

# MALMISTA KOLIKOIKSI – MITEN ANTIIKIN RAHAT SYNTYIVÄT?

Kenneth Lönnqvist

Antiikin metallintyöstämismenetelmiä voidaan pitää hyvänä indikaattorina muinaisen yhteiskunnan yleisestä teknologian ja sivilisaation tasosta, eräänlaisena elintasomittarina. Tämä koskee erityisen hyvin esimerkiksi aseita. Sotateknologiassahan laatu ja teho ovat aina olleet ratkaisevassa asemassa tuotantokustannusten jäädessä toissijaisiksi.<sup>1</sup> Sama pätee myös antiikin rahoihin, sillä niihin käytetyn metalliseoksen kemiallinen puhtaus ja oikeaoppinen metallien sekoitussuhde – tai siitä poikkeaminen – kertoo keskeisiä asioita sen aikaisen yhteiskunnan taloudellisista pyrkimyksistä ja yleisestä ilmapiiristä, puhtaasti kiinnostavien teknisten seikkojen ohella.

## Luonnontieteellisten menetelmien soveltamisesta arkeologiassa ja numismatiikassa

Luonnontieteiden soveltaminen arkeologian tutkimuksessa viime vuosikymmenten aikana on avannut täysin uusia mahdollisuuksia ymmärtää myös antiikin raha- ja talousjärjestelmiä, rahojen teknistä valmistusta, kronologiaa ja ennen muuta rahojen arkeometallurgiaa.

Aineistoon, kuten rahoihin, kohdistuvan tutkimuksen pääasiallisena ongelmana on kuitenkin ollut selkeän ja yhtenäisen tutkimuspolitiikan puuttuminen. Tästä johtuen on niinkään ajallinen ja maantieteellinen kiinnostus ollut vinoutunut ja valikoitunut. Klassisen ajan kuparisekoitteisten esineiden tutkimus on keskittynyt selvästi Länsi-Euroopan kaivauksilta saatujen arkeologisten löytöjen ja museokoelmien analysointiin.<sup>2</sup> Antiikin rahojen kohdalla pääasiallinen mielenkiinto on kohdistunut arvorahojen (kulta, hopea ja niiden sekoitukset) tutkimukseen, kuparisekoitteisten rahojen jäädessä syrjään. Syy tähän lienee perinteinen uskomus, jonka mukaan kuparisekoitteiset rahat olivat lähes arvottomia, eikä niiden valmistusta näin

ollen ole voineet ohjata taloudelliset näkökohdat esimerkiksi raaka-aineen ja metalliseoksen valinnassa.

Erytisen ongelmallinen tilanne on tutkimuksellisesti ollut itäisen Välimeren kohdalla. Aiheeseen liittyviä alustavia tutkimuksia on tehty vasta muutamia. Tiedämme edelleen hyvin vähän roomalaisen metallinvalmistustekniikan ja -perinteen merkityksestä alueella ajankulumme alussa. Roomalaisia provinssirahoja käsittelevässä, vuonna 1992 ilmestyneessä perusteoksessa *Roman Provincial Coinage*<sup>3</sup> puhutaankin useampia kupariyhdisteitä edustavien rahojen kohdalla edelleenkin vain pronssirahoista, vaikka tiedämme varmuudella kuparia yhdistetyn ainakin tinan, lyijyn, sinkin (kupari + sinkki = messinki) ja messingin kanssa lukemattomissa eri muodoissa ja suhteissa.<sup>4</sup>

Tähänastisen tutkimuksen rajoittuneisuus johtuu melko pitkälle ymmärrettävistä museologisista ja käytännön syistä. Erityisesti rahatutkimuksissa joudutaan monesti turvautumaan museokoelmiin, sillä yksittäisiä rahatyyppejä tai tietyn aikakauden tuotteita ei aina löydy riittävästi normaalin arkeologisen toiminnan yhteydessä – ainakaan tarpeeksi hyväkuntoisina kelvatak-

seen kemiallisiin tai metallurgisiin tutkimuksiin. Arkeologisten esineiden kohdalla on kuitenkin aina pidettävä mielessä, että tavallinen museokokoelma edustaa valikoitua, korkeatasoista, niinsanottua *fine art* -esineistöä.<sup>5</sup> Museokokoelma ei tästä syystä välttämättä kuvasta oikein vaikkapa tietyn esineen todellista yleisyyttä tai harvinaisuutta, tai tietyn aikakauden esineryhmiä, niiden kokoonpanoa tai keskinäistä suhdetta muihin ryhmiin verrattuna. Arkeologisilta kaivauksilta tai irtolöytöinä tehdyt esine- tai rahalöydöt antavat normaalisti paremman läpileikkauksen esinetyypin yleisyydestä tai todellisesta esiintymisestä. Kätkö- ja aarrelöydöt täytyy tietenkin jättää huomioimatta. Talteenotettujen esineiden määrä, laatu ja arvo vaihtelee riippuen siitä, mikä löytöpaikan arkeologinen tai topografinen luonne on ollut ja kuinka kauan se on ollut käytössä. Rahojen tarkka dokumentointi ja alkuperä antavat olennaisen lisäarvon arvioitaessa myös niiden arkeometallurgisia kokonaisuuksia.

