippujen nostosta.	8.7.2011
201108:69	video	Tutkija Rami Kokko merkkää numerotikuin linssien nostokohdan ja nostaa yhteensä 24 lasilinssiä.	11.7.2011
201108:70	video	Kuvaa hyllynrakenteesta, takilanosista keulan ulkopuolella ja näytteenotosta. Useita tiedostoja.	12.7.2011
201108:71	video	Kuvaa kohteen pienestä ja suuresta ruumanluukusta, lastista, rakenteen kunnosta ja rakenneosista sekä kansihytin rakenteista. Useita tiedostoja.	13.7.2011
201108:72	video	Kuvaa kohteen perästä. Perän lastausluukusta ja pohjalla makaavista jykevistä rakenneosista. Kannella olevista irtonaisista rakenneosista ja esineistöstä (plokkit, jumprut) sekä kohteen keulanrakenteista (mm. poskituki, ankkuriklyyssit). Kaloja. Useita tiedostoja.	13.7.2011
201108:73	video	Kuvaa puulajianalyysin näytepalojenotosta, kohteen rakenteista ja mittaamisesta kohteella. Useita tiedostoja.	14.7.2011
201108:74	video	Kuvattu hyllylle laskeutuminen keulamaston vierestä, isoa ruumanluukkuu, kansihytin aluetta. Useita tiedostoja.	5.7.2011
201108:75	video	Videokuva isosta ruumanluukusta ja luukun ympäriltä kansitasosta, isomastosta.	5.7.2011
201108:76	video	Videokuva keulamastosta ja pukspröötistä, pienestä ruumanluukusta, keulasta ja SB-laidasta.	6.7.2011
201108:77	video	Videokuva hyllyn lastiruumasta isosta ruumanluukusta kuvattuna, kansihytin alueesta, perähytistä. Pintakuvaa tukialuksista.	7.7.2011
201108:78	video	Videokuva isosta ruumanluukusta, jossa näkyvillä nostettujen esineiden merkkaukset 1-5, kuvaa perähytistä sekä pintakuvaa tukialus r/v Yoldian viereltä.	8.7.2011

201108:79	video	Videokuva mm. keulamastosta ja pukspröötin tyvestä, BB-puolen kansipalkeista ja polvista, ruuman sisältä sekä sortuneen kansihytin alueesta. Videokuva sukeltajasta nousun aikana.	13.7.2011
201108:80	video	Pintakuva tukialuksista, va-kuva hyllyn peräosasta, hyllyn sisältä perän lastauluukusta kuvattuna, kansitasosta, ruuman sisältä. Useita tiedostoja.	14.7.2011



Seurantapiste 1. BB ranapalkki. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 1.20.



Seurantapiste 1. BB ranapalkki. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 2.18.



Seurantapiste 2. Ankkuripelin palli. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 4.30.



Seurantapiste 3. BB pollari- kiintopiste 2. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 6.10.



Seurantapiste 3. BB pollari- kiintopiste 2. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 6.55.



Seurantapiste 4. BB parras- ankkuri. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 7.25.



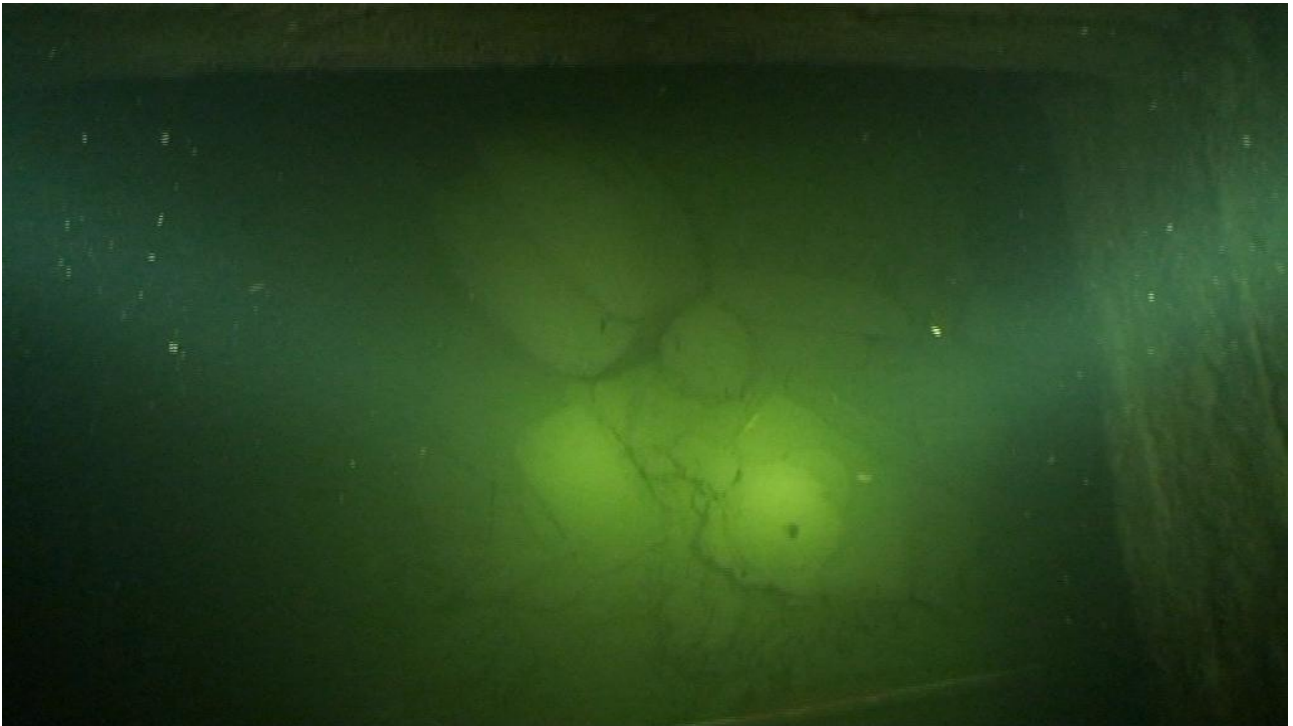
Seurantapiste 4. BB parras- ankkuri. MA201108:71. VTS_01_1.VOB- 8.45.



Seurantapiste 5. Pieni ruumanluukku kansitasossa(BB- etukulma). MA201108:80. 20110714172726.m2t-6:22.



Seurantapiste 6. Pieni ruumanluukku sisäpuolelta. MA201108:77. 20110711113133.avi- 5.15.



Seurantapiste 6. Pieni ruumanluukku sisäpuolelta, SB-laita. MA201108:77. 20110711113133.avi- 5.47.



Seurantapiste 7. BB- parras- Kiintopiste 4. MA201108:67. VTS_01_1.VOB- 11.02.



Seurantapiste 8. Iso ruumanluukku kansitasossa (BB - takakulma). MA201108:75- 2:15



Seurantapiste 8. Iso ruumanluokku kansitasossa (SB- etukulma). MA201108:75- 2:37



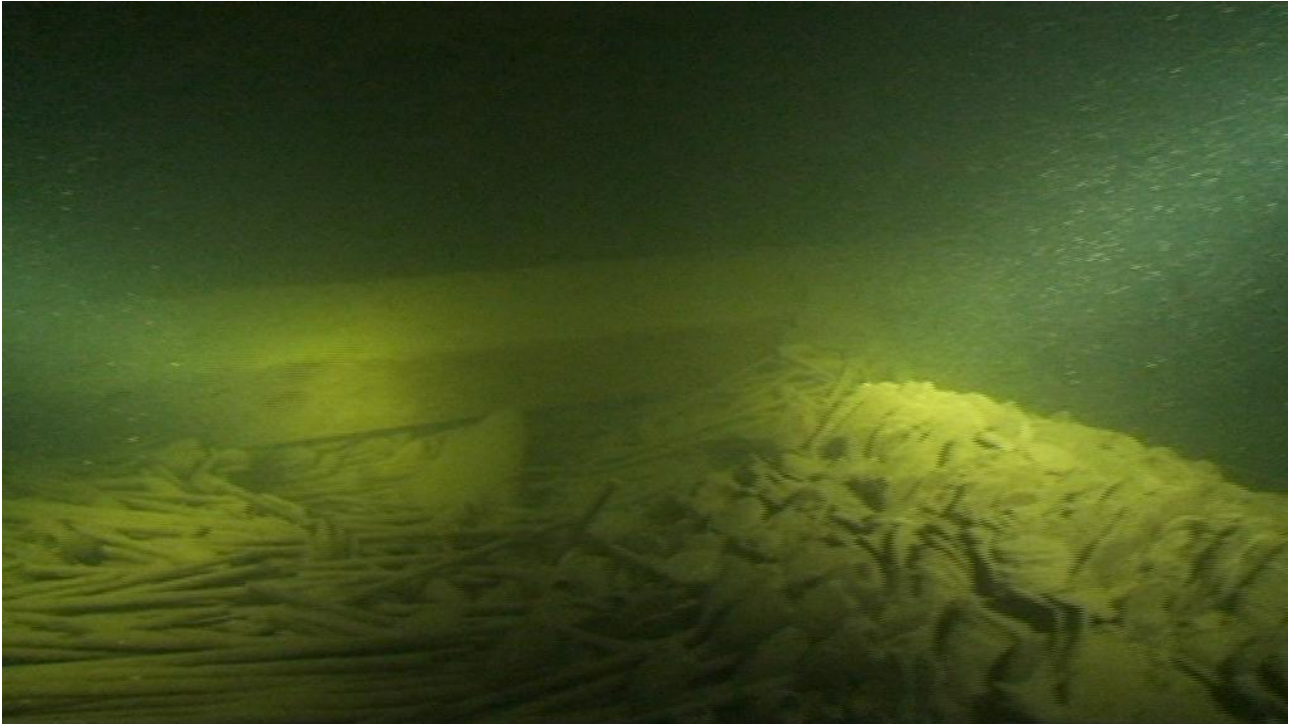
Seurantapiste 9. Iso ruumanluokku sisäpuolelta – lastia keulan suunnassa. MA201108:71. VTS_01_2.VOB-2.25.



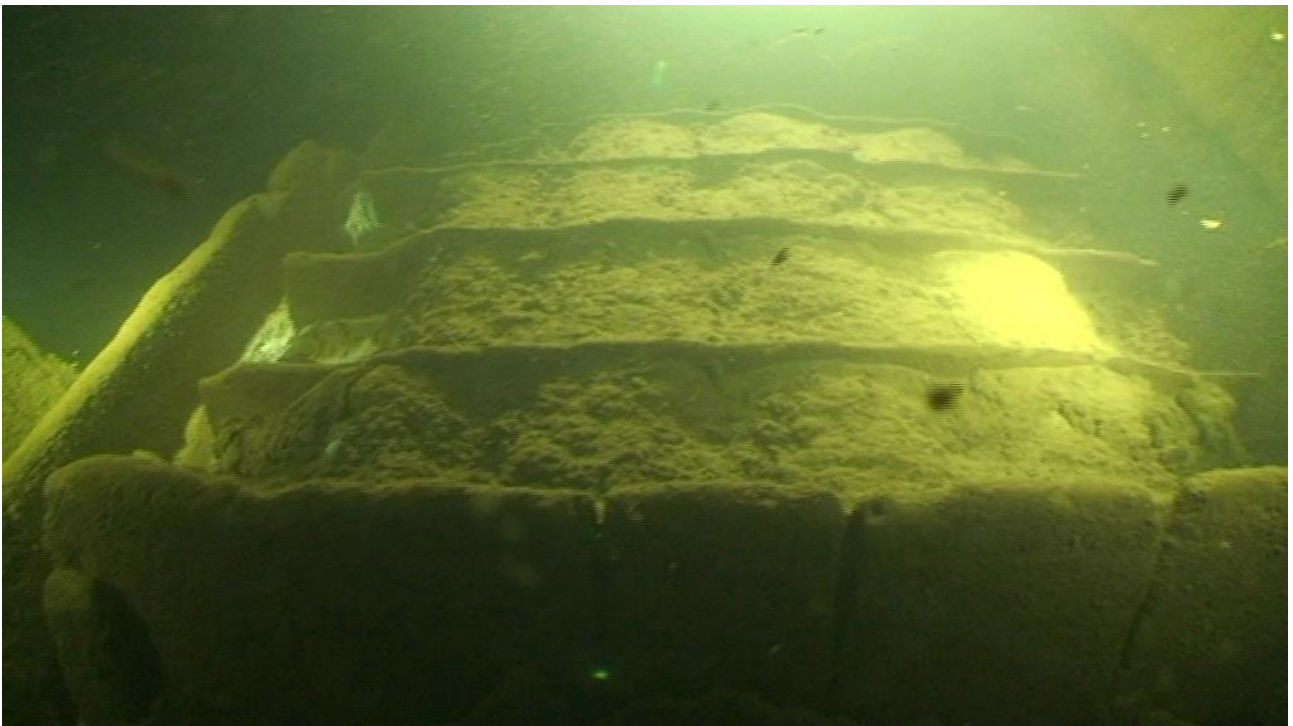
Seurantapiste 9. Iso ruumanluukku sisäpuolelta – lastia keulan suunnassa. MA201108:71. VTS_01_2.VOB-2.35.



Seurantapiste 10. Iso ruumanluukku - lastia SB- puolelta. MA201108:75. 20110711125001.avi - 5:25.



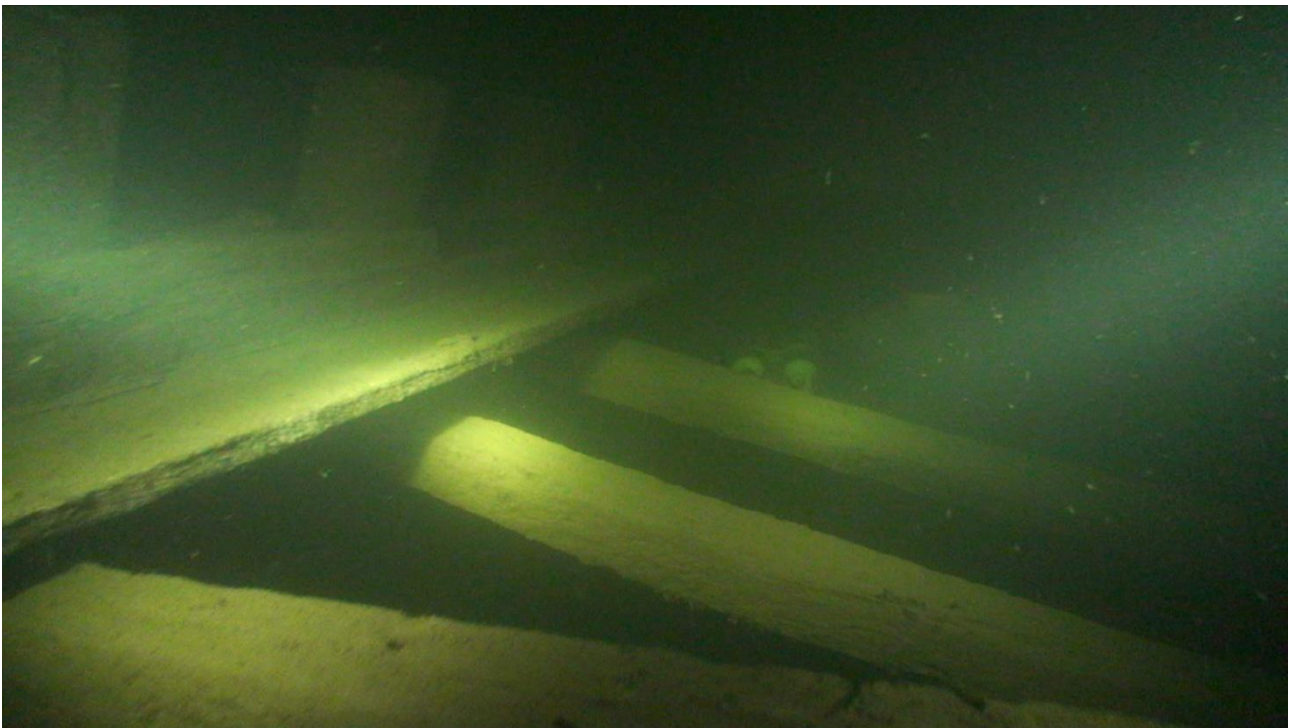
Seurantapiste 11. Iso ruumanluukku – lastia perän suunnalta. MA201108:75. 20110711125001.avi- 5:42



Seurantapiste 12. Iso ruumanluukku – lastia BB puolella. MA201108:75.20110711125001.avi- 6:22.



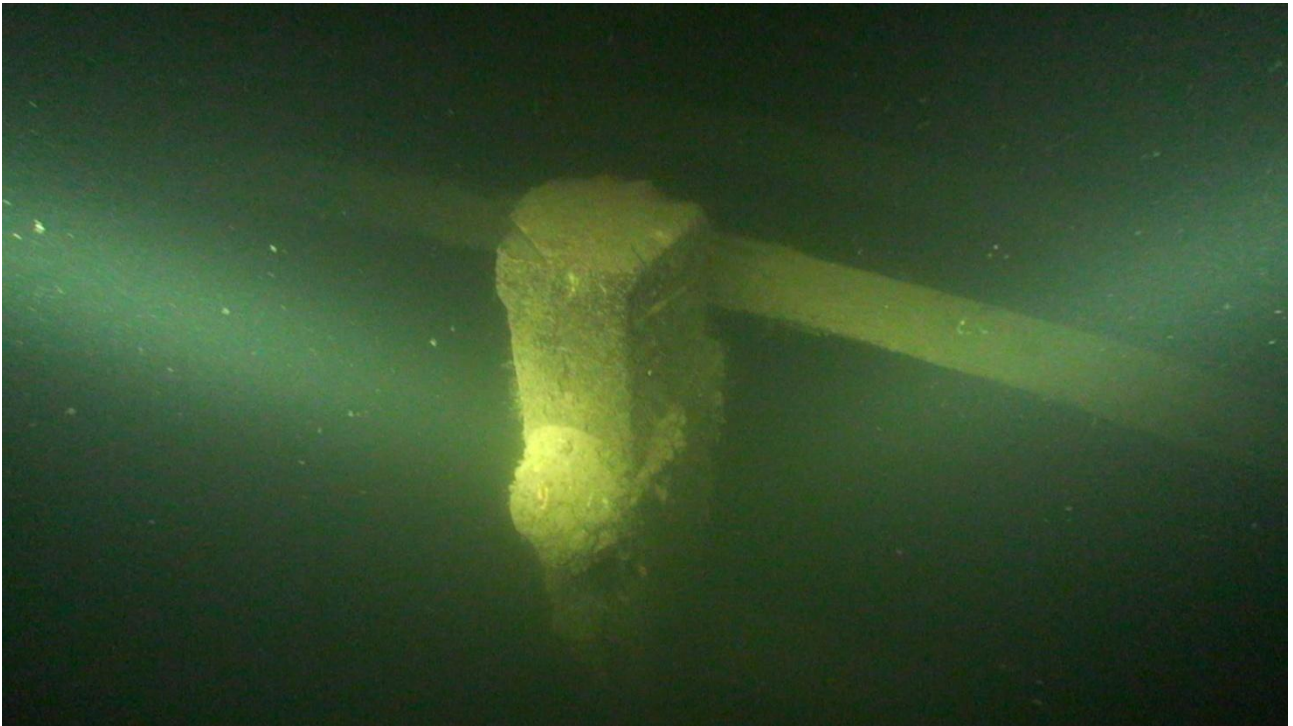
Seurantapiste 13. BB-parras, pollarit – kiintopiste 8. MA201108:80. 20110714172726.m2t- 4:51.



Seurantapiste 14. Perän kansipalkit – yleiskuva. MA201108:80. 20110714172726.m2t- 4:55.



Seurantapiste 15. BB peräkulman pollarit – kiintopiste 6. MA201108:80. 20110714172726.m2t- 5:05.



Seurantapiste 16. Peräranka takaapäin. MA201108:80. Tiedosto 20110714172726.m2t- 1:20.



Seurantapiste 17. SB peräkulma. MA201108: 67. VTS_03_1.VOB- 11.02.



Seurantapiste 18. SB.peräkulma – kiintopiste 7. MA201108:67. VTS_03_1.VOB- 10.29.



Seurantapiste 19. SB perähytin katto – lyijylevy, peräsinpinnan pää. MA201108:73. Tiedosto VTS_01_1.VOB- 13.36.



Seurantapiste 19. SB perähytin katto – lyijylevy, peräsinpinnan pää. MA201108:67. Tiedosto VTS_03_1.VOB- 10.16.



Seurantapiste 20. SB parras, pollari – kiintopiste 5. MA201108:77. 20110711113133.avi- 10.27.



Seurantapiste 21. Kansihytin pystytolppa. MA201108:77. 20110711113133.avi- 8.53.



Seurantapiste 22. SB partaan ulkopuolella nojaavat takilanosat. MA201108:72. VTS_01_2.VOB- 11.55.



Seurantapiste 22. SB partaan ulkopuolella nojaavat takilanosat. MA201108:72. VTS_01_2.VOB- 12.02



Seurantapiste 23. SB parras – kiintopiste 3. MA201108:65. VTS_02_1.VOB- 6.20.



Seurantapiste 24. SB kansitaso, lyijyluoti ja -liina. MA201108:77. 20110711113133.avi- 9.25.



Seurantapiste 25. Pukspröötin ja maston hankauskohta. MA201108:76- 2:13.



