

EESTI KUNSTIAKADEEMIA  
Kunstikultuuri teaduskond  
Muinsuskaitse ja restaureerimise osakond

Aive Rumm

**EESTI VARA-UUSAEGSETE MÜNTIDE  
KONSERVEERIMINE.  
METOODIKA JA PROBLEEMID**

MAGISTRITÖÖ

Juhendaja: Mart Viljus, PhD Nat Sci  
Mauri Kiudsoo, MA

Tallinn, 2008

## Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud magistritöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

„ .... ” ..... 2008. a.

.....

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele :

„ .... ” ..... 2008.a.

.....

Kaitsmine toimub Eesti Kunstiakadeemia Kunstikultuuri teaduskonna magistrinõukogu koosolekul 5. juunil 2008. aastal.

Kaitstud hindele:

.....

„ .... ” ..... 2008. a.

.....

# Sisukord

SISSEJUHATUS .....	4
1. VARA-UUSAEGSED AARDED JA MÜNDID .....	6
1.1. Vara-uusaegsete aarete ajaline jaotus .....	7
1.2. Peamised mündidtüübid Eesti vara-uusaegsetes aaretes .....	8
1.3. Müntimistehnoloogia.....	11
2. LEIUKESKKOND JA OBJEKTIDE KAHJUSTUSED .....	15
2.1. Materjale mõjutavad tegurid.....	16
2.2. Eesti mullad .....	20
2.3. Keskkonna muutused enne ja pärast arheoloogilisi kaevamisi .....	23
2.3. Paatina ja korrosioon .....	25
2.3.1. Hõbeda kahjustused .....	28
2.3.2. Vase kahjustused .....	32
3. KONSERVEERIMISE PRINTSIIBID JA TEGEVUSED .....	38
3.1. Konserveerimine Eestis .....	41
3.2. Konserveerimisprotsessi mõjutavad tegurid.....	43
3.2.1. Objekti kahene olemus .....	43
3.2.2. Paljastamine, uurimine, säilitamine (PUS).....	44
3.2.3. Konserveerimisprotsess .....	49
3.2.4. Konserveerimistegevuste järjestus .....	50
3.3. Arheoloogiliste esemete hoiustamine pärast väljakaevamist .....	51
3.3.1. Leidude pakkimine .....	52
3.3.2. Säilitamine hoidlatingimustes.....	58
4. EKSPERIMENT.....	61
4.1. Ülesande püstitus .....	61
4.2. Materjali analüüsid .....	62
4.3. Proovimüntide valmistamine .....	65
4.3.1. Metallpleki valmistamine .....	65
4.3.2. Pinnakihi hõbedaga rikastamine .....	66
4.4. Arheoloogiliste müntide konserveerimise meetodid .....	70
4.4.1. Mehaaniline puhastamine .....	71
4.4.2. Galvaaniline puhastamine.....	71
4.4.3. Elektrolüütiline puhastamine .....	73
4.4.4. Keemiline puhastamine .....	74
4.4.5. Müntide pinna viimistlemine.....	77
4.4.6. Stabiliseerimine ja tugevdamine.....	79
KOKKUVÕTE .....	80
KASUTATUD KIRJANDUS .....	82
SUMMARY .....	85
Lisad .....	91

## SISSEJUHATUS

Minu magistritöö jätkab osaliselt bakalaureuseõppes alustatud. 2005. aastal Eesti Kunstiakadeemias kaitstud bakalaureusetöö: “Arheoloogilised leiud von Münnichite hauakambrist” käsitles kombineeritud metallide (messing ja amalgaamitud hõbe) konserveerimise probleeme ja võimalusi. Käesolev magistritöö keskendub eeskätt vähese väärismetalli sisaldusega materjalile ning selle konserveerimise problemaatikale. Erialakirjanduses võib küll kohata erinevaid soovitusi nii vase kui hõbeda konserveerimiseks, kuid vähe on tähelepanu pööranud liitmaterjalide konserveerimisele. Oma praktika jooksul TLÜ Ajaloo Instituudis olen kohanud palju kõrge vasesisaldusega münte, mis on oskamatu konserveerimise tagajärjel sisuliselt hävitatud. Sellistel müntidel säilinud informatsiooni väärtus on küsitav, samuti on mõeldamatu nende eksponeerimine – metalli pind on ülepuhastatud, poorne ja moonutatud. Põhjuseks on ebasobivad menetlused ja/või töövahendid, mida on kasutatud. Selline münt on üldjuhul kaotanud ka oma numismaatilise väärtuse – iseküsimus on muidugi see, kas teadusasutuses säilitatav mündikogu peab üldse olema ka numismaatiliselt väärtuslik.

Käesoleva töö eesmärgiks on uurida lähemalt vähese väärismetalli sisaldusega hõbemüntidega toimuvaid protsesse nii enne kui ka pärast arheoloogilisi väljakaevamisi, samuti konserveerimisel ja hilisemal säilitamisel aset leidvaid muutusi. Vaserikaste hõbemüntide näol on tegu väga hapra ja kapriisse materjaliga, kus hilisem vigade parandus on väga komplitseeritud, kui mitte võimatu. Uurimistöö ajalise raamistiku valiku tingis ühelt poolt asjaolu, et arheoloogilistel kaevamistel leitakse eelkõige vara-uusajast pärit münte, teisalt aga see, et just 16.–18. sajandi müntide konserveerimine on nende suure vasesisalduse tõttu ülimalt komplitseeritud. Uurimisobjektina kasutasin järgmistest Eesti vara-uusaegsetest aaretest pärinevat mündimaterjali: **Otepää, Rutikvere, Alaküla ja Kaarma**. Konkreetsed aarded on TLÜ Ajaloo Instituudi numismaatikakogu hoidja (Mauri Kiudsoo) dateerinud *tpq* (*terminus post quem* – aeg, enne mida ei saa leid olla peidetud) järgi ajavahemikku 1557–1708. Valiku juures lähtusin põhimõttest, et esindatud oleksid kõik vara-uusaegsed aardeleidude grupid ning peamised siinmail käibinud mündisordid. Välja jäid mündid, millede konserveerimisel ei teki erilisi probleeme, näiteks kõrge hõbedasisaldusega taalrid ja vene traatkopikad ning rootsi vaskmündid.

Samuti on uurimistöö eesmärgiks kaardistada peamised jõujooned, millega tuleb konserveerimisprotsessis arvestada, nt mida toob endaga kaasa objekti puhastamine, uurimine ja säilitamine ning kas on võimalik nende vahel leida ideaalne tasakaal. Kas piisab näiteks üksnes preventiivsest konserveerimisest, mida praktiseeritakse Soome Rahvusmuuseumis või peaks iga objekt olema pärast konserveerimismenetlust täiuslikult viimistletud nagu Moskva Restaureerimiskeskuses.

Töö referatiivses osas uuritakse arheoloogilise materjali säilimist maapõues, samuti seda, millised on leiumaterjali säilimiseks soodsad tingimused ja millised mitte. Konkreetsetele teadmistele tuginedes on võimalik juba arheoloogiliste kaevamistöode käigus operatiivselt tegutseda, et tagada leidude edasiseks säilitamiseks ja hoidmiseks võimalikult soodne keskkond.

Töös püüan leida vastuseid ka sellele, miks varasem müntide konserveerimine, eeskätt vähese väärissisaldusega metalli puhul, ei ole andnud soovitud tulemusi ja millised oleksid võimalikud menetlusviisid ja meetodika, mida võiks tulevikus riskide vähendamiseks soovitada. Kuna mündid kannavad endas märkimisväärset informatsiooni möödunud aegadest, olles oluliseks abivahendiks arheoloogiliste leiukomplekside dateerimisel, siis väärivad nad mineviku saadikutena lugupidavat suhtumist. Praktika on näidanud, et leiud jõuavad konserveerimislaborisse enamasti umbes aasta jooksul pärast väljakaevamist, mõnikord ka hiljem. Seetõttu olen enamasti sunnitud esemete konserveerimisel rakendama aktiivse konserveerimise menetlusi, kuna üldjuhul on esialgsed protsessid teinud juba oma töö. Seega on oluline otsida leidude säilitamiseks võimalikke lahendusi juba enne laborisse jõudmist, eriti kui arvestada, et leidude esialgse säilitamise valdkonnale ei ole tänaseni erilist tähelepanu pööratud.

Allikmaterjalina oli võimalik kasutada TLÜ Ajaloo Instituudi (AI) mündikogu, mis on Eesti suurim avalik numismaatiline kollektsioon. Enam kui 100000 vermingust koosneva mündikogu peamise osa moodustavad Õpetatud Eesti Seltsi (ÕES) ning Eestimaa Kirjanduse Ühingu (EKÜ) endised kollektsioonid. Lisaks säilitatakse AI-is ka Ajaloo Muuseumi (AM) poolt ajavahemikus 1946–61 omandatud aardeleide. ÕES mündikogu kaudu on kollektsioonis esindatud veel Eesti Rahva Muuseumi (ERM) ning Tallinna Eesti Muuseumi (hilisem Eesti Kunstimuuseum) poolt korjatud mündimaterjal. Lisaks aardeleidudele ning üksikmüntidele sisaldavad ÕES ja EKÜ rahakogu ka kümneid endisi erakollektsioone.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Kiudsoo, M. The Formation of the Numismatic Collections of the Institute of History. — Estonian Archaeology 1, Tartu University Press, 2006, lk 239-242.

# 1. VARA-UUSAEGSED AARDED JA MÜNDID

**Aardeleid** on väärisesemete (näiteks mündid ja ehted) kogumid, mis on erinevatel põhjustel ja aegadel maapõue peidetud.<sup>2</sup> Kas on võimalik määratelda, kui mitmendast mündist algab aare? Mündiaarete minimaalse suuruse määramisel pole siiski üheselt tunnustatud seisukohta välja kujunenud. Paljude uurijate poolt praktiseeritav klassifikatsioon välistab näiteks ühe tahtlikult peidetud kuldmündi käsitlemise omaette aardena, kuigi viimase väärtus võis olla suurem nii mõnegi teise hõberahadest koosneva leiukompleksi omast.<sup>3</sup> Eestis oli väärismetallidest kasutusel ennekõike hõbe, kuldrahad või -ehted on haruldased.

Kuna aare koosneb tavaliselt nii peidetud varast kui ka selle mahutamiseks kasutatud laekast, kukrust või anumast, avastatakse leidmisel lisaks müntidele sageli ka erinevate nõude jäänuseid. Kui Kaarma leiu puhul oli kasutatud ainult ühte vasknõud, siis Rutikvere leid oli pakitud kogunisti mitmekordselt: vasest paja sees oli väiksem nõu, milles asusid omakorda tinast kann ja arvatav savipott, kusjuures rahad oli tõenäoliselt mähitud veel riide sisse (lisa 1).<sup>4</sup> Üldjuhul tulevad aarded päevavalgele põlluharimise, ehitustegevuse, turbalõikamise jm sellise käigus. Sarnaselt teiste mälestistega on kõik peit- ja aardeleid, sõltumata nende vanusest, koostisest ja suurusest väärtuslikud ajalooallikad, mistõttu need ei kuulu leidjale, vaid riigile. See on hädavajalik, et tagada neile juurdepääs nii uurijate kui huviliste poolt ning kindlustada kultuuripärandi säilimine.<sup>5</sup>

Komme peita varandus maapõue on tõenäoliselt sama vana kui inimühiskond. Eesti varaseim müntidest koosnev peitleid pärineb juba vanemast rauaajast (1-5 saj. m.a.j), see avastati Juminda poolsaarelt ja koosneb neljast Rooma vaskrahast. Hõberahad muutuvad meie aares selgelt domineerivaks siiski alles alates 9. sajandist. Eesti vanimaks lääneeuroopa münte sisaldavaks aardeks on Harjumaal Metsakülas päevavalgele tulnud aare, mille *tpq* on aasta 965. Muinasaja lõpuperioodi jäävad ilmselt ka esimesed kohapeal vermitud rahad.<sup>6</sup>

---

<sup>2</sup> Taml, Ü., Kiudsoo, M. Eesti muistsed aarded, Tallinn, 2005, lk 1.

<sup>3</sup> Kiudsoo, M. Eesti kesk- ja vara-üsaegsed aardeleid. Vermingud ja nende ajaline ringlus, Magistritöö, Tartu, 2007, lk 9.

<sup>4</sup> Kiudsoo, M. Eesti mündiaarded 17. sajandist.– Lisa I, nr 8, Tartu, 2000.

<sup>5</sup> Taml, Ü., Kiudsoo, M. Eesti muistsed aarded, lk 1.

<sup>6</sup> Samas, lk 3-5.

Eesti ajaloolise aja aarete (s.o periood alates 13. sajandist) puhul võib esile tuua kolme peamist **peitmismotiivi**:

- majanduslik – maasse peidetud vara kui hoiupank;
- poliitiline – sõjahirmus maetud esemed;
- kultuslik – ohverdamine.

Keskaja kontekstis on aarete tekkimise juures olnud levinuim majanduslik motiiv. Seevastu vara-uusaegseid, eriti Liivi sõja (1558–1583) ja sellele järgnenud Poola-Rootsi jätkusõja esimese perioodi (1600–1610) rahapadasid tuleks käsitleda kui sõjahirmus maetud esemetekogumeid, s.t ilmneb poliitiline motiiv. Kultusliku tagapõhjaga aarete kohta andmeid napib. Kuigi leidub küllaldaselt andmeid soodest avastatud 16.-17. sajandi aarete kohta, pole tervete rahapadade soodesse ohverdamine vähemalt vara-uusaja kontekstis enam eriti usutav. Pigem on nende aarete näol tegemist sõja ajal rabadesse ning soosaartele pakku läinud inimeste isikliku varaga, mida loodeti rahulike aegade saabudes uuesti kasutada. Ajavahemikust 14.-16. sajandi keskpaik teatakse reeglina üksnes müntidest koosnevaid aardeid. Alates 16. sajandi teisest poolest sisaldavad aardeleiud üle pika aja aga taas hulgaliselt ehteid. Kõige enam on aardeid leitud rahutust ajavahemikust 1558-1611. Kui kogu keskajast on meil informatsiooni vaevalt viiekümne mündiaarde kohta, siis ainuüksi 16./17. sajandi vahetusest on neid avastatud sadu näiteid koos kümnete tuhandete müntidega. Viimane asjaolu tagab uurijatele mahuka allikmaterjali kasutamisevõimaluse.<sup>7</sup>

## 1.1. Vara-uusaegsete aarete ajaline jaotus

### Liivi (1558-1583) ja Poola-Rootsi (1600-1629) sõda

18. novembril 1561 sõlmiti Vilniuses *pacta subiectionis* – leping, millega Liivimaa ordu ja Riia peapiiskopkond andsid end Poola kuninga Sigismund III Augusti alla. See daatum on jäänud ajaloolaste seas tinglikuks piiriks Eesti kesk- ja vara-uusaja vahel.

Tuginedes Eestist leitud aaretele, on oluline muutus nende koostises ja arvukuses toimunud vahetult Liivi sõja alguse järel, mil leidudesse ilmuvad uuesti ehted.<sup>8</sup> Samuti pärinevad Eestist leitud sajad aarded kümnete tuhandete müntidega just 1558. aastale vahetult järgnenud ajast.

<sup>7</sup> Kiudsoo, M. Eesti kesk- ja vara-uusaegsed aardeleiud, lk 23-24.

<sup>8</sup> Kiudsoo, M. Kesk- ja uusaegsetest ripatsmüntidest Eesti arheoloogilises materjalis. – Loodus, inimene ja tehnoloogia 2, Interdisiplinaarseid uurimusi arheoloogias, Tallinn-Tartu, 2008, lk 109-111.

See oli periood, mil ühtne Liivimaa lagunes ja Liivi sõda muutus suureks rahvusvaheliseks heitluseks. Liivi sõja ning Poola-Rootsi jätkusõja (1600-1629) aegse vaenutegevuse ja nn Väikesest jääajast tingitud ikalduste ning näljahädade tagajärjel hukkus suur osa Eesti elanikkonnast, mistõttu jäi peremeheta arvukalt maapõue maetud aardeid. Tolleaegsete varanduste leidmine ei viita mitte kohaliku elanikkonna jõukusele, vaid pigem sõja või mingi muu hädaga kaasnenud hävingu mastaapsusele.<sup>9</sup>

#### Vene-Rootsi (1656-1661) ja Poola-Rootsi (1657-1660) sõda

Vene-Rootsi sõda algas 1656. aastal, mil Vene väed vallutasid Tartu ja mõned väiksemad linnused: Vastseliina, Vasknarva jt. 1658. aastal sõlmiti venelaste ja rootslaste vahel Vallisaari vaherahu, mis püsis kuni 1661. aastani. 1660. aastal sõlmisid Oliwa rahu ka Poola ja Rootsi. Seega saab aktiivsest sõjategevusest rääkida üksnes ajavahemikus 1656-1658. Ometigi on see aeg pärandanud meile ligemale nelikümmend maapõue jäänud aaret.

#### Põhjasõda (1700-1721)

Rootsi 1660/1661. aasta rahulepingud Poola ja Venemaaga tagasid Eestile rahu ligemale neljaks aastakümneks. Hilisemad siit leitud arvukad aarded pärinevad 17. sajandi lõpust ja 18. sajandi algusest, mil maad tabas Põhjasõjast ja sellele eelnenud 1695.-1697. aasta Suurest Näljast ning viimasega kaasnenud katkust tingitud häving. Lisaks liikusid pärast Põhjasõja lõppu ringi endistest sõduritest ja talupoegadest koosnevad röövlite salgad. Tuginedes Eesti leiumaterjali põhjal tehtud uuringutele võib oletada, et tollase elanikkonna hukkumisega on seostatavad ka enamused ligemale kolmekümnest *tpq* järgi küll juba aastatel 1660-1683 peidetud aardeleiuist.<sup>10</sup>

## **1.2. Peamised mündidtüübid Eesti vara-uusaegsetes aaretes**

Liivi sõja aegsete mündiaarete koostisest ilmneb, et 1560.-1570. aastate esimesel poolel on enne 1561. aastat löödud Vana-Liivimaa rahad (peaasjalikult killingid) veel selgelt ülekaalus, kuid alates 1570. aastate teisest poolest langeb nende osakaal tunduvalt. Hiliseimad Vana-Liivimaa verminguid sisaldavad aardeleiuud kuuluvad Eestis 17. sajandi algusesse.

Vana-Liivimaa kokkuvarisemise järel algab Leedu poolekrossiste (löödud peamiselt ajavahemikul 1495-1566) invasioon Eesti raharinglusesse, eriti suurtes kogustes esineb neid

<sup>9</sup> Kiudsoo, M. Eesti kesk- ja vara-uusaegsed aardeleiuud, lk 18.

<sup>10</sup> Samas, lk 19.



aga Poola-Rootsi jätkusõja esimese perioodi (1600-1611) aaretel. Leedu poolekrossised kaovad Eestist käibelt alles 1620. aastatel.

Rootsi võim jõudis Eestisse Liivi sõja ajal 1561. aastal, koos sellega tulid siin lisaks oma müntidele käibele ka Rootsi rahad. 1585. aastani valmistati Tallinnas suurtes kogustes (kokku umbes 10 miljonit eksemplari) madalaproovilisi, vaevalt mõneprotsendilise hõbedasisaldusega vaskseid killingeid. Erik XIV vermingud ilmuvad aaretesse alates 1561. aastast ning tema järglase Johan III poolt löödud eksemplare sisaldab esimesena üks 1568. aasta järel peidetud aardeleid. Johan III mündid olid mõnevõrra parema hõbedasisaldusega ja tõrjusid seetõttu Erik XIV omad käibest kiiresti kõrvale. Kui 1570. aastatel peidetud aardeleidudes kohtab Rootsi peenraha massiliselt üle kogu Eesti, siis 1580. aastatel hakkas Rootsi Tallinna killingite osakaal kiiresti langema ning Poola-Rootsi jätkusõja esimese perioodi aarded sisaldavad neid võrdlemisi vähe. Lisaks Tallinna müntla toodangule leidub 17. sajandi alguse aardeleidudes teatud määral veel ka Rootsis Johan III ning Erik XIV ajal valmistatud peenraha.<sup>11</sup>

Seoses Liivimaa alistumisega Poolale 1561. aastal võttis Riia linn endale kaheks aastakümneks vabalinna staatuse, teostades sel ajal ka faktilist mündiõigust. Vabalinna killingid esinevad üksikeksemplaridena Eesti aaretel alates 1560. aastate keskpaigast ning 1570. aastatel nende esinemissagedus tõuseb. Eriti massiliseks muutub selliste vermingute hulk 1580./90. aastate Lõuna-Eesti aareteleidudes ning Poola-Rootsi jätkusõja algusaastail sisaldavad vabalinna killingeid peaaegu kõik meie mündiaarded. Osaliselt on vabalinna münte jäänud ringlusesse hiljemgi, mõnes aardes esineb üksikuid eksemplare kuni Põhjasõjani välja.