Keskeinen ongelma on lisäksi nykyisten analyysimenetelmien kirjavuus. Metalliesineitä voidaan tutkia pintapuolisesti, eli ei-destruktiivisesti, tai destruktiivisesti, jolloin kyseessä olevasta esineestä poistetaan mekaanisesti analyysia varten tarvittava määrä metallia. Eri analyysimenetelmien välisiä vertailuja on tehty<sup>6</sup>, ja on todettu, että näiden välillä voi olla hyvinkin suuria eroja. Tutkimusmenetelmien ja -välineiden poiketessa suuresti toisistaan tulosten keskenäinen vertailu muuttuu vaikeaksi tai peräti mahdottomaksi, vaikka aineisto olisikin sama. Esineen pintapuolinen tutkimus vaikkapa rahasta antaa huonoimassa tapauksessa kemiallisen koostumuksen vain rikastumiskerroksen osalta, eikä metallin todellista koostumusta muutamaa millimetrin tuhannesosaa pintaa syvemältä.<sup>7</sup> Saatua tulosta ei siis ilman muuta voida pitää esineen tarkkaa metallikoostumusta vastaavana, vaan käytetty analyysimenetelmä ja sen luotettavuus on olennainen osa kokonaisuutta.

Tutkimuksen lopputulokseen vaikuttaa myös tilastollisten menetelmien käyttö ja luotettavuus, varsinkin esineiden ja tutkimusmenetelmien valintavaiheessa. Par-

haimmatkaan laitteet tai analyysit eivät voi antaa tilastollisesti luotettavaa ja pätevää tietoa, jolla olisi laajempaa tieteellistä merkitystä, mikäli tutkimusstrategia jo alunperin on puutteellinen tai olematon. Jos tutkittava esineistö on valittu niin, ettei tietyn aikakauden esineryhmistä, -tyypeistä, tai yksittäisistä esineistä saa edustavaa otosta, kärsii tilastollinen luotettavuus välittömästi. Yksittäisen esineen kemialliset ja metallurgiset ominaisuudet ovat lähes poikkeuksetta mielenkiintoisia ja informatiivisia, mutta minkä tahansa aikakauden yleisen kehityksen ymmärtämiseen ja ongelmien ratkaisemiseen tarvitaan aina riittävän pitkä tilastollinen sarja, jota voidaan tutkia ATK-pohjaisilla tilasto-ohjelmilla (PCA-analyysi, eli *Principal Component Analysis*)<sup>8</sup>.

## Hyödyllisiä antiikin aikaisia lähteitä

Tärkein antiikin aikainen lähteemme metallien käyttöön ja valmistukseen on tasavallan ajan lopulla vaikuttaneen roomalaisen M. Vitruviusuksen teos *De Architectura*. Vitruvius palveli sotilasinsinöörinä Caesarin ja Octavianuksen aikana Rooman armeijassa ja kirjoitti kirjansa vuosina 25–23 eKr. Teoksella on ollut laaja vaikutus arkkitehtuurin kehityksessä renessanssista alkaen, mutta se on myös omalla alallaan ainutlaatuinen roomalaisaikaisen metallurgian tekninen käsikirja.

## Tutkimuksen lähtökohta

Tutkimusaineistoksi valittiin Juudean provinssin roomalaisaikaiset pronssirahat ensimmäiseltä vuosisadalta jKr. Tutkimuksen teemana oli rahojen asema klassisen ajan sosiaalisessa ja taloudellisessa viitekehityksessä, tässä tapauksessa arkeometallurgian näkökulmasta. Pääasiallisena tarkoituksena oli määrittää rahojen kemiallinen koostumus. Tämä antaa viitteitä rahapajan laadunvalvonnan tehokkuudesta, siitä onko raha-aineen laadun tahallista heikentämistä esiintynyt. Se vastaa myös metallurgisesti kiinnostaviin kysymyksiin, kuten siihen, olivatko rahojen aihiot tehty uusiome-

tallista vai uudesta raaka-aineesta. Tutkimuksella haettiin vastausta myös laajempiin kokonaisuuksiin; miten keisari Augustuksen rahareformi – vuosina 23 eKr. valtakunnan länsiosissa ja 27 eKr. itäisissä osissa – vaikutti itärajalla Juudean provinssin rahajärjestelmään ja Juudean maaherrojen kronologiaan.

Raha-aineiston tulokset ovat kahdesta kemiallisesta ja metallurgisesta analyysistä, joista ensimmäinen tehtiin Staatliche Museen zu Berlinissä 1987–88.<sup>9</sup> Pääosin tutkimustulokset perustuvat kirjoittajan Suomen Akatemian rahoittamaan metallurgiseen ja kemialliseen rahatutkimukseen, joka tehtiin vuosina 1993–96 Jerusalemissa The Geological Survey of Israelin tiloissa.<sup>10</sup> Kirjoittaja osallistui itse jälkimmäisen laboratoriatutkimuksen valmisteluihin ja työvaiheisiin. Työhön osallistui vuosina 1995–96 kirjoittajan lisäksi arkeometallurgi Matthew Ponting Lontoon yliopiston arkeologian laitokselta sekä Irene Segal, Israelin museoviraston pääarkeometallurgi (Israel Antiquities Authority ja The Geological Survey of Israel, Jerusalem). M. Ponting toimi aikaisemmin arkeometallurgina mm. British Museumin tutkimuslaboratoriossa Lontoossa ja on tällä hetkellä tutkijana *British School of Athensin* tutkimuslaboratoriossa Ateenassa. Oman rahatutkimuksemme vertailuaineistona käytettiin M. Pontingin kemiallisesti tutkimia kuparisekoitteisia roomalaisesineitä, kuten solkia ja aseita sekä tarvetyökaluja ja käyttöesineitä.<sup>11</sup>