Seurantapiste 26. SB ranapalkki. MA201108:72. VTS_01_3.VOB-6.45.



Seurantapiste 26. SB ranapalkki. MA201108:72. VTS_01_3.VOB- 6.52.



Seurantapiste 27. SB pollari – kiintopiste 1. MA201108:80. 20110714173606.m2t- 1.48



Seurantapiste 28. SB pumppu. MA201108:79. 20110713170144.avi- 9.30



Seurantapiste 29. BB pumppu. MA201108:79. 20110713170144.avi- 9.15

Henkilökunta

Viikko 1 4.-8.7.2011

Alvik, Riikka p. 040-128 6484 riikka.alvik@nba.fi

Flinkman, Juha (4./5.7.–7.7.2011) juha.flinkman@ymparisto.fi

Hautsalo, Vesa p. 040-128 6208 vesa.hautsalo@nba.fi

Kokko, Rami p. 040-128 6206 rami.kokko@nba.fi

Leinonen, Aki ailein@utu.fi

Nappu, Niko niko.nappu@monivesi.fi

Ruuskanen, Ari ari.ruuskanen@monivesi.fi

Salonen, Kalle

Tikkanen, Sallamaria 040- 128 6312 sallamaria.tikkanen@nba.fi

Toivari, Fredrik

Wallin, Immi immi@padi.fi

Viikko 2 11.–15.7.2011

Alvik, Riikka

Kokko, Rami

Kekäläinen, Pirkko

Leinonen, Aki

Matikka, Hannu

Nappu, Niko

Niukkanen, Marianna

Salonen, Kalle

Toivari, Fredrik

Wallin, Immi

Vormala, Mikko

Tutkija konservaattori Rami Kokko

Vrouw Maria veden alla -hanke (28717)

Muscovirasto

PL 913

00101 Helsinki

Pyydettyinä lausuntona ilmoitan, että Vrouw Maria -hylystä nostetut näytteet:

kolme hyllyn rungon puunäytettä: 1. kansitason pystypolvi, 2. häkkipalkin vaakapolvi ja 3. koristepalkin pystypolvi ovat kaikki tammea, *Quercus* sp. (joku ”valkotammiryhmään” kuuluva laji, todennäköisesti metsätammi, *Quercus robur*). Kustakin näytteestä otetusta liitteenä olevasta poikkileikkauskuvasta (kuvat 1 – 3) näkyy, että kyseessä on kehäputkiloinen lehtipuu, jonka kesäpuun putkilot muodostavat säteensuuntaisia liekkimäisiä kuvioita. Tiheässä olevien yksirivisten ydinsäteiden lisäksi on harvakseltaan, epäsäännöllisesti monirivisiä (paljain silmin erottuvia) ydinsäteitä.

Kolme siementä ovat viinirypäleen, *Vitis vinifera*, siemeniä.

Kolmesta ”pienestä oksasta” kaksi on viinirypäleen, *Vitis finifera*, kukinto- tai kukkaperää ja kolmas jonkun heinäkasvin, Poaceae, kortta. Liitteenä oleva kuva 4 on poikkileikkaus viinirypäleen kukinto- tai kukkaperä -näytteestä. Siinä näkyy sekundaarista puusolukkoa (s. p), jossa on yksi- ja monirivisiä ydinsäteitä (ys). Puusolukon sisäpuolella on suurisoluista ytimen tylppysolukkoa (ts). Sen ja sekundaarisen puusolun välissä on paikoitellen näkyvissä primaarista puusolukkoa (p. p). Liitteenä olevista kuvista 5 ja 6 näkyy heinän korsi -näytteen pintasolukkoa, jolle on tyypillistä ilmarakovyöhykkeen (1) ja ilmaraottoman vyöhykkeen (2) vuorottelu. Ilmarakojen (ir) lisäksi pintasolukossa on pitkä- (PS) ja lyhytsoluja (LS, kuva 6). Lyhytsoluja on kahdenlaisia: korkki (ks)- ja piisoluja (ps). Jälkimmäisissä on pükappaleita (pk).

Pienet kasvin lehdet ovat puolukan, *Vaccinium vitis-idaea*, lehtiä. Liitteenä on 7 näytteistä otettua kuvaa. Kuvista 7 ja 8 näkyy puolukan lehdelle tyypillinen suonitus ja lovipäinen lehden kärki (kuva 7). Lehtiruodissa ja lehden tyvellä on sukaskarvoja (sk, kuva 9). Lehden reuna on rustomainen ja taakäänteinen (kuva 10) ja lehden

alapinnan puolella on tummina täplinä näkyviä monisoluisia karvoja (t, kuva 11). Ilmarakoja (ir) on vain lehden alapinnalla (kuvat 12, vrt. kuva 13).

Kaksi ”narun pätkää” ovat tupakan, *Nicotiana* sp, lehtikääröjä. Liitteenä on kaksi näytteistä otettua pintasolukkokuvaa, joissa näkyy tupakalle ominaisia monenkokoisia monisoluisia nystykarvoja (nk, kuva 14 ja 15) sekä ilmarakoja (ir, kuva 15). Polarisaatiomikroskoopilla havaittiin, että lehden tylppysolukossa on tupakalle tyypillistä kidehiekkää.

Punainen kangaskuitu on mielestäni villaa. Kuiduista otetuista kuvista näkyy, että kuidut ovat jokseenkin saman paksuisia (kuvat 16 ja 17) ja suomupintaisia (kuvat 17 ja 18). Kyseessä voisi ehkä olla lampaan villa.

Helsingissä 12. lokakuuta 2011



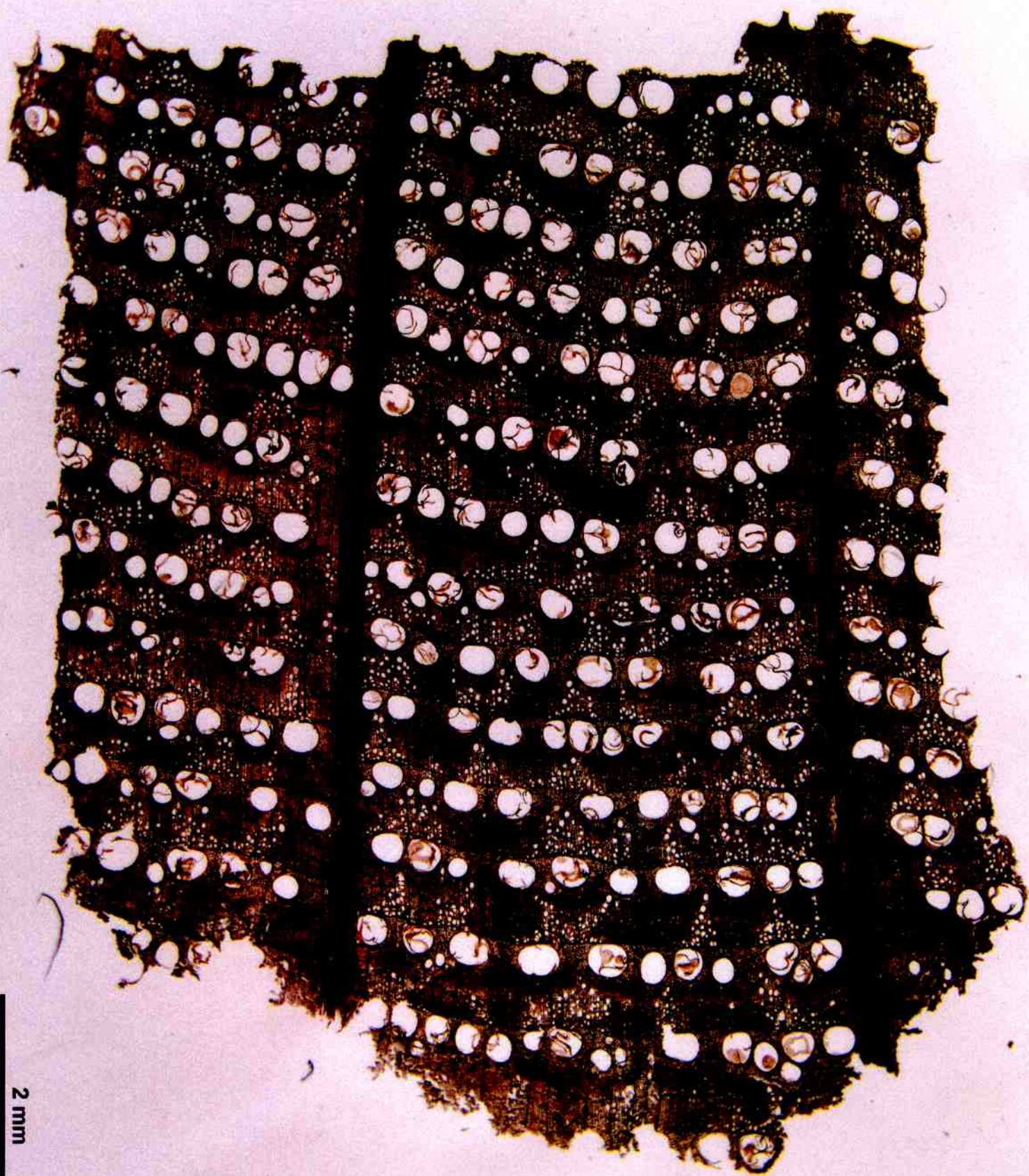
Tuuli Timonen, laboratoriopäällikkö

Luonnontieteellinen keskusmuseo

Kasvitieteellinen puutarha ja kasvimuseo

PL 7 (Unioninkatu 44)

00014 Helsingin yliopisto



Vrouw Maria, mylyn runko, kansitason pystypolvi
Tammi, Quercus sp.



"Kasvin oksia", viinirypäleen, *Vitis vinifera*,
 kukinto- tai kukkaperän poikkileikkaus.

Kuva 4

DENDROKRONOLOGIAN LABORATORIO
METSÄTIETEIDEN OSASTO
LUONNONTIETEIDEN JA METSÄTIETEIDEN TIEDEKUNTA
ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, JOENSUU



Dendrokronologinen ajoitusnäyte Vrouw Maria hylyn neliskulmaisesta hirrestä.

*Nauvosta löytyneen Vrouw Maria hylyn kahden rakenneosan iänmääritys,
dendrokronologiset ajoitukset F5T0901 ja F5T0902.
Dendrokronologian laboratorion ajoitusseloste 386.*

Pentti Zetterberg

ITÄ-SUOMEN YLIOPISTO, JOENSUU Luonnon- ja metsätieteiden tiedekunta Metsätieteiden osasto	DENDROKRONOLOGIAN LABORATORIO
--	--------------------------------------

PUULUSTOAJOITUKSEN SELOSTE	N:o 386	Näytteet: F5T0901 ja F5T0902
-----------------------------------	----------------	-------------------------------------

Kohde: hyllyn rakenneosat: "ankkuripalkki" ja kansilankku	Tunnus: F5T09
--	----------------------

Paikka: Smedskären -saaren länsipuoli	Kunta: Nauvo	
Työn tilaaja: Museovirasto, Meriarkeologian osasto, Riiikka Alvik	Tilaus: 8.10.2010	
Näytteenotto: Museovirasto, Meriarkeologian osasto	N-lkm⁰: 2/2	Näytteiden säilytys: Dendrokronologian laboratorio
Puulajianalyysi: Pentti Zetterberg	Lustomittaus: Pentti Zetterberg	Ajoitus: Pentti Zetterberg

N:o	Sijainti kohteessa: ¹	Sp. ²	lkm.	mean	s.d.	a.c.	m.s.	Vuodet	Pt. ³	Puun kaatoaika ⁴
01	"ankkuripalkki"	5	99	148.2	56.3	.794	.210	1630-1728	4	1700-luvun puoliväli aikaisintaan
02	kansilankku	5	61	144.6	33.6	.464	.200	1669-1729	4	1700-luvun puoliväli aikaisintaan

Lausunto: Museoviraston Meriarkeologian osaston Nauvossa vuosina 2009 ja 2010 toteuttamissa Vrouw Maria -hyllyn tutkimuksissa rakenteista otettiin kaksi näytekappaletta dendrokronologista iänmäärittystä varten. Kappale 01 on neliskulmainen hirsi ("ankkuripalkki") ja kappale 02 kansilankku. Kappaleista sahattiin Dendrokronologian laboratoriossa poikkileikkausnäytteet, jonka pintaan preparoiduilta mittauslinjoilta vuosilustot mitattiin Kutschenreiter Digitalpositiometer -lustomikroskoopilla ytimeistä puun ulkopintaan millimetrin sadasosan tarkkuudella. Näytteistä tehtiin myös puulajin määrittys, jonka mukaan molemmat näytteet ovat tammesta (*Quercus robur* L.). Mittausarjojen tilastolliset tunnusluvut on esitetty yllä (lkm. = lustolukumäärä, mean = keskipaksuus, s.d. = keskihajonta, a.c. = 1-asteen autokorrelaatio ja m.s. = keskiherkkyys). Pt.-sarakeessa 4 tarkoittaa, että näytteessä on vain sydänpuuta. Näytteiden kaatoajankohdan määrittystä varten lustosarjoja verrattiin (ristinajoitus) Dendrokronologian laboratoriossa laadittuihin tammen absoluuttisiin lustokalentereihin sekä kaikkiin Dendrokronologian laboratorion arkistossa oleviin iältään tunnettujen tamminäytteiden lustosarjoihin Suomen ja Itämeren ympäristön alueelta.

* ankkuripalkin palli

Ristiinajoituksen tulokset:

Näytteessä F5T0901 (ks. kansikuva) on 99 vuosilustoa, mikä on riittävä määrä ehdottoman varman ajoituksen tekemiseksi. Mittauskelpoiset vuosilustot kattavat ajanjakson 1630-1728. Hirren kaikki neljä sivua ovat veistetyt siten, että mantopuuta, joka on helpommin lahoavaa kuin sydänpuu, ei ole näytteessä jäljellä. Näytteessä ei ole erotettavissa minkäänlaista värirajaa, joka olisi tumman sydänpuun ja vaaleamman mantopuun välillä. Myöskin kehäputkilot (vyöhyke jokaisen vuosiluston alussa) ovat kauttaaltaan koko näytteessä täyksiä, mikä on ominaista sydänpuulle. Mantopuussa putkilot ovat onttoja. Koska mantopuu on veistetty kokonaan pois, täytyy puun kaatoajankohdan haarukoimiseksi tehdä arvio mantopuusuuden sisältämien vuosilustojen määrästä. Jos mantopuusuuden paksuus olisi 30 mm, olisi noin 1,4 mm vuotuisella paksuuskasvulla (viimeisten 60 vuosiluston keskiarvo tässä näytteessä) noin 21 vuosiluston verran puuainesta veistetty pois. Tämä on kuitenkin vain arvio, koska mantopuukerroksen paksuus ja sen sisältämien vuosilustojen määrä vaihtelevat yksilöllisesti ja alueellisesti. Kyseisen näytteen perusteella ei myöskään voida tietää, onko myös sydänpuuta veistetty pois hirren oikeaan muotoon saattamiseksi. Ylläesitetyn vähimmäisarvion mukaisesti puun kaatoaika olisi aikaisintaan 1700-luvun puolivälissä.

Näytteessä F5T0902 (ks. liitekuva) on puolestaan 61 vuosilustoa, mikä tässäkin tapauksessa on riittävä määrä ehdottoman varman ajoituksen tekemiseksi. Kansilankussa mittauskelpoiset vuosilustot kattavat ajanjakson 1669-1729. Näytteen pinnassa on kuitenkin viimeisen mitatun luston jälkeen viisi deformatunutta vuosilustoa, joten todellisuudessa puuainesta on vielä vuosilta 1730-1734. Muilta osin se mitä on yllä esitetty näytteestä F5T0901, pätee myös näytteeseen F5T0902. Vähimmäisarvion mukaisesti tämänkin puun kaatoajankohda on aikaisintaan 1700-luvun puolivälissä.

Se, että näytteiden vuosilustosarjat päättyvät näin lähekkäisiin vuosiin (1728 ja 1734), voi olla vain sattumaa. Haarukoitaessa tarkemmin puumateriaalin kaatoajankohdtaa olisivat lisänäytteet hyllyn rakenteista arvokkaita.

Vrouw Maria -aluksen puumateriaalin alkuperästä ei ainoastaan kahden näytteen perusteella voi sanoa mitään varmaa. Lustosarjat sopivat kuitenkin selvästi paremmin puolalaisiin tammiaineistoihin kuin esim. saksalaisiin, saatikka ruotsalaisiin, joihin ne eivät sovi lainkaan. Materiaalin alkuperästäkin lisänäytteet kertoisivat hyvin todennäköisesti enemmän. Tähän tarvittaisiin kuitenkin yhteensä vähintään 10 näytettä aluksen eri osista.

Joensuussa 6.7.2011

Pentti Zetterberg
Erikoistutkija Pentti Zetterberg
Dendrokronologian laboratorion esimies

Viittausohjeet: Zetterberg, P., 2011. Nauvosta löytyneen Vrouw Maria hylän kahden rakenneosan iänmääritys, dendrokronologiset ajoitukset F5T0901 ja F5T0902. Itä-Suomen yliopisto Joensuu, Luonnontieteiden ja Metsätieteiden tiedekunta, Metsätieteiden osasto, Dendrokronologian laboratorio, ajoitusseloste 386: 1-3.

Yhteystiedot: Dendrokronologian laboratorio, Metsätieteiden osasto, Luonnontieteiden ja Metsätieteiden tiedekunta, Itä-Suomen yliopisto, PL 111, 80101 JOENSUU. Käyntiosoite: Yliopistokatu 7, rakennus Y9 (Borealis). Sähköposti: pentti.zetterberg@uef.fi, Internet: <http://wanda.uef.fi/penttizetterberg>



Liitekuva. Dendrokronologiset ajoitusnäytteet Vrouw Maria -hylän kansilankusta. Poikkileikkaukset on sahattu eri kohdista mahdollisimman pitkän vuosilustosarjan saamiseksi ajoitusta varten.



Vrouw Marian hylystä Museoviraston johtamalla sukelluksella nostetun hohkakiven tutkimus

Kinnunen, Kari A., Hietala, Satu ja Johanson, Bo

Vrouw Maria purjealus upposi Nauvossa syksyllä 1771 matkalla Amsterdamista Pietariin (Tikkanen 2007). Aluksen lastina oli erilaista kauppatavaraa ja Venäjän keisarinna Katariina Suuren taidearteita (Tulonen 2003). Alus vajosi 41 m syvyyteen. Hylky löytyi vasta 1999. Kesällä 2011 siitä nostettiin esineitä ja kappaleita lastin tunnistamiseksi. Näiden joukossa oli kolme outoa kiveä, jotka löytyivät 13.7.2011. Ne oli kerätty pienen ruumanluukun luota. Samankaltaisia kiviä näkyi sukeltajien mukaan runsaasti hyllyn pohjalla. Sukelluksen johtaja, arkeologi Riikka Alvik Museovirastosta pyysi apua kivien tunnistamiseen. GTK:hon saatiin tutkittavaksi yksi kivistä (Tutkimuslaboratorion laboratorionumero 16137).

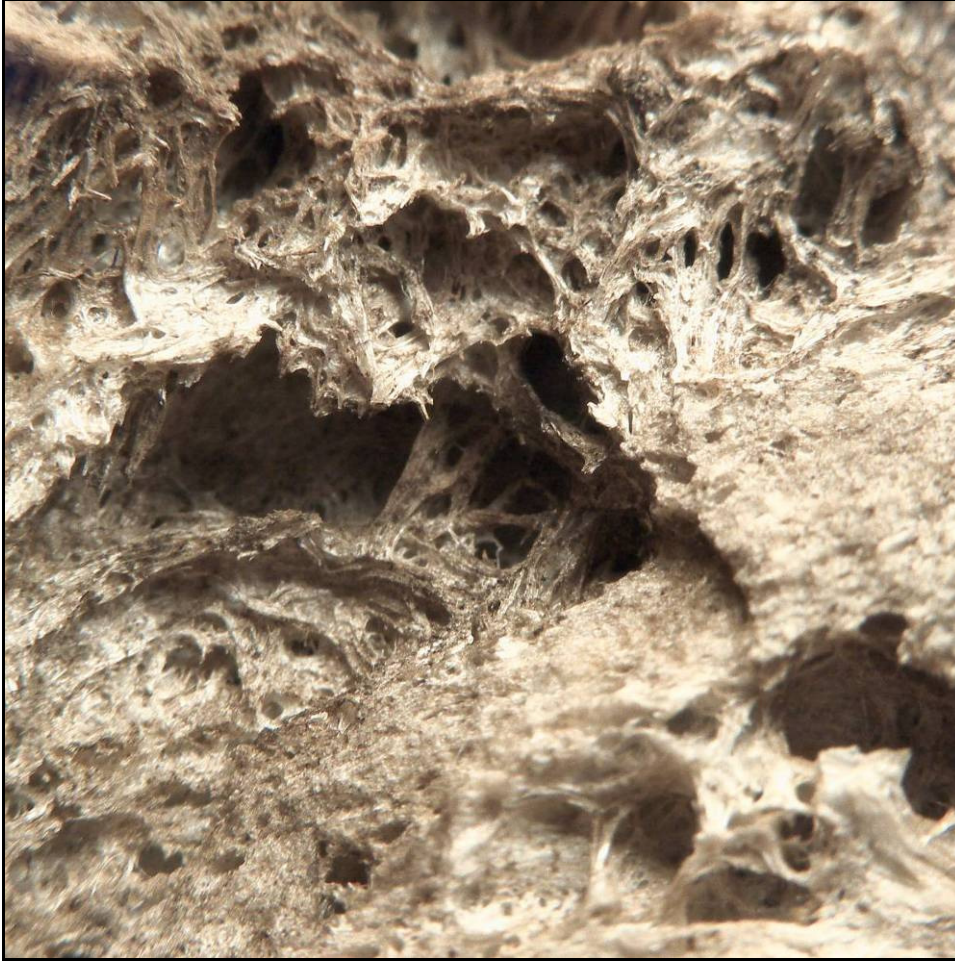
Tämä kivi on huokoinen, kevyt, vaaleanharmaa kappale. Kooltaan se on 68 x 61 x 52 mm. Paino (kuivana) on 58,85 g. Kuivapaino on riippuvainen kosteuspitoisuudesta. Kivi on pyöristynyt (Kuva 1), mutta toinen puoli on rosoinen, murtopintamainen (Kuva 2).