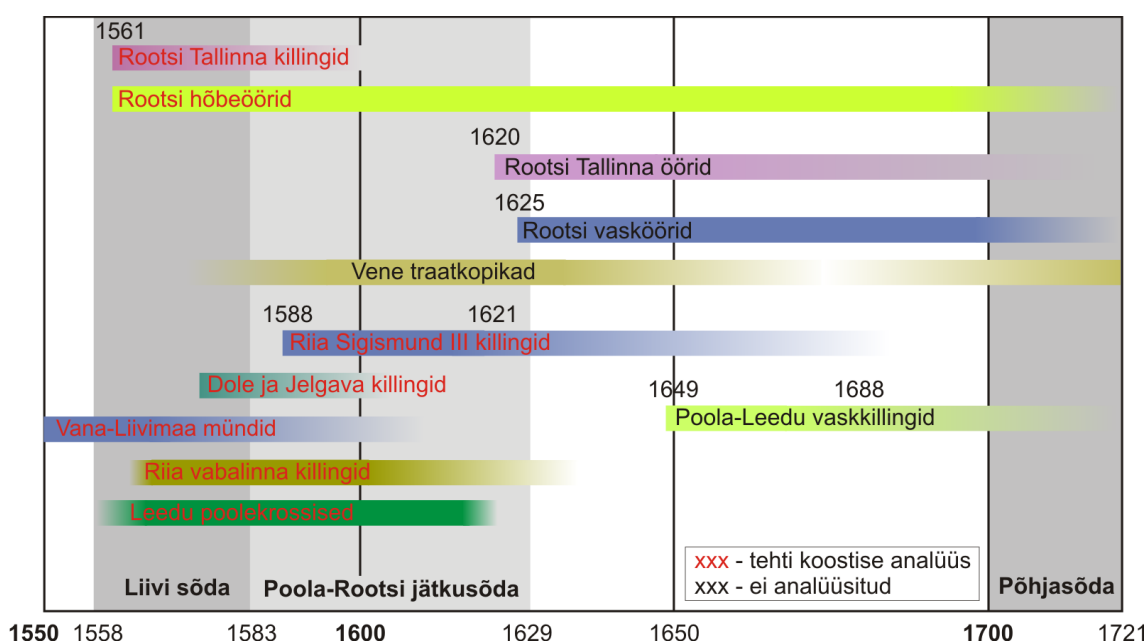
Poola võimud lasid aastail 1572-1573 Riia lähedal Dahleni (Dole) lossis lüüa madalaproovilist vahetusraha, lisaks tegutses tänapäeva Läti alal 1570. aastatel veel ka Miitava (Jelgava) müntla. Viimase toodangu hulgast tuleb eelkõige mainida 1575-1577 löödud väheväärtuslikke killingeid, milliseid esineb Eesti leidudes püsivalt, kuid võrdlemisi väikeses koguses. Seevastu Poola kuninga Sigismund III aegse Riia müntla (1588-1621) tegevusel oli 17. sajandi esimesel veerandil ülimalt märkimisväärne mõju Eesti mündikäibele: 1620. aastate aardeleidudes on Sigismund III killingite osakaal kogunisti 50-85%. Sigismund III peenraha leidub veel mõningal määral ka 1650.-1660. aastate mündiaaretel.

---

<sup>11</sup> Kiudsoo, M. Eesti kesk- ja vara-uusaegsed aardeleidud, lk 26.

17. sajandi keskpaigaks oli Eestis kujunenud välja kaks peamist raha käibeareali: Poola süsteemis löödud rahad ringlesid lõunapoolses, Rootsi mündid aga põhjapoolses Eestis. Lõuna-Eesti kuulus sellel ajal ühtsesse käibeareali Liivimaa Läti-osa, Kuramaa hertsogkonna, Leedu, Poola, Valgevene ja Ukrainaga. Poola rahade arealis etendasid Riia linn ning kroonumüntla peenraha kõrval olulist rolli veel Poola-Leedu rahapajades Johann Kasimiri valitsemisajal (1649-1668) löödud vaskkillingid ehk *boratnikud*. Kuigi 1665. aastal lõpetati Riias killingite vermine, etendas sealsete müntlate toodang kõrvuti Poola-Leedu vaskkillingitega olulist rolli veel ka Põhjasõja-aegses mündikäibes.<sup>12</sup>

Rootsis 1620. aastate keskel alanud ulatuslikul vaskmüntide vermisel oli samuti otsustav mõju Eestimaa 17. sajandi mündindusele. 1625. aasta 9. juuni Gustav II Adolfi patent sätestas, et vaskraha pidi käibima nii Rootsi riigis kui ka tema provintsid. Kuigi Liivimaa ujutati taoliste vermingutega üle väeosadele makstava palga näol, puuduvad siiski 1620. aastate teisel poole Eesti aaretas vaskmündid, mis viitab tõenäoliselt elanikkonna usalduse puudumisele harjumatu vaskraha suhtes. Rootsi vaskmündid püsisid ringluses veel ka Põhjasõja perioodil.<sup>13</sup>



joonis 1. Eestis vara-uusajal peamiselt käibinud mündisordid

<sup>12</sup> Samas, lk 27-28.

<sup>13</sup> Samas, lk 29.

Esimesed Vene mündid – kopikad ja dengad – ilmuvad Eesti aaretesse 1570. aastatel. Traatkopikaid leidub vaid osades Liivi sõja aegsetes mündiaaretes, kuid neid esineb ühtlaselt üle kogu Eesti. Poola-Rootsi jätkusõja ajal on vene traatkopikate käibearealiks olnud samuti pea kogu Eesti ala. Kuid 17. sajandi keskpaigaks oli Vene müntide kasutusala nihkunud juba tunduvalt ida poole, mistõttu neid leidub peamiselt Eesti-Vene piirialadel. Kui 17. sajandi teise poole aaretes kohtab kaasaegsete kopikate kõrval ka varasemate valitsejate verminguid, siis 18. sajandi alguses domineerivad Eestist leitud traatkopikate seas väga selgelt üksnes Peeter I aegsed mündid.<sup>14</sup>

### 1.3. Müntimistehnoloogia

Tööprotsess algas **mündimetalli** kogumisega. Liivimaa lõi raha sisseveetavast väärismetallist, mis pärines enamasti Lübeckist, ent tarvitati ka Rootsi hõbedat. Kui varasemal ajajärgul saabus väärismetall Liivimaale kangiden (*koken*), siis 16. sajandi keskel hakkasid müntimistoormena üha olulisemat osa etendama erinevad lääne-euroopa taalrid. Eksportihõbeda hinna tõustes võeti ajutiselt kasutusele ka kodumaised vanad mündid ja ehted, hädaolukorras (näiteks Liivi sõja ajal) ka kirikute, kloostrite ja gildide varad.

Järgmiseks tööks oli vajaliku ligatuuri kokkusulatamine. Selleks kasutati mahukaid tiigleid, kuhu asetati vajaminev hõbe ja vask. Seejärel valati sula metallisegu spetsiaalsetesse savist, rauast või ka lõuendist vormidesse. Pärast hangunud metallikangide hõbedasisalduse kontrolli taoti need lehtedeks ja lõigati kääridega nelinurkseteks, mündist veidi raskemateks ühesuguse kaalu ja suurusega tükikesteks. Seejärel vasardati need spetsiaalse haamriga õhukesteks, lõigati eriliste kääridega õigesse kaalu ja löödi seejärel pihtide vahel servadest ümmarguseks. Iga nimetatud tööetapi vahel toimus lõõmutamine. Saadud toorikud justeeriti *al marco*, s.t loeti üle kaalumarga jagu mündikettaid. Toorikuile n.ö kaubandusliku välimuse andmiseks keedeti need viinakivi, soola ja vee või uriini lahuses valgeks, s.t happelises keskkonnas eemaldati tooriku pealispinnalt aktiivsem metall vask, seejärel vermiti. Nii omandasid ka vähese väärissisaldusega mündid pärast toorikute vermimist hõbedase välimuse ja helgi.<sup>15</sup>

**Raha väärissisaldus** oli seadusandlikult kindlaks määratud *müntimisalusega* – see oli seaduslikult kehtestatud müntimisstandard, mis määratles, kui palju münte tuli lüüa teatud kogusest

---

<sup>14</sup> Samas, lk 28.

<sup>15</sup> Leimus, I. Numismaatika alused, Tartu, 1996, lk 97-99.

sätetatud prooviga metallist. Tol ajal oli münt ise oma väärtuse kandja vastavalt temas sisaldunud väärismetallikogusele.<sup>16</sup> Enne valmismüntide käibele laskmist kontrolliti veelkord nende kaalu ja hõbedasisaldust. Keskaegsel Liivimaal kutsus mündimeister selleks kohale rae poolt määratud ülevaatajad, väärissisalduse proovimine lasus mündihärrade poolt ametisse vannutatud mündiinspektori ehk *vardja* (saksa k Wardein – valvama) õlul, kes valis selleks 1-2 münti. Kui kõik oli korras, lubati raha ringlusesse, võttes eelnevalt mõned mündid näidisteks. Juhul, kui avastati väiksemaid puudusi, siis lubati need järgmise teoga kompenseerida. Suuremad omavolilised rikkumised tõid kaasa karmid karistused. Mõnikord harrastasid mündirikkumist aga ka kroonitud pead (Liivi sõja ajal näiteks Rootsi ja Poola kuningad), et katta riigi rahalisi raskusi.<sup>17</sup>

Müntide **vermimiseks** kasutati spetsiaalseid templeid (joonis 2)<sup>18</sup>. Münditempleid oli reeglina kaks – ülemine ja alumine. Keskajal telliti templeid enamasti kohalikelt kullasseppadelt, kes selleks võeti ka mõnikord rahapaja juurde palgale. Kirjatahtede, vapielementide jms kandmiseks münditemplile kasutati karastatud terasest tehtud kärne ehk puntse, vajadusel graveeriti käsitsi mündipildi keerukamad osad. Mõnevõrra erinevalt münditi **brakteate**<sup>19</sup> ja **traatkopikaid**.<sup>20</sup>



joonis 2. Müntide käsitsi vermimine

Eespool kirjeldatud müntide vermimistehnoloogia ei sobinud enam alates 15. sajandi lõpust levima hakanud suuremate mündisortide valmistamiseks. Et jäädvustada münditempli kujutis **taalri** pinnale, läks tarvis märksa tugevamat jõudu, kui peenraha löömiseks. 16. sajandi keskel

<sup>16</sup> Samas, lk 9.

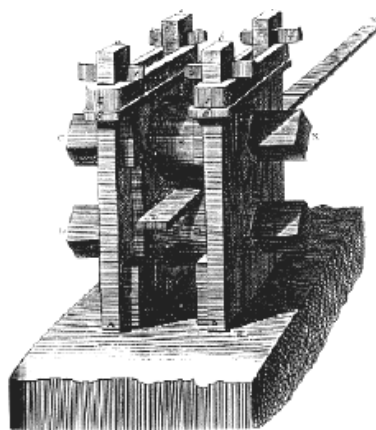
<sup>17</sup> Samas, lk 102

<sup>18</sup> Joonised 2-6, <http://www.segoviamint.org/english/technology.htm>

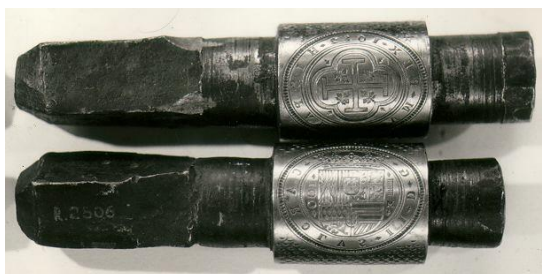
<sup>19</sup> Leimus, I. Numismaatika alused, lk 100: Nende valmistamiseks kasutati ainult ühte templit ja pehmeid, tinast või nahast aluseid, kusjuures korraga löödi mitu münti.

<sup>20</sup> Kiudsoo, M. Setumaa mündiaarded. 14.-18. sajandil käibinud rahad. – Uurimusi arheoloogiast, numismaatikast, etnoloogiast ja ajaloost, Setumaa kogumik 1, Tallinn, 2003, lk 160: Hõbedast venitati paraja paksusega traat, mis seejärel löigati kääridega tükkideks, löödi haamriga lamedaks ja vermiti, mistõttu on neil rahadel ovaalne kuju. Menetluse eeliseks oli, et nii viidi müntimiskaod miinimumini. Et hõbedat traadiks venitada, selleks pidi see olema kõrge hõbedasisaldusega. Seetõttu olid Vene hõbekopikad Liivimaal heas hinnas.

seati Euroopa rahapajades üles esimesed valtsvärgid (joonis 3). Vermimine toimus hammas-ülekanedega ühendatud valtspaari (joonis 4) abil, millel olid kohakuti graveeritud vastavad alumised ja ülemised münditemplid. **Valtside** vee- ja hobujõul pööreldes pressiti mündipilt metallribale (joonis 5), millest mündid hiljem välja lõigati. Valtsvärgiga toodetud münte iseloomustab mõnevõrra kumerjas ning väljavenitatud kuju. Samaaegselt võeti kasutusele ka vintpressid (esmakordselt Augsburgis), mille abil sai valmistada väga ilusaid münte, kuid kahjuks ainult ühekaupa (joonis 6).



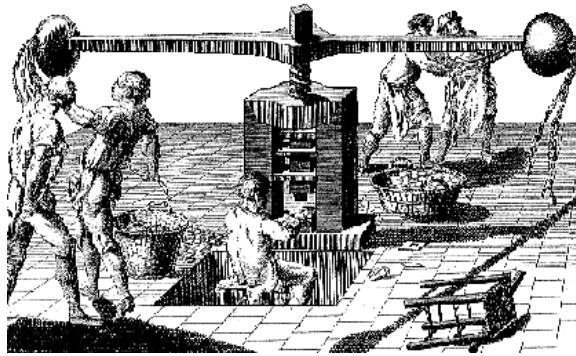
joonis 3. Valtsvärk



joonis 4. Valtspaar



joonis 5. Valtsitud münditoorikud



joonis 6. Kruvipress

Uuendused jõudsid pikkamööda ka Liivimaale, 1560. aastatel pöördus Tallinna mündimeister Paul Gulden Rootsi kuninga Erik XIV poole ettepanekuga rakendada müntimisel mingit tema mehhanismi (kahjuks pole täpselt teada, millisest masinast on jutt). Igal juhul jätkus Tallinnas müntimine veel kogu 17. sajandil vanaviisi. Seevastu Riias võeti valtsvärk kasutusele juba 1575. aastal, mil vermiti mehhaaniliselt vabalinna killingeid (näiteks Rootsis jõuti selleni esmakordselt 1573. a., Danzigis 1577. a. ja Taanis 1579. aastal).<sup>21</sup>

Mis puutub aga **inflatsioon** kui sellisesse, siis rahuaja tingimustes kulges see Liivimaal pikkamisi ja ilma suuremate kõikumisteta. Liivimaa mündinduse olukord oli igati rahuldav veel isegi Liivi sõja eel, liiatigi kui arvestada oma hõbeda täielikku puudumist. 1558. aastal alanud Liivi sõda tähendas maaisandaile aga järsult suurenenud kulutusi, raha, sõjamoona ja tarbekaupade puudust. See andis kaupmeestele võimaluse tõsta omavoliliselt ja ülemääraselt väärismetallide maksumust. Hõbeda kallinemine tingis peatselt vahetusraha halvenemise. Oma osa oli selles ka maaisandate sõjaaegsel mündipoliitikal, kes oma väljaminekuid püüdsid kompenseerida arvestusmarga hõbedasisalduse vähendamisega. Kuna see aga nominaaliti ei toimunud proportsionaalselt, oli tulemuseks kallimate mündisortide kokkuost ja väljavedu. Isandate katsed taastada mündinduses sõjaeelne olukord õnnestusid vaid osaliselt.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> Leimus, I. Numismaatika alused, lk 100-101.

<sup>22</sup> Leimus, I. Liivimaa mündindus Liivi sõja algusaastail, Tallinn, 1987, lk 30-31.

## 2. LEIUKESKKOND JA OBJEKTIDE KAHJUSTUSED

Arheoloogilised objektid on vastuvõtlikud mitmesugustele kahjustustele: keemilistele, füüsikalistele, mehaanilistele ja bioloogilistele. Reaalselt ei ole alati võimalik kahjustusi selgepiiriliselt eristada, sest enamikel juhtudel toimuvad erinevad protsessid koos, kahjustades objekti materjali ja sruktuuri. Kahjustuste ulatus sõltub nii leiukeskkonna keemilistest ja füüsikalistest tingimustest kui ka objekti enda valmistamistehnoloogiast (materjali keemiline koostis, poorsus, hügrooskoopsus, veesidumisvõime jt). Vahel on neid kahte aspekti raske teineteisest eraldada, kuna mõne objekti säilimine võib olla osaliselt tingitud tema enda vastupidavusest lagunemisele ja osaliselt teda ümbritsevast keskkonnast. Materjalide vananemisel kombineeruvad füüsikalised, keemilised ja bioloogilised tegurid. Materjalid erinevad üksteisest vananemise kiiruse ning keskkonnatingimuste muutumisele reageerimise poolest. Lisaks on materjalide koostis enamasti heterogeenne ning nende vananemine ei toimu objekti piires ühtlaselt.

Peamised kahjustuste liigid:

**Keemilised kahjustused** tekivad keemiliste reaktsioonide (hüdrolüüs, oksüdatsioon jt) tulemusena, kus materjali koostisained võivad reageerida kas omavahel või väliskeskkonnast pärit ainetega.

**Füüsikaliste kahjustuste** hulka kuuluvad materjalide temperatuuri ja niiskusesisalduse muutuste tõttu tekkinud praod, samuti valguskiirguse (eriti UV) põhjustatud mõõtmete ja molekulaarstruktuuri muutused.

**Mehaanilised kahjustused** on põhjustatud väliste jõudude toimest (deformatsioon, purunemine, abrasiivkulumine jt).

**Bioloogilised kahjustused** tekivad mitmesuguste elusorganismide (bakterid, mikroseedid jt) elutegevusest. Need kahjustused võivad lõppastmes olla ka keemilise või mehaanilise olemusega.

Reeglina on kahjustusprotsessid pöördumatud, kord juba toimunud muutusi materjalides või struktuurides ei ole võimalik olematuks teha. Arheoloogiliste objektide säilitamine algab õigete väljakaevamisprotseduuride järgimisest ning nõuab keskkonnatingimustega arvesta-

mist. Sõltuvalt pinnase iseloomust ja materjalist võivad kahjustused ulatuda pinnakihi muutustest kuni algse materjali täieliku kaoni.<sup>23</sup>

## 2.1. Materjale mõjutavad tegurid

Objektides toimuvate muutuste iseloomu ja ulatuse määravad nii keskkonnatingimused (vesi, hapnik, keskkonna pH, temperatuur jt) kui ka materjali enda omadused. Üldiselt on anorgaanilised materjalid vastupidavamad keskkonna toimele, samas kui orgaanilised materjalid hävinevad väga sageli biolagunemise tõttu.