## Tutkimusmenetelmät

Raha-analyyseissä käytettiin niisanottuja tuhoavia tutkimusmenetelmiä, eli rahoista irrotettiin mekaanisesti tutkimuksiin tarvittava määrä metallia. Käytännössä näytteenotto (1993–94) tapahtui siten, että osa rahan reunan pinnasta puhdistettiin pienoisporakoneella, johon oli kiinnitetty pieni, pyörivä kartionmuotoinen timanttikärkinen harja. Kaikki patina, lika ja korroosiotuotteet poistettiin ennen näytteenottoa. Samalla porakoneella otettiin puhdistuksen jälkeen 1–2 mm paksuisilla lyijyttömällä poranterillä rahan reunasta tarvittavat 20–25 mg metallijauhetta kuhunkin analyysiin. Jauhe liuotet-

tiin laboratoriossa suolahapon ja salpietarihapon yhdistelmään, josta käytetään nimeä *aqua regia* (kolme osaa suolahappoa ja yksi osa salpietarihappoa). Irrotetuista metallipaloista valmistettiin tämän lisäksi mikrokooppitutkimukseen käytetyt tutkimuspinnat. Raha-aineistoa tuhoava tutkimus oli tässä tapauksessa perusteltua sikäli, että valitut rahat eivät itsessään olleet kovin harvinaisia eikä niillä näin ollen ollut suurta rahallista, museaalista tai tutkimuksellista arvoa.

Ensimmäisen rahasarjan kemiallinen koostumus määritettiin 1987–88 atomiabsorptiospektrometrillä (*Atomic Absorption Spectrometry*, AAS). Vuosina 1993–94 otos analysoitiin ICP–AE spektrometrillä (*Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry*).<sup>12</sup> Jälkimmäisen menetelmän etuna on sen kiistaton soveltuvuus monimuuttuja-analyysihin. Vuosina 1987–88 määritettiin kaksitoista alkuainetta raha-aineksestä. Pääasialliset alkuaineet olivat kupari, tina ja lyijy, sekä vähäisemmät sinkki, rauta, nikkeli, hopea, antimoni, arsenikki, koboltti, bismutti ja kulta. Vuosien 1993–94 analyysissä voitiin näiden etsittävien alkuaineiden joukkoon lisätä vielä kromi ja mangaani. Lisäksi etsittiin molybdenia, kadmiumia ja vanadiumia, mutta tuloksetta.

## Antiikin rahanlyönti – kasvoja ja työnjakoa

Antiikin rahanlyönnistä vastuussa ollut järjestelmä<sup>13</sup> ja lyönnin tekninen toteuttaminen klassisena aikana ovat vielä suhteellisen huonosti tunnettuja osa-alueita. Ymmärtämyksemme perustuu lähinnä Roomasta ja muutamasta suuremmasta asutuskeskuksesta saatuihin tietoihin, jotka painottuvat selvästi myöhäisantiikin puolelle. Siksi on epäselvää, miten yleispätevinä tietoja voidaan pitää puhuttaessa varhaiskeisariajasta tai vaikkapa provinssien tilanteesta. On varsin todennäköistä, että kaikkia kysymyksiä ei pystytä tulevaisuudessa edes ratkaisemaan, sillä arkeologisen aineiston säilyvyys on ollut niin sattumanvaraista.

Voidaan kuitenkin sanoa, että keskuhallinto vastasi kaikista rahanlyönnin osa-alueista. Se oli vastuussa malmin louhin-

nasta, hankinnasta ja jalostamisesta käyttövalmisen muotoon. Keskushallinto laati myös laskelmat tarvittavista raaka-ainemääristä ja sekoiteaineksista jokaiselle tuotantoon otettavalle metalliseokselle. Nämä määräytyivät rahojen suunnitellun koostumuksen ja arvon perusteella. Käytännössä prosessi oli tosin jonkin verran monimutkaisempi, sillä tietyt rahantuotantoon liittyvät työvaiheet, kuten malmin louhinta tai aihoiden (lyöntivalmis kolikkoaines) valmistus saattoi olla yksityisissä käsissä, eräänlaisena lisenssinalaisena toimintana.<sup>14</sup> Keskushallinto oli vastuussa rahojen suunnittelutyöstä ja se päätti minkätyyppisiä rahoja tuotettaisiin ja mikä niiden modulikoko ja arvo tulisi olemaan. Se myös päätti rahojen teksteistä, kuvista ja symboleista. Lyötävän rahasarjan suuruus eli volyymi määräytyi taas valtion tarpeiden mukaisesti. Nykyajan markkinatalouden näkökulmasta katsoen on ehkä yllättävää todeta, että antiikin rahanlyöntiä ja -taloutta vaivasi yleisesti kokonaissuunnittelun puute. Monesti elettiin ikään kuin 'kädestä suuhun', eikä esimerkiksi yhtäältä valtion tulojen ja menojen ja toisaalta rahanlyönnin välillä ollut aina selkeätä syy-yhteyttä.