Kuva 1. Vrouw Marian hylyn ruumasta nostettu hohkakivi. Lämpimittä 68 mm. Pinta on pyöristynyt ja sitä peittää ohut kerrosrakenteinen rautasaostuma. Ruskea/musta kerrosrakenteinen pinnan rautasaostumassa osoittaa ilmeisimmin hohkakiven asentoa ruuman pohjan sedimentissä. Suurimmat kaasurakkulat erottuvat tummina kuoppina. Kuva: Kari A. Kinnunen.



Kuva 2. Vrouw Marian hohkakiven murtopintamainen puoli. Sen keskellä on ruskea rautasaostumakappale. Siinä on pistemäisiä alueita metallista rautaa ja messinkiä tai pronssia. Hohkakiven venyneisyys ilmenee kaasurakkuloiden pitkulaisena muotona. Hohkiven leveys 68 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.



Kuva 3. Vrouw Marian hohkakiven murtopintamaisen osan lähikuva stereomikroskoopissa. Kuva-alan leveys 25 mm. Kaasurakkuloiden seinämistä säteilee lasikuituja. Tälläkin pinnalla on jonkin verran rautasaostumaa, joka ilmenee tummina pistemäisinä alueina lasisäikeiden pinnalla. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Petrografiaa

Hohkakiveksi silmämääräisesti tunnistettu näyte tutkittiin aluksi polarisaatiomikroskoopilla ja stereomikroskoopilla (Kuva 3). Polarisaatiomikroskooppia varten kivistä irrotettiin pinsetillä muutama millin rae. Se siirrettiin objektilasille immersionesteeseen. Kiven vaaleanharmaa aines osoittautui petrograafisessa tarkastelussa huokoiseksi rakkulamaiseksi ja isotrooppiseksi lasiksi. Materiaalin taitekerroin on noin 1,5. Kaasurakkuloiden koko vaihtelee mikroskooppisista aina 12 mm. Rakkulat ovat voimakkaasti venyneitä (Kuva 4). Rakkuloiden seinämistä risteilee kuitumaisia lasisäikeitä. Kiven pinnalla on paikoin ruskeaa ja mustaa hienojakoista saostumaa.

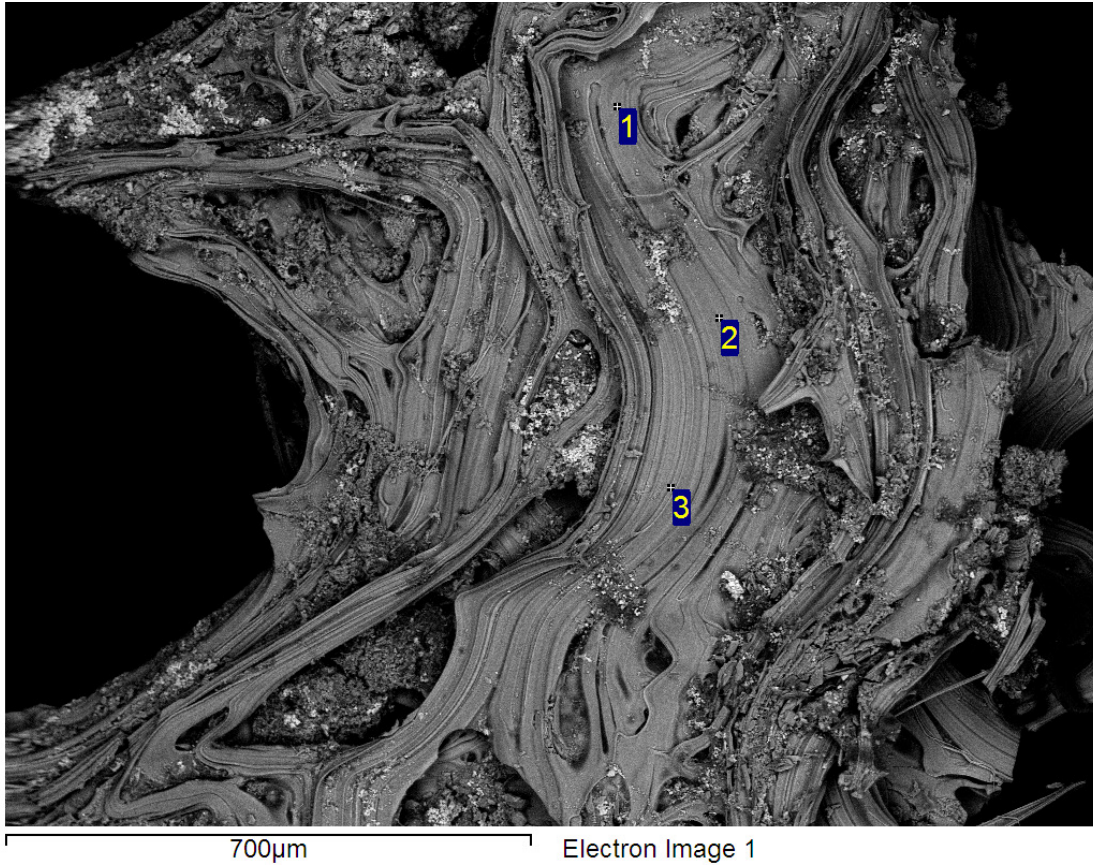


Kuva 4. Polarisatiomikroskooppikuva Vrouw Marian hohkakiven lasiaineksesta. Kaasukuplat voimakkaasti venyneitä lasin virtaussuunnassa. Plagioklaasi- ja pyrokseenikristalliitit ovat harvinaisia. Lasin devitrifikaatiota ei ole havaittavissa. Kuvalan leveys 0,23 mm. Kuva: Kari A. Kinnunen.

SEM EDS analyysi

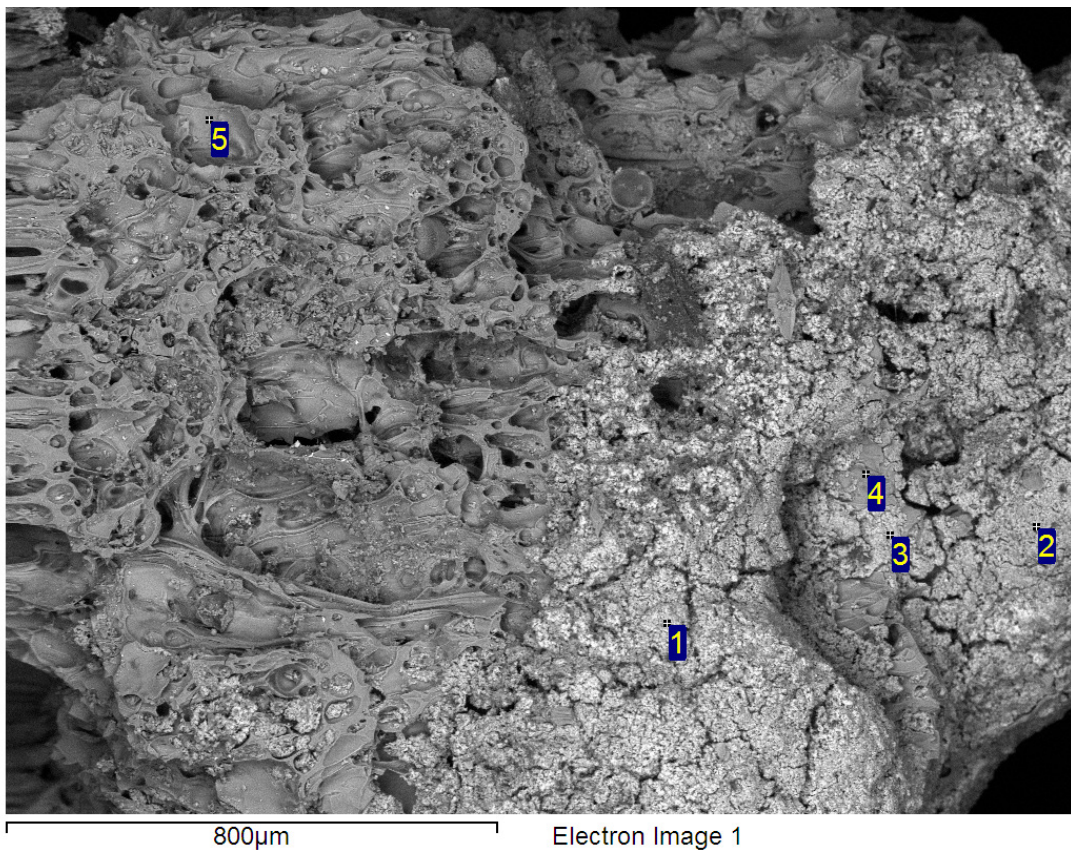
Seuraavaksi kivistä preparoitiin näyte elektronimikroskooppitutkimusta varten. Kivistä irrotettiin kolme pientä raetta ja ne kiinnitettiin mustalle sähköä johtavalle teipille ja se objektilasille. Näytteistä tehtiin kemiallisia analyysejä GTK:n Tutkimuslaboratorion pyyhkäisyelektronimikroskoopin energiadiispersiivisellä laitteistolla. Laite on JEOL JSM 5900 LV, jossa on Oxfordin EDS-spektrometri. Analyysejä tehtiin harmaan valkeasta perusaineksesta ja kahdesta pinnan eri värisestä saostumasta.

SEM analyysit teki Bo Johanson. Tulokset on esitetty Kuvissa 5 – 8.



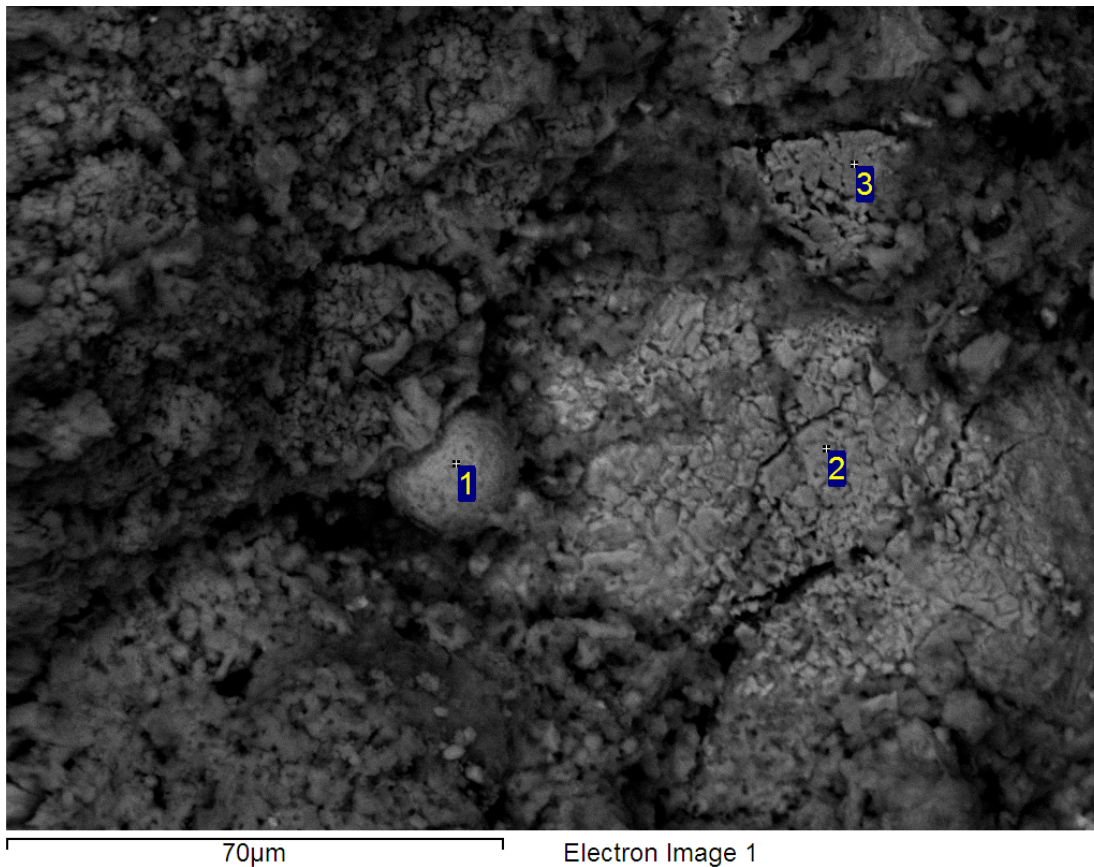
Spectrum	Na	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe	Total
1	4.48	12.29	76.04	0.00	4.52	0.66	1.04	99.02
2	5.10	12.84	75.24	0.00	4.50		1.40	99.08
3	4.92	11.87	74.90	0.00	4.75	0.88	1.81	99.13

Kuva 5. SEM kuva ja analyysipistetaulukko. Vrouw Marian hohkakiven lasin kemiallinen koostumus. Määritetty GTK:n SEM EDS laitteistolla. Analyysit ilmoitettu oksideina. Analyysit ja kuva Bo Johanson. Analyysit osoittavat aineksen ryoliittiseksi, korkean kaliumpitoisuuden vulkaaniseksi lasiksi. Analyysipisteet on merkitty kuvaan numeroilla. Pyyhkäisyelektronimikroskoopin kuva osoittaa aineksen koostuvan virtausrakenteellisesta lasista. Rakenne on tyypillinen happamille vulkaanisille laselle.



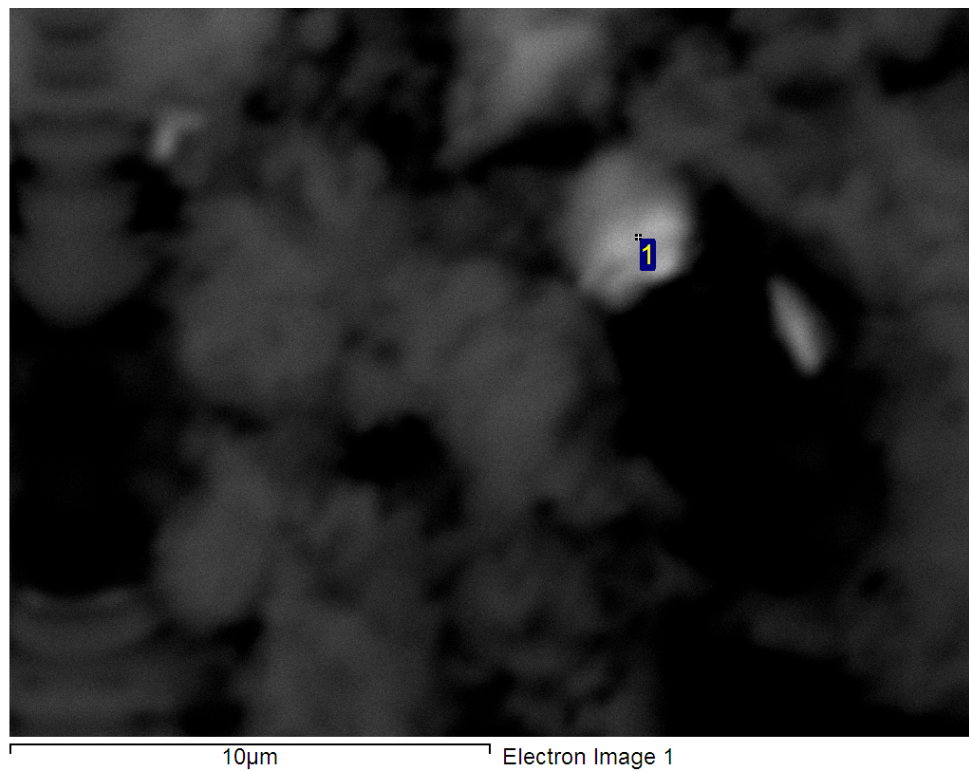
Spectrum	Na	Mg	Al	Si	P	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Total
1	3.19	2.29	2.90	15.42	6.08	0.00	1.11	3.26	24.64	39.31	98.19
2	2.15	1.64	3.60	12.61	8.03	0.00	0.84	4.36	1.21	64.22	98.67
3			1.43	8.67	2.97	0.00	0.80	2.83	2.41	80.03	99.13
4			5.66	23.06			1.25	1.91	13.83	54.29	100.00
5	4.03	0.98	13.47	73.55		0.00	4.81	0.69	0.10	2.14	99.77

Kuva 6. SEM kuva ja analyysipistetaulukko. Vrouw Marian hohkakiven pyöristänyttä pintaa peittävän rautasaostuman kemiallinen koostumus (analyysipisteet 1 – 4). Kuvan oikean puolen rautasaostumassa havaittavissa kuivumisrakoilua. Kuvan vasen puoli hohkakiven murtopintaa (analyysipiste 5). Määritetty GTK:n SEM EDS laitteistolla. Analyysit ilmoitettu oksideina. Analyysit ja kuva Bo Johanson.



Spectrum	Si	Fe	Total
1	1.46	98.54	100.00
2	1.31	98.69	100.00
3	1.62	98.38	100.00

Kuva 7. SEM kuva ja analyysipistetaulukko. Vrouw Marian hohkakiven murtopinnan ruskean kappaleen vähiten muuttuneiden rauta-alueiden kemiallinen koostumus (analyysipisteet 1 – 3). Määritetty GTK:n SEM EDS laitteistolla. Analyysit ilmoitettu oksideina. Analyysit ja kuva Bo Johanson.



Spectrum	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	Total
1	1.38	2.83	7.89	0.00	0.58	0.75	1.22	19.07	40.21	22.34	96.27

Kuva 8. SEM kuva ja analyysipistetaulukko. Vrouw Marian hohkakiven murtopinnan ruskean kappaleen metallijäämiä kuparista ja sinkistä raudan lisäksi (analyysipiste 1). Määritetty GTK:n SEM EDS laitteistolla. Analyysit ja kuva Bo Johanson.

Hohkakiven XRF analyysi

GTK:n uusimpia analyysilaittehankintoja ovat kannettavat röntgenfluoresenssianalyysiaattorit. Niillä tehdyt analyysit ovat näytettä tuhoamattomia ja herkkyys on miljoonasosien (ppm) tasolla. Laitetta käytettiin myös Vrouw Marian hohkakiven tutkimuksessa. Kemialliset analyysit tehtiin GTK:n kansannäytetoimiston Handheld DELTA Premium XRF-analyysaattorilla (Kuva 9). Analyysit teki Satu Hietala.



Kuva 9. GTK:n Kansannäytetoimiston XRF analyysaattori Delta Premium. Kuva: Satu Hietala.

Laitetta käytetään GTK:n kansannäytetoimistossa malminetsintää tukevana analyysimenetelmänä ja lisäksi mineraalien sekä epämääräisten materiaalien tunnistamisen apuna. XRF-laitetta voidaan käyttää hyödyksi myös arkeologisten näytteiden tutkimisessa. Tähän mennessä sen avulla on pystytty arvioimaan onko jokin tietty näyte ihmisen tekemä teollinen tuote vai luonnollisissa geologisissa prosesseissa syntynyt. Laitteen etuja ovat mm. mittausten nopeus, edullisuus ja yksinkertainen mittaustekniikka. XRF-analyysit ovat herkkyydeltään hyviä ja mitattavilta pitoisuusalueiltaan laajoja (<1 ppm – 100%). Tärkeää on muun ohella se, että mittaus on näytettä tuhoamaton eikä vaadi näytteen esikäsittelyä kuten jauhamista, liuotusta tai sulattamista. Lisäksi mittaus on toistettavissa ja se on mahdollista suorittaa useasta eri mittauspisteestä eri puolilta näytettä. Näytteen koko voi olla pienimmillään millimetrejä mikä lisää mahdollisuuksia mitata sellaisia näytteitä joita ei pystytä laboratoriossa analysoimaan kemiallisesti.

Analysaattorilla voidaan mitata eri materiaaleja nestemäisestä kiinteisiin. Lisäksi laite on mahdollista ottaa mukaan maastoon. Tästä on erityistä hyötyä silloin kun mitattavaa kohdetta ei voi siirtää tai siitä ei voida ottaa näytepaloja. Mittauksesta saatava analyysitulokset kertoo näytteen sisältämän alkuainekoostumuksen, joka antaa tarvittavaa lisäinformaatiota ja tätä voidaan soveltaa sekä geologisten että myös arkeologisten näytteiden tutkimisessa.