**Vesi** on ümbritseva keskkonna ja kõikide organismide alaline koostisosa. Looduslik vesi sisaldab lahustunult tahkeid aineid, gaase ja vedelikke ning samuti suspensioonina mitte-lahustunud aineid, olles väga reaktsioonivõimeline ühend – nii oksüdeerija kui ka redutseerija. Aktiivsemate metallide suhtes võib vesi käituda oksüdeerijana. Lisaks on vesi hea katalüsaator, aktiveerides seeläbi palju teisi lagundavaid protsesse. Vees lahustudes ja segunedes võivad materjali struktuuri koostisosad reageerida kas omavahel või ümbritseva keskkonnaga, näiteks korrosiooni teke hapniku kaasmõjul jms. Osad materjalid, mis oma loomulikus olekus on küllaltki stabiilsed (enamasti orgaanilised materjalid), võivad veekeskkonnas laguneda hüdrolyüüsi läbi. Selle käigus tekkivad uued ühendid võivad omakorda lahustuda kuni materjali täieliku hävimiseni. Vesi on peamine mõjur elektrokeemilistes reaktsioonides, kaasates elektronide liikumise.<sup>24</sup>

Vesi on ainus aine, mis esineb looduses kolmes agregaatolekus (tahke, vedel ja gaasiline). Kogu Maa elusloodus põhineb veel, kuna rakkude elutegevus toimub vesilahustes. Vee kättesaadavust ümbritsevas keskkonnas ja atmosfääris iseloomustab suhteline õhuniiskus (RH). **Vee aktiivsus** ( $A_w$ ) iseloomustab vee kogust, mis on kättesaadav keemilistele ja biokeemilistele reaktsioonidele. See väljendab materjalis oleva vee veeauru rõhu ( $p$ ) ja puhta vee veeauru rõhu ( $p_0$ ) suhet kindla temperatuuri ja suhtelise õhuniiskuse juures:

$$A_w = p/p_0$$

Seega ei lange vee aktiivsus kokku materjali veesisaldusega. Tegemist on veega, mis ei ole seotud ning on seetõttu mikroorganismidele kasutatav. Materjalidel võib olla ühesugune

---

<sup>23</sup> Kõnsa, K. Konservimisbioloogia, EKA Restaureerimiskooli väljaanded nr. 3, Tallinn, 2006, lk 14.

<sup>24</sup> Cronyn, J. M. The Elements of Archaeological Conservation, Routledge, 1990, lk 18.



veesisaldus, kuid erinevad vee aktiivsused. Veeauru rõhku ja seega ka vee aktiivsust mõjutavad näiteks vees lahustunud soolad. Tasakaaluline niiskusesisaldus iseloomustab materjalis leiduvat veekogust, mis on dünaamilises tasakaalus ümbritseva õhu niiskuse sisaldusega. Kui materjali ümbritsev suhteline õhuniiskus on tasakaalulisest väiksem, siis liigub vesi materjalist välja, suurendades õhu suhtelist niiskust ja vastupidi.<sup>25</sup>

Esemete säilimise seisukohalt ideaalsed tingimused on tavamõistes ekstreemsed – kas vee puudumine keskkonnas või siis külmunud veekeskkond. Esimesel juhul peab siiski arvestama, et see võib põhjustada ka esemete kokkutõmbumist ja liigset kuivamist, mis võib muuta objektid tundlikuks ja hapraks (eriti kehtib see orgaanilise materjali puhul). Seega peaksid parimad säilitamistingimused olema madalal temperatuuril, kus vesi on külmunud ja kaotanud oma aktiivsuse. Säilimist võib soodustada ka vee rikkalik olemasolu – eeskätt sügavad veed, kus on ülekaalus anaeroobsed tingimused (näiteks mere põhi), kuna paks veekiht takistab hapniku jõudmist materjalini. Samas tuleb arvestada faktiga, et veest küllastunud materjalidel on suurem potentsiaal hüdrolüüsuda ja seeläbi võivad objektid olla ulatuslikult nõrgestatud, kuigi nende väline vorm võib olla säilinud vägagi hästi. Vesi aitab säilitada objekti algset kuju, takistades selle kollapseeerumist, kuid vaatamata välisele vormile toimub pidev lagunemine. Eriti kriitiliseks muutub olukord siis, kui objekt eemaldatakse tema tavapärasest keskkonnast ja tekib uus olukord: hapniku vaba juurdepääs, temperatuuri muutused, vee kaotamine. Need nähtused põhjustavad paratamatult objekti vormi muutusi: kahanemist, kihulist koorumist või murenemist jt. Kui objekt pärineb mereveest, siis tuleb arvestada vee aurustumisel soolade kristalliseerumisega, mis põhjustab mahu suurenemist (eeskätt poorsetel materjalidel). Tekkinud surve lõhub materjali loomuliku struktuuri. Lahustunud soolad võivad kuivamisel tungida ka objekti pinnale, moonutades seeläbi eset. Üldjuhul on välja kuivanud soolasid eseme struktuurist hiljem raske eemaldada. Teatud soolad põhjustavad materjalide värvi muutust, näiteks roheline värvimuutuse tekitavad vask(II) soolad, must värvus tekib paljudel metallidel sulfiidide tõttu. Soolade lahustuvusest vees annab ülevaate tabel 2.1.<sup>26</sup>

Veel tuleb arvestada, et mõned vees lahustunud soolad reageerivad otseselt materjaliga – moodustades vesilahuses elektrolüüdi, soodustavad nad metallide elektrokeemilist korrosiooni ja kiirendavad nende lagunemist. Esemete säilimise seisukohalt peetakse ohtlikumaks kloriide (-Cl), metallesemete korrosiooni kiirendavad ka sulfaadid (-SO<sub>4</sub>) ja atsetaadid (CH<sub>3</sub>COO). Soolad tungivad elektrokeemilise korrosiooni käigus läbi rooste metalli kui anodi pinnale,

---

<sup>25</sup> Kõnsa, K. Konservimisbioloogia, lk 20-22.

<sup>26</sup> Cronyn, J. M. The Elements of Archaeological Conservation, lk 22-23.

mistõttu võib näiteks raudeseme kloriidisisaldus olla suurem ümbritseva keskkonna omast. Pikapeale kaotab ese roostetades vormi, kuna roostekiht paksenedes seob endasse liiva ja muud ümbritsevat materjali.<sup>27</sup>

Tabel 2.1. Soolade lahustuvus vees.

Hea lahustuvusega	Keskmise lahustuvusega	Vähese lahustuvusega
Nitraadid/kõik Kloriidid /enamus Sulfaadid/enamus Vesinikkarbonaadid/enamus Atsetaadid/enamus	kaltsiumsulfaat (kips) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Silikaadid/enamus Oksiidid/enamus Sulfiidid/enamus Fosfaadid/enamus Karbonaadid/enamus

Samas sõltub soolade lahustuvus ümbritseva keskkonna pH-st (*pH on vesinikioonide kontsentratsiooni näitav suurus, mille väärtused on 0...14, määrates keskkonna happelise või aluselise iseloomu*). Näiteks karbonaadid, oksiidid ja sulfiidid on kergemini lahustuvad madala pH juures, samas kui teised soolad lahustuvad paremini kõrge pH juures. Puhtas vees on vesinik- ja hüdroksiidioonide kontsentratsioonid arvuliselt võrdsed.<sup>28</sup> Happelist keskkonda põhjustavad vesinikioonid ( $\text{H}^+$ ), aluselist aga hüdroksiidioonid ( $\text{OH}^-$ ), seega määrab keskkonna happelise või aluselise iseloomu ära  $\text{H}^+$  ja  $\text{OH}^-$  ionide suhe.

Happelise keskkonna pH on 0...7

neutraalse keskkonna pH on 7

ja aluselise keskkonna pH on 7...14

**Hapnik** on fotosünteesi põhisaadusi ning hädavajalik organismide aeroobseks hingamiseks. Õhuhapnikku kasutab oma elutegevuseks enamik elusorganisme v. a. mõned erandid (anaeroobid). Hapnik osaleb paljudes keemilistes reaktsioonides – olles põhiliseks oksüdeerijaks, määrab ta oma oksüdatsioonivõimega teiste elementide esinemisvormi looduses ja redoksprotsesside suuna (näiteks, millised metallid korrodeeruvad). Kõik eelpool nimetatud tegevused on aktiveeritud vee poolt ja võivad viia kiire lagunemiseni materjalide kuivamisel. Pinnase hapnikusisaldus sõltub selle poorsusest (kruus, liiv) ja poorides olevast veest, milles hapnik on lahustunud. Vee hapnikusisaldus võib olla erinev, kõrgem on see

<sup>27</sup> Klaavu, P. Arkeoloogisen raudan konservointi massakonservoinnin näkökulmasta, Vantaa, 1997, lk 38.

<sup>28</sup> Cronyn, J. M. The Elements of Archaeological Conservation, lk 22.

liikuvus vees. Objektide säilimise seisukohalt on hapniku olemasolu üsna kriitiline, kuna hapnik kontrollib organismide aktiivsust, mis omakorda määrab kahjustuste ulatuse materjalis. Aeroobsete organismide tegevus, mis lagundab orgaanilist materjali ning võib põhjustada ka metallide korrodeerumist, lakkab hapniku puudumisel. Hapnikuvaeseks keskkonnaks on näiteks sügav vesi või sügav kihiline pinnas (märg savi, rohkesti olmejäätmeid sisaldav kultuurkiht), kus pinnase surve tõrjub hapniku välja.<sup>29</sup>

Õhus leiduvad **saasteained** mõjutavad nii vahetult objekte kui ka biokahjustusi tekitavaid organisme. Lisaks reageerivad kütuste põlemisel tekkinud CO<sub>2</sub> ja SO<sub>2</sub> õhuniiskusega või sademeteveega, moodustades happeid – tekivad happevihmad, mis muudavad pinnasevee happelisemaks. Lisaks sellele tuleb arvestada tööstusest ja põllumajandusest pärit heitmetega, mille mõju võivad happevihmad omakorda võimendada.<sup>30</sup>

Temperatuur mõjutab kõige enam esemeid leiukeskkonna pindmistes kihtides. Vahelduv külmumine ja sulamine võivad põhjustada objektides külmakahjustusi, nagu näiteks tinakatk. Temperatuuri tõustes kiirenevad keemilised reaktsioonid ja bioloogiline aktiivsus. Madalad temperatuurid on eluks sobimatud. Biokahjustuste arenguks on kõige soodsamad niiske ja soe keskkond. Metallide biokahjustustest on olulisem korrosioon, kuigi metallobjectide puhul on võrdlemisi keeruline eristada biokeemilisi mõjusid elektrokeemilistest. Biokorrosiooni põhjustavad mitmesugused pinnases ja õhus olevad aeroobsed ja anaeroobsed mikroorganismid, eelkõige erinevad bakterid. Kahjustuste mehhanismiks on hapete eraldumine ja katoodne depolarisatsioon, mis hävitab objektide pinnakihi. Metallide pinnale moodustub organismide biokile, mis põhjustab elektrolüütide kogunemist ja soodustab korrosiooni. Kõige kriitilisemasse olukorda satub objekt siis, kui ta on välja võetud oma tavapärasest leiukohast, kus temperatuur oli madal ja stabiilne.<sup>31</sup>

**Valguse** kahjustav toime avaldub fotokeemilises ja soojuslikus mõjus. Soojuskiirguse suhtes on eriti tundlikud hügrooskoopse materjalid. Esemete temperatuuri tõus põhjustab nende kuivamist, mille tagajärjeks on elastsuse ja vastupidavuse vähenemine. Fotokeemiline kahjustus kujutab endast materjalide keemilist muundumist, mis väljendub pleekimises, tumenemises, rabadaks muutumises jne. Valguse poolt põhjustatud kahjustused materjalidele on pöördumatud ja ajas kuhjuvad (kumulatiivsed). See tähendab, et materjali pikaajaline

---

<sup>29</sup> Samas, lk 23- 25.

<sup>30</sup> Karik, H. Keemia, Tallinn, 2003, lk 323-325.

<sup>31</sup> Konsa, K. Konserveerimisbioloogia, lk 135.

püsimine madala intensiivsusega valguse käes kutsub esile samasuguseid kahjustusi nagu lühiajaline, kuid kõrgema intensiivsusega valgus. Fotokeemilisi kahjustusi põhjustab eelkõige lühilaineline (ultraviolet) kiirgus.<sup>32</sup>

## 2.2. Eesti mullad

Nagu eelmisest peatükist selgus, on hapnik ja niiskus vajalikud enamiku lagunemisprotsesside kulgemiseks, mistõttu on hapniku- ja niiskusevaestes keskkondades lagunemine aeglasem. Eesti oludes on levinud pigem hapnikuvaesed keskkonnad nagu sood, rabad jt märjemat liiki pinnased. Sellised tingimused soodustavad orgaaniliste materjalide püsimist. Madal hapnikutase vähendab ka metallesemete korrosiooni. Järgnev ülevaade põhineb TÜ Geoloogia- muuseumi materjalidel.<sup>33</sup>

**Muld** koosneb peamiselt **tahkest ainest**. Selles eristatakse omakorda lähtekivimist pärinevat **mineraalset** ning taimede loodud **orgaanilist** (kõdunevad taimejäänused, huumus) osa, mis on tunduvalt väiksem, lisaks leidub alati ka teatav kogus vett ja õhku.

**Kohalik reljeef** mõjutab mulda eelkõige selle kaudu, et jaotab ümber maapinnale sademetena langeva vee ja osalt ka päikesekiirguse. Madalamatel aladel on aga põhjavesi maapinna lähedal või koguni maapinnal ning mullad liigniisked. Põllualadel uhuvad vihma- ning lumesulamisveed küngaste nõlvadelt ja oruveerudelt pealmise mullakihi madalamatele aladele, seda nimetatakse **mulla erosiooniks**.

**Mulla lubjasisaldust või happesust** näitab mulla reaktsioon, mida tähistatakse pH-ga. Selle järgi jagunevad mullad

- happelisteks (pH alla 6)
- neutraalseteks (pH 6-7)
- aluselisteks (pH üle 7)

---

<sup>32</sup> Peets, H. Konserveerimiskeemia loengumaterjal – <http://www.kanut.ee/loengud/loeng01.pdf>

<sup>33</sup> [http://www.ut.ee/BGGM/eestimullad/eesti\\_mullad.html](http://www.ut.ee/BGGM/eestimullad/eesti_mullad.html)

Teataval maa-alal paiknevad erinevate muldade liigid moodustavad **muldkatte** (joonis 7).<sup>34</sup> Muldkate ei ole Eesti territooriumil ühesugune. Liikudes põhjast lõunasse väheneb muldade lubjasisaldus (karbonaatsus).

Eesti on jaotatud viieks erineva muldkattega piirkonnaks:

**Põhja-Eestis** (samuti Saare- ja Muhemaal) on levinud valdavalt rähk- ja paepealsed mullad (rähk – lubjakivi klibu). Need on tugevasti kivised, Eestis kõrgeima huumusesisaldusega (kuni 30%) ja taimetoitainete rikkad, aluselise reaktsiooniga liivsavi- või saviliivmullad.

**Kesk-Eestis** (väiksemal pindalal ka Lõuna-Eestis) on peamiselt leostunud ja leetjad mullad. Need on keskmise huumusesisaldusega, neutraalse reaktsiooniga ja väga suure aktiivveemahutavusega liivsavimullad.

**Lõuna-Eestis** (Pärnumaast ida pool), samuti Kagu-Eestis esinevad happelised näivleetunud mullad. Nende piirkondade madalamatel aladel paiknevad glei- ja soomullad, mis on keskmisest madalama huumusesisaldusega, looduslikus seisundis happelise reaktsiooniga mullad. Nende muldade omapäraks on asjaolu, et saviliiva kihi alumisse ossa koguneb kevadeti ja suurte vihmade järel ajutine mullasisene vesi – ülavesi.

Eelkirjeldatutest erinevad oluliselt künkliku reljeefiga **Otepää, Haanja ja Karula kõrgustik**. Siin vahelduvad eri mullad juba väga väikesel maa-alal. Küngaste nõlvadel paiknevatel põldudel toimub vihmavete mõjul mulla ärauhumine madalamatele aladele, mistõttu esineb rohkesti huumusvaeseid erodeeritud muldasid.

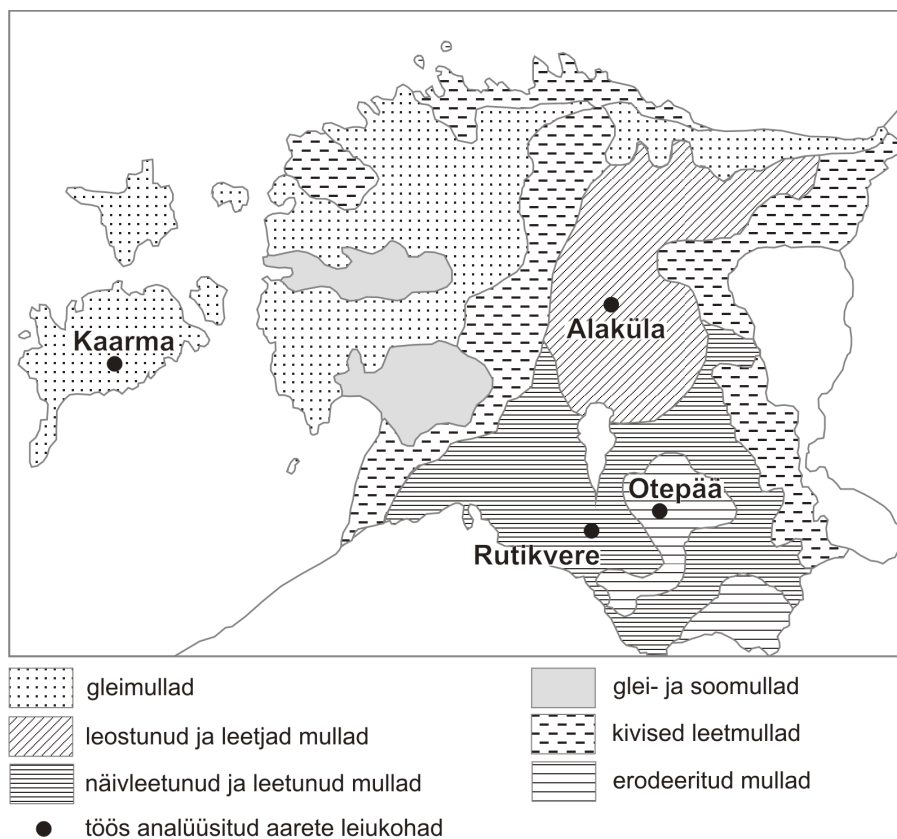
**Lääne-Eestis** (sh Alutagusel ning väiksemate aladena üle kogu Eesti) on enamlevinumateks muldadeks gleimullad, mis ümbritsevad suuri rabamuldade massiive ja väiksemaid rähksete või leostunud ja leetjate muldadega kõrgemaid alasid. Gleimullad on suurima levikupindalaga muldade rühm. Esinevad nii liiv-, saviliiv-, liivsavi- kui ka savimullad.

Soomuldade suuremad esinemisalad on Lääne-Eesti madalik, Vahe-Eesti, Alutaguse, Emajõe suudmeala jt piirkonnad. Väiksemate massiividena levivad need mullad üle kogu Eesti. Madalsoomullad toituvad põhja- ja üleujutusveest ning on enamasti neutraalse reaktsiooniga. Rabamuldade turvas on mineraalainete vaene, tugevasti happelise reaktsiooniga ja suurte mageveevarude säilitaja.