Rahapajan virkamiehet vastasivat lähinnä rahojen teknisestä toteutuksesta, eikä heillä ollut paljoakaan sananvaltaa mitä itse rahanlyöntiin tulee. Virkamiehet toimivat keisarin tai jonkun muun korkeamman viranomaisen, kuten Rooman Senaatin, edustajina ja heidän tehtävänsä oli valvoa rahantuotannon eri työvaiheita. Säilyneiden tietojen valossa suurin osa rahanlyönnin käsityövaiheista hoidettiin orjatyövoiman avulla, ajoittain todennäköisesti jopa vuoro-työnä. Ketjun lopussa olivat lyödyn rahan tilastoinnista ja sen liikkellepanosta vastaavat virkamiehet.

Rahapaja oli toiminnallisesti jaettu eri osastoihin, joilla kullakin oli oma osuutensa aihion muotoutumisessa rahaksi. Ammattiryhmistä tunnemme ainakin tärkeimmät. Pyramidin pohjalla oleva ryhmä, *conductores flaturae*, vastasi metallin sulattamisesta, jalostamisesta ja valamisesta. Aihoiden valamisen jälkeen painontarkastajat, *aequatores*, tarkastivat arvorahojen eli kulta- ja hopearahojen kohdalla aihoiden painot.

Meistien kaivertamisesta vastasivat kaivertajat, *scalptores*. Meistien teko oli kaikkein vaikein ja aikaavievin työvaihe. Monet kaivertajat olivatkin varsinaisia mestareita.

Teknisenä suorituksena rahanlyönti tapahtui suurin piirtein seuraavasti. Rahan tekoon tarkoitettu, esivalmistettu modulikokoinen ja usein myös valmiiksi punnittu ja viimeistely metalliaines sijoitettiin ylä- ja alameistin, *obverse* ja *reverse*, väliin. Meistit olivat tavallisesti kiinni toisissaan irrotettavalla lukkomekanismissa, vaikka täysin irrallisiakin meistejä käytettiin monesti. Laite muistutti lähinnä meidän aikamme vohvelirautaa, jossa oli saranalla yhdistetty ja liikuteltava ylä- ja alaosa. Tästä johtui, että meistien keskenäinen suhde antoi rahalle niinsanotun suunnan (*die axis*, meistien suunta). Tämä selviää kun rahaa pidetään sormien välissä ja sitä pyöräytetään kierros ympäri. Aihoiden sijoittamiselle meistien väliin tarvittiin myös oma ammattiryhmänsä, jota kutsuttiin nimellä *suppositores* [sijoittaa paikoilleen]. Sen jälkeen kun aihio oli sijoitettu meistien väliin, vasaramiehet, *malleatores*, löivät ylämeistin päälle raskaalla vasaralla tai lekalla, mikä synnytti rahamassassa korkokuvion eli reliefin. Korkokuvion tuottamiseen riitti yksi tai kaksi napakkaa iskua.

## Mitä meistit kertovat?

Rahapajan yhteydessä toimi kaivertamo tai ateljee, jossa rahalyönnin keskeisimmät välineet eli meistit tuotettiin. Meisteihin kaiverrettiin kaikki lopputuotteeseen eli rahan tulevat tekstit ja kuvat käänteisenä kuviona, joka lyönnin jälkeen siirtyi rahamassaan positiivina. Meistit olivat tavallisesti pitkänomaisia, pyöreitä rauta- tai pronssitankoja, joiden yhteen päähän meistikuvio kaiverrettiin. Useita, lähes täydellisiä rahalyönnissä käytettyjä työvälinesarjoja, on löydetty viime vuosina sekä arkeologisilta kaivauksilta että kätkölöytöinä. Monen löydön luonne sekä niissä olleiden rahojen koostumus viittaa siihen, että valtion harjoittama säännöstelytalous ja rahamonopoli innosti myös oman leivän leventämiseen eli rahanväärentämiseen, joka tosin oli ankarasti rangaistavaa.

Antiikin rahanlyöntitekniikasta johtuen ylämeisti kului alameistiä nopeammin, sillä vasaran isku kohdistui aina ylämeistiin eli rahan etupuolelle. Ylämeistin hajottua se vaihdettiin uuteen, kun taas alameisti jäi paikoilleen. Tästä muodostui niinsanottu meistisarja, saksaksi *Stempelkoppelung*. Meistisarjat ovat antaneet numismaatikoille mahdollisuuden seurata, miten rahoja tuotettiin sarjoina ja miten tietynä aikakautena siirryttiin rahatyypistä toiseen. On jopa ollut mahdollista todeta, kuinka tietyn rahasarjan lyönnin aikana meistejä siirrettiin yksi eräänlaiseen kassalippaaseen, minkä jälkeen ne seuraavana päivänä palautettiin ja yhdistettiin niin, että muodostui uusia meistipareja. Huomioista on ollut erityistä hyötyä antiikin rahan teknisen toteuttamisen ymmärtämisessä ja tuotantovaiheiden hahmottamisessa.