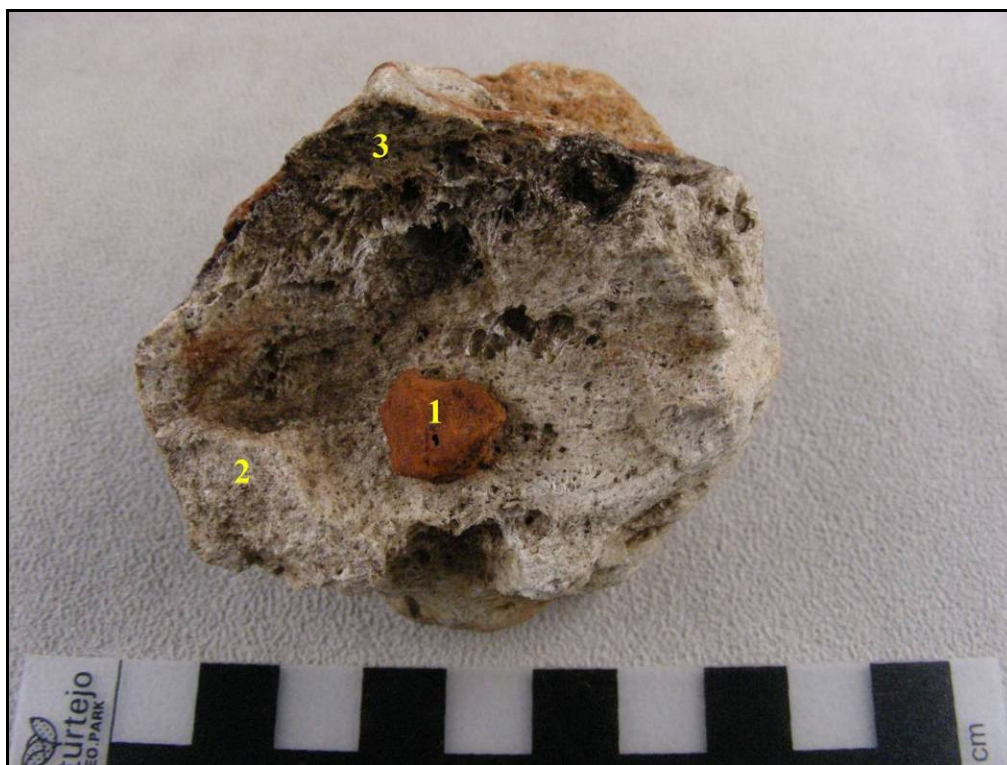
XRF-laitteen soveltuvuuden kannalta tärkeintä on laitteen antamien tulosten ja tavanomaisten kemiallisten analyysien vastaavuus (Piltti 2011). Kansannäytetoimistossa ollaan tekemässä parhaillaan korjauskertoimia vertailemalla mahdollisimman homogeenisiä jauhenäytteitä geokemiallisiin laboratorioanalyysiin. Menetelmien mittaustekniset erot huomioiden korrelaatiokertoimien määrittäminen antaa mahdollisuuden riittävän luotettaviin analyysituloksiin. Menetelmät eroavat toisistaan siten, että röntgenfluoresenssianalyyseissä mitataan optisesti kohdistetun röntgensäteiden rajaaman pintarakenteen totaaliainepitoisuuksia, mutta laboratorioanalyyseissä puolestaan homogenisoidun näytemateriaalin keskimääräisiä pitoisuuksia. Laitteen puutteiksi voidaan laskea se, että mitattavat alkuaineet on rajattu mm. järjestysluvun mukaan ja laite mittaa pääsääntöisesti vain siirtymäalkuaineita eikä lainkaan keveitä alkuaineita. Toisin sanoen laitteella ei voida määrittää booria, hiiltä, natriumia, alumiinia, happea ja piitä.

Hohkakivestä laitteella saadut tulokset täydentävät SEM EDS analytiikkaa, sillä herkkyys ulottuu ppm-tasolle, kun se SEMillä jää prosenttitasoon. Arkeologiseen tutkimukseen tällaiset kannettavat analyysilaitteistot voivat tulevaisuudessa osoittautua sangen käyttökelpoisiksi, koska ne ovat näytettä tuhoamattomia, tulokset saadaan muutamassa minuutissa ja yksittäisen analyysin kustannukset jäävät vähäisiksi.

XRF-analysaattorin toiminta perustuu röntgensäteilyyn, joka on korkeaenergistä sähkömagneettista säteilyä. Mittauksessa näyte asetetaan testikammiossa olevan ilmaisimen päälle. Laite tunnistaa alkuaineen mittaamalla sen säteilemän fluoresenssisäteilyn energiaa. Tuloksista saadaan kvantitatiivinen alkuaineanalyysi.

Hohkakivestä tehtiin kymmenen analyysiä, joiden paikat on merkitty numeroilla kuviin 10 - 12. Kustakin näytepisteestä on esitetty myös laitteen kameralla otettu digikuva ja tulokset on annettu laitteen ohjelmiston korjaamina. Virherajat on ilmoitettu ppm-pitoisuuksien vieressä +/-sarakkeessa. Analyysikuvassa punainen rengas kuvaa näytteen mittauskohtaa. Mitatun kohdan läpimitta on noin 1 cm. Tarvittaessa mittauspistettä voidaan tarkentaa aina 3 millimetriin saakka.

Hohkakiven pinnan mahdollista elohopeakontaminaatiota analysoitiin XRF-analysaattorilla. Laitteen havaitsemiskynnys elohopean suhteen on niinkin alhainen kuin 5 ppm (miljoonasosaa). Satu Hietalan tekemät kymmenen analyysiä eivät osoittaneet hohkakivessä yhdessäkään analyysipisteessä yli 5 ppm elohopeapitoisuutta.



Kuva 10. Vrouw Marian hohkakiven XRF-analysipisteet 1 – 3. Kuva: Satu Hietala.

Näytepiste 1

The screenshot displays the XRF analysis results for sample 08/26/11 #2-1. The interface includes a 'Collimator Setup' window on the left, a central data table, and a 'Test-Soil' window on the right. The data table lists detected elements, their concentrations in PPM, and their relative percentages.

Detected	PPM	+/-
As	211	12
Cu	120	20
Pb	486	20
Zn	1046	21
V	72	12
Bi	329	16
Ca	1.57%	.1
Cl	2.00%	0.06
Fe	> 10%	

The 'Test-Soil' window on the right shows the following data:

Detected	PPM	+/-
Fe	> 10%	
K	3266	175
Mn	1773	38
P	1.57%	0.26
Rb	102	5
S	2430	444
Sn	87	22
Sr	77	3

The interface also includes a 'Collimator Setup' window with a 'Cropping / Cursor Positioning' section, showing a red circle on a sample image and input fields for X (-24) and Y (8) coordinates. The status bar at the bottom indicates 'Ready' and the time 11:04.

Näytepiste 2

Collimator Setup Test-Soil Test-Soil

08/26/11 #4-1 08/26/11 #4-1

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	23.7	1.5	Mn	927	10
Cr	27	3	Mo	15.2	1.9
Pb	26	2	Rb	315	3
Zn	47	3	S	1953	117
V	23.4	1.8	Sr	26.5	0.9
Ca	5013	76	Th	90	5
Cl	2.28%	.1	Ti	447	12
Fe	1.10%	.1	U	21	2
K	2.86%	.1	Zr	253	3

Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: -51 Y: -17

Cursor

Enable Collimator

OK Start Align Sample Test Show Cropped

Ready 11:21 Ready 11:26

Test-Soil Test-Soil

08/26/11 #4-1 08/26/11 #4-1

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
Not Detected			Ni	ND	< 35
Sb	ND	< 31	Ag	ND	< 17
Cd	ND	< 19	Bi	ND	< 17
Co	ND	< 2.1	Hg	ND	< 6
Cu	ND	< 12	P	ND	< 1498
Ni	ND	< 35	Se	ND	< 2.2
Ag	ND	< 17	Sn	ND	< 29
Bi	ND	< 17	W	ND	< 14
Hq	ND	< 6			

Ready 11:27 Ready 11:27

Näytepiste 3

Collimator Setup Test-Soil Test-Soil

08/26/11 #5-1 08/26/11 #5-1

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	21	2	K	2.65%	.1
Cr	20	4	Mn	2219	28
Pb	37	3	Mo	11	2
Zn	21	4	Rb	274	4
V	30	3	S	1217	147
Ca	4813	107	Sr	34.1	1.3
Cl	1.14%	.1	Th	72	6
Fe	1.24%	.1	Ti	605	20
K	2.65%	.1	U	23	3

Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: 10 Y: 1

Cursor

Enable Collimator

OK Start Align Sample Test Show Cropped

Ready 12:14 Ready 12:17 Ready 12:18



Kuva 11. Vrouw Marian hohkakiven XRF-analyysin mittauspisteet 4 – 7. Kuva: Satu Hietala.

Näytepiste 4

Collimator Setup Test-Soil Test-Soil

08/26/11 #6-1 08/26/11 #6-1

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	50.8	2.0	Cl	6338	191
Cr	25	6	Fe	6.72%	.1
Pb	37	2	K	2.32%	.1
Zn	482	7	Mn	2.47%	.1
Ni	207	16	P	8749	1039
V	96	4	Rb	298	3
Ca	1.24%	.1	S	1161	155
Cl	6338	191	Sr	44.4	1.1
Fe	6.72%	.1	Th	65	5

Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: 5 Y: -17

Cursor

Enable Collimator

OK Start Align Sample Test Show Cropped

Ready 12:21 Ready 12:25 Ready 12:27

X Test-Soil

08/26/11 #6-1

Detected	PPM	+/-
RD	296	3
S	1161	155
Sr	44.4	1.1
Th	65	5
Ti	1007	27
U	17	2
Zr	238	3

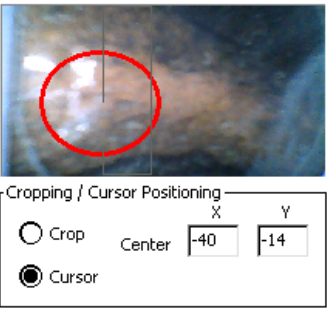
Not Detected

Ready 12:27

Näytepiste 5

X Collimator Setup **X Test-Soil** **X Test-Soil**

08/26/11 #7-1 08/26/11 #7-1



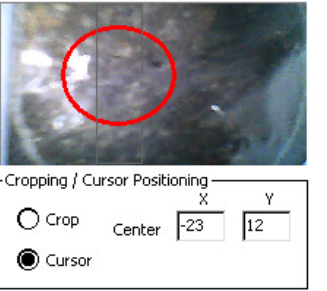
Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	44.3	1.8	K	2.03%	.1
Cr	28	6	Mn	8959	77
Pb	31	2	P	1.50%	0.11
Zn	284	5	Rb	287	3
Ni	111	15	S	1482	161
V	61	4	Sr	40.8	1.0
Ca	1.21%	.1	Th	54	4
Cl	1.11%	.1	Ti	727	25
Fe	6.99%	.1	U	13	2

Ready 12:29 Ready 12:31 Ready 12:33

Näytepiste 6

X Collimator Setup **X Test-Soil** **X Test-Soil**

08/26/11 #8-1 08/26/11 #8-1




Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	29.7	1.8	Mn	3.94%	.1
Pb	26	2	Mo	11	2
Zn	569	8	Rb	252	3
Ni	243	16	S	2026	176
V	87	4	Sr	41.1	1.1
Ca	1.05%	.1	Th	49	5
Cl	1.71%	.1	Ti	1051	26
Fe	4.08%	.1	U	13	2
K	1.80%	.1	Zr	214	3

Ready 12:34 Ready 12:36 Ready 12:37

Näytepiste 7

Collimator Setup abc Test-Soil Test-Soil

08/26/11 #9-1 08/26/11 #9-1



Detected PPM +/-

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	27.9	1.5	K	2.90%	.1
Cr	23	3	Mn	2388	19
Cu	13	4	Mo	9.3	1.7
Pb	27.2	1.9	P	3031	572
Zn	97	3	Rb	327	3
V	31.4	2.0	S	1833	109
Ca	6079	77	Sr	24.7	0.8
Cl	1.75%	.1	Th	91	4
Fe	1.78%	.1	Ti	497	13

Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: -23 Y: 12

Cursor

Enable Collimator

OK Start Align Sample Test Show Cropped

Ready 12:41 Ready 12:41 Ready 12:43

Test-Soil

08/26/11 #9-1

Detected PPM +/-

Detected	PPM	+/-
S	1833	109
Sr	24.7	0.8
Th	91	4
Ti	497	13
U	21	2
W	15	5
Zr	267	3

Not Detected

Ready 12:43



Kuva 12. Vrouw Marian hohkakiven XRF-analyysin mittauspisteet 8 – 9. Kuva: Satu Hietala.

Näytepiste 8

Collimator Setup abc X Test-Soil X Test-Soil

08/26/11 #10-1 08/26/11 #10-1

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	22.4	1.5	K	2.85%	.1
Co	3.2	0.7	Mn	514	7
Cr	23	3	Mo	7.6	1.8
Pb	24.2	2.0	P	1886	577
Zn	93	3	Rb	301	3
V	22.4	1.8	S	2004	120
Ca	5336	79	Sr	26.1	0.9
Cl	2.11%	.1	Th	77	4
Fe	1.13%	.1	Ti	387	12

Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: -23 Y: 12
 Cursor

Enable Collimator

OK Start Align Sample Test Show Cropped

Ready 12:45 Ready 12:47 Ready 12:48

X Test-Soil

08/26/11 #10-1


Detected	PPM	+/-
Rb	301	3
S	2004	120
Sr	26.1	0.9
Th	77	4
Ti	387	12
U	17	2
Zr	248	3

Ready 12:48

Näytepiste 9

X Collimator Setup | **X Test-Soil** | **X Test-Soil**

08/26/11 #11-1 | 08/26/11 #11-1



Cropping / Cursor Positioning

Crop Center X: -23 Y: 12

Cursor

Enable Collimator

OK | Start Align Sample Test | Show Cropped

Detected	PPM	+/-	Detected	PPM	+/-
As	38.3	1.7	K	2.47%	.1
Cr	24	4	Mn	1.04%	.1
Pb	37	2	Mo	11.5	1.8
Zn	220	4	P	7745	787
Ni	74	13	Rb	327	3
V	46	3	S	2336	140
Ca	8341	99	Sr	35.7	0.9
Cl	1.67%	.1	Th	73	4
Fe	4.14%	.1	Ti	698	18

Ready 12:49 | Ready 12:52 | Ready 12:53

X Test-Soil

08/26/11 #11-1

Detected	PPM	+/-
Rb	327	3
S	2336	140
Sr	35.7	0.9
Th	73	4
Ti	698	18
U	16	2
Zr	257	3

Ready 12:53

Näytepiste 10

08/26/11 #12-1

Detected	PPM	+/-
As	32.5	1.6
Pb	26	2
Zn	336	6
Ni	174	15
V	97	4
Ca	1.20%	.1
Cl	1.63%	.1
Fe	5.24%	.1
K	1.78%	.1

08/26/11 #12-1

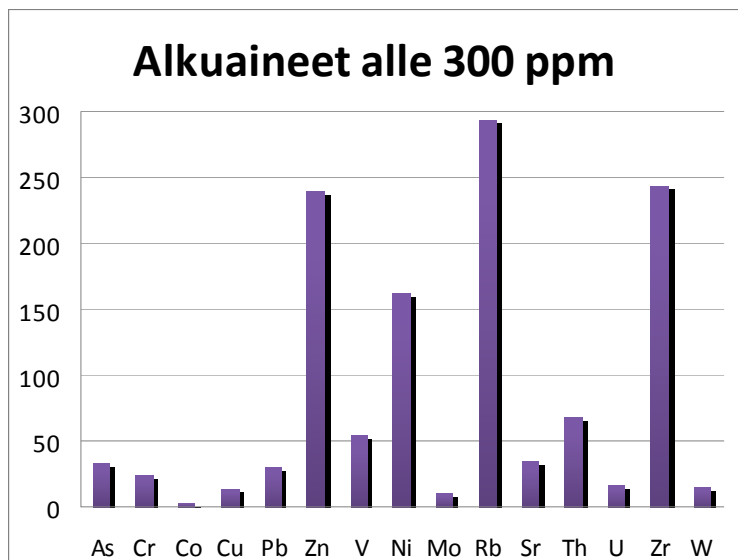
Detected	PPM	+/-
Mn	2.79%	.1
P	1.14%	0.11
Rb	264	3
S	1928	169
Sr	38.4	1.0
Th	39	4
Ti	855	25
U	12	2
Zr	232	3

Ready 12:57 Ready 12:58

Taulukkoon 1 ja Kuvaan 13 on kerätty keskiarvot sellaisista näytteen sisältämistä hivenalkuaineista, joiden pitoisuus ylitti laitteen havaitseman määrittysrajan. Taulukossa on 9 pistettä 10:stä mittauspisteestä ja niiden analyysitulokset. Ensimmäinen mittauspiste jätettiin tuloksista pois, koska mittauskohdassa ollut koholla oleva ruosteinen jälki tulkittiin rautasaostumaksi. Kaikki mitatut pitoisuudet jäivät normaalien taustapitoisuuksien tasolle johtuen joko hohkakiven alkuperäisestä kemiallisesta koostumuksesta tai vähäisestä ulkopuolisesta kontaminaatiosta. Analysaattori ei havainnut näytteessä määrittysrajan ylittäviä pitoisuuksia elohopeaa, hopeaa, kadmiumia, antimonia, tinaa tai vismuttia ja tulosten perusteella voidaan todeta että näyte ei sisältänyt raskasmetalleja, joiden pitoisuus olisi merkittävä.

Mittauspiste	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keskiarvo
As	23,70	21,00	59,80	44,30	29,70	27,90	22,40	38,30	32,50	33,29
Cr		20,00	25,00	28,00		23,00	23,00	24,00		23,83
Co							3,20			3,20
Cu						13,00				13,00
Pb	26,00	37,00	37,00	31,00	26,00	27,20	24,20	37,00	26,00	30,16
Zn	47,00	21,00	482,00	284,00	569,00	97,00	93,00	220,00	336,00	238,78
V	23,40	30,00	96,00	61,00	87,00	31,40	22,40	46,00	97,00	54,91
Ni			207,00	111,00	243,00			74,00	174,00	161,80
Mo		11,00				9,30	7,60	11,50		9,85
Rb	315,00	274,00	298,00	287,00	252,00	327,00	301,00	327,00	264,00	293,89
Sr	26,50	34,10	44,40	40,80	41,10	24,70	26,10	35,70	38,40	34,64
Th	90,00	72,00	65,00	54,00	49,00	91,00	77,00	73,00	39,00	67,78
U	21,00	23,00	17,00	13,00	13,00	21,00	17,00	16,00	12,00	17,00
Zr	253		238,00		214,00	267,00	248,00	257,00	232,00	244,14
W						15,00				15

Taulukko 1. Hohkakivestä mitatut alkuainepitoisuudet. Ilmaistu ppm:nä.

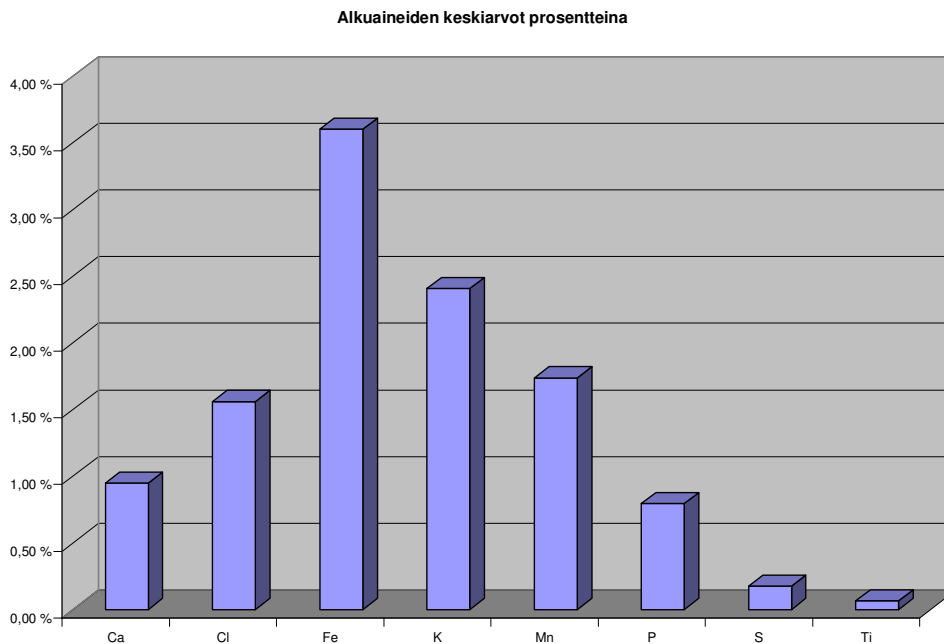


Kuva 13. Taulukon 1 alkuaineiden keskiarvojen voi tulkita ilmentävän hohkakiven geokemiallista sormenjälkeä. Analyysit: Satu Hietala.

Hohkakiven pinnan kemiallinen koostumus on yhdistelmä lasin koostumusta ja pintasaostumaa. SEM EDS analyysien pisteet kyettiin kohdistamaan kontaminoimattomaan hohkakiveen. XRF analyysit ovat laajemmalta alueelta ja niissä pinnan kontaminaatio erottuu selkeästi. Muuten analyysitulokset kummallakin laitteella ovat vertailukelpoiset. Taulukossa 2 ja kuvassa 14 on esitetty ne alkuaineet, jotka laite havaitsi ja ilmoitti prosentiosuuksina.