---

<sup>34</sup> Reinatam, L. Mullastiku kaart, <http://www.botany.ut.ee/mullaveeb/sisu/home.html>

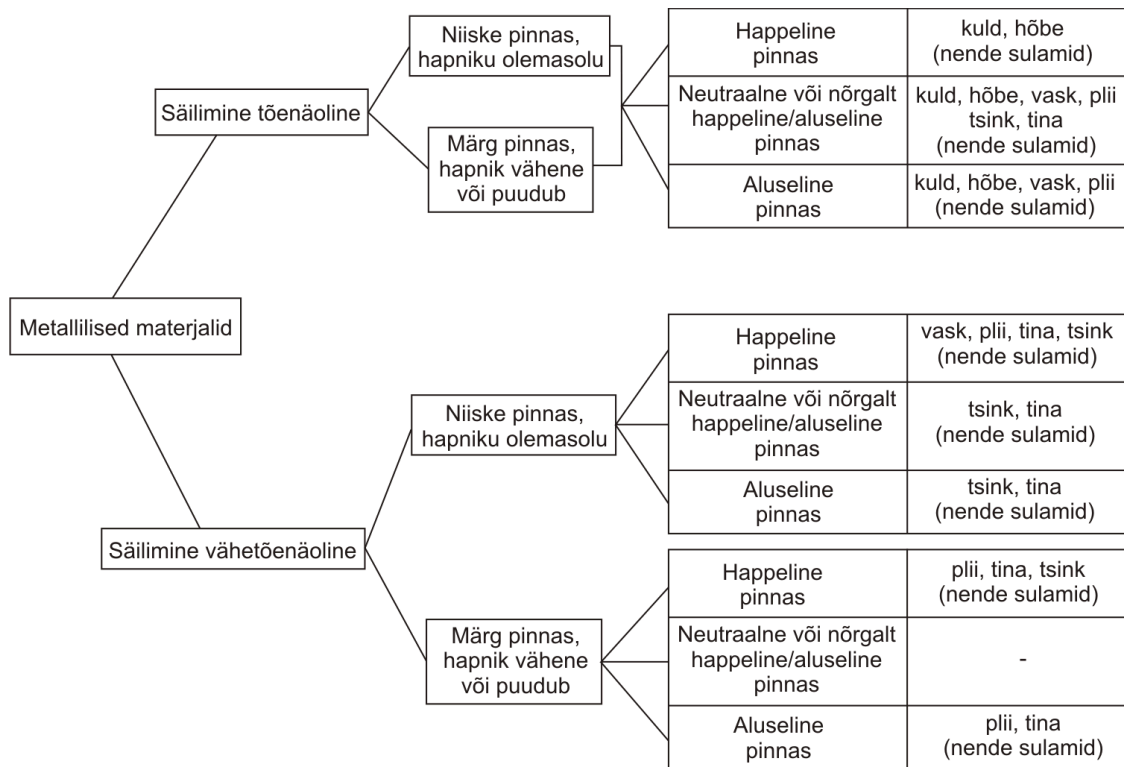
Leetunud ja leedemullad levivad suuremate massiividena Kagu-Eestis, Lahemaa rahvuspargis ja väiksematel aladel üle kogu Eesti. Lähtekivimiks on liiv. Need on huumus- ja toiteainete-vaesed, väikese veehoiuvõime tõttu põuakartlikud ning enamasti tugevasti happelise reaktsiooniga mullad.



joonis 7. Eesti mullastikukaart

Kõige paremini säilivad metallesemad kerges ühtlase konsistentsiga liivasavimullas, kus on vaba vee äravool. Paene aluskivim neutraliseerib pinnases olevad happed, pinnase peamiseks probleemiks on kõrge kivide kontsentratsioon, mis tekitab pinnase liikumise korral hõõrdumist ja põhjustab esemetele märkimisväärseid mehhaanilisi kahjustusi (täkked, kriipsud, deformatsioon jms). Paekivipõhised pinnased on kerged, aluselised. Metallide võimalik säilimine erinevates pinnastes on esitatud joonisel 8.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Watkinson, D., Neal, V. First Aid for Finds, Rescue/UKIC Archaeology Section, 2001, lk 8-9.



joonis 8. Metallide säilimine erinevates pinnastes

### 2.3. Keskkonna muutused enne ja pärast arheoloogilisi kaevamisi

Pärast väljakaevamist satuvad objektid märksa kõrgema ja muutlikuma temperatuuriga hapnikurikkasse keskkonda, mis kiirendab kõikvõimalikke kahjustusprotsesse. Seepärast on hädavajalik hakata koheselt jälgima keskkonna niiskust, temperatuuri, pH taset ja valgust – nende tegurite kontrolli alla saamine võib oluliselt takistada objektide väljakaevamisjärgset kiiret lagunemist.

Nii hapnik kui ka niiskus on olulised tegurid enamikus lagunemisprotsessides, seega tuleb vähemalt üks neist elimineerida. Kuna hapniku eemaldamine keskkonnast on üsna keeruline, tuleks seda hoolikamalt jälgida ja reguleerida niiskuse taset.

Seega mõjutavad esemete säilimist või lagunemist leiukeskkonnas paljud keskkonnategurid: pinnase mehhaanilised ja keemilised omadused, niiskusrežiim, õhu juurdepääs, eseme liikuvus (haritavad maad), aga samuti ka materjali enda koostis, homogeenus ning teised

sellega otseses kokkupuutes olevad (lisa)materjalid, objekti valmistamisprotsessist tulenev makro- ja mikrokoostis ja näiteks ka metalli pinna kvaliteet.<sup>36</sup>

Tabel 2.3. Leiukeskkonna mõju väljakaevatud materjalile

<b>Materjalile pärast väljakaevamist mõjuvad keskkonnafaktorid</b>	<b>Faktorite kahjustav mõju väljakaevatud materjalile</b>
<p><b>Vesi</b> on atmosfääris veeauruna ja mõõdetakse RH abil. Niiskuse hulk õhus varieerub vastavalt ilmastikule. Tavalistes tingimustes on atmosfääris niiskust vähem, kui arheoloogilises leiukeskkonnas.</p>	<p><b>Kõrge niiskuse tase</b> – aitab kaasa mikroorganismide rünnakule (eriti orgaaniline materjal).  <b>Kõrge ja keskmine niiskuse tase</b> – soodustab metallide korrodeerumist (eriti vase sulamid ja raud).  <b>Keskmine ja madal niiskuse tase</b> – põhjustab märja (soodest, rabadest, veekogudest pärineva) materjali ära kuivamisel pöördumatuid füüsikalisi kahjustusi.  <b>Madal niiskuse tase</b> – võib põhjustada kuivamist vett läbilaskvatel orgaanilistel materjalidel, tekitades füüsikalisi kahjustusi.  <b>Kõikuv niiskuse tase</b> – võib põhjustada füüsikalisi kahjustusi orgaanilisele materjalile.</p>
<p><b>Temperatuur</b> on kõrgem kui pinnases ja vähem stabiilne.</p>	<p><b>Kõrgem temperatuur</b> – kiirendab keemilisi reaktsioone ja soodustab biolagunemist. Temperatuurist sõltub õhu RH tase.</p>
<p><b>Hapnik</b> on hästi kättesaadav.</p>	<p><b>Hapniku juurepääs</b> – soodustab erinevaid keemilisi ja bioloogilisi kahjustusi.</p>
<p><b>Happelisus ja aluselisus</b> on tavaliselt arheoloogilises keskkonnas esindatud ekstreemsemal kujul. Saasteained atmosfääris ja halva kvaliteediga pakkematerjal võivad muuta objektidele muidu soodsat neutraalset keskkonda.</p>	<p><b>Keskkonna happelisus või aluselisus</b> – mõjutab enamikku materjale. Paljud väljakaevatud materjalid on kas happelised või on neil potentsiaal muutuda atmosfääri mõjul pärast väljakaevamist happelisteks.</p>
<p><b>Valguse intensiivsus</b> võib olla väga suur.</p>	<p><b>Valgus</b> – võib pleegitada või tumendada orgaanilisi värvaineid ja pigmente. Päikesevalgus võib tõsta ümbritsevat temperatuuri ja seeläbi muuta ka õhuniiskust.</p>

<sup>36</sup> Watkinson, D., Neal, V. First Aid for Finds, lk 8 –11.



Seepärast võib sarnaste objektide korrodeerumisaste oluliselt erineda, sõltumata mitte niivõrd maa sees oldud ajast, kuivõrd kõikide konkreetsete faktorite koosmõjust. Seega võib praktises konserveerimises tekkida olukord, kus üks konserveerimismeetod, mis sobib ühele esemele, võib olla samas täiesti sobimatu teisele – kuigi mõlemad objektid pärinevad samast leiukohast ja on valmistatud samaaegselt, kasutades samasugust tehnoloogiat. Isegi sama leiukoha piires võib keskkonnafaktorite erineva koosmõju tõttu objektide seisund varieeruda suurtes piirides ja nõuda igähele neist individuaalset lähenemist.

### 2.3. Paatina ja korrosioon

Algselt tähistas sõna “patena” itaalia keeles läikivat tumedat lakki ning samas ka aja toimet teosele. Alles hiljem, aastal 1751 on Prantsuse Entsüklopeedias määratletud **paatina** metallikorrosioonina. Inglise keelde jõudis termin aastal 1797 kui roheline korrosiooni-produkt, mida esineb vase sulamitel.<sup>37</sup> Üldistatult võib paatinat käsitleda nii loomulikult kujuneva kui ka kunstlikult tekitatud materjali muutumisena, mis määrab objekti visuaalse seisundi. Konserveerimise kontekstis nimetatakse paatinaks õhukest ühtlast korrosioonikihti, mis katab kogu eseme pinna.<sup>38</sup> Olukorra muudab keeruliseks asjaolu, et kunstlikku ja loomulikku, (korrosiooni teel tekkinud) paatinat võib olla raske teineteisest eristada, eriti kui mõlemad esinevad samal objektil koos. Loomulikult teel tekkinud paatina objekti pinnal kätkeb endas informatsiooni keskkonnast ja objekti autentsusest, andes tunnistust materjali loomulikust muutumisest ajas.<sup>39</sup>

Objektidega on toimunud aja jooksul pöördumatud muutused, mis määravad visuaalse seisundi ja materjali kvaliteedi. Restaureerimise käigus ei saa taastada objekti esialgset materjali, vaid võimalik on üksnes konserveerida tema hetkeseisund koos kahjustustega. Paatinal on teatavad füüsikalised ja keemilised omadused, näiteks võib ta kaitsta metalli välispinda edasise korrosiooni eest. Paatina võib olla väga erinevat värvi: pruunikast ja mustast kuni erinevate roheliste ja helesiniste toonideni. Loomuliku paatina värvus sõltub keskkonnas olevatest gaasidest, samuti metalli koostisest ja selle töötlemise kvaliteedist. Kõik

---

<sup>37</sup> Dent, W. P. A Review of the History and Practice of Patination. – Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.: The Getty Conservation Institute, 1996, lk 399-400.

<sup>38</sup> Price, N. S., Kirby, M. (et al), Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.: The Getty Conservation Institute, 1996, lk 369.

<sup>39</sup> Dent, W. P. A Review of the History and Practice of Patination, lk 395.

paatinad, mis on tekkinud atmosfääri mõjul, sisaldavad erinevaid oksiide. Rohelise, sinise ja helesinise paatina annavad erinevad vasemineraalid – vastavalt sulfaadid, karbonaadid ja kloriidid.<sup>40</sup> Arheoloogilistel leidudel, mis on valmistatud erinevatest vasesulamitest, võivad olla keerulise koostisega korrosiooniproduktid. Vase korrosiooniproduktidele on iseloomulik kihiline ladestus (sageli selgete piirjoontega eristuvad kihid). Alati ei pruugi korrosioonikiht katta ühtlaselt kogu eseme pealispinda, vaid on paigutunud eseme eri piirkondadesse. Väline kiht koosneb enamasti pinnases leiduvatest sooladest ja orgaanilistest jääkidest. Selline kiht on koostiselt identne looduslike mineraalidega (näiteks malahhiidiga), omades mähklikku, ebatasast pindmist kihti. Sageli on malahhiit omakorda segunenud asuriidiga, mis annab kihile sinaka värvuse. Juhul kui pindmises kihis leidub lisaks mineraalidele ka vase kloriide (atakamiit), on eseme väliskiht kaetud üksteisest eraldi asetsevate erkroheliste täppide või laikudega. Väline korrosioonikiht pronksil on üldiselt stabiilne, vaatamata keskkonna muutustele. Välisele järgnev kiht eristub eelmisest oma punakaspruuni värvuse ja kristallilise ehituse ning faktuuri poolest. See kiht on moodustunud punase vasemaagi (kupriit  $\text{Cu}_2\text{O}$ ) baasil. Kupriiti iseloomustab samaaegselt jäikus ja haprus, sellise oksiidikihi paksus võib olla väga erinev. Kupriit moodustab harva eseme pinnale tiheda, katkematu kihi, sageli sisaldab see tühimikke ja lõhesid.<sup>41</sup>

Kõige suurem korrosiooni põhjustaja arheoloogilisele pronksile on vase kloriid. Enim mõjutab eset vase kloriididest atakamiit, mille tulemusena hakkab korrosioon rikkuma objekti pinda. Vase kloriid on tavaliselt valget või halli värvi. **Atmosfääri tingimustes** vask ja vasesulamid kattuvad õhukese ühtlase korrosioonikihiga. Moodustub kile, mis kaitseb metalli pealispinda keskkonna kahjustuste eest. Kelme moodustub kahes etapis:

- Esmase kelme moodustumine – oksiidide ja puhta vase segunemine, millest aja jooksul (see võib võtta aega mitu aastat) moodustub oksiidikiht, omandades iseloomuliku pruunika värvuse. Erandjuhtudel võib see muutuda ka mustaks. Oksiidid moodustavad kompaktse kihi, mille all korrosioon enam edasi ei arene. Omandanud mõningase paksuse, hakkab oksiidikiht moodustama järgmist kihti.
- Teiseks moodustub roheline kiht – vase soolad, mille tulemusena vask korrodeerub ja metallipinnale tekivad looduslikud mineraalid.

---

<sup>40</sup> Nord, A. G., Tronner, K. (et al), The bronze artefacts. – Konserveringstekniska Studier, Deterioration of Archaeological Material in Soil, Stocholm, 1997, lk 57.

<sup>41</sup> Дедик, В. Н. Реставрация металла, Москва 1989, стр 56.

Korrosioonikihi koostis ja ülesehitus on sõltuvuses vasesulami enda koostisest ja kokkupuutest erinevate gaasidega, mida ümbritsevas atmosfääris leidub. Muuseumi hoiutingimustes moodustuvad keerulise koostisega korrosioonikihid vasesulamitele erakordselt aeglaselt.<sup>42</sup>

"**Õilispaaatina**" on samblaroheline, õhuke ja tihe korrosioonikiht, mis katab sageli arheoloogilisi pronksesemeid, jättes mulje, nagu oleks see kiht hiljem spetsiaalselt peale kantud (kunstlik paaatina). Sellise kihi moodustumine eeldab erilisi välistingimusi ja kõrgetasemelist metallitöötlust. "Õilispaaatina" on väga tugev ja vastupidav, püsides metalli pinnal ning isoleerides eseme väliskeskkonna mõjutustest. Ent isegi "õilispaaatina" võib sisaldada aktiivseid vasekloriide, mis moodustavad sobivas keskkonnas retsidiivkorrosiooni. Kõige agressiivsemaks peetakse helesinist paaatinat. Praktiliselt kõik vaseoksiidid ja -soolad moodustuvad paaatina, olles vees lahustumatud.<sup>43</sup>

**Kunstlikult patineeritud** vasesulamist objektide värvitoon võib varieeruda laias ulatuses. Liitained, mis moodustuvad kunstliku paaatina, on sarnased korrosiooniproduktidele, mida leidub loomulikul paaatinal (näiteks vasksulfiid, vaskhüdrosiid, vasksulfaat). Kunstliku paaatina retseptid sisaldavad tavaliselt mitmeid kemikaale (soolad, happed või alused, oksüdeerivad reaktiivid). Patineerimine võib toimuda nii kuumalt kui ka külmalt.

- **Tumepruun ja must** lõpptulemus viimistlemisel saadakse erinevate sulfiidide (naatrium, kaalium, ammoonium) vesilahuse abil.
- **Rohelise** viimistluse annavad sulfaatide (näiteks ammoonium- või vasksulfaat), kloriidide (ammonium- või vaskkloriid) või nitraatide (näiteks vasknitraat) vesilahused.
- **Punakaspruun** värv moodustub kui kasutada raudnitraati.<sup>44</sup>

**Kunstliku patineerimise** käigus tuleb jälgida, et pinnale ei kantaks liiga palju patineerimislahust, mis võib objekti uuretesse pidama jääda. Samuti tuleb vältida kiirustamist, kuna see toob reeglina kaasa halvasti haakunud ja pinnal ära kuivanud kemikaalide üleliigse kihi. Kui seda lahtist reageerimata paaatinat ei eemaldata, siis jääkkemikaalid võivad stimuleerida korrosiooni. Juhul kui lokaalne RH suureneb, siis reageerimata kemikaalid võivad lahustuda pinna niiskuses ja moodustada elektrolüüte, soodustades korrosiooni.

---

<sup>42</sup> Samas, lk 49-51.

<sup>43</sup> Hrebickova, H. Chemie a historie vytvarnych materialu, Praha, 1996, lk 16.

<sup>44</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, Canadian Conservation Institute, Canada, 2004, lk 61.

Paatina kaitseomaduste osas võib kohata erinevaid arvamusi. Üldlevinud on seisukoht, et loomulik (eriti nn “õilis-”) paatina mõjub korrosiooni tõkestavalt, samas on mõned autorid, nt Hughes (1992)<sup>45</sup> ja Otieno-Algeo (1998)<sup>46</sup> seisukohal, et kaitsvad omadused ei laiene kunstlikule paatinale.

### 2.3.1. Hõbeda kahjustused

Hõbe on kõige levinum väärismetall. Kuigi hõbedat kasutatakse sageli ehedal kujul, segatakse teda tihti ka vasega, et parandada sulami tugevusomadusi ja vähendada hõbeda enda kogust sulamis, säilitades samas hõbedale nõutava värvi. Mõned hõbedaühendid on valgustundlikud. Hõbe on hea peegeldusvõimega metall (peegeldustegur 95%). Plastilisuse tõttu on hõbe hästi töödeldav. Sulatamisel hõbeda ruumala väheneb ja tardumisel suureneb; võrreldes teiste metallidega on see omadus erandlik. Kõrgemal temperatuuril lahustub hõbedas hapnik (500°C juures kuni 5% [mahu]), mis jahtumisel eraldub metallist gaasina, muutes seeläbi metalli pinna praguliseks ja poorseks.<sup>47</sup> Hõbeda oksüdatsiooniasend on +1 (Ag<sup>+</sup>). Üldiselt on hõbe korrosioonikindel metall, selle korrosiooni korral on enamasti tegu elektrokeemilise protsessiga. Hõbe reageerib ainult väheste ainetega, lahustudes näiteks lämmastikhappes ja kuumas kontsentreeritud väävelhappes.<sup>48</sup>

**Arheoloogiline hõbe** võib kergesti muutuda rabadaks, kui ta on olnud pikka aega maa sees. Põhjuseks on muutused mikrostruktuuris, mida on põhjustanud korrosioon ning pikaajaline vananemine. Kuigi hõbe üldiselt korrodeerub vähe, võib siiski esineda mineraliseerunud objekte, mis on äärmiselt haprad. Hõbeda pealispind võib olla poorne ja kergesti vigastatav kui sulamis sisaldunud vask (või mõni teine lisand) on selektiivse korrosiooni tagajärjel pinnakihist lahkunud ja tekitanud sel viisil objektile “rikastatud” hõbedakihi (joonis 9).