Antiikin rahojen meistitutkimusten kautta on myös selvinnyt, että useat kaiverajat olivat liikkuvia käsityöläisiä, jotka mitä ilmeisimmin siirtyivät tai siirrettiin rahapajasta toiseen töiden mukana. Käytäntöön viittaa saman henkilön kaiveramat meistit, joita esiintyy eri alueilla lyödyissä rahoissa. Joskus meistejä voitiin myös tuottaa etukäteen tietty määrä, minkä takia antiikin rahoissa olevia vuosilukuja ei aina voida ottaa täysin todesta. Esimerkiksi Juudean provinssin alueella kaiverrettiin todennäköisesti ensimmäisen juutalaissodan kynnyksellä (ennen vuotta 66 jKr.) juutalaisen kuningas Agrippa II:n aikana valtava määrä yhden tietyn rahatyypin meistejä – useita tuhansia tai enemmän. Rahoissa olevan vuosiluvun mukaan kaikki tyyppin rahat olisi lyöty yhden kalenterivuoden aikana, mikä ei kuitenkaan sen aikaisena teknisenä suoritukseksi ole ollut mahdollista. Käytännössä tämän rahan valmistusta jatkettiin usean vuoden ajan, vaikka se tapahtuikin saman vuoden meisteillä. Vastaavasti on useita selviä tapauksia siitä, miten rahapajan virkamiehet yhdistelivät eri vuosina käytettyjä meistejä. Joskus kaivettiin jopa esiin rahapajan kätkeistä jo vuosia sitten käytöstä poistettu ilmeisen hyväkuntoinen meisti, joka yllättävästi yhdistettiin uuteen meistiin.

## Mitä tutkimukset kertoivat?

### Metallurgia:

Valittujen rahojen metallurgisia ominaisuuksia tutkittiin näytepaloista pyyhkäiselektronimikroskoopilla (*Scanning Electron Microscope*, SEM). Mikroskoopi- valokuvista voitiin päätellä monia rahojen tekniseen valmistukseen liittyviä yksityiskohtia.

Todettiin esimerkiksi, että rahojen aihiot oli valettu pystysuoriin nauhamaisiin kaksiosaisiin muotteihin. Tiedetään myös, että kuparisekoitteiset aihiot vedettiin lyöntivaiheessa kuumentamisen jälkeen nauhoina meistien välissä ikään kuin liukuhihnatyönä siten, että nauha nykäistiin aina askeleen verran eteenpäin, kun edellinen raha oli lyöty ja valmis. Tällä menetelmällä saavutettiin lyöntivaiheessa noin yhden rahan sekuntivauhti, teoreettisesti laskien. Lyötyjen rahojen metallurginen rakenne ja se muoto, johon alkuaaineet jäähmettyivät, kertovat vuorostaan, että metalliaihioita oli kuumennettu ennen lyöntiä yli 1000° C mutta alle 1600° C lämpötilassa. Kuuma-lyöntitekniikkaa suosittiin siksi, että se oli hellävarainen vaihtoehto sekä meisteille että lopputuotteille. Rahojen metallurginen rakenne kertoi myös sen, että rahoja ei lyönnin jälkeen jäähdytetty vedellä ja että aihiot olivat paikallista valmistetta. Tämän vahvisti myös kemiallisen aineiston tilastollinen monimuuttuja-analyysi, josta tarkemmin myöhemmin. Jäähdytymisen jälkeen valmiiksi lyödyt rahat hakattiin irti nauhoista terävällä taltalla, jonka jäljet näkyvät usein rahan reunoissa. Peruskolikoiden kohdalla särmiä ja muita valujälkiä ei tavallisesti ryhdytty poistamaan, vaan ne jätettiin jäljelle – tutkijoiden onneksi voisi sanoa.

### Kemiallinen tutkimus:

Analyysit osoittivat, että tutkitut Juudean roomalaiset pronssirahat eivät olleet normaalia tina-pronssia (suhde 10% tinaa ja 90% kuparia), vaan lyijy-tina-pronssia, jossa lyijyn kokonaispitoisuus vaihteli voimakkaasti. Rahojen metalli sisälsi keskimäärin noin 78% kuparia, 10% tinaa ja 11% lyijyä. Aika ajoin havaittiin myös suurempia määriä sinkkiä (1–5%), jolloin ainesta

pikemminkin voisi kuvata tina-messingiksi tai lyijy-tina-messingiksi.

Kun rahat asetettiin niissä olevien vuosilukujen mukaan oikeaan kronologiseen järjestykseen, havaittiin eräs hämmästyttävä piirre: kemiallinen koostumus muuttuu kesken kaiken. Aineistossa erottui selvästi kaksi ajallisesti ja aineellisesti toisistaan poikkeavaa tina-pronssiseosta. Yleisimmin käytettiin lyijy-tina-pronssia, jossa lyijyn osuus vaihteli 1–26% välillä. Keisari Tiberiuksen aika (15–37 jKr.) näyttää kuitenkin selvästi olleen poikkeava ajanjakso, jolloin lyijy häviää täydellisesti rahoista, ja metalliseos muuttuu puhtaaksi tina-pronssiksi.

Yksittäisistä alkuaineista yllättäen tinan osuus metalliseoksessa vaihtelee vähiten. Tina oli kallein ainesosa kaikissa pronssiseoksissa, mikä johtui siitä, että metallia esiintyi suhteellisen harvoissa paikoissa ja tavallisesti suurten etäisyyksien takana. Tinapitoisuutta metallisineissä ja erityisesti rahoissa käytetään tästä syystä indikaattorina antiikin talouden yleisestä tilasta. Yleinen tinapitoisuuden väheneminen tiettyä ajanjaksona on merkki metallimassan tahallista huonontamisesta, siis inflaatiosta.