Mittauspisteet	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keskiarvo
Ca	0,50 %	0,48 %	1,24 %	1,21 %	1,95 %	0,60 %	0,53 %	0,83 %	1,20 %	0,95 %
Cl	2,28 %	1,14 %	0,63 %	1,11 %	1,71 %	1,75 %	2,11 %	1,67 %	1,63 %	1,56 %
Fe	1,10 %	1,24 %	6,72 %	6,99 %	4,08 %	1,78 %	1,13 %	4,14 %	5,24 %	3,60 %
K	2,86 %	2,65 %	2,32 %	2,03 %	1,80 %	2,90 %	2,85 %	2,47 %	1,78 %	2,41 %
Mn	0,09 %	0,02 %	2,47 %	0,08 %	3,94 %	0,20 %	0,05 %	1,04 %	2,79 %	1,74 %
P			0,87 %	1,50 %		0,30 %	0,18 %	0,77 %	1,14 %	0,79 %
S	0,20 %	0,12 %	0,11 %	0,14 %	0,20 %	0,18 %	0,20 %	0,23 %	0,19 %	0,17 %
Ti	0,04 %	0,06 %	0,10 %	0,07 %	0,10 %	0,04 %	0,03 %	0,06 %	0,08 %	0,06 %

Taulukko 2. Hohkakiven pinnan XRF analyysien alkuaineet, joiden pitoisuus on vähintään promilleluokkaa.



Kuva 14. Hohkakiven pinnan kemiallinen koostumus eräiden alkuaineiden osalta. XRF analyysien keskiarvo. Analyysit: Satu Hietala.

Tulosten tulkintaa

Hohkakiven lasin kemiallinen koostumus vastaa ryoliittista vulkaanista ainesta, kun se sijoitetaan petrologiseen TAS-diagrammiin. Polarisaatiomikroskooppituloksiin yhdistettynä aines on näin ollen tunnistettavissa ryoliittiseksi, korkean kaliumpitoisuuden hohkakiveksi.

Ruskeat ja mustat saostumat koostuvat hapestä, raudasta, mangaanista, piistä, fosforista ja alumiinista. Ne ovat meren pohjalla muodostuvaa rautasaostumaa. Tällainen saostuma pyrkii keräämään ympäristöstään myös muita raskasmetalleja. Lisäksi analyyseissä on pieniä määriä natriumia, kaliumia ja magnesiumia osa niistä ilmeisimmin kuivumistuloksena merisuolasta klooripitoisuudesta päätellen. Hyllyn dokumenteissa mainitusta elohopeasta ei analyyseissä havaittu jälkiä. SEM EDS analyysillä elohopean analyysiherkkyys tosin on 0,0X tasoa. Mutta koska rautasaostumaan elohopea olisi rikastunut, sen puuttuminen osoittaa elohopean ilmeisesti säilyneen pohjan olosuhteissa hajoamattomassa metallisessa muodossa. XRF analyysissä analyysiraja elohopealla on alhainen, vain 5 ppm. Koska tälläkään menetelmällä ei havaittu viitteitä elohopeasta rautasaostumissa, niin aineksia voidaan pitää elohopean suhteen kontaminoitumattomina.

Tutkittu hohkakivi on kuivana kelluvaa mutta vettyneenä se on vettä raskaampaa. Haaksirikossa irtonaiset hohkakiven kappaleet olisivat nousseet merenpintaan. Ilmeisesti hohkakivet ovat tuossa vaiheessa olleet ruumassa laatikossa ja tästä syystä säilyneet

hilyssä. Syvällä meressä (41 m) paine saa hohkakiven rakkulat täyttymään vedellä. Tällöin hohkakivi on vettä hieman raskaampaa ja jää hylkyyn, vaikka hyllyn rakenteet ja säilytyslaatikot muuten vähitellen hajoavatkin.

Hohkakiven pyöreähkö muoto voi olla syntynyt luonnollisesti pyörityksellä ympäristössä, josta se on kerätty, kuten jostain tulivuoren läheiseltä sorarannalta. Muoto voi myös olla ihmisen toiminnan tulosta. Alun perin särmiikkäistä hohkakiven murtokappaleista on ehkä muotoiltu käsin tulevaan käyttötarkoitukseen paremmin soveltuvia kappaleita.

Hohkakiven yksi sivu on murtopinta. Se voi olla syntynyt hylkyvaiheessa laatikon rikkouduttua. Tällä murtopinnalla on ruskea möykky. Se koostuu rautasaostumasta, jossa paikoin on pistemäisenä lähes puhdasta rautaa ja joissakin kohdin kuparin, sinkin ja raudan kertymiä. Metalliset pisteet voivat olla jäänteitä metallikappaleista, joita esimerkiksi on ollut puisen hohkakivilaatikon rakenteissa.

Hohkakivi on ollut antiikin ajoista saakka käytössä lähinnä hioma-aineena. Samoin sitä on käytetty ihonhoitoon (Kuva 15) ja myös eläinten hoitoon kuten hevosiin ja koiriin (ns. trimmauskivi). Nykyään hohkakivellä on ollut käyttöä rakentamisessa ja puutarhanhoidossa. 1700-luvulla tärkein käyttökohde lienee ollut hioma-aineena ja ihonhoidossa.



Kuva 15. Jalkojenhoitoon käytettävää apteekeissa myytävää hohkakiveä Uudesta Seelannista. Ostettu Lontoosta. Tämän sahatun hohkakivikappaleen pituus on 56 mm. Nykyään synteettiset hohkakivityyppiset ainekset ovat syrjäyttämässä luonnonkiveä ihonhoitotarvikkeina. Kuva: Kari A. Kinnunen.

Vrouw Marian uppoamisen aikaan 1770-luvulla hohkakiveä on saatu useasta lähteestä. Tärkeimpiä ovat olleet Välimeren seutu, Amerikka ja Uusi-Seelanti. Kaikista näistä paikoista löytyy Vrouw Marian löydön kaltaista hohkakiveä. Hohkakivi on kuitenkin yleinen maapaloon monilla vulkaanisilla seuduilla, joten sen alkuperää on vaikea varmuudella selvittää. Hivenaineanalytiikalla ja isotooppi-ikämäärityksellä hohkakiven alkuperätulivuoren selvittäminen on mahdollista. Asiaa kuitenkin mutkistaa vertailuun tarvittavan julkaistun kemiallisen analytiikan vähäisyys. Ainoastaan Välimeren alueen hohkakivien hivenainekoostumusta on tutkittu kattavasti neutroniaktivoitiantalyyseillä kemiallisten sormenjälkien määrittämiseksi (Steinhauser ym. 2006). Tavoitteena on ollut käyttää hohkakiviä Välimeren alueen arkeologisten kohteiden iättämiseen (Sterba ym. 2009). Ajatuksena on ollut tunnetun syntyajankohdan hohkakiven antama suurin mahdollinen ikä arkeologiselle löytöpaikalle. Mielenkiintoisena yksityiskohtana voi mainita että Pompeijin rauniot löydettiin vain muutama vuosi ennen Vrouw Marian haaksirikkoa. Pompeijista on myös tavattu samankaltaista hohkakiveä kuin hylystä.

Kirjallisuutta

Piltili, Juha (2011) Röntgenfluoresenssianalytiikan (XRF) soveltaminen kivinäytteiden seulontaan kansannäytetutkimuksessa. Testausraportti. Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yksikkö. Kuopio, 21.3.2011, 23 s.

Steinhauser, G., Sterba, J.H., Max Bichler, M., Heinz, H. (2006) Neutron activation analysis of Mediterranean volcanic rocks – An analytical database for archaeological stratigraphy. *Applied Geochemistry* 21, 1362–1375.

Sterba, J.H., Foster, K.P., Steinhauser, G., Bichler, M. (2009) New light on old pumice: the origins of Mediterranean volcanic material from ancient Egypt. *Journal of Archaeological Science* 36, 1738–1744.

Tikkanen, Sallamaria (2007) Vrouw Maria – Selvitys tutkimuksista, tuloksista ja tulevaisuuden eri vaihtoehtoista. Museovirasto, Museoviraston meriarkeologian yksikkö, 152 s. Nettijulkaisu
<http://www.nba.fi/tiedostot/f688cff6.pdf>

Tulonen, Essi (2003) Vrouw Marian lasti ennen ja nyt. Helsingin yliopisto Merihistoriallinen seminaari 23.4.2003. Nettijulkaisu
http://www.helsinki.fi/merihistoria/vrouwmaria/lasti_set.htm

GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS • GEOLOGISKA FORSKNINGSCENTRALEN • GEOLOGICAL SURVEY OF FINLAND

PL / PB / P.O. Box 96
FI-02151 Espoo, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 12

PL / PB / P.O. Box 1237
FI-70211 Kuopio, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 13

PL / PB / P.O. Box 97
FI-67101 Kokkola, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 5209

PL / PB / P.O. Box 77
FI-96101 Rovaniemi, Finland
Tel. +358 20 550 11
Fax +358 20 550 14



Cultural Heritage Agency
Ministry of Education, Culture and Science

**Identification of dyes and inorganic
constituents in archaeological materials**

Three shipwrecks found near Finland

Date

January 19 2012

Colophon

Department	Sector Knowledge Movable Heritage
Project name	Identification of dyes and inorganic constituents in archaeological material from three Shipwrecks found near Finland
Version number	2011-018, version 1
Project managers	Maarten van Bommel
Contact	Riikka Alvik National Board of Antiquities, Finland Nervanderinkatu 13, 00100 Helsinki, Finland
Appendix	Analytical procedures Analytical reports
Authors	Maarten van Bommel Ineke Joosten
Distribution list	

Table of Contents

Colophon	3
Introduction	6
Analytical approach	7
Results	8
Discussion	10
Conclusion	12
A history of the natural dyestuffs identified	13
References	20

Introduction

Three shipwrecks were found in the Baltic Sea, the Archipelago Sea and the Gulf of Finland respectively. Among the objects found, textiles were present and a barrel which maybe contained the blue dye indigo. Most of the samples are conserved, desalinated and dried. For all samples, dyestuff analysis and inorganic analysis is requested. Hopefully, the results can be used to determine the original colour.

Object and sample description

Object no¹: 3443

Wreck of St. Michel, possibly Dutch origin, home harbour St. Petersburg, found in the Baltic Sea. Shipmaster was Carl Poulsen Amiel. The ship probably sank in 1747.

- 3443-01 Fragment of a sock, some fibres were sent (Inv. No. H62100:120)
- 3443-02 Fragment of a dress, possibly a silk taffeta (Inv. No. H62001:126)
- 3443-03 Fragment of a rococo dress or skirt, padded with a woollen (?) fabric and covered with silk (?) (Inv. No. H62001:127)
- 3443-04 Fragment of a pair of socks found in a wooden seamen's chest. (Inv. No. SMM386:52)
- 3443-05 Fragments of brownish textile, unidentified. (Inv. No. SMM1789:42)
- 3443-06 Fragments of brownish textile, unidentified. (Inv. No. SMM1789:49), wool
- 3443-07 Fibres of a silk ribbon. (Inv. No. SMM1789:81)
- 3443-08 Fragments of brownish textile, unidentified. (Inv. No. SMM1789:82)
- 3443-09 Light brownish textile fragment, possibly from a sock. (Inv. No. SMM1789:87)

Object no: 3444

Wreck of St. Nicolas, originated from Russia. This ship sank in the battle of Svensksund near the present city Kotka, Gulf of Finland

- 3444-01 Formatted piece of a rug or a felt, possibly from a shoe. Material could be wool. (Inv.No SMM1288:279). It is possible that iron corrosion is present.

Object no: 3445

Wreck of Vrouw Maria, Dutch origin, sank in 1771 to Finnish Archipelago. Shipmaster Reynoud Lourens, home harbour. Date of the shipwreck: 1771. Samples are lifted in July 2011.

- 3445-01 Sample from a barrel, could contain the blue dye indigo.
- 3445-02 Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo.

¹ Objectnumbers are given by the Cultural heritage Agency of the Netherlands for administration purposes.

Analytical approach

As a first step, fibres were studied by Scanning Electron Microscopy coupled to Energy Dispersive X-Ray spectrometry (SEM-EDX). By this technique both the condition of the fibre as well as inorganic constituents which could affect the colour were analysed. These inorganic components can be used on purpose, as mordant for example, or could be a contamination from the archaeological context.

Next, the samples were analysed with high performance liquid chromatography (HPLC) coupled on-line with a photo diode array detector (PDA) according to ICN SOP 36. With this system a gradient of water, methanol and phosphoric acid (PO₄) is used which is very suitable for natural organic dyes. Prior to HPLC analysis, samples were examined under the microscope to determine the colour and to verify if the colour was homogeneous. If not, attempts were made to separate the sample.

Spectra of reference material are available at the ICN for the most common dyestuffs. Unfortunately, identification is not always possible due to low concentration in the sample or lack of reference material. However, from the UV-VIS spectra the colour of the unknown compound can be deduced unless it is a degradation product, which has undergone a change of colour.

The exact analytical procedures for SEM-EDX and HPLC-PDA analysis are described in appendix A.

Results

The results of the analysis are summarized in the tables below.

Object no²: 3443

Wreck of St. Michel, possibly Dutch origin, home harbour St. Petersburg, found in the Baltic Sea. Shipmaster was Carl Poulsen Amiel. The ship probably sank in 1747.

Sample no	SEM-EDX result	HPLC-PDA result	Conclusion
3443-1	Wool, sample too soiled to identify mordant. Gilded silver particle, pyrite	Indigotin Alizarin Purpurin Rubiadin Unknown red components Brasilein equivalent Trace of apigenin equivalent Trace of ellagic acid	Indigo or woad Madder Maybe tannins Mordant unclear
3443-2	Possibly silk, cracked and soiled material, sample too soiled to identify mordant. Silver sulphide, pyrite	Indigotin Ellagic acid Unknown yellow Apigenin equivalent Traces of alizarin and purpurin	Indigo or woad Tannins Unknown yellow dye Maybe madder Silver thread?
3443-3	Wool, degraded and soiled fibres, Maybe iron or copper was used as mordant	Indigotin Indirubin, coeluting with an unknown yellow Luteolin Apigenin Several unknown yellow components	Indigo or woad Weld, maybe on an iron or copper mordant
3443-4	Wool, short, broken and soiled material, maybe iron was used as mordant	Ellagic acid Unknown yellow component	Tannins, maybe as iron-gall dye
3443-5	Possibly silk, sample too soiled to identify mordant.	Ellagic acid Unknown yellow components	Tannins, could be used as dye or weighting agent
3443-6	Mixture of wool and cotton. Fibres are degraded, sample too soiled to identify mordant.	Alizarin Purpurin Ellagic acid Unknown yellow components	Madder Tannins

² Objectnumbers are given by the Cultural heritage Agency of the Netherlands for administration purposes.

Sample no	SEM-EDS result	HPLC-PDA result	Conclusion
3443-7	Silk, sample too soiled to identify mordant	No result	Sample probably not dyed
3443-8	Textile unclear, sample too soiled to identify mordant, part of a radiolarian with a silicious skeleton present	Unknown yellow components	Not conclusive, could be dyed with an unknown yellow dye
3443-9	Wool, degraded and soiled fibres, maybe iron was used as mordant	Indigotin Apigenin equivalents Unknown orange dye	Indigo or woad Apigenin containing dye

Object no: 3444

Wreck of St. Nicolas, originated from Russia. This ship sank in the battle of Svensksund near the present city Kotka, Gulf of Finland

Sample no	SEM-EDS result	HPLC-PDA result	Conclusion
3444-1	Wool, degraded and soiled fibres, sample too soiled to identify mordant	No result	Sample probably not dyed

Object no: 3445

Wreck of Vrouw Maria, Dutch origin, sank in 1771 to Finnish Archipelago. Shipmaster Reynoud Lourens, home harbour. Date of the shipwreck: 1771.

Sample no	SEM-EDS result	HPLC-PDA result	Conclusion
3445-1		Indigotin Indirubin Isatin Several indirubin equivalents Several unknown red or yellow dyes	Indigo or woad
3445-2	Wool, degraded and soiled fibres, sample too soiled to identify mordant, parts of radiolarians with a silicious skeleton and pyrite present	Carminic acid Kermesic acid Hydroxy orcein Several orchil related components Alizarin Purpurin Unknown orange dye	Insect dye, probably Mexican or Armenian cochineal Orchil Madder

Discussion

The condition of the fibres was studied by SEM. The scales of the wool fibres of all samples were degraded and the fibres showed cracks and tears and in many cases the fibrils were visible. All samples were heavily contaminated with clay. Three samples, 3443-1, 3443-2 and 3445-2 were contaminated with pyrite nodules indicating that the samples were buried under reducing conditions. Samples 3443-7 and 3445-2 also contained parts of radiolarians with a siliceous skeleton. Most samples were too soiled to identify the use of a mordant. In two samples, however, the presence of iron (3443-9) and iron and copper could be attributed to a mordant. Sample 3443-1 (of a sock) and 3443-2 (of a dress) showed particles of silver sulphide. The particle from the sample of a sock also contained a little gold. This could indicate that the silver was gilded.

With the use of HPLC, indigotin, indirubin and sometimes isatin were found in several samples. These components indicates the use of an indigoid dye, indigo (*Indigofera tinctoria* L.) or woad (*Isatis tinctoria* L.). It is not possible to distinguish between the two blue vat dyes by chemical means as their main components are the same and also the ratios in which these occur are similar. There is no specific marker for either one of them, based on the dating indigo is most likely. Interestingly enough, in sample 3445-1 many other components were found, which are side products from the indigo or woad. These components do not necessarily dye; as the dyeing process is very specific most of these components will not be found on textiles. Indigo dye was often transported in blocks or powder, the dye was extracted from the plant by fermentation, followed by precipitation and the precipitate was dried and sometimes pressed into blocks.

A second important dye was madder (*Rubia tinctorum* L.), identified by the presence of alizarin, purpurin, rubiadin and equivalents (i.e. components with similar structures). Madder is a so called mordant dye, with these dyes the textile is first treated with a coordination metal such as aluminium or iron, followed by the dye bath. In this way, the metal is first bound to the textile and in the second step the dye is bound to the metal. So the metal forms a bridge between the textile and the dye. The nature of the metal can affect the colour.

In sample 3443-1, the red madder was found in combination with the blue indigo or woad, which results in a purple colour. In this sample, also tannins were detected by means of ellagic acid at a very low concentration. In sample 3443-2, a similar composition was found but at lower concentration.

In textile, tannins can have different purposes. First of all, it is said that tannins can be used as a mordant, so to bind the mordant dyes to the textile fibre although there is no information about the chemical mechanisms. This could be the case in sample 3443-6, in which a combination of madder and tannins were found. However, since this sample was too soiled to determine or to exclude the presence of a coordination metal as mordant, it is not possible to be conclusive.

A second use of tannins is specific for silk; silk is often treated by tannins after the degumming process. Degumming of silk is done to make the raw silk softer and shiner, but as a result it loses some of its weight and strength. Using tannins can compensate that loss.

A third application is the use of tannins as black dye, i.e. it forms a black colorant on an iron mordant. This is probably the case with sample 3443-4. In the other samples where tannins were found, the nature is difficult to determine. Since most of the samples were contaminated to identify metals which could be used as mordant, it is unclear if instead of metals, tannins were used as mordant. For the silk samples, there is also an option that the tannins were applied as weighting agent. A cross-contamination of tannins from the archaeological context can not be excluded either.

In several samples, yellow components were found. In sample 3443-3, this could be identified as weld (*Reseda luteola* L.) by the presence of luteolin and apigenin, the most important and widely used yellow dye in Europe. Since in this sample also indigo or woad was found, the original colour was probably green (on an alum or copper mordant) or more brownish-black if iron was used as a mordant for the weld.

In the other samples which contain yellow components, the plant source could not be identified. In sample 3443-9, apigenin was found as single dye. In weld, it should be present together with luteolin and the latter component should be present in abundance. So weld can be excluded and for the same reason, dyer's broom and sawwort as well. Since many plants contain apigenin, it is difficult to identify the plant source. One plant sometimes mentioned as dye plant which contains mainly apigenin as dye is German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.), however it is not possible to confirm this.

Furthermore, yellow components were found in many other samples (see table) from which the origin is unclear. They could be side products of the tannins or dyes found, degradation products, a contamination from the archaeological context or indicating unknown yellow dyes. It must be noted however, that most yellow dyes used in the 18th century are known so the later option is unlikely. However, in sample 3443-5 and 3443-8 a similar profile of unknown yellow components was found at relative high concentration. So it is likely that in these samples, the same dye was used although in sample 3443-5 also tannins were found.

A very interesting component was found in sample 3443-9. This sample is dyed with indigo or woad and probably an apigenin containing dye of unknown origin. However, another component was found with an absorption in both the orange/red and blue area. This component could not be related to any of the known natural dye classes. It is possible that the apigenin equivalents found in this sample are side products of the plant from which this odd component was extracted.

Sample 3443-7 and 3444-1 did not show the presence of any dye. Since sample size was sufficient (also compared to other samples), it is likely that these textiles were not dyed.