Tina peetakse kõige tõenäolisemaks mikrostruktuuri hõrenemise põhjustajaks, nõrgestades materjali teradevahelisi piire ning muutes selle poorseks ja hapraks. Hõbeda ja vase sulamid kipuvad ebasoodsates oludes kaotama eelkõige vaske, jättes järele hõbedarikka pinnakihi. Sellised objektid on sageli täielikult kaetud vase korrosiooniproduktidega, mistõttu võib neid

---

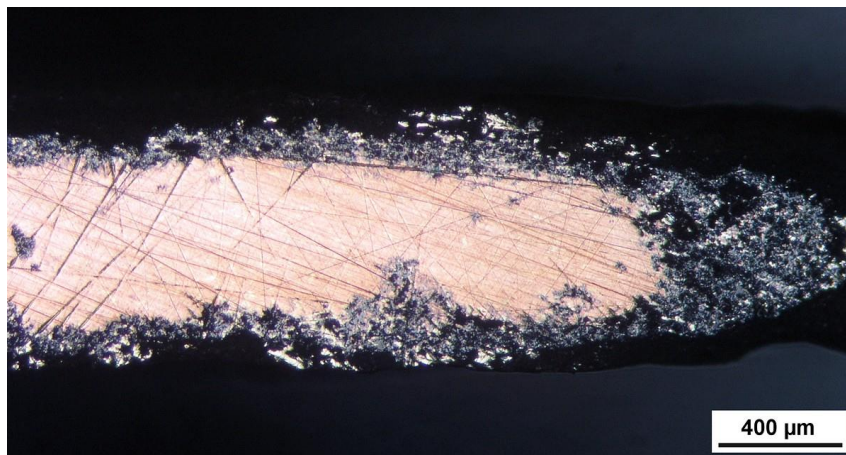
<sup>45</sup> Hughes, R. Artificial Patination, The conservation of Bronze Sculpture in the Outdoor Environment, 1992, lk 231-243 – viidatud Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 61.

<sup>46</sup> Otieno-Algeo., Hallam, V.D (et al), electrochemical impedance studies of the corrosion resistance of wax coatings on artificially patinated bronze, London, 1998, lk 315-319 – viidatud Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 61.

<sup>47</sup> Karik, H., Truus, K. Elementide keemia, Tallinn, 2003, lk 301.

<sup>48</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 136.

ekslikult pidada vaskmaterjaliks, kui neid määratletakse üksnes visuaalsel teel (korrosiooni-  
produktide põhjal).<sup>49</sup>



joonis 9. Mündi serva ristlõige.  
Selektiivse korrosiooni tagajärjel tekkinud hõre hõbedarikas pinnakiht

Aastaid väliskeskkonnas olnud hõbe võib olla kahjustatud väga ägedast korrosioonist, mille põhjustajaks on niisked tingimused ja lahustunud soolad – eriti agressiivsed on lahustunud kloriidioonid (tabel 2.4 ja 2.5)<sup>50,51</sup>. Viimastega reageerides moodustub hõbekloriid, mis esineb looduses mineraalina kloorargüriit (varem *cerargyrite*) ja mida tuntakse ka sarvhõbeda nime all. Puhta hõbeda kloriid on valget värvi, ebapuhta hõbeda puhul võib see olla hall, pruun või tuhmilla. Väljakaevamisel peab arvestama, et hõbedast objektid võivad AgCl valgustundlikkuse tõttu tumeneda. Lisaks võib hõbe reageerida lagunenenud orgaanilisest materjalist lahustunud bromiidioonidega, moodustades hõbebromiidi (mis on samuti valgustundlik). Anaeroobsetes tingimustes maetud hõbeesemetel võib moodustuda hõbesulfiid, kui hõbe reageerib sulfiidi redutseerivate bakterite poolt toodetud lämmastiksulfiidiga.<sup>52</sup>

**Siseruumides** on hõbe vastuvõtlik tuhmumisele, mis on põhjustatud õhus leiduvatest väävliühenditest (näiteks vesiniksulfiid  $H_2S$ ) või kokkupuutest väävliga. Kuna õhus leidub alati vähesel määral  $H_2S$ , tumenevad hõbeesemed aja jooksul ja nende pinnale moodustub hõbesulfiid  $Ag_2S$ .

<sup>49</sup> Samas, lk 139.

<sup>50</sup> Samas, lk 136.

<sup>51</sup> Watkinson, D., Neal, V. First Aid for Finds, lk 41.

<sup>52</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 139.

Tabel 2.4. Hõbeda mineraalid ja korrosiooniproduktid

Ühendi nimetus	Mineraali nimetus	Keemiline valem	Värvus
Hõbe(I) sulfiid	<i>Acanthite</i> - akantiit	$\alpha - Ag_2S$	must
Hõbe(I) sulfiid	<i>Argentite</i> - argentiit	$\beta - Ag_2S$	must
Hõbe(I) kloriid	<i>Chlorargyrite</i> -kloorargüriit	$AgCl$	valge
Hõbe(I) bromiid	<i>Bromargyrite</i> - broomargüriit	$AgBr$	kollane

Tabel 2.5. Hõbe pärast väljakaevamist

Välimus	Leidumine
Metall on tuhmunud kollane.	Haruldane; soodustab korrosiooni; tavaliselt kuiv kliima.
Tuhm hall/valge pealispind, mis muutub pärast väljakaevamist tuhmlillaks.	Tavaliselt niiske keskkond; oksüdeerunud maa all.
Roheliste laikudega või üleni roheline.	Hõbeda sulam sisaldab vaske.
Must sile pealispind.	Tavaline, iseloomulik nii märjale kui ka kuivale keskkonnale. Märjas keskkonnas võib see olla tingitud Cu korrosiooniproduktidest, mis on Ag pinnal.

Tuhmistavad gaasid võivad pärineda toidust (munad, sibul, majonees), väävliga vulkaniseeritud kummist (kummikindad, eboniit, elastikkumm jms) või proteiini baasil liimidest ja villast; lisaks veel näiteks söe baasil küttekehadest. Samuti võivad tuhmumist põhjustada vahetus läheduses olevad puitobjektid, mis on leitud anaeroobsest keskkonnast ja sisaldavad redutseeritud väävli ühendeid. Juhul kui sellised esemed on asetatud hõbeesemetega samasse vitriini, kasti või sahtlisse, võivad nad jätkuvalt eritada tuhmumist põhjustavaid gaase.<sup>53</sup>

Peamine komponent hõbeda mustaks tuhmumisel on hõbesulfiid, mida looduses esineb mineraalina akantiit ( $\alpha - Ag_2S$ ). Akantiit on stabiilne kuni 175 °C temperatuurini, sellest kõrgemal temperatuuri muutub ta mineraaliks argentiit ( $\beta - Ag_2S$ ). Argentiit on stabiilne kõrgemal temperatuuril (laguneb 565 °C juures), kuid kui tema struktuur sisaldab vaske, siis võib teda esineda ka toatemperatuuril. Argentiiti on identifitseeritud koos vaskobjektidega anaeroobses keskkonnas seisnud arheoloogilise hõbeda korrosioonil. Hõbesulfiid võib lahus-

<sup>53</sup> Samas, lk 137.

tuda ainult koos lisareaktiividega (näiteks hapestatud tiokarbamiid  $SC(NH_2)_2$ , hapestatud tiosulfaat, ammooniumtiosulfaat).

Õhuke hõbesulfiidi kile moodustub, kui õhus leidub lämmastiksulfiidi. Reaktsioon toimub isegi juba siis, kui selle kontsentratsioon on tuhandikosades (ppt). Tavaline lämmastiksulfiidi tase siseruumides on 50-100 ppt ja süsiniksulfiidil 300-500 ppt, see on hõbeda tuhmumiseks piisav. Ebasoodsates tingimustes, kui õhu suhteline niiskus on kõrge ning esineb teisi saastaineid (näiteks  $O_3$ ,  $NO_2$ ,  $Cl_2$ ), võib hõbesulfiid esineda väljavenitatud kristallidena. Hõbeda-vase sulam tuhmub kiiremini kui puhas hõbe, kusjuures tuhmumise ulatus suureneb koos sulami vasesisaldusega.

Äsja puhastatud hõbeda pind läigib valgelt. Kui hõbe alustab tuhmumist, siis pinnale tekkinud kile on esialgu nähtamatu, kuni see on saavutanud umbkaudu 10 nm (nm – nanomeeter,  $1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$ ) paksuse. Kui kiht on kasvanud 10...100 nm paksuseks, siis kile võib valguse difraktsiooni tõttu paista erinevates (kollane, punane, sinine) värvitoonides. Kui tuhmunud kiht on juba paksem kui 100 nm, siis kile värvus muutub mustaks, mis ongi õige hõbeda sulfiidi värv.<sup>54</sup>

**Kloriidi saaste** (näiteks näpujäljed): naatriumkloriid sisaldub inimese higis. Kui higi või selle jäägid jäävad metalli pinnale (hõbesulamid, hõbetatud esemed) peale nende käsitlemist, siis naatriumkloriid reageerib hõbedaga ja moodustab hõbekloriidi, mis on valgustundlik ja hakkab aja jooksul tumenema, jättes eriti silmatorkavad ja häirivad plekid kõrgpoleeritud esemetele.

Tuhmumist saab viia minimaalseks kui metalli pind katta laki või vahaga. Arvan, et sellisesse soovitusse tuleks suhtuda teatud ettevaatlikusega, eriti kui tegemist on arheoloogilise materjaliga. Juhul kui ese vajaks hiljem mingil põhjusel korduskonserveerimist, teeb see olukorra väga komplitseerituks. Ajaloo Instituudi konserveerimispraktikas on sellist metoodikat kasutatud. Ette valmistades aarete näitust 2005. aastal tuli mitmed parafiiniga kaetud hõbeehted (müntripatsid, rinnalehed jt; hõbe oli suure vasesisaldusega) parafiinist vabastada, sest esemete pind oli aastatega tugevalt tuhmistunud ning kaotanud hõbedale omase värvi ja läike.<sup>55</sup>

---

<sup>54</sup> Samas, lk 137.

<sup>55</sup> Samas, lk 138-139.

### 2.3.2. Vase kahjustused

Cu on vaserühma metallidest kõige levinum, looduses esineb ta peamiselt ühenditena. Vask on roosakaspunase värvusega hästi töödeldav metall. Kuivas õhus on vask püsiv ja kattub aeglaselt oksiidide ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{CuO}$ ) kihiga. Niiskuse osalusel kattub pind roheka paatinakihi.<sup>56</sup> Vask(I) liitühendid on üldjuhul värvitud, erandiks on kupriit (punane) ja kalkosiin (must). Vask(II) ühendid on värvilised, eri varjundites rohelised ja/või sinised. Ülevaade vase mineraalidest on tabelis 2.6.<sup>57</sup> Hapniku või oksüdeerijate osalusel reageerib vask lahjendatud hapetega. Vask(II)ioonid on püsivad happelises vesilahuses. Vask reageerib kergesti lämmastikhappe ja kontsentreeritud väävelhappega.

Vase soolade sadestumise määrab ära kohaliku vee koostises olevate (juba lahustunud) komponentide suhteline kontsentratsioon: vaskhüdrosiid, -sulfiid sadestuvad, kui sulfaat-ioonide tase on kõrge; vaskhüdrosiid ja -karbonaat vastavalt kloriidioonide ja karbonaatide kõrge taseme puhul. Kõigil vask(II) sooladel on madal lahustuvus neutraalses lahuses, lahustuvus suureneb koos lahuse happelisuse tõusuga.<sup>58</sup>

Tabel 2.6 Vase mineraalid ja korrosiooniproduktid

Ühendi nimetus	Mineraali nimetus	Keemiline valem	Värvus
vask(I) oksiid	<i>Cuprite</i> - kupriit	$\text{Cu}_2\text{O}$	punane
vask(II) oksiid	<i>Tenorite</i> – tenoriit	$\text{CuO}$	must
vask(II) hüdrosiid	<i>Spertiniite</i> – spretiniit	$\text{Cu}(\text{OH})_2$	sinine
vask(II) karbonaat hüdrosiid <sup>1</sup>	<i>Malachite</i> – malahhiit	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	roheline
vask(II) karbonaat hüdrosiid	<i>Georgeite</i> – džordžiit	$\text{Cu}_2\text{CO}_3(\text{OH})_2$	sinine
vask(II) karbonaat hüdrosiid	<i>Azurite</i> - asuriit	$\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$	sinine
vask(II) naatrium karbonaat trihüdraat	<i>Chalconatronite</i> – kalkonatroniit	$\text{CuNa}_2(\text{CO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	sinine
naatrium karbonaat dekahüdraat	<i>Natron</i> – natroniit	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	valge
vask(II) naatrium atsetaat karbonaat	—	$\sim\text{CuNa}(\text{CH}_3\text{CO}_2)(\text{CO}_3)$	helesinine
naatrium atsetaat trihüdraat	—	$\text{Na}(\text{CH}_3\text{CO}_2) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	valge
vask(II) atsetaat monohüdraat <sup>2</sup>	—	$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	roheline
vask(II) atsetaat	—	$\text{Cu}_3(\text{CH}_3\text{CO}_2)_4(\text{OH})_2 \cdot$	sinine

<sup>56</sup> Karik, H., Truus, K. Elementide keemia, lk 291.

<sup>57</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 60.

<sup>58</sup> Samas, lk 59, 61.



Ühendi nimetus	Mineraali nimetus	Keemiline valem	Värvus
hüdrosiid pentahüdraat <sup>3</sup>		5H <sub>2</sub> O	
vask(I) kloriid	<i>Nantocite</i> – nantotsiit	CuCl	helehall
vask(II) kloriid dihüdraat	<i>Eriochalcite</i> – eriohaliit	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>	sinine- roheline
vask(II) kloriid hüdrosiid <sup>4</sup>	<i>Atacamite</i> – atakamiit	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>	roheline
vask(II) kloriid hüdrosiid	<i>Clinoatacamite</i> – klinoatakamiit	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>	roheline
vask(II) kloriid hüdrosiid	<i>Paratacamite</i> – para- atakamiit	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>	roheline
vask(II) kloriid hüdrosiid	<i>Botallackite</i> - botallakiit	Cu <sub>2</sub> Cl(OH) <sub>3</sub>	roheline
vask(I) väävel	<i>Chalcocite</i> – kalkosiin	Cu <sub>2</sub> S	must
vask raud(II) väävel	<i>Chalcopyrite</i> – kalkopüriit	CuFeS <sub>2</sub>	kollane
raud(II) väävel	<i>Pyrite</i> - püriit	FeS <sub>2</sub>	kollane
vask raud(II) väävel	<i>Bronite</i> – borniit	Cu <sub>5</sub> FeS <sub>4</sub>	puna-pruun
vask(I,II) väävel	<i>Geerite</i> – geriit	Cu <sub>1.6</sub> S	must
vask(I,II) väävel	<i>Digentite</i>	Cu <sub>1.8</sub> S	sinine-must
vask(I,II) väävel	<i>Djurleite</i> – djurleiid	Cu <sub>1.96</sub> S	must
vask(I,II) väävel	<i>Covellite</i> – kovelliin	CuS	tumesinine
vask(II) väävel pentahüdraat	<i>Chalcanthite</i>	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	sinine
vask(II) hüdrosiid sulfaat <sup>5</sup>	<i>Brochantite</i> – brošantiit	Cu <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> SO <sub>4</sub>	roheline
vask(II) hüdrosiid sulfaat	<i>Antlerite</i> – antleriit	Cu <sub>3</sub> (OH) <sub>4</sub> SO <sub>4</sub>	roheline
vask(II) hüdrosiid sulfaat monohüdraat	<i>Posnjakite</i> – posnjakiit	Cu <sub>4</sub> (OH) <sub>6</sub> SO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O	helesinine
vask(II) raud(III) hüdrosiid sulfaat tetrahüdraat	<i>Guildite</i> – gildiit	CuFe(OH)(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	kollane- pruun
kaltsium vask(II) naatrium kloriid fosfaat pentahüdraat	<i>Sampleite</i> – sampleiid	CaCu <sub>5</sub> NaCl(PO <sub>4</sub> ) <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	sinine- roheline
vask(II) hüdrosiid fosfaat	<i>Libethenite</i> – libeteniid	Cu <sub>2</sub> (OH)(PO <sub>4</sub> )	roheline
vask(II) kloriid hüdrosiid sulfaat trihüdraat	<i>Connellite</i> – konelliit	Cu <sub>19</sub> Cl <sub>4</sub> (OH) <sub>32</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O	sinine
vask(II) hüdrosiid nitraat <sup>6</sup>	<i>Gerhardtite</i> – gerhardiid	Cu <sub>2</sub> NO <sub>3</sub> (OH) <sub>3</sub>	roheline

1. vask karbonaat hüdrosiidid on vase peamised karbonaadid;
2. vask atsetaat monohüdraat on teada/tuntud kui neutraalne vaserooste;
3. vask atsetaat hüdrosiid pentahüdraat on tuntud kui vaserooste komponent;
4. need on mitmed polümorfseid vask kloriid hüdrosiidid, millel on ühesugune keemiline valem, aga erinev kristalliline struktuur. Vask kloriid hüdrosiidid on peamised vase kloriidid;
5. vask hüdrosiid sulfaadid on peamised vase sulfaadid;
6. vask hüdrosiid nitraadid on peamised vask nitraadid.

Leiukeskkonnast eemaldatud **arheoloogilise vase** pinnakiht võib olla muutunud korrosiooni-  
produktide tõttu karedaks. Domineerivateks korrosiooniproduktideks arheoloogilise vase  
sulamitel on kupriit ja malahhiit, objekti originaalpind või kuju võib olla säilinud kupriidi  
kihis, mis jääb vask(II) liitühendite alla. Korrosiooni kiirendavad maapõues pidev niiskus,  
samuti kõrge süsiniku, fosfaatide ja kloriidide sisaldus. Korrosiooniprotsessi leiukeskkonnas  
mõjutavad veel atmosfääris suurenenud saasteainete hulk, samuti suurte teede lähedus, kus  
jäätumise vastu kasutatakse soola.<sup>59</sup>

**Karbonaadid:** süsinikdioksiidi olemasolu pinnases võib viia vask(II)karbonaat hüdroksiidide  
moodustumiseni (roheline malahhiit, sinine asuriit). Neid ühendeid on avastatud matmis-  
paikadest leitud arheoloogilisel vasel, mis on seisnud niiskes, suletud ruumis, kus orgaanilise  
materjali lagunemine tekitab süsinikdioksiidi. Malahhiit moodustub eeskätt vasesulamile, mis  
on kontaktis pinnavetega, kus on lahustunud süsinikdioksiidi. Asuriidi teket soodustab  
kuivem keskkond, kus on kõrge süsinikdioksiidi hulk. Teised vaskkarbonaadid, mis võivad  
vaskobjektile maapõues sadestuda, on näiteks poolstabiilne džordžiit, mis võib ajutiselt  
tekkida vase ühenditele, enne kui muutub malahhiidiks ja kalkonatroniit, mis tekib  
keskkonnas, kus pinnas on aurustumise tagajärjel rikas erinevatest sooladest.

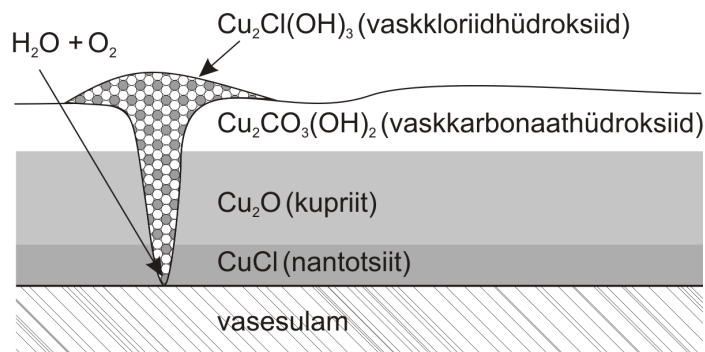
**Kloriidid:** arheoloogilisel vasel on leitud erineva kloriidisisaldusega liitaineid, neist peamised  
on vahataoline vask(I)kloriid (nantotsiit) ja roheline vask(II)kloriidhüdroksiid (atakamiit,  
klineatakamiit, para-atakamiit ning haruldane botallakiit). Sinakasroheline vask(II)kloriid-  
dihüdraat eriohaliit on samuti vase sulamitel esinev korrosiooniprodukt.<sup>60</sup>

Juhul kui tegemist on madala hapnikusisaldusega ning happelise keskkonnaga, siis vask(I)  
ioonid ja kloriidioonid sadestuvad CuCl-na (nantotsiit), mis külgneb vahetult metalli pinnaga,  
jäädes samas välimise kihi vask(II) soolade alla. Selline olukord on stabiilne. Kui aga  
nantotsiit mingil põhjusel satub kontakti välisõhuga, tekib punktkorrosiooni oht. See on  
vasele iseloomulik korrosiooni vorm, kus kloriidioonide olemasolu soodustab korrosiooni-  
frondi arenemist kitsa kanalina läbi kogu materjali. Nantotsiidi olemasolu korrosiooni-  
kihtides arheoloogilisel vasel võib põhjustada ka nn. **pronksi haigust** (joonis 10).