Tutkimusten loppuvaiheessa kemiallisen analyysin tuloksia tutkittiin vielä tilastollisten menetelmien avulla. Tarkoituksena oli esimerkiksi selvittää, ohjasiko tinan ja lyijyn muutoksia rahamassassa jokin ennalta määrätty sääntö tai yhtälö, vai olivatko havaitut vaihtelut pelkkää sattumaa. Samantyyppistä tutkimusta oli aikaisemmin tehnyt ainoastaan amerikkalainen tutkija Earle R. Caley 1930- ja 60-luvuilla.<sup>15</sup> Siksi tuntui erityisen houkuttelevalta tutkia, oliko roomalaisilla mahdollisesti ollut edellämämainitun kaltaisia metallurgisia pyrkimyksiä.

Teimme siis yksityiskohtaisen tilaston lyijyn ja tinan yhteisosuudesta painoprosentteina metallimassassa ja huomasimme, että tina-pronssia oli mitä ilmeisimmin valmistettu neljän erilaisen reseptin mukaisesti. Tinan ja lyijyn yhteisprosentit vaihtelivat ryhmissä tasaisesti noin 10% ja 40% välillä. Näiden reseptien sisällä tina ja lyijy esiintyivät aina tarkassa, etukäteen määrättyssä suhteessa toisiinsa, mikä viittasi selvään suunnitelmallisuuteen. Rahojen vuosiluvut

viittavat lisäksi siihen, että tiettyä reseptiä näyttää käytetyn vain tiettyinä aikoina, jonka jälkeen siirryttiin seuraavaan formulaan, joka saattoi olla parempi tai huonompi.

Syy tähän menettelyyn lienee ennen muuta taloudellinen, vaikka todellisten motiivien hahmottaminen on hyvin vaikeaa vertailuaineiston puuttumisen takia. Muuttamalla tinan ja lyijyn välistä suhdetta pystyttiin kuitenkin melko pitkälle säätelemään kustakin metallierästä valmistettavan rahaerän suuruutta, joka ainakin osaksi selittää ilmiötä. Kaikkein mielenkiintoisinta tässä on kuitenkin se, että ensimmäistä kertaa roomalaisen numismaatiikan historiassa näyttäisi olevan selviä metallurgisia todisteita roomalaisen historioitsija Pliniuksen väitteelle,<sup>16</sup> että roomalaisilla oli tapana lisätä metalliseoksiin valmiita tankoja, joissa oli tinaa ja lyijyä tarkasti punnituissa mittasuhteissa. Toinen erittäin mielenkiintoinen piirre liittyy tinan yleiseen esiintymiseen metallimassassa. Tämän mukaan tinan keskimääräinen osuus metallin kokonaispainosta laskee matemaattisesti havaittavalla tavalla mitä lähemmäs juutalaisotia (66–73 jKr.) tullaan. Syy ilmiöön on ollut taloudellinen: roomalainen keskushallinto pyrki suuriin kustannussäästöihin vähentämällä kalliimpien ainesosien osuutta rahamassassa. Seurauksena tästä mahdollisesti oli, että rahan arvo laski merkittävästi, sillä näin kävi säännöllisesti antiikin aikana rahareformien yhteydessä. Kuluttajat ovat aina olleet yllättävän laatu-tietoisia, eikä antiikin aika tee säännöstä poikkeusta. Rahojen laadullinen heikentäminen huomattiin tietenkin aina, yleensä heti, ja siitä valtio sai vieläkin enemmän huolia, sillä parempia rahoja ei normaalisti saatu vedettyä maksuliikenteestä pois ajoissa; ne katosivat kuluttajan sukanvarteen.<sup>17</sup>

Suurimmat vaihtelut esiintyivät tutkimustuloksissa yllättäen kuparin ja lyijyn pitoisuuksissa; kuparin osuuden noustessa tinan+lyijyn osuus laskee ja päinvastoin. Tämä tarkoittaa erityisesti sitä, että kuparin esiintyminen voidaan ymmärtää tinan ja lyijyn funktiona. Eräissä rahoissa oli myös ylisuuria pitoisuuksia rautaa (1–3,5%), minkä tarkoitusta ei tässä yhteydessä voitu

varmuudella määritellä. Tiedetään, että rautaa on muinaisina aikoina lisätty kupariseoksiin tarkoituksellisesti silloin tällöin,<sup>18</sup> mutta rahoissa vastaavat pitoisuudet ovat aina poikkeuksellisia. Rautaa käytettiin sulatusaineena erityisesti kuparinvalmistuksen yhteydessä.<sup>19</sup> Kuparipitoisissa malmeissa on kuonaamuodostavia aineita, jotka vaikeuttivat huomattavasti antiikin metallinvalmistusta. Raudan lisääminen alensi kuonan sulamispistettä ja vapautti kuparia silikaattiyhdisteistä, mikä lisäsi kuparimäärän tuottavuutta. Rahojen kohdalla raudan lisääminen pronssiseokseen ei kuitenkaan olisi ollut kovin järkevää, sillä rauta tietenkin myös kovettaa metallin siinä määrin, että raha-aihiot olisivat liiallisen kovuuden seurauksena murtuneet jo lyöntivaiheessa. Siksi on perusteltua olettaa, että raudan esiintyminen pronssirahoissa liittyyneehkähä jonkinlaisiin teknisiin kokeiluihin tai mahdollisesti rahan sisäiseen korroosioon, joka jäi havaitsematta. Mikäli rautaa on käytetty lisäaineena, lienee kokeilujen päämääränä ollut tarkoitus parantaa kuparimalmin sulatusprosessia tai metallimassan kestävyyttä ja sitä kautta rahojen kulutuskestävyyttä sekä vähentää rahojen uusimistarvetta.