Finally, an interesting combination of dyes was found in sample 3445-2. This sample contained a mixture of an insect dye, madder and orchil (*Roccella* species). The most important insect dyes can be distinguished. Based on the ratio of carminic acid and kermesic acid, Armenian cochineal (*Porphyrophora hameli* Brandt) or Mexican cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) should be present. The latter is also known as cochineal. In general one can distinguish between the two species based on the presence of a small side product labelled dcII. This component is present in a concentration of approximately 1.4 – 3.8 % in Mexican cochineal whereas in Armenian cochineal the concentration should be below 1.2%. Due to the low concentration, it is easily missed but in this case the sample was large enough to avoid that problem. In this sample it is not found so Armenian cochineal should then be identified. However, based on the dating (18th century) this is unlikely as at that time the Mexican cochineal was already the main insect dye used. Therefore, the exact identification is not conclusive.

Next to the insect dye, madder was present and hydroxy orcein which indicates the use of orchil. There are several orchil species, but *Roccella tinctoria* DC is the most predominant one. Orchil shows a violet colour but has a very poor light fastness.

The combination of these three dyes is rather odd. However, in textile weavings quite often the weft and warp were dyed in a different way. For the weft they often used more expensive dyes, such as an insect dye as this is the thread which is best visible. The warp, usually covered by the weft, is then dyed with a cheaper dye such as madder or orchil. It must be noted that under the microscope, no different dyeing systems were observed.

Conclusion

In general, the dyes found are very common for the 18th century. Indigo (or woad), madder, weld, tannins and cochineal were widely used. The unknown yellow components are more difficult to classify, it is uncertain if they relate to unknown dyes, side products of the dyes mentioned above or degradation products. It must be noted however, that the number of dyes which were actually used was limited. Although many plant varieties can be used, only a small selection was used due to a good yield and properties.

Due to the soling it was difficult to determine the mordant, this is often the case with archaeological samples. However, in two cases the presence of iron and iron and copper could be an indication of the use of a mordant. A sample of a sock contained a gilded silver sulphide particle, and that of a dress a silver sulphide particle.

A history of the natural dyestuffs identified³

The history of dye industry can be found in various handbooks [1]. The most practical handbook for conservators and art-historians is probably "The colourful past" by Hofenk de Graaf [2]. A more extended handbook by Schwappe gives historical information, methods of identification and the chemical composition of the natural dye components [3]. Brunello has given a very good overview of the history of dyeing in Italy [4]. One of the most important written sources for the study of the technique of historical textile dyeing in Italy is "Plitho" by Rossetti [5].

Madder

Crap, meede, mee (Dutch), chiochboyan (Cyprian), Foyoy, Alzan (Arab), Warance, Rote, Erythrodanon (Greek), Roza di Fiandra, Rubia Mayor, Varantina (Latin), Alizari, Lizaro (Persian).

In the range of red dyes, madder is one of the oldest and most frequently used dyestuffs in Europe, the Middle East and in India. It is the ground root of the *Rubia tinctorum* L., which has been cultivated for dyeing purposes from remote antiquity. The main coloring matters are alizarin and purpurin [6]. From ancient times it has been mentioned in descriptions of daily life in the ancient world and quoted in many other documents. Herodotus related the use of madder by Egyptian women about 450 BC Pliny the Elder also mentions madder in his "Historia Naturalis". Madder was found in fabrics in Egyptian tombs and was known in Persia, Arabia and Mesopotamia. In short, how to dye with madder was well known all over the ancient world [7].

The oldest finds of madder come in cotton from Mohanjo daro in the Indus Valley, dating as far back as about 3000 BC. The oldest written recipe for dyeing with madder we find in the "Papyrus Graecus Holmiensis"[8]. Madder was obtained from the roots of the *Rubia tinctorum* L., a native plant of Syria, Palestine and Egypt. Also used was *Rubia peregrina*, a plant of Persian origin, which was introduced into Spain by the Arabs. In India they have the *Rubia munjista* ROXB [9]. The same chemical constitution as in the three types of *Rubia* mentioned occurs in many other plants of the same family. These plants were used too, but mostly in home dyeing or by primitive people. Madder was cultivated for textile dyeing from early times; it is known that at the beginning of our era it was cultivated in the neighborhood of Ravenna and Caria [10]. After the fall of the Roman Empire, a period of darkness followed in the textile-dyeing industry, but in the 7th century madder was cultivated at St. Dennis near Paris. Later, in the 14th century, the best quality of madder came from Holland, where large crops were grown on the islands of Zeeland. In the 19th century (some time before the discovery of synthetic dyestuffs) there were many places all over the world where madder was cultivated.

In cultivating the madder plant, efforts are being made to grow larger roots, in order to enlarge the production of the dyestuff. It is known that the production of more or less dyestuff is dependent not only on the sort of plant, but even more on the quality of the soil; to obtain the highest percentage dyestuff in the roots, a soil rich of potash is required. The Dutch mixed the soil in which they dibbled the young madder plants with mud and street refuse.

³ The information of the history of dyestuffs is subtracted from: Hofenk-de Graaff, J.H.; Natural Dyestuffs, *ICOM plenary meeting (1969)* Amsterdam, the Netherlands. A revised version is recently published, see reference 2

In Holland the cultivation of madder was bound by strict rules: so time of dibbling was strictly fixed and so was the harvesting [11]. The Dutch people started cropping the madder plants when these were three years old, but in the Orient these plants were allowed to grow for seven or eight years before cropping, and by doing this the percentage of dyestuff obtained was much larger. In Holland this was not possible, because that there was not enough agricultural land available. After the cropping of the madder plants, the roots were dried in large barns with warm air; after the drying the rind was stripped from the roots and the layer containing the dye was ground, stamped and sifted. There are various qualities of madder on the market, more or less finely sifted. The quality of Oriental madder is much better than the European, owing to the larger percentage of real dyestuff in the roots and the drying method used in the Orient, in sunlight and in the open air. The favorable climate there makes this possible.

Madder can only be easily dyed on mordanted wool or silk. First, water with bran was boiled in a vessel; afterwards alum was added to the hot liquid and the cloth or the loose wool was introduced to the bath. Thereafter, the liquid with the cloth or wool had to be boiled for some hours; during this, the alum hydrolysis took place. After the said time had expired, the textile was taken out of the bath and dried in open air; during this drying the dissociation went on and the aluminum hydroxide formed was fixed on the fiber. The dyestuff was then suspended in a vessel of lukewarm water, the mordanted textile was immersed in the bath and the bath was warmed up slowly to nearly boiling temperature; the dye-bath was not allowed to boil, for in that case the color went dull and brownish. This is probably caused by the presence of purpurin in madder; this dyestuff only dyes at a high temperature and gives dull blue lakes with alum [12]. In the last five minutes of the dyeing process, the dye-bath was brought to boiling temperature in order to give the color a good fastness. Next, the textile was taken out of the bath and rinsed in the water of a canal, after which it was rinsed in boiling water with urine and finally in hot water. A special method of dyeing with madder was the Turkey-red-dyeing. This method was for long a great mystery to western dyers. In the 16th and 17th centuries dyed fabrics were imported from Asia into Europe and in the middle of the 18th century, French manufacturers succeeded in engaging oriental dyers to instruct their own dyers [13,14].

Madder is a mordant dyestuff and gives a fast color only when the textiles have been mordanted before dyeing with several salts or metals. Alum was principally used and in early times almost exclusively. With alum madder gives all shades of scarlet, with copper salt it gives yellowish brown, with chrome salts it gives claret, with iron it gives violet and pink on tin. This refers only to dyeing wool, with silk the colors are slightly different. As a matter of fact, the colors of yarns etc dyed in early times are somewhat dull; this is due to the fact that the chemicals that were used by the ancients were not very pure, being polluted with traces of other metals.

Insect dyes: coccus and kermes types

The dyestuffs are of animal origin and are obtained from the female beetles of a coccus or kermes. The chemical components are very similar but differ in quantity in the various insects. The obtained colour on textiles is mainly the same, whereas the quantity of the actual dyestuff differ. From all coccus types Mexican cochineal has the largest dyestuff content. The various coccus types can be distinguished from each other by determining the various components present and the relative ratios between them. The quantitative determination of minor components must be used to make distinctions between closely related species as *Porphyro polonicus* and *Porphyrophora hamamelii* [15]. The chemical compositions of the most predominated Kermes and Coccus types are denoted in table x [15].

Type	Trivial name	Composition*
<i>Kermes vermilio</i> (Planchon)	Kermes	75-100% Kermesic acid, 0-25% flavokermesic acid
<i>Dactylopius coccus</i> (Costa)	Cochineal	94-98% Carminic acid, 0.4-2.2% Kermesic acid and Flavokermesic acid, 1.4-3.8% dc II, 1-2% dc III, dc IV and dc VII.
<i>Porphyrophora polonica</i> (Linneaus)	Polish Cochineal	62-88% Carminic acid. 12-38% Kermesic acid and Flavokermesic acid. 1-2% cd IV and dc VII
<i>Pophyrophora hamamelii</i> (Brandt)	Armenische Cochineal or Caucasus Kermes	95-99% Carminic acid, 1.0-4.2% Kermesic acid and Flavokermesic acid, 0.1-1.2% dc II 1.4-3.7% dc IV, 0.7-2.8% dc VII
<i>Kerria Lacca</i> (Kerr)	Lac dye	71-96% Laccaic acid A, 0-20% Laccaic acid B, 3.6-9.0% Kermesic acid and Flavokermesic acid

Table x: Chemical compositions of different kermes and coccus types. The compositions are calculated at 275 nm.

Kermes (*Kermes vermilio*) is one of the oldest dyestuffs in the world. The word Kermes comes from the Orient; it means worm; in Sanskrit it seems like *krmi* and in ancient Italian *Kerema*. The Arabs called it *Dûd il Quîrmis*. From all these words it can be seen that Kermes is of animal origin; nevertheless the Greeks and Romans thought that Kermes was of vegetable origin. This misunderstanding was caused by its appearance [7]. The discovery of the real origin of Kermes was a lengthy process. The naturalists of classical antiquity were so sure that Kermes was part of the Kermes oak that they saw the emergence of the insects from the eggs as a phenomenon of decomposition. However, in Arabian writings dating from the Middle Ages, correct conclusions are already found about the development of the insect; however the first systematic description of the insect was given by Quiqueran de Beaujou, bishop of Senez, in 1551. Yet a hundred years were still to elapse before the real origin of the insect was recorded in the dye-books.

Kermes was used very much to dye beautiful red colors; particularly at the time when dyeing with purple was dying out, Kermes was used more and more to dye scarlet. This was especially the case after the downfall of Constantinople in 1453; Constantinople was then the most important center for purple dyeing. From that time Kermes became the principal scarlet dyestuff, and when in 1476 Pope Paul II proclaimed that in the future the robes of cardinals had to be dyed with Kermes, Kermes replaced purple completely. So the "Cardinal-purple" is not snail-purple but Kermes!

The discovery of scarlet dyeing with Kermes can be attributed with great certitude to the Phoenicians, who had practiced purple dyeing from antiquity and had a good knowledge of the techniques of dyeing. The earlier Greeks also considered the Phoenicians as the most important dyers of Kermes; the dyeing of textiles with Kermes appears likewise in the Old Testament, and here also the Phoenicians are named as the dyers with Kermes. Pliny the Elder writes in his "Historia Naturalis" about kermes as an important dyestuff derived from the Phoenicians.

Kermes was an expensive dyestuff in antiquity and therefore it was only used to dye the clothes of the rich; however, as compared with the almost prohibitively expensive Tyrian purple, Kermes was still cheap [16]. In antiquity kermes was so greatly appreciated that it was among the tributes most in demand. Pliny named as the principal countries of origin Africa, Asia Minor, Greece and Spain. From Spain dyeing by means of Kermes spread all over Europe where, since the great migration of nations and the setting up of the great Carolingian Empire, a new market had arisen for dyed goods [17]. Kermes was also an important substance in the economics of the early European Middle Ages.

Although it is supposed by many that cochineal was unknown till the discovery of South America by the Spaniards, it is a fact that a certain kind of cochineal had been mentioned already by the Assyrians (about 700 B.C.) as coming from the Ararat Valley [18]. Further, it seems that the ancient Jews also had knowledge of cochineal. The use of cochineal in antiquity is not clearly established; in most cases no differentiation is made between cochineal and kermes. In Europe cochineal was imported very shortly after the discovery of Mexico, for the first time in 1518, and already in 1523 the Spanish king inquired about the culture of cochineal. The Mexicans had cultivated the *Dactylopius coccus* (Costa) from remote times, especially to obtain the dyestuff. In 1540 cochineal was already an article of commerce in Antwerp. After 1585 it was mentioned more than once in dyers' handbooks in Amsterdam en Leiden.

In Middle and Eastern Europe there was a variety of the dyestuff, the so-called "Polish Cochineal", prepared from the bodies of *Porphyrophora polonicus* L. These insects live on the roots of the *Sceranthus perennis*, which is a native in the sandy areas of East Europe. Poland, Lithuania and the Ukraine especially cultured this variety, but it is also indigenous in Germany. The insects are a little smaller than the Kermes insects. The insects are collected in the months of May and June, in the same way as the Kermes insects. The Polish grains or St. John's Blood were claimed by many abbeys as a kind of tribute from the farmers; legend has it that the same St. John's Blood originated with the monks, who wanted to give the tribute a religious tinge.

Besides these, there were in Russia two kinds of scale insects, which were gathered for dyeing in red, viz. the *Coccus fragariae* and the *Coccus uvae ursi*, which lived on the bearberry and the strawberry. Further in the Near East and in Armenia, the scale insect *Porphyrophora hamelii* was used.

Due to the introduction of Cochineal, Kermes became less important in the 16th century, particularly because of the color produced from Cochineal was much brighter than the color of Kermes. Kermes and Cochineal were both more red-violet compared to madder.

Weld

Weld originates from the leaves and stem of *Rsedaluteola L.*, found in many parts of central Europe. The main coloring components are luteolin and apigenin [19]. The history of weld is a very ancient one; though it was not known in early antiquity, it is known that it was used at the beginning of our era [7]. A special interest, however, attaches to weld, for it is said to be the oldest European dyestuff known and it was used by the Gauls and other nations dwelling north of the Alps in the time of Julius Caesar [17]. Probably it is identical with "Lutum" mentioned in Pliny's "Historia Naturalis". In ancient Israel it was not known in Maccabean times; in that country the yellow dye used was saffron [20,21]. If the Romans did not introduce weld into Western Europe, it is said that the Moors from North Africa introduced it via Spain. In Spain it had already been popular as a dye plant and was cultivated for the dyers [22,23].

Weld became popular very early in Western Europe and was then the most important dyestuff for dyeing yellow. In the early Middle Ages it was introduced into England, where up to that time Dyer's Broom (*Genista tinctoria L.*) was the only known yellow dyeing plant. In the Middle Ages weld was on the market, certainly in about 1200 at Florence and it was in demand as the best dyeplant for yellow dyeing of silk and wool [24]. Weld was often cultivated in the neighborhood of important centers of the tapestry industry such as Doornik, Brussels, Ghent etc. [25]. In many recipes and rules for the tapestry industry there are only a few words about dyeing of the yarns used [26]. It is not very clear whether the tapestry manufacturer dyed his yarns himself or whether he imported them. Both seem to have happened. In the rules for the tapestry industry of Charles V, there is one mention of the claim to dye the yarn "wel geblaut, wel gewaut" which means: dyeing well with woad and dyeing well with weld. In old Dutch recipes of about 1600, weld was the most important yellow dye, because its fastness was very good [12]. After the discovery of America it was soon imported into that country and was found along the coasts. However, there are no sources dealing with the cultivation of weld for the dye industry in America [22]. In 1669, Colbert in France qualified weld as belonging to the "grand teinte" [27]. In the Indies, weld was also found as a cultivated plant in many places such as Simla, Calcutta etc. It is said to have been cultivated in the Bangalore gardens. It seems also to have been found in China, but not cultivated [22].

Weld came on the market in bundles of dried plants. These were boiled in water to which potash and old stale urine was added to extract the dyestuff from the plant. The solution of the dye was poured off and preserved [12,28,29]. Like most natural organic dyestuffs, weld is also a mordant dyestuff. To obtain a good colorfastness, wool was pre-treated before dyeing with a mordant solution of alum and cream of tartar [30]. Next, the wool or silk was dried and after wetting with water it was dyed in the dye bath already prepared. The temperature of the dye bath had to be below 70 °C, otherwise the color became dull. This was due to the presence of a second coloring matter in weld, which dyed fast above 70 °C and had a brownish color [31]. After dyeing the wool or silk was rinsed and boiled in a solution of weedash and old stale urine to brighten to color. The last treatments were boiling with a soap solution and rinsing with water. Sometimes madder was added to the dye bath; in this case less weld was needed to obtain a good color. This was done due to the fact that the price of weld was much higher than that of madder. However, the resultant color was more orange. In Holland these practices were forbidden from 1384-1541. After 1541 it was permitted, as madder was also a very fast dye [12].

Beside dyeing yellow, weld was also used to dye green. This was done with a base of woad or indigo. In dyeing green, it was permitted to use madder in the weld bath and yet obtain a good fast dark green for less money. To brighten the yellow color, turmeric was sometimes added, although the light-fastness of turmeric is very bad [32]. This method was alternately permitted and forbidden. To dye silk green, the procedure was reserve; it was first dye with weld and afterwards with woad or indigo. By adding copper or iron salts to weld, bronze-brown to olives shades were obtained.

Indigo and woad

Indigo is one of the oldest dyestuffs used for dyeing textiles. In contradiction to most of the other natural dyestuffs, indigo is not a mordant dyestuff but a vat dyestuff. There is some confusion about the use of the word "indigo" [33]. The problem is that the natural products for dyeing blue obtained from *Isatis tinctoria L.* (woad) and *Indigofera tinctoria L.* (indigo) are identical. The development of synthetic indigo at the end of the 19th century makes it even more complicated. The dyeing principle of woad, indigo and synthetic indigo are chemically identical. Consequently, it is not possible to distinguish between textiles dyed with one of them. However, woad and indigo can be distinguished from synthetic indigo by the presence of indirubin in the natural dyestuffs. It is not possible to distinguish between woad and indigo [34].

The history of woad and indigo is closely related. Woad, the "European indigo" has been used from early times to the 17th century by European dyers, until indigo was imported in large amounts from the far East and later from the West Indies.

Woad is obtained from the leaves and stem of *Isatis tinctoria L.* This plant is native in Eastern Europe and has spread from there very early to Northern Europe. It was found also in the near East, Egypt, Mesopotamia, Syria and Palestine and was known in pre-Hellenistic times. In England it was already used before the conquest of the Romans. Pliny tells in his "Historia Naturalis" that the warriors in Gallia were painting their bodies with woad. Caesar tells the same story in his "De Bellum Gallicum". The earliest recipes on dyeing with woad or indigo can be found in the "Papyrus Greacus Holmiensis"[8]. Also in the middle ages, many recipes can be found on cloister manuscripts and later in dyer handbooks.

The introduction of indigo in the West European dye centers took some time because the authorities were afraid for the quality of the very valuable blue dye cloths. The import of indigo from East India was a threat for the production centers of woad as the area round Erfurt in Germany [24]. However, in the middle of the 17th century, the use of indigo was allowed everywhere.

The dyeing process of woad and indigo is completely different from the dyeing process of the other dyestuffs. Indigo is a vat dye, which means that the dyestuff is insoluble in water and has to be brought into solution by reduction of indigo into leuco indigo (indigo white). During this process, the color of the solution changes into yellow [35]. The wool, silk, linen or cotton is immersed in this solution and after this, the leuco indigo changes again into blue indigo by oxidation in the air. This process is repeated until the desired color is obtained. As this dye process is different from the other dyestuffs a combined color, such as green or violet, can only be obtained by two different treatments after each other. As there does not exist a good quality green dyestuff in nature, this color only can be obtained by dyeing first with indigo and after that dyeing with weld. As the light fastness of indigo is very high and that of weld less, the former green shades in tapestries nowadays often are almost blue [36].

Orchil

Orchil is obtained from different varieties of lichens from the Rocella and Variolaria families. The most well known and most used variety is *Lecanora tartara*. The lichens grow on the rocks of many Mediterranean islands and also on the Canary islands. The lichens contain the colourless lecanoric acid, which is converted during the preparation through orcellinic acid in orcein.

Already in early antiquity orchil was used to dye textiles (Theophrastus and Dioscorides already mentioned it). In ancient Rome orchil was used as a substitute for Tyrian purple to dye violet on silk and wool. The colour was very bright but the fastness to light and washing was bad. It is most likely that the chief use at this time to dye with lichens lay in the methods of over-dyeing with Tyrian purple. The yarn or cloth previously being given a ground colour with lichens dye. The colours so based on a lichen ground were known as the conchoid purples [16]. It is usually thought that, passing the influence of Rome in Western Europe, the knowledge how to prepare orchil had been forgotten, but there are some indications which suggest that this may not have been entirely so. Textile manufactures became established in some districts of Italy and Gaul, and after the fall of the Roman Empire, in Gaul at any rate, these activities were not necessarily disrupted. In fact some of the textile centres which later became famous in France and the Netherlands are said to have originated or derived from these early clothwashers. However, the knowledge of the preparation of the dye was also kept in the Orient.

About 1300 orchil was imported again in Europe by a Florentine merchant, named Federigo, who discovered the process of preparing the dyestuff by voyaging the Levant. This merchant introduced the orchil industry in Florence, where the secret of dyeing was kept for two centuries and o.a. by this case Florence is owing its glory as a textile centre.