---

<sup>59</sup> Samas, lk 64.

<sup>60</sup> Samas, lk 64.



joonis 10. Kloriidide mõjul toimuv agressiivne korrosioon vasesulamil (pronksi haigus)

Termin “pronksi haigus” tähistab korrosioonivormi, mis esineb arheoloogilistel vasest või vasesulamitest esemetel enamasti pärast nende väljakaevamist. Korrosiooni produkt on puudrisarnane, hallikas, heteroheliste täppidega. Selline korrosioon on põhjustatud kloriidide saastest, mille peamiseks allikaks on korrosioonikihi sisemuses olev vask(I)kloriid nantotsiit. Seni kui ta on isoleeritud ümbritsevast õhust välimise korrosiooni kihi poolt, jääb nantotsiit stabiilseks ega reageeri. Juhul aga, kui kaitsev välimine kiht on vigastatud või eemaldatud, võib ta reageerida õhus oleva niiskusega, moodustades vaskkloriidhüdrosiidi, mis on iseloomulik pronksi haigusele. Nantotsiit mõjub protsessile omamoodi katalüsaatorina, kuna vaskkloriidhüdrosiidi tekkimisel vabanevad kloriidioonid moodustavad allesjäänud vasega reageerides uue vask(I)kloriidi ja protsess kordub. Piisavalt paks nantotsiidi kiht arheoloogilisel vasesulamil võib põhjustada kogu allesjäänud metalli täieliku hävinemise.<sup>61</sup>

**Fosfaadid:** vask(II)fosfaat sooladest on leitud arheoloogilisel vasel libeteniiti ja sampletiiti. Fosfaatioonide allikaks maapõues on luud ja/või fosfaadirikas pinnas.

**Hüdrosiidid:** vask(II) hüdrosiidi (spertiniit) on leitud täielikult mineraliseerunud vask-objektidel, mis sageli on pärit merekeskkonnast. See haruldne, sinaka värviga hüdrosiid on ebapüsiv ning moodustub süsinikdioksiidi ja vee olemasolu korral.

**Sulfiidid:** sulfiide redutseerivad bakterid kasvavad anaeroobsetes tingimustes (näiteks soo, raba, vettinud pinnas, merepõhi jne), produtseerides vesiniksulfiidi või ehedat väävlit. Sealsamas olevad vasesulamid võivad vesiniksulfiidi või väävliga kokku puutudes korrodeeruda, moodustades vasksulfiide nagu näiteks: kalkosiin, kovelliin, djurleit ja geriit. Neist kõige levinuim on kalkosiin.<sup>62</sup>

<sup>61</sup> Samas, lk 66-67.

<sup>62</sup> Samas, lk 65-66.

**Rauda sisaldavaid** vasksulfiide nagu kalkopüriit ja borniit on samuti avastatud vaskesemetel, mis on leitud anaeroobsesetest maa-alusetest tingimustest. Kalkopüriidil on sageli kuldkollane värv, mõnikord võib see olla ka pruunikas või küütleval sinakaslilla. Kollane toon võib sarnaneda kullatisega, kui see on sadestunud objekti välispinnale. Pseudokullatise (*pseudogilding*) termin on mõnikord kasutusel, et kirjeldada kullasarnast kalkopüriiti või püriidi (raudsulfiit  $\text{FeS}_2$ ) kihti vase sulamil. Seega pole võimalik hiljem määratleda, kas sulfiit on tahtlikult objektile peale kantud tema valmistamisel (tahtlik pseudokuldamine) või on see sinna alles hiljem maapõues ladestunud (mikrobioloogiline pseudokullatis).

Kalkopüriit on ebapüsiv kui õhuniiskus ületab 60% RH. Sulfiid võib oksüdeeruda sulfaadiks (näiteks antleriit või gildiit), võimalik on muutumine ka väävelhappeks, kui sulfiidid sattuvad liigniisketesse tingimustesse. Väävelhappe moodustumine võib põhjustada edasist kahjustumist nii metallidele kui ka teistele metallidega ühenduses olevatele materjalidele. Seepärast, kui väljakaevatud objektile esineb kalkopüriiti, tuleb objekt otsekohe viia sobivasse niiskuse režiimi (RH alla 60%).

**Sulfaadid:** ehkki vask(II)sulfaate on maapõues olnud objektidelt leitud harva, on vase-sulamist objektidel siiski avastatud liitvase soola konnelliiti.<sup>63</sup>

Mõnedel juhtudel esineb ka **naatriumi sisaldavaid korrosiooniprodukte**, millede värvus võib varieeruda sinisest roheliseni (erandjuhtudel esineb ka valget). Sinised korrosiooniproduktid võivad olla jääkmaterjalid matmiskeskonnast. Näiteks mullad, mis on rikkad naatriumvesinikkarbonaadist (natroniit). Naatriumioonide allikaks võib olla leiukeskkond, keemilise töötlemise jäägid või liitmatrjalid (näiteks osaliselt tinatatud vask). Naatriumioonid võivad vabaneda ebastabiilsest materjalist, juhul kui see on ühenduses vase sulamiga. Naatriumioonid on keemiliselt aktiivsed ning reageerides õhus leiduvate gaasidega ( $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) moodustavad lõpuks tavaliselt naatriumkarbonaadi. Jääknaatriumioonid võivad reageerida vase ionidega, moodustades uusi korrosiooniprodukte, mis on erinevates sinistes varjundites. Üks neist on kalkonatroniit, mis esineb siniste või sinakasroheliste täppidena ja mida võib ekslikult pidada ka pronksi haiguseks. Kalkonatroniidi teke võib olla seotud vask(II) karbonaat kompleksiooni olemasoluga, mis muudab lahused sügavsiniseks.<sup>64</sup>

---

<sup>63</sup> Samas, lk 65-67.

<sup>64</sup> Samas, lk 68.

Erinevates leiukeskkondades tüüpiliselt esinevad korrosiooniproduktid on toodud tabelis 2.7.<sup>65</sup>

Tabel 2.7 Vase korrosiooniproduktide esinemine

Välimus	Leidumine
Sile, läikiv tumeroheline pind, kus pinnareljeef on hästi nähtav.	Soodne leiukeskkond.
Pehme, heleroheline korrosioon ja tugevad tumerohelised mügarad. Pinnadetailid on loetamatud, objekt on habras.	Agressiivne leiukeskkond, tavaliselt niiske, happeline ja õhu juurdepääsuga.
Roheline korrosioonikiht koos pruunide pinnasejääkidega. Pealispind on õrn füüsilistele kahjustustele. Viga saades tuleb nähtavale heleroheline puudrisarnane kiht.	Kõige levinum leiukeskkond. Pärast välja kaevamist võib agressiivne korrodeerumine progresseeruda, tulemuseks on metalli pinnakihi koorumine helvestena.
Metalne pind, osaliselt või täielikult kaetud mustade tihkete laikudega.	Märg keskkond.
Objekt on kaetud väikeste siniste kristallidega.	Kuiv keskkond.

<sup>65</sup> Watkinson, D., Neal, V. First Aid for Finds, lk 39.

### 3. KONSERVEERIMISE PRINTSIIBID JA TEGEVUSED

Mitte alati ei ole inimesed tajunud aega tänapäevases mõttes: minevikku, olevikku ja tulevikku. Muutus toimus koos kristlusega – aeg muutus voolavaks, omandades minevikust tulevikku ja sünnist surmani kulgeva inimliku aja mõõtme. Jumala aeg seisab paigal ja inimese aeg muutub, selle põhjuseks on meie endi surelik loomus.<sup>66</sup>

Nii nagu looduse looming, allub ka inimeste kätetöö paratamatult aja toimele. Ka kõige vastupidavamast materjalist valmistatud asjad on lõpuks määratud hävimisele. Asjade suhtes, mida oleme ise loonud, oleme ise ka kohtumõistja positsioonis. Nii ei ole varemed või asjade fragmendid mitte ainult mälestus, vaid ka lootus, mida arvame tuleviku nimel vaja minevat.<sup>67</sup>

Inimene on sotsiaalne olend, elades ühiskonnas, kus jagatakse omavahel ühiseid teadmisi, uskumusi, kunsti, moraali, kombeid ning harjumusi, mida kõike kokku kirjeldatakse kui kultuuri. Sellest järele jäänud esemed ja materjalid on materiaalne kultuur. Esemete uurimine ei ole eesmärk omaette – eesmärgiks on asjade kaudu saada informatsiooni inimeste ja ühiskondade kohta, kes neid valmistasid ja kasutasid. Keerukad sotsiaalsed struktuurid peegelduvad alati ka esemelises kultuuris, mida ühiskond kasutab, väljendades nii oma sotsiaalseid ja personaalseid arusaamu.<sup>68</sup>

Ühiskonna ja inimese nõudmised määravad selle, millal ja miks mingi ese luuakse. Siiski on paljud tööriistad, ehted ja tarbeesemed oma kuju ja kaunistusviisi poolest paljudes kultuurides sarnased. Paljuski on eseme põhiline kuju määratletud tema otstarbe ja materjali omadustega. Esemetel võib olla olnud aja jooksul erinevaid tähendusi. See võib olla sümbolne (märgiline) tähendus kultuurilises koodis, kus iga ese peegeldab mingeid tähendusi. Lisaks hoiavad ja säilitavad esemed eneses mineviku kogemusi, kandes oma välimusega edasi ideid ja informatsiooni minevikust.

---

<sup>66</sup> Augustinus, A. Pihtimused, Tallinn, 1993, lk 269-270.

<sup>67</sup> Maiste, J. Varemed, EKA Restaureerimiskool, Tallinn, 2004, lk 122.

<sup>68</sup> Schiffer, M. B. The Material Life of Human Beings. Artifacts, Behavior, and Communication. Routledge, London; New York, 1999, lk 1-3.

Esemed, mida kultuur valmistab ja kasutab, pole juhuslikult loodud. Need liituvad tähenduste süsteemiks, mis peegeldab selle kultuuri mentaliteeti ja väärtushinnanguid. Seeläbi on arheoloogidel võimalik leiukohtadest avastatud esemete põhjal iidseid ühiskondi rekonstrueerida.

Materiaalne kultuur on karkass kommunikatsioonile, mis kätkeb sotsiaalset kogemust ja informatsiooni. Kuigi materiaalne kultuur võib olla toodetud individuaalselt, on see alati sotsiaalne tootmine, väljendades seeläbi väga erinevaid kodeeritud sõnumeid nii eseme valmistajast kui ka kasutajast.<sup>69</sup>

Esemeid analüüvides võib neid käsitleda kolmest aspektist:

- ese kui instrument (funktsionaalsus)
- ese kui sümbol (tähendus)
- ese kui dokument (ajalugu)

**Esemed kui instrumendid:** esemete esmane väärtus seisneb nende funktsioonis, kas siis indiviidi või kogu ühiskonna jaoks. Eseme funktsiooni kohta saab teha järeldusi tema kuju, materjali ja valmistamisviisi põhjal, kuna need kõik on allutatud eseme otstarbele. Arvatakse, et just esemete valmistamisviis – tegevuste järjekord ja töötlemisvõtted – on kultuuri indikaatoriks.<sup>70</sup> Paljude kultuuriloolaste meelest on tehnoloogia ümber kujundanud tsivilisatsioonide tähistuskorrad ning muutnud need globaalkultuuriks, mis ei tunne geograafilisi piire ega sotsiaalseid süsteeme.<sup>71</sup>

**Esemed kui sümbolid:** esemel on kuju, värv ja tekstuur, mille tema valmistaja on valinud paljude võimaluste hulgast. Esemete roll sümbolitena sõltub neile ühiskonna poolt omistatud väärtusest. Erinevates ühiskondades on aegade jooksul väärtustatud erinevaid materjale. Oluline on nende piiratud kättesaadavus, mis võimaldab kehtestada kontrolli nende kasutamise üle.<sup>72</sup> Märk võis asendada eset ja omada sellega samavõrdset või suurematki tähendust. Millist tähendust kannab näiteks võreripats või pitsatsõrmusel leiduv võrekujutis, milles on äratuntav argine tarbeese – sõel? Sõela kui kaitsva ja väetähendusega eseme semantika tagamaaks on ilmselt selles leiduvate rohkete ristimärkide tähendus ning seega

---

<sup>69</sup> Tilley, C. Interpreting material culture.– The Meanings of Things. Material Culture and Structure, Routledge, London; New York, 2004, lk 189.

<sup>70</sup> Caple, C. Objects. Reluctant Witnesses to the Past, Routledge, London; New York, 2006, lk 7-8.

<sup>71</sup> Danesi, M., Perron, P. Kultuuride analüüs, Valgus, Tallinn, 2005, lk 219.

<sup>72</sup> Caple, C. Objects. Reluctant Witnesses to the Past, lk 8-9.

võidi sõelapõhja minevikus tajuda ristimärkide kogumina. Samuti on ringis asuvat risti tihti seletatud kui päikesesümboolikat.<sup>73</sup>

**Esemed kui ajaloolised dokumendid:** alates 19. sajandist on arvatud, et iga ese on oma ajastu dokument, kuna temas peitub info nii valmistamise kui kasutamise kohta. Küsimus on ainult selles, kuivõrd osatakse “lugeda” seda dokumenti. See on info materjali(de) kohta, millest ese on valmistatud, viisi kohta, kuidas see on valmistatud ja kõige kohta, mis on juhtunud eseme “elu” jooksul. Alati ei osata kõike “lugeda”, samuti on osa varasemast infost hilisemate tegevuste tõttu kaduma läinud.<sup>74</sup> Näiteks võib tuua graffiti, mida leidub müntidel. Graffititeks müntidel nimetatakse rahadele omal ajal mingi terava esemega kraabitud tekste, märke või pilte. Peasjalikult esinevad sellised lisandused araabia müntidel. Alati pole ka päris selge, kas rahatüki kunagine omanik mõtles kriipseldada mündile ruunimärke või midagi muud. Enamasti kujutavad graffitid mitmesuguseid skandinaavia ruunikirjas sõnu ja märke, lisaks relvade jm sõjaatribuutika kujutisi, samuti religioosse sisuga sümboleid (näiteks Thori märk).<sup>75</sup>

**Kontekst** on samuti väga oluline, kuna ükski ese ei eksisteeri üksi ja isoleerituna. Esemel valmistanud inimene kuulus ühiskonda, samuti ümbritsesid seda teised esemed. Seetõttu tuleb objekte ning esemeid vaadelda suhetes ümbritsevaga, kontekstis: kes oli valmistaja, millisel ajal või millise sündmuse puhul see valmistati jne. Esemel biograafia või elutsükkel hõlmab selle valmistamise ja kasutamise ajajärke, mille käigus toormaterjal muudeti oskusi ning tööriistu kasutades esemeks. Valmistamise järel eset kasutati või taaskasutati, samuti võidi seda parandada või ümber töödelda. Lõpuks jäeti see maha – ohverdati, kaotati vm. Viimaks esemed leitakse ja neid uuritakse kui mineviku artefakte.<sup>76</sup>

Lisaks on paljud esemed olnud mitmeotstarbelised. Näiteks nuga võidi kasutada nii kodumajapidamises, käsitöövahendina kui ka relvana. Lisaks kuulus nuga koos tupega enamasti nii mehe kui naise rõivastuse juurde, olles ühtlasi ka ehe. Samal esemel võisid erinevad otstarbed olla üheaegselt või on ese täitnud erinevaid funktsioone eri aegadel. Näiteks linnuselt leitaval ehTEL võis pärast valmistamist olla kõigepealt kaubandusartikli otstarve. Kui ehet kanti, oli tal ehte funktsiooni kõrval ka staatuse või grupikuuluvuse tähendus. Pärast ehte purunemist või

---

<sup>73</sup> Valk, H. Võre, sõel ja rist: võreripatsid ja nende tähendus. – Setumaa kogumik, 2. Tallinn, 2004, lk 249, 278.

<sup>74</sup> Caple, C. Objects. Reluctant Witnesses to the Past, lk 10-11.

<sup>75</sup> Leimus, I. Graffitid Eestis leitud araabia müntidel. – Arheoloogiga Läänemeremaades. Muinasaja teadus, 13, Tallinn; Tartu, 2003, lk 143-147.

<sup>76</sup> Caple, C. Objects. Reluctant Witnesses to the Past, lk 11-12.



vanamoodsaks jäämist kasutati seda enamasti toormaterjalina uute esemete valmistamisel. Ehe võidi ka koos surnuga maha matta, täites rituaalset otstarvet.<sup>77</sup>

### 3.1. Konserveerimine Eestis

Arheoloogiliste leidude konserveerimisega alustati Eestis 1880. aastatel. Sel ajal Euroopas kasutatavaid meetodeid tutvustasid meil G. Dragendorff ja R. Hausmann. Paraku ei kujunenud välja arheoloogilise leiumaterjaliga pidevalt tegelevat laborit. Harvad polnud juhtumid, kus uurijad ise sorteerisid halvemini säilinud “koledad” esemed välja. Teatud pööre paremuse suunas arheoloogilistesse leidudesse suhtumises toimus pärast arheoloogia professuuri loomist Tartu Ülikooli juurde. Arheoloogiaprofessor B. Nermani abiga õnnestus Tartusse üliõpilasi ja muuseumitöötajaid (ka teistest Eesti linnadest) välja õpetama kutsuda Rootsi Riigimuuseumi konservator E. Sörling. Kuuajaline kursus algas 1925. aasta kevadel. Põhiliseks tööks oli I Maailmasõja käigus tugevalt kannatada saanud Kuressaare muuseumikogude korrastamine. Sellega pandi alus meie muinasesemete kollektsioonide ajakohaseks säilitamiseks.

Süngem periood Eesti ajaloos algas 1944. aasta sügisel koos Eesti okupeerimisega. Õnneks jõuti suurem osa Eesti Rahva Muuseumi (ERM) varadest maale evakueerida, kuid paljud kultuuritöötajad olid Läände põgenenud, küüditatud või hukkunud. Trööstitu oli seis arhiivides ja muuseumides, kus oli toimunud korvamatu hävitustöö. Mõnevõrra paremas olukorras oli Tallinna Kunstimuuseum, kus säilisid ka restauraatorite kohad (tööd jätkas P. Horma, 1945. aastani töötas muuseumis ka C. Walter, 1951. aastal liitus muuseumiga E. Pöld).<sup>78</sup>

Olud hakkasid paranema 1950. aastate teisel poolel. 1957. aastal loodi TÜ raamatukogus eraldi restauraatori töökoht. Samasugused töökohad loodi samal aastal ka Eesti Ajaloomuuseumisse (M. Salum) ja Arhitektuurimälestiste kaitse inspektsiooni juurde (E. Rõigas). Tõeline läbimurre toimus 1960. aastatel ERM-is (tollal Eesti NSV Riiklik Etnograafiamuuseum), kus moodustus tugev restauraatorite tuumik (L. Konsin, R. Vulf, H. Viromann, A. Kärbo, H. Sakson, P. Vint). Restaureerimise ja konserveerimise laboratooriumid tekkisid ka Tallinna Linnamuuseumis (I. Kobin). ENSV Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituudi arheo-

<sup>77</sup> Tvauri, A. Lõuna-Eesti noorema rauaaja linnuste ja külade arheoloogilise leiumaterjali erinevused. – Keskus-tagamaa-ääreala. Muinasaja teadus, 11, Tallinn; Tartu, 2002, lk 276.