## Johtopäätöksiä

Tina-pronssin esiintymisestä Juudean provinssirahoissa varhain ensimmäisellä vuosiadalla jKr. voimme päätellä, että keisari Augustuksen (27 eKr. – 14 jKr.) rahareformin seurauksena Syyrian ja Juudean rahapajat tuottivat pelkästään tina-pronssia, kun taas valtakunnan muut rahapajat tuottivat joko puhtaita kupari- tai messinkikolikoita. Mitä tämä kaikissa yksityiskohdissaan merkitsi, jää toistaiseksi vielä epäselväksi. Tutkimustulokset tukevat kuitenkin jo nyt käsitystä Syyrian ja Juudean provinssien välisestä riippuvuussuhteesta roomalaisaikana; asia, joka on jo pitkään askarruttanut historiantutkijoita ja numismaatikoita.

Monista taloudellisista, teknisistä tai hallinnollisista vaihtoehdoista, joita erilaisten metallimassojen käytölle keisari Tiberiuksen aikana (14–37 jKr.) voisi selitykseksi tarjota, näyttäisi Pontius Pilatuksen (26–36 jKr.) aikakauden lähteissä mainittu

akveduktihanke olevan todennäköisin. Juutalainen historioitsija Josefus Flavius<sup>20</sup> kertoo Pilatuksen rakentaneen akveduktin hallintokautenaan, ja mikäli hanke on edes jossakin määrin seurannut tavallista roomalaista insinööri- ja teknistä kaavaa, tarvittiin sen tekemiseen suuria määriä lyijyä. Akveduktin vesiputket, *fistulat*, tehtiin yleensä lyijystä, jota joskus käytettiin myös veden säännöstelemiseen tarkoitettujen suokappaleiden, *calixien*, valmistamiseen. Tämä selittäisi miksi lyijyä ei enää ollut riittävästi rahojen metallimassan valmistukseen kyseisenä aikana; lyijyähän oli muuten helposti saatavilla eikä sen hintakaan yleisesti ottaen ollut kovin korkea.<sup>21</sup>

Rahojen vähäisemmät epäpuhtaudet (*minor impurities* 0,1–0,01% ja *trace impurities* <0,01%) muodostivat selvästi erilaisia kuvioita tai ”sormenjälkiä” eri aikakausien kohdalla. Tämä viittaa vahvasti siihen, että rahan metallimassan metallit tulivat eri aikoina eri lähteistä. Samanlainen epäpuhtausprofiili taas viittaa siihen, että eri artefaktiryhmillä olisi ollut sama metallilähde. Hämmästyttävien havainto oli, että M. Pontingin (1996) roomalaisille aseille ja esineille tekemät vastaavanlaiset mittaukset muistuttivat hyvin paljon rahoille muodostuneita kuvioita.

PCA-analyysi osoitti, että tietyillä metalliesineryhmillä oli selvästi sama metallilähde kuin tietyn aikakauden rahoilla. Mitään vastaavanlaista ei koskaan aikaisemmin ole arkeometallurgisesti pystytty numismatiikassa osoittamaan. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jopa kuparisekoitteisten kolikoiden valmistukseen on antiikin aikana kiinnitetty huomattavasti enemmän huomiota kuin mitä aikaisemmin on luultu. Roomalaisilla oli ilmeisesti olemassa myös provinssien aluella paikallinen ”kierätykeskus” tai romuvarasto, josta sekä virkavalta että paikalliset metalliseipät saattoivat hankkia metallia. On suhteellisen varmaa, että suurin osa rahoihin tarvittavasta metalliaineksesta oli jo kertaalleen tai useammin käytettyä. Löytöämme tukevat lukuisat Pohjois-Israelin rannikkovesistä tehdyt uudet meriarkeologiset löydöt, jotka ajoittuvat roomalaisaikaan.<sup>22</sup> Laivojen kuormissa on ollut runsaasti erilaista metalli-

romua, kuten eri aikakauden rahoja – myös tutkimusryhmämme analysoimia Juudean provinssirahoja – metalliharkkoja sekä patsaan osia ja muuta metallia. Löytöjen luonne viittaa hyvin vahvasti siihen, että kuormia oliin onnettomuuden sattuessa viemässä ehkä juuri edellämainitun tapaiseen kierrätykskeskukseen tai metallivirstaaseen tai jopa rahapajaan sulatettavaksi.