"The craft to make orchil" in Arnold's Chronicle of 1502 indicates that the method of making orchil was no longer a Florentine secret. In his "Plietho de l'arte de Tentori" published in 1540, Giovanni Venturo Roseto gives a method of making orchil and several recipes for using it. But already in 1513 in a Dutch book "'t bouk va wondre", a recipe is mentioned for dyeing purple with orchil [26?]. So from Florence orchil was exported to Flanders, England and Germany. Some time after the discovery of orchil lichens in the Canary islands, in 1703, a large amount of these lichens were worked up in Europe. In Holland orchil was used, in the 15th century sometimes it was forbidden by the dyecrafts [12] After it was used to give a ground in the indigo dyeing or to shade the dyeing with indigo. In France Colbert had forbidden to use the dyestuff to the dyers of the "Teinturiers du grand Teint"; the other group of the dyers the "Teinturiers du petit Teint" were allowed to use the dyestuff in limited amount. This prohibition was caused by the bad fastness to light of orchil. In Scotland a similar dyestuff, named cudbear, began to be manufactured in the second half of the eighteenth century. The chief lichen for making cudbear was *Ochrolechia tartarica*, which yields a very rich purple colour almost as brilliant as orchil.

References

-
- [1] Hofenk de Graaff, J.H.; *Geschiedenis van de textieltechniek, Instituut Collectie Nederland, Amsterdam, the Netherlands (1992).*
- [2] Hofenk de Graaff, J.H.; *The colourful past, origin, chemistry and identification of natural dyestuffs, Archetyp publications, London, UK (2004)*
- [3] Schweppe, H.; *Handbuch der Naturfarbstoffe, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, Austria (1992).*
- [4] Brunello, F.; *The art of Dying in the history of mankind, Vicenza: Neri Pozza, Italy (1973).*
- [5] Giovanventura Rosetti; *Plictho del arte de tentori che insegna tenger pani telle banbasi et sede si per larthe magiore come per la commune, Venezia, Italy, (1540).*
- [6] Schweppe, H.; *Handbuch der Naturfarbstoffe, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, Austria (1992) 229-234.*
- [7] Forbes, R.J.; *Studies in Ancient Technology IV, Leiden, the Netherlands (1964).*
- [8] Reinking, K.; *Ueber die älteste Beschreibung der Küpenfärberei im Papyrus graecus Holmiensis. Mellian Textilberichte, 5 (1925) 349-351.*
- [9] Karr, A.E.; *Alizarin, King of the mordant dyes. Textile Colorists, 58 (1936) 303-306.*
- [10] Schaeffer, G.; Haller, R.; *Krapp und Türkischrot. Ciba Rundschau, 47 (1940).*
- [11] Wiskerke, C.; *De geschiedenis van het meekrap bedrijf in Nederland. Economisch-Historisch Jaarboek, 25 (1952) 1-45.*
- [12] de Nie, W.J.L.; *De ontwikkeling der Noord-Nederlandse textielververij van de vierdiende tot de achtiende eeuw, thesis, Leiden, the Netherlands (1936).*
- [13] Driessen, F.; *Etude sur le Rouge Turc, ancien procédé. Bulletin de la Societe industrielle de Mulhouse (1902) 163-180.*
- [14] Reinking, K.; Ataloya, A.E.; *Zur Entstehung und Frühgeschichte der Türkischrots. Mellian Textilberichte, 2 (1937) 382-385; 459-460; 532.*
- [15] Wouters, J.; Verhecken, A.; *The Scale insects (Homoptera:coccodiea). Species recognition by HPLC and diode array analysis of the dyestuffs. Anns. Soc. Ent. Fr.(N.S.), 25 (1989) 393-410.*
- [16] Born, W.; *Der Scarlach. Ciba Rundschau 7 (1936).*
- [17] Perkin, A.G., Everest, A.E.; *The Natural Colouring Matters, Longman Greens, London, Great Britain (1918).*
- [18] Kurdian, H.; *Kirmiz Journal of the American Orient. Society, 61 (1941) 105-107.*
- [19] Schweppe, H.; *Handbuch der Naturfarbstoffe, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg/Lech, Austria (1992) 346-347.*
- [20] Löw, L.; *Semitische Färberpflanzen, Zeitschrift f. Semistik und Verw. Gebiete, 1 (1992) 97-162.*
- [21] Krauss, S.; *Talmudische Archäologie, 1 (1910) Leipzig, Germany, 547-576.*
- [22] Mell, C.D.; *A brief historical amount of weld, Textile Colorist, 54 (1932) 335-343.*
- [23] Mell, C.D.; *Interesting sources of Natural Dyestuffs, Textile Colorist, 58 (1936) 128-129, 200-203, 342-345, 484-485.*
- [24] Leix, A.; *Färberei im Mittelater, Handelwege und Färbermarkte in Mittelalter. Ciba Rundschau 1 (1936).*

- [25] Ysselsteyn, G.T. van; De geschiedenis van de Noord-Nederlandse tapijtindustrie. Thesis, University of Leiden, Leiden, the Netherlands **(1936)**.
- [26] Posthumus, N.W.; Bronnen tot de geschiedenis van de Leidsche textielnijverheid. 's Gravenhage, the Netherlands **(1910-1922)**.
- [27] Haak, D.; De volmaakte Verwer. Leyden **(1733)**.
- [28] Binz, A.; Altes und Neues über die technische verwendung des harnes. *Angewandte Chemie*, 49 **(1936)** 355-360.
- [29] Decelles, C.; The story of dyes and dyeing. *J. Soc of Dyers and Colorists*, 3 **(1934)** 583-587.
- [30] Reinking, K.; Zur Entstehung und entwicklung der Färberei; Die Anwendung der Beizen. *Melliand Textilberichte*, 19 **(1938)** 990-992.
- [31] Boot, G.; *De Verwer*. Dordrecht, **(1820)**.
- [32] Padfield, T; Landi, S.; The light-fastness of natural dyestuffs. *Studies in Conservation*, 11 **(1964)** 181-196.
- [33] Hofenk-de Graaff, J.H.; Indigo in Indigo, *Verslag van de textielcommissie Musea*, Amsterdam, the Netherlands **(1986)** 5-29.
- [34] Schweppe, H.; Handbuch der Naturfarbstoffe, *Ecomed Verlagsgesellschaft*, Landsberg/Lech, Austria **(1992)** 289-301.
- [35] Cassebaum, H.; Der Ursprung der Indigofärberei. *Mellian Textilberichte*, part 1-10 **(1965-1968)**.
- [36] Hofenk-de Graaff, J.H.; The influence of light on the fading of natural dyestuffs. *Conservation-restoration of church textiles and painted flags, Fourth international restorer seminar*, Budapest, Hungary, 2 **(1984)** 213-229.



Object and project information

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Object	Wreck of Vrouw Maria	Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
		Request date	Dec 9, 2011
Object type	Archaeological textile	Project stop date	
Object location	Finnish Archipelago	Project leader	M.R. van Bommel
Owner		Participants	I. Joosten
Artist / Creator		Commissioned by (organisation)	National Board of Antiquities, Finland
Date	1771	Contact person	Riikka Alvik
Remarks	Date of the shipwreck: 1771	Inventory number	

Object description

Dutch origin, sank in 1771 to Finnish Archipelago. Shipmaster Reynoud Lourens, home harbour.

Reason request

Identification of dyes and inorganic constituents in archaeological material from three shipwrecks found near Finland

Additional remarks

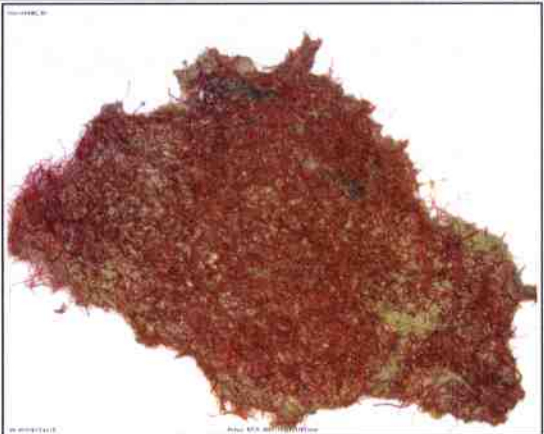
Used techniques

- HPLC
- SEM-EDX

Sample images



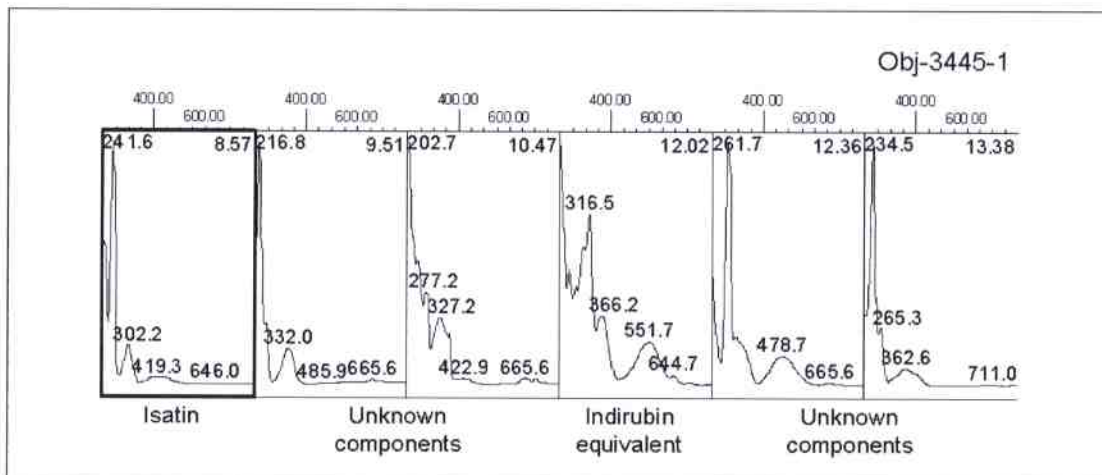
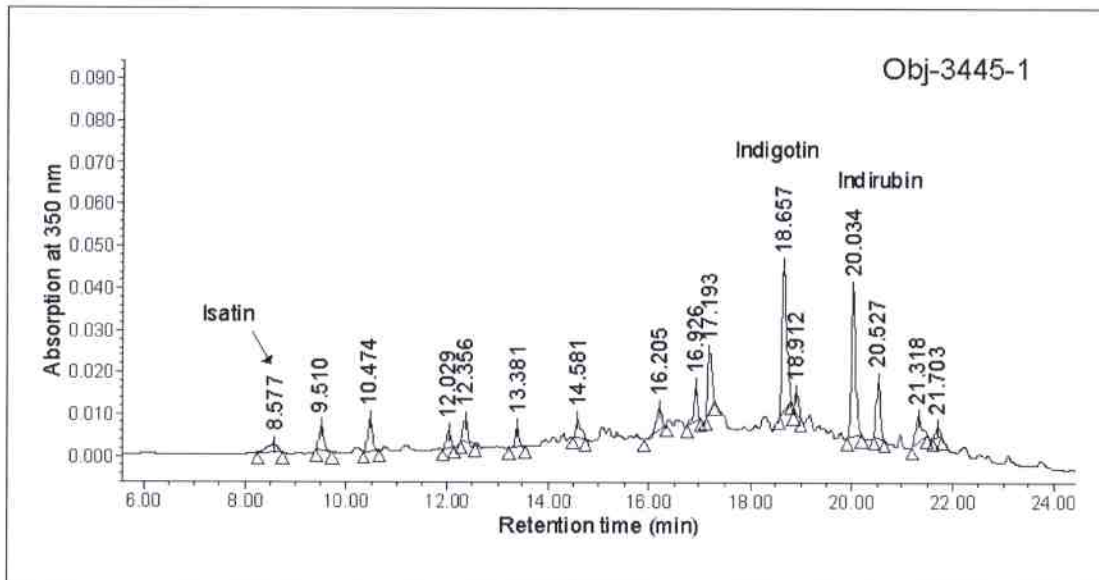
Sample code: 3445-01, Sample 3445-01, magnification 35X

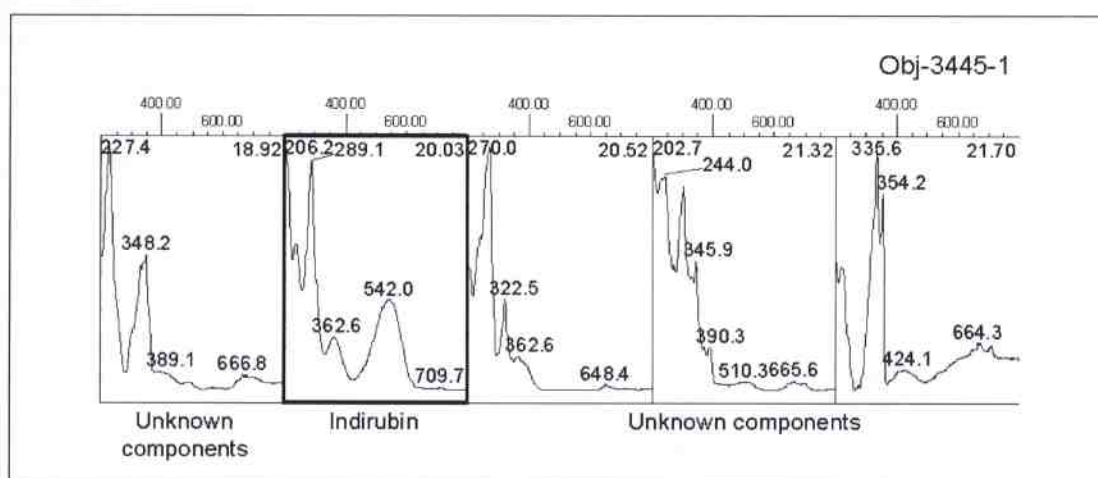
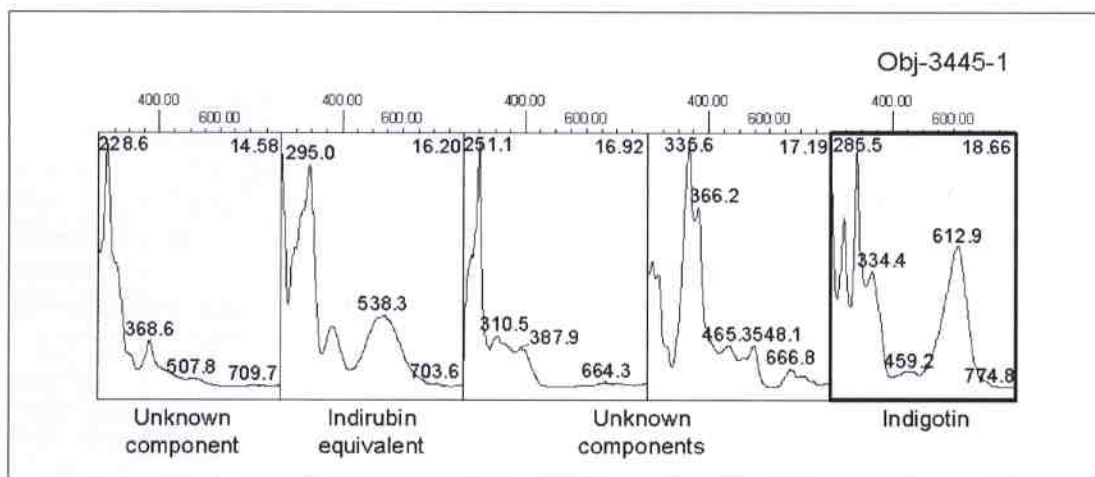


Sample code: 3445-02, Sample 3445-02, Magnification 35x

HPLC result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from a barrel, could contain the blue dye indigo.	Sample number	3445-01
		Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
Sample location		Sample preparation	First DMF extraction, 10 min, 140 °C, then HCl extraction, 10 min, 100 °C, sample combined
Reason analysis		Sample desolved in	DMF
Sampling date		Aparatus	UPLC at 35°C with PDA detection
		Kolom	Luna C18 (2), 150 x 2 mm with guard
Sample taken by	Riikka Alvik	Gradient	A=10% Methanol/water B=methanol C= 5% H3PO4. Start 74A/16B/10C for 3 min. Next in 15 min. to 0A/90B/10C, hold 2 min, then in 8 min to 0A/100B/0C, hold for 4 min, then back to start conditions in 3 min.
		Detection	PDA 200 - 800 nm
Analysis by	M.R. van Bommel	Injection method	autosampler
Interpretation by	M.R. van Bommel	Injection volume	4 ul
Analysis date	Nov 21, 2011	HPLC filename	Obj-3445-01





Remarks

Results and discussion

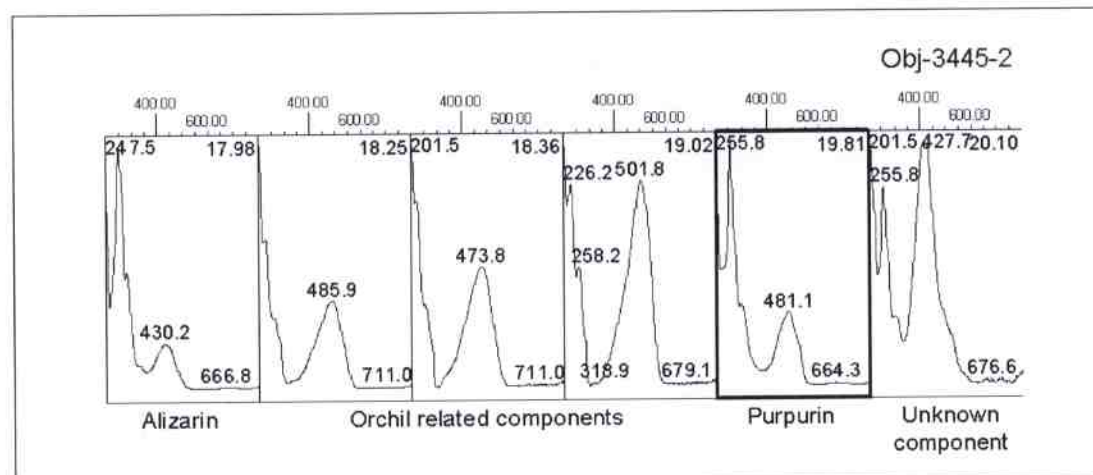
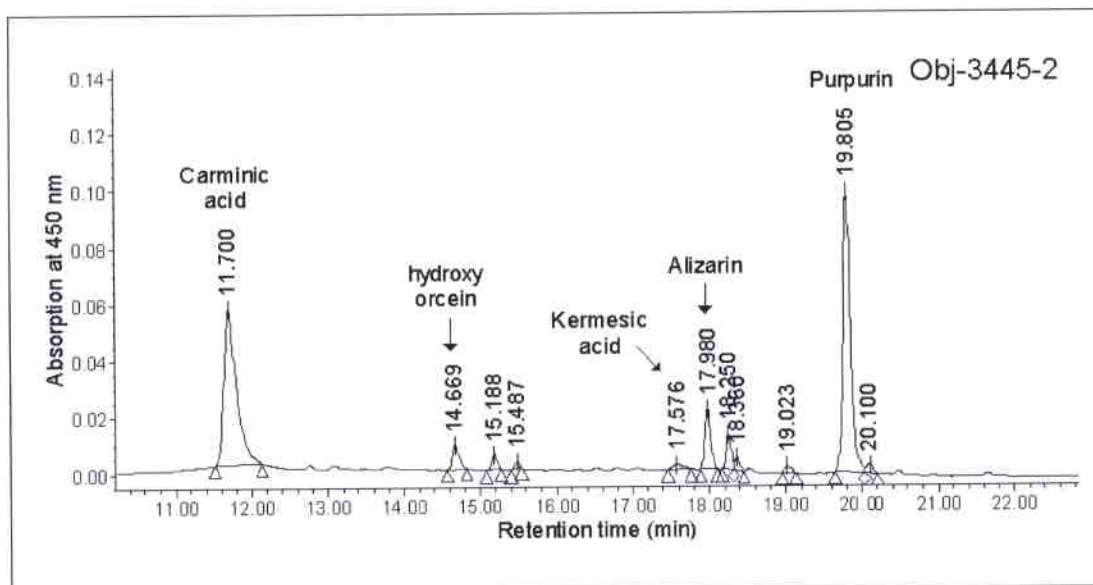
In the sample, indigotin, indirubin and isatin were found which indicates the use of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) or woad (*Isatis tinctoria* L.). It is not possible to distinguish between the two blue vat dyes by chemical means. In addition, many other components were found which are related to the indigo or woad dye. This pattern is very typical for a fermentation vat or ball, in which the dye is not very pure yet. In general, most of the components does not dye in the final vat and the overall colour of a textile dyed with this would be blue.

Conclusion

The sample is identified as indigo or woad.