<sup>78</sup> Peets, J. Põhilised kultuuriväärtuste kahjustuste liigid ja restaureerimise ajaloost, käsikiri, lk 6-7. (asub AI arhiivis)

loogia sektori juurde loodi 1972. aastal fondide osakond, millega seoses sai Ajaloo Instituut esmordselt ka oma konserveerimislabori, mida algul juhatas A. Lääne ja hiljem J. Peets. 1967. aastal organiseeriti Tartu Ülikooli juurde restaureerimissektor E. Valk-Falki juhtimisel, kelle eestvõttel sai eriti hoogu teadustegevus. Hakati korraldama esimesi erialaseid konverentse, seminare ja näituseid restaureeritud töödest. 1967. aastal loodi Eesti Restaatorite Ühing (ERÜ), et paremini koordineerida restaatorite tööd, ühtlustada kasutatavat metoodikat ja arendada erialast tegevust (teaduskonverentsid, kus esinesid ka väliskülalised, publikatsioonid jne). 1975. aastal loodi Riiklikus Kunstimuuseumis juba varem töötanud labori baasil paarikümne töötajaga restaureerimisosakond (juhataja E. Valk-Falk). 1987. aastal moodustati osakonnast Vabariiklik Restaureerimiskeskus, mis alates 1990.-st aastast on iseseisev ja kannab nime Ennistuskoda Kanut.

Hoolimata restaatorite kaadri arvulisest kasvust oli kultuuriväärtuste seisund endiselt halb. Kõige suurem puudus oli kvalifitseeritud spetsialistidest, kes oleksid võimelised mitte ainult käsitöönduslikuks tegevuseks, vaid suudaksid mõista ka esemetes toimuvaid protsesse nii enne kui ka pärast konserveerimist. Väljaõpet korraldati Moskva ja Leningradi vastavates õppeasutustes, aga samuti ka Tartu Ülikooli ajaloo- ja keemiateaduskonnas. Seal rakendati küll nn individuaalprogramme, kuid selline väljaõpe oli siiski üpris üheplaaneline ja paljuski formaalne. Seega oli peamine probleem restaatorite väljaõpe, et kujundada välja kohalik spetsialistide kaader.<sup>79</sup>

1999. aastaks oli senistele kogemustele toetudes tekkinud eeldus restaureerimise magistriõppe avamiseks EKA Tallinna Restaureerimiskooli juures. Arvestades Eesti vajadusi ja rahvusvahelisi eeskujusid oli Muinsuskaitse ja Restaureerimise teaduskonna ja samanimelise eriala avamine 2001. aasta sügisel protsessi loogiline jätk ning tingitud üha selgemast vajadusest vastava eriala kõrgharidusega spetsialistide järele. Eesti Kunstiakadeemia Tallinna Restaureerimiskool on esimene täismahus restaureerimisalast kõrgharidust pakkuv õppekeskus Eestis. Õpe toimub neljas põhisuunas: muinsuskaitse teooria ja ajalugu, arhitektuuri restaureerimine, museaalne restaureerimine ja maalirestaureerimine. Alates 1995. a. tegutseb täiend- (litsentsi-)õpe. Õppetöösse on kaasatud Eesti vastava ala parimad asjatundjad (Krista Kodres, Alar Nurkse, Juhan Maiste jt.). Erialaspetsiifilise ja –tehnoloogilise külje väljaarendamisel teeb kool koostööd restaureerimise alaste keskustega Eestis – Ennistuskoda Kanut, Eesti Kunstimuuseum jt.

---

<sup>79</sup> Samas, lk 8-11.

## 3.2. Konserveerimisprotsessi mõjutavad tegurid

### 3.2.1. Objekti kahene olemus

Konserveerimine-restaureerimine tähendab kultuurivara väärtuste (mis võivad kultuuriti erineda) hoidmist ja edasiandmist järgnevatele põlvetele. Nii konserveerimine kui ka restaureerimine on otseselt seotud objektiga, mis on pärit lähemast või kaugemast minevikust. Igasugune menetlus, mis võetakse ette objekti säilimise nimel, on tihedalt seotud suhtumisega antud objekti – kas sellele omistatakse kasutusväärtust, religioosset väärtust, dekoratiivset või ajaloolist väärtust. Sageli võib sama objekt kanda endas mitmeid neist väärtustest. Selge on see, et kõiki neid väärtusi ei õnnestu võrdväärselt säilitada – millegi säilimise nimel tuleb midagi muud ohverdada. Iga objekt on osa **ajaloolisest dokumendist**, sisaldades informatsiooni kasutatud materjalide, valmistusviiside ja viimistlustehnikate kohta, millele aja jooksul lisanduvad veel “aja märgid”. Objekti ajaloolisuse materiaalseks väljundiks on näiteks paatina. Niisamuti on iga objekt **esteetilise entiteedi kandja** – see on materiaalne ese, mis pakub esteetilist kogemust. Eseme esteetiline aspekt kannab sageli informatsiooni oma valmistaja kohta – see on loodud suhestuma kasutajaga ning seega võib igat eset võtta kui valmistaja füüsilist manifestatsiooni – tema tahtlikuid valikuid, mida antud ese või objekt endas kannab (joonis 10).<sup>80</sup>

Seepärast on esmatähtis määratleda objekti võimalikud aspektid enne konserveerimisprotsessi alustamist, kuna:

- erinevad aspektid mõjutavad plaanitava konserveerimisprotsessi olemust;
- on tähtis, et ükski aspekt ei läheks konserveerimismenetluse käigus kaduma;
- tuleb koostada täielik dokumentatsioon objekti kõigist aspektidest ja teha see soovijatele kättesaadavaks.

Kui objekti puhul on ülekaalus **ajalooline dokumentaalsus**, siis on esmane ülesanne määratleda materjal, valmistamistehnikad, objekti algne kuju, funktsioon, võimalikud omanikud jne. Kogu saadud informatsioon peab olema dokumenteeritud, kasutades selleks kõiki olemasolevaid võimalusi. Samasugune respekt on nõutav objekti suhtes, mille säilitamisel peaks lähtuma eseme hetkeolukorrast. See tähendab, et ei tuleks minna esimese kihistuse juurde tagasi, kuna objekt kaotaks seeläbi oma ajaloolise väärtuse.<sup>81</sup> Cesare Brandi

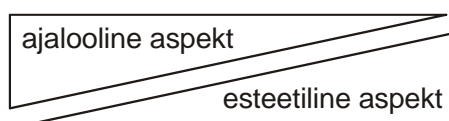
---

<sup>80</sup> Caple, C. Conservation Skills. Judgement, Method and Decion Making, Routledge, 2006, lk 29

<sup>81</sup> Samas, lk 29-30.

arvates on ainus õigustatud restaureerimise moment objekti ajaliini viimane faas, st ajalooliselt käesolev hetk, mis sisaldab nii minevikku kui olevikku.<sup>82</sup>

Samasugust väärtustamist nõuab ka objekti **esteetiline olemus**, mis peaks olema kõigile nähtav, mõistetav ja kogetav. Sealjuures võib olla vaja eseme pinda puhastada või teha äärmisel vajadusel objekti vaadeldavuse ja esteetilise mõju taastamiseks minimaalseid lisandusi. Puhastamine moodustab objekti stabiliseerimisprotsessi oluliseima osa, kuna mustus jt aja jooksul tekkinud jääkproduktid on sageli materjali lagunemise potentsiaalseks allikaks (nt kloriidid metallis kiirendavad korrosiooni).



joonis 11. objekti kahene olemus

Nagu juba eelpool nimetatud, on kõik objektid nii ajaloolised dokumendid kui ka esteetilise olemuse kandjad (joonis 11), mistõttu on konservatori ülesanne balansseerida nende kahe peamise aspekti vahel, et saavutada parim võimalik tulemus. Üht aspekti eelistades limiteeritakse seeläbi teist, mille tulemuseks on moonutatud kujutis – nii ajaloolisest dokumentaalsusest kui ka objekti esteetilisest olemusest. Objektid, millel on kõrge esteetiline väärtus, nagu kunstiteosed ja muusikainstrumendid, on sageli restaureeritud ja kasutuses. Seetõttu on esmatähtis selliste esemete dokumenteerimine enne restaureerimist, et tagada täielikku töendusmaterjali. Samas objektid, millel on kõrge ajalooline väärtus – näiteks arheoloogilised esemed – säilitatakse nende praegusel kujul ka siis, kui nad on osaliselt kahjustatud. Esteetilise entiteedi korvamiseks varustatakse sellised objektid sageli jooniste ja rekonstruktsioonidega, et näidata objekti originaalkuju, mis moodustab konserveerimisdokumendi ühe osa. Seega on võimalik dokumentatsiooni abil teatud määral korvata vähem tähtsat aspekti.<sup>83</sup>

### 3.2.2. Paljastamine, uurimine, säilitamine (PUS)

Enne töö alustamist tuleb täpselt määratleda konserveerimise eesmärgid.

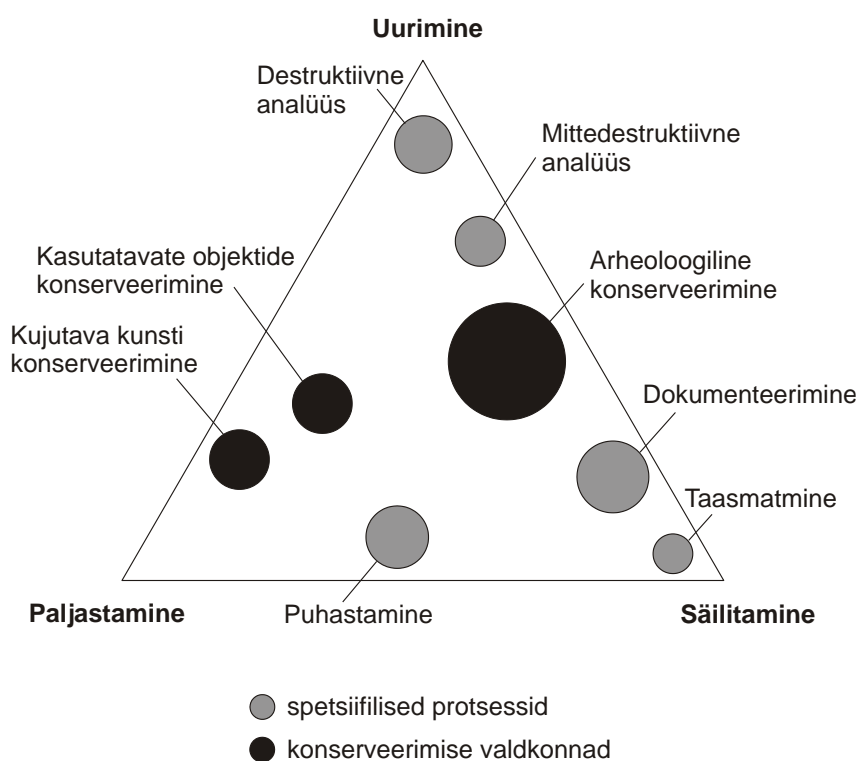
Konserveerimisprotsess kätkeb endas kolme vastandlikku eesmärki: paljastamine, uurimine ja säilitamine.

<sup>82</sup> Brandi, C. Theory of Restoration, I. – Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.: Getty Conservation Institute, 1996, lk 230-235.

<sup>83</sup> Caple, C. Conservation Skills, lk 29-30.

- **Paljastamine** (*revelation* – nähtavaks tegemine, ilmutamine) tähendab objekti puhastamist, mille eesmärk on esile tuua objekti originaalkuju mingil ajahetkel. Visuaalne kujutis võidakse taastada, et edastada vaatajale vähem või rohkem tõene mulje objekti originaalvormist ja funktsioonist.
- **Uurimine** (*investigation*) kaasab kõik analüüsivormid, mis annavad informatsiooni objekti kohta, alates visuaalsest vaatlemisest ja röntgeniuuringust ning lõpetades destruktiivsete analüüsidega.
- **Säilitamine** (*preservation*) on tegevus, mis taotleb objekti säilimist tema olemasoleval kujul, püüdes tõkestada olukorra halvenemist.

Seega tuleb igat konserveerimise protsessi vaadelda kui püüdu leida tasakaal nende kolme tegevuse vahel. Optimaalse lõpptulemuse saavutamiseks on äärmused nendes tegevustes lubamatud.<sup>84</sup>



joonis 12. Paljastamine – uurimine – säilitamine

Neid üksiktegevusi, millest konserveerimine sõltub, võib kujutada võrdkülgse kolmnurgana (PUS – joonis 12). Konserveerimisprotsessi võib tinglikult iseloomustada kui tegevust, mis hõlmab äärmustevahelise ala. Konkreetse juhtumi asukoht konserveerimisprotsessis ehk PUS-

<sup>84</sup> Samas, lk 33-34.

is sõltub kõigist eraldi läbiviidud protsessidest, olles nende protsesside summa. Erinevat tüüpi objektide puhul paikneb tasakaalu punkt kolmnurga eri kohtades. Näiteks arheoloogilistel objektidel on prioriteet tavaliselt uuringutel ja säilitamisel ja mitte niivõrd paljastamisel. Samas on märkimisväärset esteetilist väärtust omavate objektide (näiteks kunstiteoste) konserveerimisprotsessis suurem just paljastamise osatähtsus, mistõttu jäävad teatud määral tahaplaanile uuringud ja säilitamine.

Parim viis säilitada arheoloogilist materjali on seda maa seest mitte välja kaevata, aga kui seda on juba tehtud, siis on parem kui leide ei püüta koheselt puhastama hakata, kuna eelneva põhjaliku dokumenteerimiseta võib minna kaduma olulist informatsiooni. Kui säilitamine ja uurimistegevus on kergesti eristatavad, siis eesmärgi on raskem määratleda. Näiteks puhastamine ja taastamine, eesmärgiga tuua välja objekti "tõeline olemus" ja paljastada selleks mõnes alumises kihistuses säilinud informatsioon, selekteerib ja eemaldab teadlikult osa hilisemast tõendusmaterjalist. Niisiis peab konservator arvestama, et iga järgmine tegevus rikub hetketasakaalu, kuna näiteks objekti puhastamisel võib kaotsi minna informatsiooni, mida saaks uurida või säilitada. Sama kehtib objekti füüsilise seisukorra kohta, kuna erinevad keemilised-mehaanilised menetlused võivad põhjustada füüsilisi kadusid objekti struktuuris või materjalis, mis omakorda tähendab kaotusi ajaloolises või esteetilises väärtuses. Samas võib juhtuda ka vastupidi – objekti paljastus võib anda olulist uut informatsiooni ja täiendada seeläbi nn ajaloolist dokumenti. Nagu eelnevalt öeldud, on need kõik kolm aspekti üksteise suhtes vastuolus.<sup>85</sup>

Paljastamise eesmärk on objekti vormi visuaalne esitlemine, püüed anda edasi vaatajale kõige informatiivsem külg – objekti "tõene olemus", mis saab ilmsiks alles peale objekti puhastamist (vajadusel lisandub ka vormi terviklikkuse taastamine). Igal objektil on toimunud alates selle loomise ajast kindlad pöördumatud muutused, mis määravad objekti visuaalse seisundi. Agressiivsete korrosiooniproductide eemaldamine toob paratamatult kaasa muutused paatina osas (mis on väga tundlik ükskõik millisele töötlusele). Seega toob iga konserveerimine paratamatult kaasa materjali muutusi ja asendusi. Nagu eelnevast nähtub, siis ei täida mustuse ja korrosiooniproductide eemaldamine eseme pinnalt ainult puhastamise eesmärki, vaid agressiivse korrosiooni eemaldamine aitab kaasa ka objekti säilimisele. Arheoloogilistel leidudel, mis on valmistatud vasest ja selle sulamitest, võib olla keerulise koostisega korrosiooniproducte, millele on iseloomulik kihiline ladestus. Sellise sekundaarse tähtsusega materjali eemaldamine toob esile objekti originaalpinna, võimaldades täpsemaid ja

---

<sup>85</sup> Samas, lk 34.

detailsemaid uuringuid ja andes seeläbi täiuslikumat informatsiooni objekti kasutamise ja valmistamise kohta. Seega võib puhastusprotsess haarata arvuliselt palju punkte (PUS) tasakaalustatud kolmnurgas.

Siinkohal tuleb meeles pidada, et sellised mõisted nagu “eetiline kontseptsioon”, millest tulenevad “minimaalse sekkumise” ja “pööratavuse” põhimõtted, võivad nihutada kogu konserveerimisprotsessi äärmuste suunas, kus domineerivaks saab säilitamine, samas kui “tõese olemuse” kontseptsioon kaldub uurimuslikkuse ja paljastamise suunas. Konkreetse objekti tasakaal PUS-is püsib seni, kuni konserveerimisprotsessi käigus avastatakse lisa-informatsiooni, mis võib tasakaaluolekut muuta.<sup>86</sup>

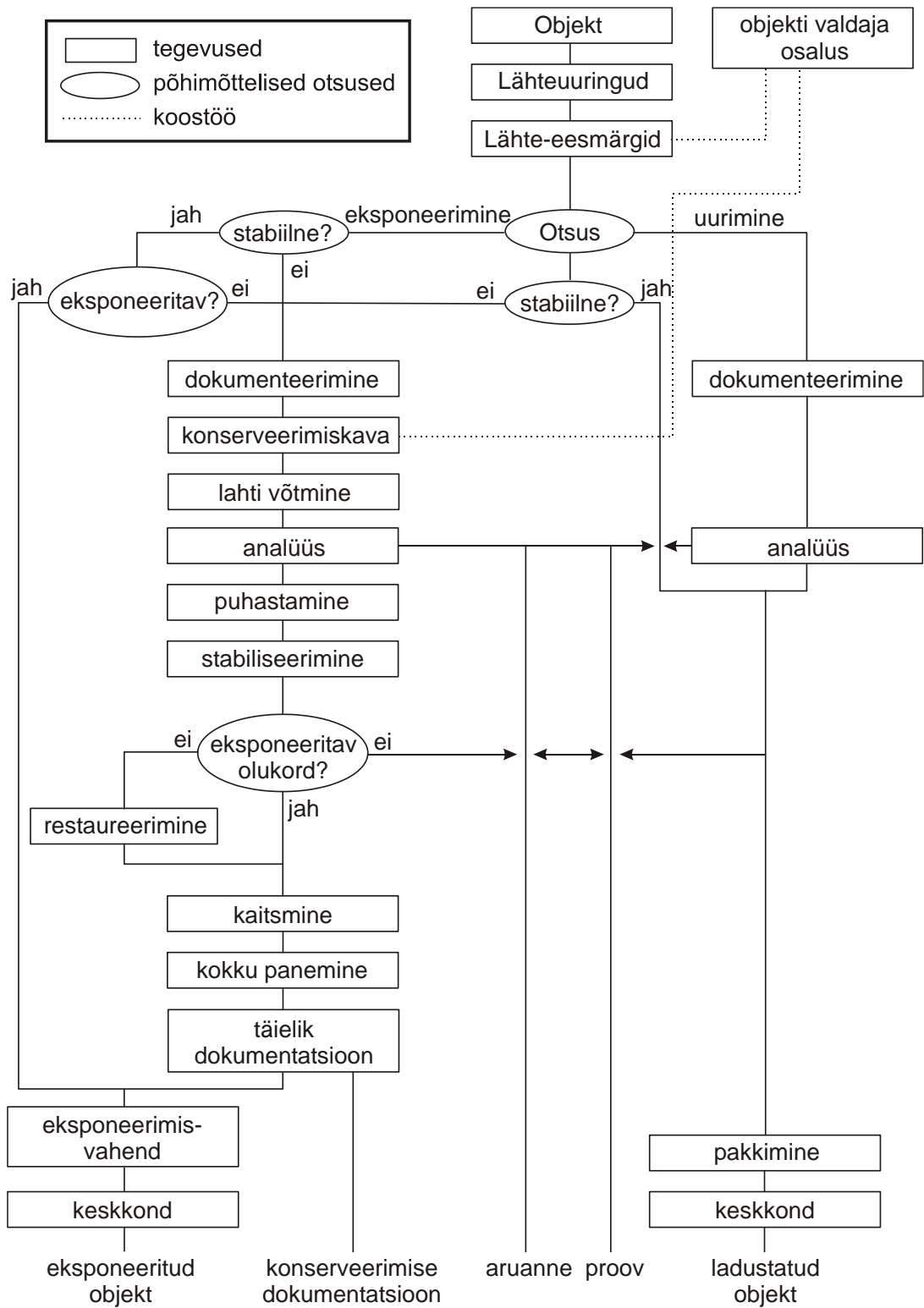
Tuleb silmas pidada, et ühel hetkel on artefakt saavutanud PUS-is “täiusliku” tasakaalu-seisundi, mida konserveerimisprotsessi jätkamine võib ainult rikkuda. Tüüpiliseks näiteks on müntide “ülepuhastamine”, mille käigus rikutakse nende pinnastruktuur. Konserveerimise eesmärkide määramine ja tasakaalustatud PUS on ühistöö tulemus, milles on osalised objekti omanik, konservaator, kuraator jt. Nemad peavad leidma vastused küsimustele: miks antud objekt on oluline ja väärtuslik, milline on tema koht kollektsioonis (ekspositioonis), milline on tema väärtus ajaloolise dokumendina, milline on emotsionaalne väärtus jne. Samuti on tähtis näiteks küsimus, kuhu läheb ese pärast konserveerimist, kas säilitamiseks muuseumi hoidlasse, ekspositioonis või tagasi kasutusse (kunstiteosed). Neist vastustest lähtuvalt tuleb leida objektile parim võimalik tasakaal PUS-is. Iga objekti puhul on konserveerimisprotsessi määravad faktorid (objekti üldine seisund, kahjustuste ulatus, kontekst, konserveerimiseetika jt) eri kaaluga.