## Lähteet:

- 1 Ponting 1996, s. 2.
- 2 Ponting 1994, eri paikoin.
- 3 Burnett-Amandry-Ripollés 1992, Vol. I, s. xvii.
- 4 Riederer 1987, s. 108.
- 5 Ponting 1996, s. 22.
- 6 Butcher-Ponting 1995, s. 63–77.
- 7 Ks. esimerkiksi Cope 1972, s. 3–47.
- 8 Ks. esimerkiksi Baxter 1992.
- 9 Lönnqvist 1992, s. 13–34.
- 10 Lönnqvist 1997.
- 11 Aineisto käsikirjoituksessa Ponting 1996.
- 12 Selostus menetelmästä, katso Segal-Kloner-Brenner 1994, s. 737–742.
- 13 Ongelmista esimerkiksi Peachin 1986, s. 94–106.
- 14 Ørstedt 1985, monia hyviä esimerkkejä.
- 15 Kreikkalaisilla rahoilla; Caley 1939 ja 1964.
- 16 Natural History, XXXIV, 95–98.
- 17 Tunnetaan ns. Greshamin lain nimellä.
- 18 Craddock-Meeks 1987, s. 187–204.
- 19 Rautaan liittyvä selostus, ks. Huldén 1989, s. 58–60.
- 20 War (Bellum Judaicum) II, 175–177.
- 21 Boulakia 1972, s. 139–144.
- 22 Ks. esimerkiksi Galili, Ehud-Raban, Avner-Engert, Arnon 1991, s. 41 ja Galili-Dahari-Sharvit 1993, s. 68.

## Lähteet ja kirjallisuus:

Baxter, M.J., Statistical analysis of Chemical Compositional Data and the Comparison of Analyses. *Archaeometry* 34, 2, 1992, s. 267–277.

Boulakia, Jean David C., Lead in the Ancient World. *American Journal of Archaeology*, Vol. 76, 1972, s. 139–144.

Burnett, Andrew & Amandry, Michel-Ripollés & Pere Pau, Roman Provincial Coinage, Vol. I: From the death of Caesar to the death of Vitellius (44 BC–AD 69), Part I: Introduction and Catalogue. London 1992.

Butcher, Kevin & Ponting, Matthew James, Rome and the East. Production of Roman Provincial Coinage for Caesarea in Cappadocia under Vespasian, AD 69–79. *Oxford Journal of Archaeology* 14 (1), 1995, s. 63–77.

Caley, Earle R., The Composition of Ancient Greek Bronze Coins. *Memoirs of the American Philosophical Society Held at Philadelphia for promoting useful knowledge*, Volume XI, 1939.

Caley, Earle R., *Analysis of Ancient Metals*. International Series of Monographs on Analytical Chemistry, Vol. 19. Slough, Bucks 1964.

Cope, L. H., *The Metallurgical Analysis of Roman Imperial Silver and Aes Coinage*. Methods of Chemical and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage. A Symposium held by the Royal Numismatic Society at the Burlington House, London on 9–11 December 1970. Ed. Hall, E.T. & Metcalf, D. M. Oxford 1972, s. 3–47.

Craddock, P.T. & Meeks, N.D., Iron in Ancient Copper. *Archaeometry*, Vol. 29, 2 1987, s. 187–204.

Galili, Ehud-Raban, Avner & Engert, Arnon, Caesarea 1989, Underwater Finds (a) Sedot Yam, Jetty. Excavations and Surveys in Israel 1989–1990, Vol. 9 (English Edition of Hadashot Arkheologiot, Archeological Newsletter of the Israel Antiquities Authority, Numbers 94–95. Jerusalem 1991, s. 40–42.

Galili, Ehud-Dahari & Uzi-Sharvit, Jacob, Underwater surveys and rescue excavations along the Israeli coast. *The International Journal of Nautical Archaeology* (1993), 22 (1), February 1993, s. 61–77.

Huldén, Bjarne, Antiken och Tekniken. Svenska Vetenskapsakademien i Finland, Meddelanden Nr. 43. Jyväskylä 1989.

Josephus II, *The Jewish War*, Books I–III. The Loeb Classical Library.

Lönnqvist, Kenneth, A Metallurgical and Chemical Analysis of the Procuratorial Coinage of Roman Judaea. *Berliner Beiträge zur Archäometrie*, Band 11, Berlin 1992, s. 13–34.

Lönnqvist, Kenneth, A Second Investigation into the Chemical Composition of the Roman Provincial (Procuratorial) Coinage of Judaea A.D. 6–66. *Israel Numismatic Journal*. Jätetty julkaistavaksi 1997.

Ørstedt, Peter, Roman Imperial Economy and Romanization. A Study in Roman Imperial Administration and the Public Lease System in the Danubian Provinces from the first to the third Century A.D. Copenhagen 1985.

Peachin, Michael, The Procurator Monetae. *The Numismatic Chronicle*, Vol. 146, 1986, s. 94–106.

Ponting, Matthew James, *Folles and Forgeries: an appraisal of the composition of Roman copper-alloy coinage of the mid-third to mid-fourth centuries A.D. from Britain*. Ph.D. -thesis, Institute of Archaeology, University College London. London 1994.

Ponting, Matthew James, Masada: Part I. Armour scales and weapons. *Käsikirjoitus* 1996.

Riederer, Josef, *Archäologie und Chemie – Einblicke in die Vergangenheit*. Berlin 1988.

Segal, Irene & Kloner Amos-Brenner, I.B. Multi-element Analysis of Archaeological Bronze Objects Using Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry: Aspects of Sample Preparation and Spectral Line Selection. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, June 1994, Vol. 9, 1994, s. 737–742.

Kenneth Lönnqvist, fil.lis., on toiminut vieräsvuonna tutkijana The Israel Museum of Jerusalemissa ja Jerusalemin Rockefeller-museossa.  
kenneth.lonnqvist@helsinki.fi