HPLC result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
Sample location		Sample preparation	DMF extraction for 10 min. at 140 °C
Reason analysis		Sample dissolved in	DMF
Sampling date		Aparatus	UPLC at 35°C with PDA detection
		Kolom	Luna C18 (2), 150 x 2 mm with guard
Sample taken by	Riikka Alvik	Gradient	A=10% Methanol/water B=methanol C= 5% H3PO4. Start 74A/16B/10C for 3 min. Next in 15 min. to 0A/90B/10C, hold 2 min, then in 8 min to 0A/100B/0C, hold for 4 min, then back to start conditions in 3 min.
		Detection	PDA 200 - 800 nm
Analysis by	M.R. van Bommel	Injection method	autosampler
Interpretation by	M.R. van Bommel	Injection volume	4 ul
Analysis date	Nov 21, 2011	HPLC filename	Obj-3445-02



Remarks

Results and discussion

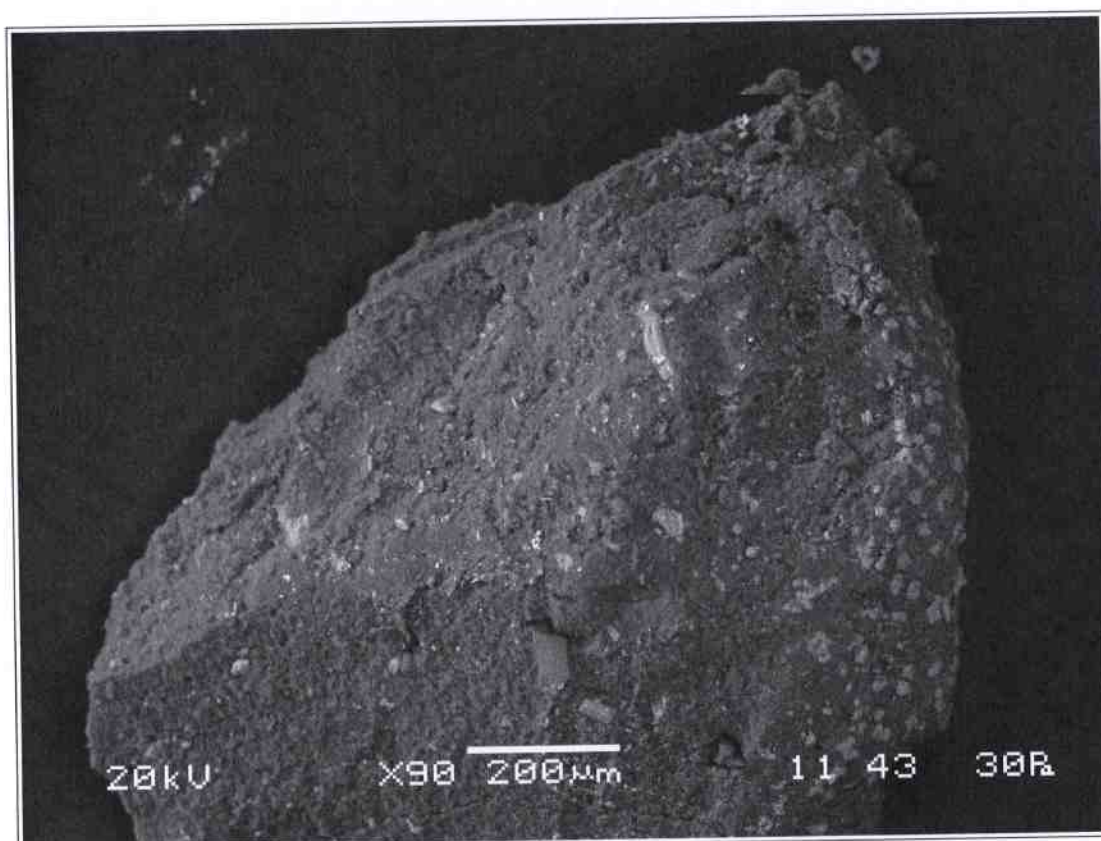
In the sample, carminic acid and kermesic acid was detected. These components are typical for an insect dye, probably Mexican cochineal (*Dactylopius coccus* Costa) or Armenian cochineal (*Porphyrophora hameli* Brandt) based on the ratio between the two dyes. In Mexican cochineal normally a small amount of dcII is found, in Armenian cochineal this component is absent or present at very low concentration. So since dcII was not detected the identification should be Armenian cochineal. However, dating shows that Mexican cochineal is more likely. It must be noted that the peak of carminic acid is rather broad; it could be co-eluting with dcII although standards of Mexican cochineal does not indicates this. In addition, alizarin and purpurin were found which points out to the use of madder (*Rubia tinctorum* L.) but the concentration of purpurin is much higher then expected. Finally, hydroxyl-orcein and related components were found which indicates the use of orchil (*Roccella tinctoria* DC or other species). The combination of these dyes in one sample is rather odd; orchil is often used as adulterant. There is an possibility that weft and warp were dyed with different systems. Usually, weft and warp are separated prior to analysis; however, this specific sample was so fragile that this was not possible. The colour of the sample must be red, which hue and tone is difficult to tell.

Conclusion

in the sample a mixture of Mexican or Armenian cochineal together with madder and orchil was found. It is likely that weft and warp were dyed with different dyes.

SEM result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from a barrel, could contain the blue dye indigo.	Sample number	3445-01
		Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
Sample location		Sample preparation	none
Reason analysis		Aparatus	JEOL 5910 LV
		Acquisition software	JEOL
Sampling date		Analysis condition	Low Vacuum
		Voltage	20.0 kV
Sample taken by	Riikka Alvik	Spot size	43
Analysis by	I. Joosten	Magnification	100 x
Interpretation by	I. Joosten	Detector	Backscattered electron image
Analysis date	Dec 13, 2011	SEM filename	
		Pressure	30 Pa



Remarks

Results and discussion

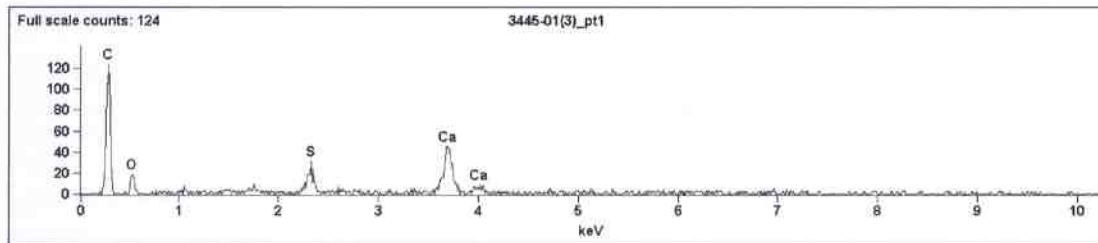
Lump of indigo. The white crystals on the right are gypsum.

Conclusion

Lump of indigo with gypsum crystals.

EDX result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from a barrel, could contain the blue dye indigo.	Sample number	3445-01
		Aparatus	Thermo Scientific Ultra Dry
		Acquisition software	NSS
		Life time	60.0 s
Analysis date	Dec 13, 2011	EDX filename	
Location analysis	spot on crystals	Pressure	30



EDS spectrum of crystals

Elements

S, Ca (high)

Remarks

Results and discussion

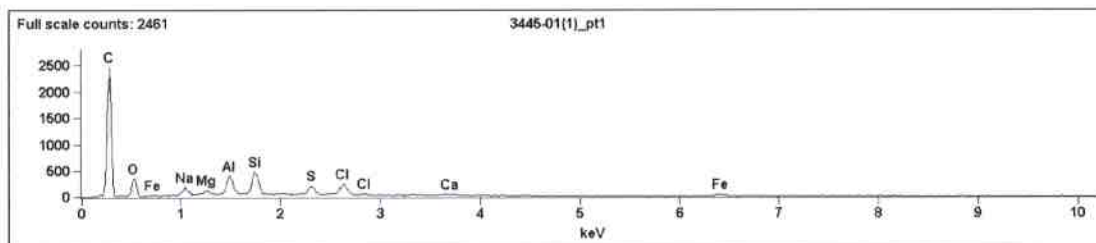
Ca and S, gypsumcrystals

Conclusion

Gypsumcrystals

EDX result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from a barrel, could contain the blue dye indigo.	Sample number	3445-01
		Aparatus	Thermo Scientific Ultra Dry
		Acquisition software	NSS
		Life time	60.0 s
Analysis date	Dec 13, 2011	EDX filename	
Location analysis	spot on lump	Pressure	30



EDS spectrum of lump of indigo

Elements

Na, Mg, S, Cl, Ca, Fe (low), C (high), O, Al, Si (medium)

Remarks

Results and discussion

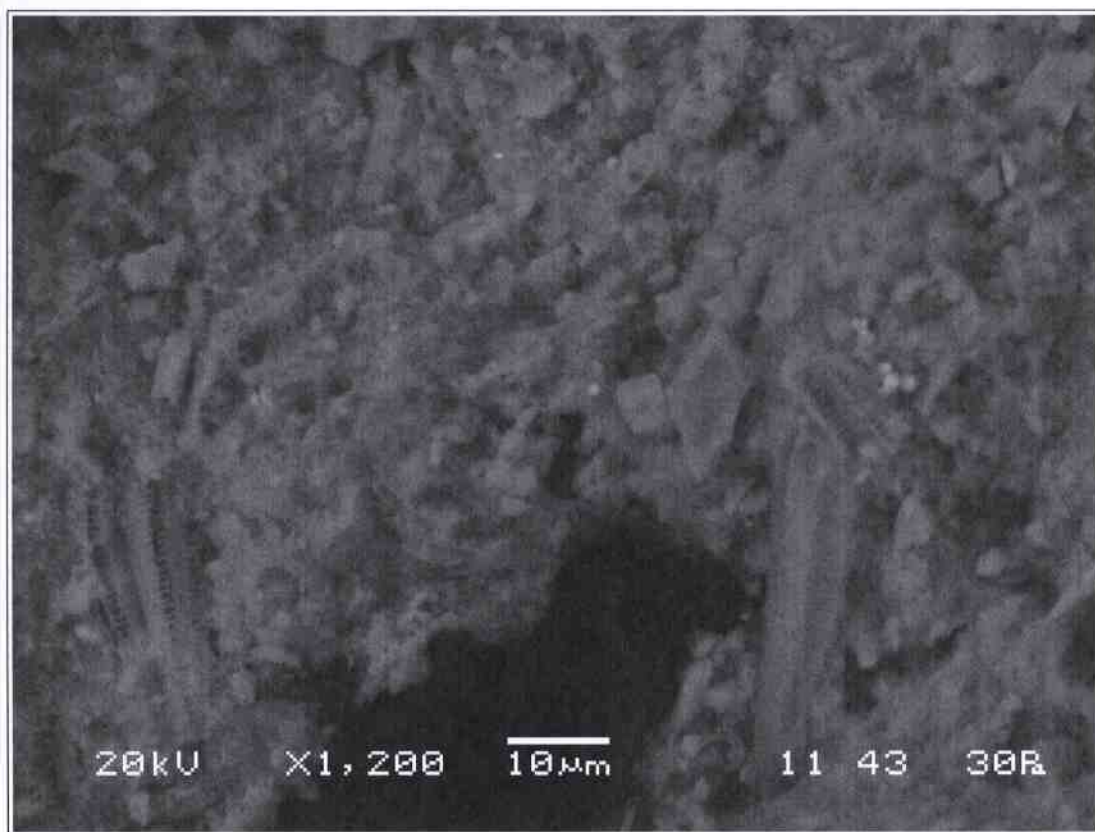
Lump of indigo contains aluminumsilicates (clay) and sodium chlorine (salt)

Conclusion

Lump of indigo is contaminated with clay and salt.

SEM result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
Sample location		Sample preparation	carbon coated
Reason analysis		Aparatus	JEOL 5910 LV
		Acquisition software	JEOL
Sampling date		Analysis condition	Low Vacuum
		Voltage	20.0 kV
Sample taken by	Riikka Alvik	Spot size	43
Analysis by	I. Joosten	Magnification	200 x
Interpretation by	I. Joosten	Detector	Backscattered electron image
Analysis date	Dec 13, 2011	SEM filename	
		Pressure	30 Pa



BES image of contamination on textile

Remarks

Results and discussion

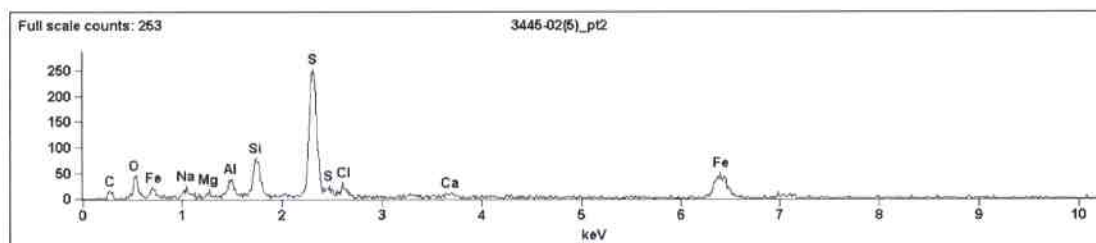
Contamination contains radiolarians and pyrite (light particles)

Conclusion

Radiolarians and pyrite present.

EDX result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Aparatus	Thermo Scientific Ultra Dry
		Acquisition software	NSS
		Life time	60.0 s
Analysis date	Dec 13, 2011	EDX filename	
Location analysis	spot on light particle	Pressure	30



EDS spectrum of light particle

Elements

S, Fe (high)

Remarks

Results and discussion

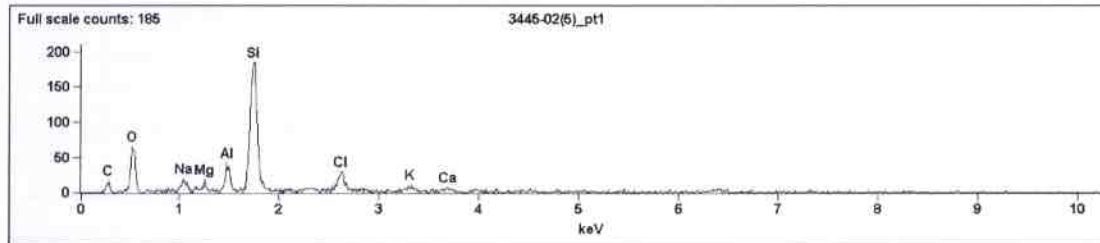
Fe and S present: pyrite

Conclusion

The particle consists of pyrite

EDX result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Aparatus	Thermo Scientific Ultra Dry
		Acquisition software	NSS
		Life time	60.0 s
Analysis date	Dec 13, 2011	EDX filename	
Location analysis	spot on radiolarien	Pressure	30



EDS spectrum of radiolarien

Elements

Si (high)

Remarks

Results and discussion

Radiolarien contains Si

Conclusion

Radiolarien contains Si

SEM result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Project number	2011-018
		Object number	3445
		RCE documentation folder	D2011-018
Sample location		Sample preparation	carbon coated
Reason analysis		Aparatus	JEOL 5910 LV
		Acquisition software	JEOL
Sampling date		Analysis condition	Low Vacuum
		Voltage	20.0 kV
Sample taken by	Riikka Alvik	Spot size	43
Analysis by	I. Joosten	Magnification	200 x
Interpretation by	I. Joosten	Detector	Backscattered electron image
Analysis date	Dec 13, 2011	SEM filename	
		Pressure	30 Pa



BES image of textile

Remarks

Results and discussion

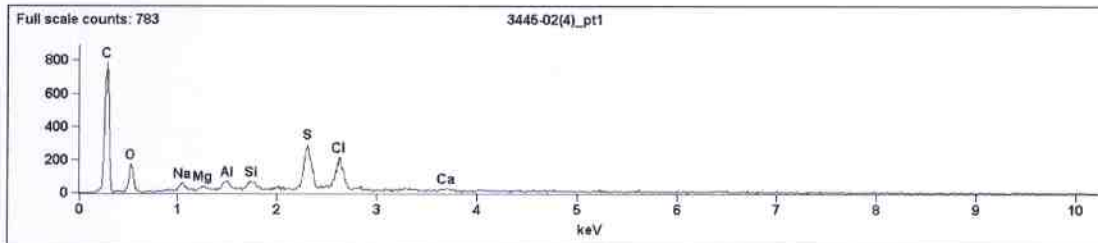
Textile is covered with particles and a crust. The wool fibres are heavily deteriorated, the scales are worn, cracks and tears are present.

Conclusion

Heavily contaminated and deteriorated wool fibres.

EDX result

Archeological materials from three shipwrecks found near Finland			
Sample description	Sample from the cargo hold, red fibres. According to the Sound Customs Registers, wool should be present in the cargo	Sample number	3445-02
		Aparatus	Thermo Scientific Ultra Dry
		Acquisition software	NSS
		Life time	60.0 s
Analysis date	Dec 13, 2011	EDX filename	
Location analysis	spot on clean fibre	Pressure	30



EDS spectrum of clean fibre

Elements

Na, Mg, Al, Si, Ca (low), C, O, S, Cl (high)

Remarks

Results and discussion

Chlorine is present (salt)

Conclusion

Salt present on fibre

Nro	Löytönumero	Kuvailu	Havainnot	Tulos
I	62001:127 rokokoohame: villavatiini, St. Mikael	ohuita mustia kuituja, villaa?	-tummaa ja vaalea lampaanvillaa - 119 mikronia, (nyt tummanharmaa, alunperin valkea?), medulla 95,4 mikronia - 107,9 (musta) + 102,7 (musta) + 57,7 (ruskea) + 54,4 (punaruskea) + 43,6 (musta) mikronia	pohjoiseurooppalainen primitiivyyppinen lammas , jolla alusvilla ja päällysvilla erikseen, turkissa kuolleita karvoja ja erivärisiä kuituja – tai sekoitus eriväristen lampaiden karvoja
II	386:52 sukka, St. Mikael	mustia kuituja tai purkautunutta lankaa? 0,5 cm, silkkiä?	läpivalaisu: vaaleita kuituja, ei selkeää rakennetta, kiinni tiivimmässä kökkäreessä, poikkivöhykkeitä: villaa? - 35,4 mikronia - 29,1 mikronia - valkoinen kuitu hajonnutta villaa? - entellaani: poikittais- ja pitkittäisrakenne, ei selviä suomuja, pyörteitä, laineita - ir-spektroskopia: proteinikuitu	- silkkikuituja, ” villisilkkiä ” - yksittäinen villakuitu kontaminaatiota?
III	62001:120 sukka, St. Mikael	pätkä lankaa tai raakavillaa?	- läpivalaisu: lampaanvillaa, valkoinen kuitu - hento vaaleanpunainen sävy: - 37,6 + 30,2 + 29,0 + 24,6 mikronia - karmiininpunainen kuitu: 62,5 mikronia entellaani: selkeä villakuitu	- fine tai semifine-tyypin lampaanvillaa (lähellä merinon laatua) - värjätty: kokenilli? krappi? - punainen paksu kuitu koristelusta? tai kontaminaatiota?
IV	pyöreä rasia, rokokoohameesta irronnutta purua, Vrouw Maria	teipissä mustaa irtopuraa, silkkiä? sedimenttiä?	- villakuituja , sedimenttiä - valkoinen puuvillakuitu -ei saatu näytteitä irti teipistä	- ei pystytty tutkimaan - puuvillakuitu kontaminaatiota? esim. työtakki tai käsineet?
V	Näyte Vrouw Marialta	voimakkaan punaisia kuituja, märkiä sedimenttiä	- todella punaisia villakuituja: - 23 + 24,8 + 25 + 29 mikronia - kokenilli? krappi? - puuvillaa? kimpuina, ei selvää ydintä, hajonneita, - halkaisija 35 mikronia ir-spektroskopia: selluloosaa ja proteiinia entellaani: villa ja puuvilla	- kahta eri kuitua - kumpikin värjätty - krappi, kokenilli? - yksi vai kaksi kangasta? - sametti? joku sidoksella kuvioitu kangas? - suomurakenne: villa. Suomut isoja ja harvassa – muu eläin kuin lammas? vuohi, kameli?

11.08.2011 15:02:14
Kuopio

Museovirasto

Alvik Riikka
Nevanderinkatu 13
00100 Helsinki



ANALYYSITULOKSIA

TILAUSNUMERO: 214790 VIITE: Vrouw Maria/Veden alla/28717

VASTUUALUE:

NÄYTTEITÄ: 1

MENETELMÄKOODI	NÄYTTEITÄ
13	1
26	1
+ 822L	1
901	1
902	1

Labtium Oy

Susanna Arvilommi
Laboratorioesimies

Labtium Oy

Labtium Oy

PL 57
02151 ESPOO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38289

PL 1500
70211 KUOPIO
Puh. 01065 38000
Fax 01065 38489

MENETELMÄKUVAUKSET JA HUOMAUTUKSET

Tilausnumero: 214790
Raportointipäivä: 11.08.2011 15:02:14

TULOS PÄTEE VAIN TESTATUILLE NÄYTTEILLE.
TESTAUSSELOSTEEN SAA KOPIOIDA VAIN KOKONAAN.

TULOKSET VALMISTUNEET: 26.07.2011 - 10.08.2011

VAIN NE TESTIMENETELMÄT, JOISSA TÄSSÄ SELOSTEESSA ON MERKINTÄ
+ MENETELMÄKOODIN EDESSÄ, KUULUVAT AKKREDITOINNIN PIIRIIN.

- 13 Näytteen kuivaus kylmäkuivaustekniikalla
- 26 Mineraalisen näytteen seulonta <2mm fraktioon
- 901 Tilauksen kirjaus- ja käsittelymaksu
- 902 Näytejätteen hävitysmaksu (max 4 kg)
- + 822L Hg:n määrittäminen pyrolyttisesti

Laboratorion näytetunnus	Tilaaajan näytetunnus	Hg mg/kg + 822L
L11089801	Sedimentti/Vrouw Maria	0,17
L11089801U	Sedimentti/Vrouw Maria	0,11

Laadunvalvonta- näytteen tunnus	Hg mg/kg + 822L
QCGSD12	0,04
QCR907	1,05