Konserveerimise plaani koostamisel peaks lähtuma omavahelisest koostööst ja kokkulepetest, kus leitakse kompromiss paljastamise, uurimise ja säilitamise vahel. Nende erinevate huvide ja faktorite hindamisel on põhiroll konservaatoril, kes teeb ettepanekud objekti edasiseks menetlemiseks ja viib läbi praktilise töö (joonis 13).<sup>87</sup>

---

<sup>86</sup> Samas, lk 34-35.

<sup>87</sup> Samas, lk 41.



joonis 13. Konserveerimise plaan



### 3.2.3. Konserveerimisprotsess

Konserveerimisprotsessi käigus on võimalik valida kahe lähenemise vahel, mis on leidnud üldist tunnustust:

**Aktiivne ehk sekkuv konserveerimine** (*interventive conservation*), mida tuntakse ka kui **korrektiivset säilitamist** ehk objekti seisundi parandamist (*remedial preservation*).<sup>88</sup> Eesmärk on objekti seisundi parandamine, mis eeldab objektikeskset praktilist tegevust – konserveerimist ja restaureerimist. Eesmärgiks on säilitada objekt, tõkestada edasine lagunemine ja paljastada informatsioon, mida ese sisaldab läbi varasema(te) kihistuse(te), tehes seda läbi füüsikaliste ja keemiliste menetluste. Oluline on objekti seisundi füüsiline ja keemiline stabiliseerimine, et aeglustada selle vananemist ja vältida edasist kahjustumist. Aktiivse ehk sekkuva konserveerimise tegevused kohandatakse igale objektile eraldi, lähtuvalt selle materjali koostisest, samuti kahjustuste ulatustest ja olemusest, et kindlustada objekti säilimine ja informatsiooni paljastamine (uuriv konserveerimine).

**Preventiivse ehk ennetava konserveerimise** (*preventive conservation*) eesmärgiks on säilitada objekte parimas võimalikus keskkonnas, et ära hoida jätkuv kahjustumine ja lagunemine, objekte seejuures otseselt töötlemata. Preventiivse konserveerimise sisulise osa defineerisid A. Roy ja P. Smith<sup>89</sup>, viies selle valdkonna kõrgele professionaalsele tasemele. Säilitamine koondab endas kõiki tegevusi, mis aeglustavad ja takistavad objektide lagunemist, kaitsevad neid kahjustuste eest ja pikendavad seeläbi nende eluiga. Seda võib teostada läbi erinevate vormide, näiteks kaitstes ajaloolisi paiku või objekte läbi seadusandluse. Alahinnata ei saa ka avaliku arvamuse kujundamist ja teadvustamist ühe või teise ajaloolise objekti olemasolust ning väärtusest. Efektivsemad ja üldkasutatavad viisid objektide säilitamiseks on objektile otsese ligipääsu tõkestamine, turvakaitse, spetsiaalne ladustamine selleks ettenähtud kohas, sobiv pakendamine, vajadusel objektide toestamine, pidev keskkonna seire, ümbritsevate materjalide stabiliseerimine jne. Nii püütakse luua objektidele tingimused, mis tõkestavad nende edasist lagunemist.

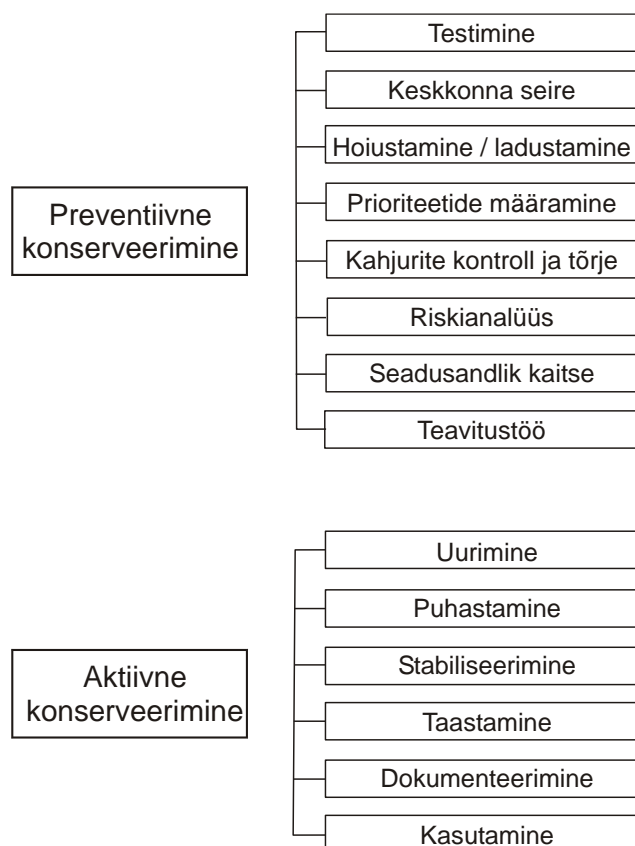
Sekkuv konserveerimine domineerib üksikobjektide puhul, samal ajal kui preventiivses konserveerimises domineerivad objektide kogumid. Joonisel 14 on esitatud võimalikud praktilised tegevused, millega konservaator võib konserveerimisprotsessis kokku puutuda.<sup>90</sup>

---

<sup>88</sup> Kõnsa, K. <http://www.kul.ee/webeditor/files/sailituskorraldusesonastik.pdf>

<sup>89</sup> Roy, A., Smith, P. (et al) Preventive Conservation Practice, Theory and Research: 1994 IIC Ottawa Congress, London: IIC.– viidatud Caple, C. Conservation Skills, lk 37.

<sup>90</sup> Caple, C. Conservation Skills, lk 37-38.



joonis 14. Konserveerimise praktilised tegevused

### 3.2.4. Konserveerimistegevuste järjestus

Tegevuste järjekorral ei ole kindlaid reegleid, st iga uus objekt määrab ära konservaatori tegevuse vastavalt antud olukorrale ja vajadusele. Ükskõik millise konserveeritava objektiga on tegemist, tuleb esmalt viia läbi *lähteuuringud* – konservaator hindab ja võtab arvesse objekti kahjustuste ja lagunemise ulatuse. Koostöös kuraatori või omanikuga püstitatakse tegevuse eesmärgid. Keskseks küsimuseks on: kas antud objekti peab säilitama või uurima ning kas soovitakse teda eksponeerida? Juhul, kui objekt ei ole stabiilne, peab ta läbima konserveerimisprotsessi, ükskõik kas ta läheb hoidlasse või ekspositsiooni. Kohe tuleb alustada ka objekti *dokumenteerimist*, mis nõuab selle detailset uurimist ja kirjeldamist, vajadusel koos täiendava fotomaterjali ja joonistega. See omakorda aitab konservaatoril koostada täpse *konserveerimisplaani*, mis peab saama positiivse vastuse kuraatorilt (omanikult). Dialoog konservaatori ja kuraatori (omaniku) vahel peaks kestma kogu konserveerimisprotsessi vältel, kuna see mõjutab suuresti konserveerimise lõpptulemust. Juhul, kui objekt koosneb mitmest eri osast, siis tuleb see *lahti võtta*, kusjuures mõnest osast on sageli vaja teha *analüüsid*, et määrata materjali täpset koostist ja kahjustuste ulatust.

Vastavalt vajadusele tuleb objekt *puhastada* ja seejärel *stabiliseerida*, et vältida tulevikus uusi võimalikke kahjustusi. Ükskõik, kas objekt läheb ekspositsiooni või hoidlasse, tuleb ta enne uuesti *kokku panna*. Seejärel tuleb ta vajadusel katta sobiva *kaitsekihiga*, mis aitab objekti säilitada stabiilses keskkonnas. Juhul, kui objekt läheb lattu, tuleb ta vastavalt *pakkida*. Samal ajal tuleb pidevalt täiendada *konserveerimise aruannet*, lisada *analüüside protokollid* ja *proovitükid* (analüüsidesest või testidesest). Konserveerimisaruannet tuleb edaspidi vajadusel täiendada uute märkustega objekti kohta.<sup>91</sup>

### **3.3. Arheoloogiliste esemete hoiustamine pärast väljakaevamist**

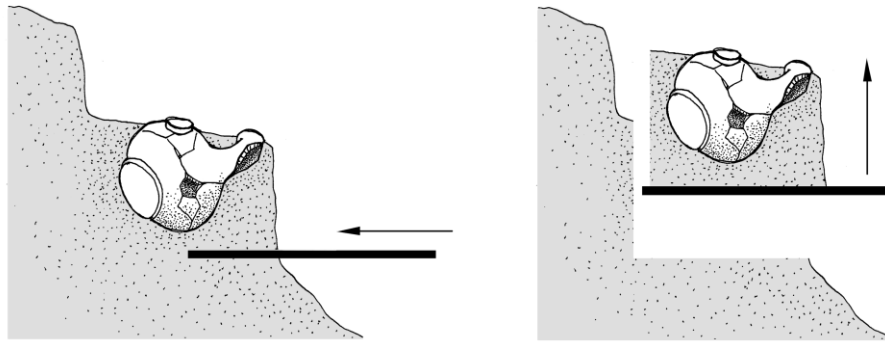
Peale väljakaevamist säilitavad vasesulamid üldjuhul ulatusliku metallsüdamik, kuhu korrosiooniproduktid on tihkelt kinnitunud. Väikesed objektid võivad olla aja jooksul täielikult mineraliseerunud, olles seega väga haprad. Sellistele objektidele tuleb tagada füüsiline kaitse. Vase baasil valmistatud objekte peaks hoiustama kuivas keskkonnas, kus RH on kuni 35%. Sageli ei ole esmapilgul võimalik täpselt tuvastada, millise materjali – kas hõbeda või vasega – on tegemist.

On arusaadav, et arheoloogi esmane reaktsioon pärast eseme leidmist on hõõruda seda ühelt ja teiselt poolt, et täpsemalt määrata, millega on tegemist. Püüd eemaldada sel viisil korrosiooni-produkte võib aga tahtmatult hävitada objekti pinnal olulisi detaile. Nii hõbeda kui vase pehme pind tuleks pakkimisel ja transportimisel kaitsta võimaliku abrasiooni eest (mulla-liiva hõõrdumine), selleks on soovitatav kasutada abimatejale, et objektid ei puutuks üksteise vastu. Mündiaare tuleks maapinnast eraldada monoliidina koos anuma või nõuga, kuhu need mündid olid enne maha matmist kokku kogutud (joonis 15). Kui ümbrise jäänused on puidust, nahast või tekstiilist, siis peaks hoiustama seda monoliiti niiskes keskkonnas, kui nõu on aga metallist, siis kuivas keskkonnas. Igal juhul tuleb selline leid esimesel võimalusel saata konserveerimislaborisse. Märja materjali kuivatamisel on risk füüsiliste kahjustuste tekkeks. Need objektid, mis sisaldavad orgaanikat, tuleb säilitada niiskes keskkonnas ja saata seejärel kiiresti konserveerimislaborisse.<sup>92</sup>

---

<sup>91</sup> Samas, lk 39.

<sup>92</sup> Watkinson, D., Neal, V. First Aid for Finds, lk 39-41.



joonis 15. Objekti eraldamine pinnasest monoliidina

Orgaanilise materjali püsijäämiseks ja säilimiseks peab seda hoiustama stabiilsetes tingimustes, kus RH on 50-55%. Samas võib see põhjustada raua korrodeerumist, kui orgaaniline materjal on koos metalliga (näiteks rauast nuga, millele on luust või puust käepide). Luu või puu võivad omakorda saada kahjustatud raua korrosiooniproductidest, mis tungivad eseme pinnale. Samuti võib metallidele sobiv kuiv hoiustamiskeskond võib dehüdratiseerida orgaanilist materjali, põhjustades selle pragunemist, murdumist ja kooldumist. Seega tuleb langetada otsus, milline osa kombineeritud arheoloogilisest materjalist on tähtsam, et seda kindlasti säilitada.

Mõned vase korrosiooniproductid (vasesoolad) on mikroorganismidele mürgised, aidates seeläbi säilitada vahetus kokkupuutes olevat orgaanilist materjali. Hõbesemetel sellised omadused puuduvad, välja arvatud juhul, kui tegu on hõbeda ja vase sulamiga, mille pinnale on tunginud vase korrosiooniproductid. Hõbeda aeglasel ja ühtlasel korrodeerumisel tekkivad korrosiooniproductid ei soosi orgaanilise materjali säilimist.<sup>93</sup>

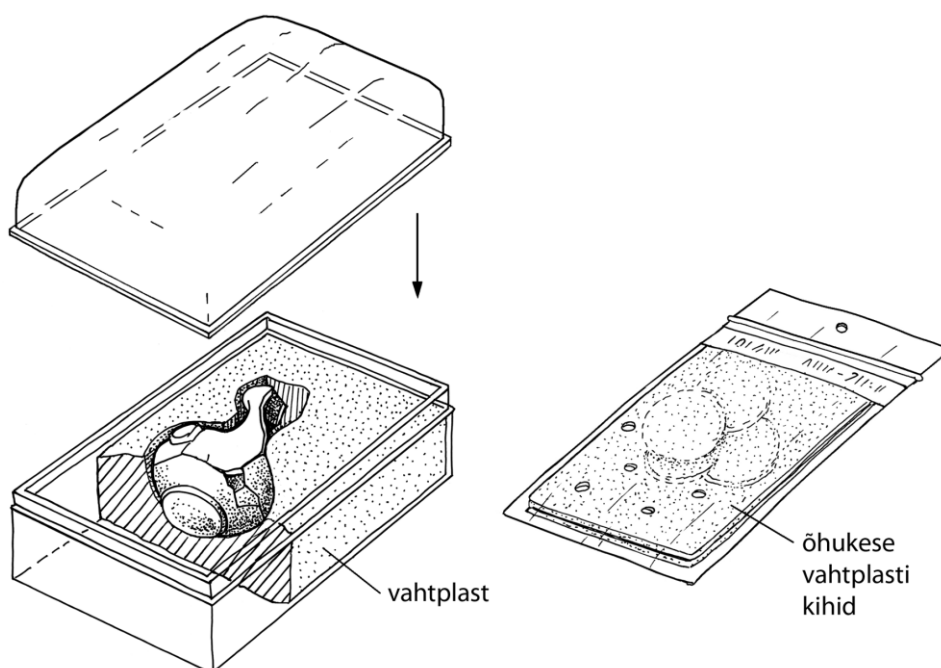
### 3.3.1. Leidude pakkimine

Kõikide pakkimisprotseduuride keskmes on vajadus kontrollida pidevalt niiskust (RH) materjalides ning kaitsta neid mehhaaniliste kahjustuste eest. Objektile tuleb luua spetsiifiline keskkond – sobiv mikrokliima, et viia lagundavate tegurite mõju miinimumini.

<sup>93</sup> Samas, lk 45.

## Füüsiline kaitse

Väikesed, haprad leiud tuleb pakkida eraldi karpidesse, kasutades selleks polüstüreenplastist karpe ja paigutades nad vajadusel eelnevalt polüetüleenist kilekottidesse. Polstrina võib kasutada käärdatud happevaba siidipaberit või paberrätikuid, samuti sobib selleks vahtplast (Lisa 2). Polüetüleenvaht on suure tihedusega, vastupidav biolagunemisele ning ei tuhmista metalli, olles seetõttu laialdaselt kasutatav. Vahtplastist võib valmistada ka sobivad vormid, kuhu on lõigatud eseme jaoks vastav süvend (joonis 16). See ei tohi olla väga tihkelt ümber eseme ega ka samas võimaldada selle loksumist, kuna siis kaoks polstri kaitsev funktsioon. Sobiv vorm koos esemega asetatakse plastkarpi, kus on kontrollitud mikrokliima. Pakitud esemed ja karp sildistatakse vajaliku informatsiooniga.<sup>94</sup>



joonis 16. Kuiva keskkonda pakkimine

Polüstüreenist karpide eeliseks on hea füüsiline kaitse, soovitavalt võiksid need olla läbipaistvad, mis võimaldab paremini jälgida mikrokliimat. Karpide puuduseks on asjaolu, et nad ei ole õhukindlalt suletavad, mis tagaks kindla kontrolli karbis oleva mikrokliima üle.

*Robustsemad väikesed esemed* võib pakkida sarnaselt habraste esemetega. Soovitavalt võiks polüetüleenkotid enne nende kasutuselevõttu augustada, et hoida ära kondensvee kogunemist kotti. Eriti robustsed väikesed leiud võib pakkida ilma polstrimaterjalita. *Suurte objektide*

<sup>94</sup> Samas, lk 17-18.

kileümbrisesse pakkimisel saab kasutada kilekeevitusseadet, soovitatav on kasutada kahekordset pakendit. Vajadusel tuleb objekti toestamiseks kasutada polstermaterjali ja kontrollida mikrokliimat koti sees. Füüsiliste kahjustuste vältimiseks tuleb esemed asetada kasti või sobivale alusele. Esemeid ei ole hea kuhjata nii, et raskemad on pealpool. Liigse niiskuse vältimiseks tuleks kasutada silikageeli. Väga tähtis on karpe ja kaste regulaarselt jälgida, et kindlustada stabiilse mikrokliima jätkumine. Sel viisil on võimalik hoida esemeid ajutiselt 2-3 kuu vältel.<sup>95</sup>

Objektide füüsiliste kahjustuste põhjuseks on enamasti kõikuv või ebasobiv RH, mis puudutab eeskätt orgaanilist päritolu materjale (Tabel 3.1). Kui RH on liiga madal, siis need materjalid kaotavad vett, mistõttu nad võivad muutuda hapraks või koolduda. Kui RH on kõikuv, siis võivad materjalid kiirelt laguneda, kuna nad on ebastabiilsed. Juhul kui RH on liiga kõrge, siis ei suuda isegi aktiivne konserveerimismenetlus ära hoida (kondens-)vee lahuses toimuvaid keemilisi reaktsioone.<sup>96</sup>

Tabel 3.1 Eri materjalidele soovitatav RH tase

<b>Materjal</b>	<b>Soovitatav RH</b>
<b>Metallid</b> Raud Vasesulamid jt metallid (va plii) Plii Märjas leiukeskkonnas metallid	Madal Alla 15% Alla 35% Kuni 55%, soovitatav alla 35% Lühiajaliselt vees hoidmine, kuni saadetakse laborisse
<b>Orgaaniline materjal</b> Kuiv leiukeskkond Märj leiukeskkond	50-55% RH märg keskkond või 100% RH
<b>Anorgaaniline materjal</b> Kuiv leiukeskkond Märj leiukeskkond	50-55% RH 100% RH või üleni vee sees hoidmine

#### Kuiva keskkonda pakkimine (RH on madal)

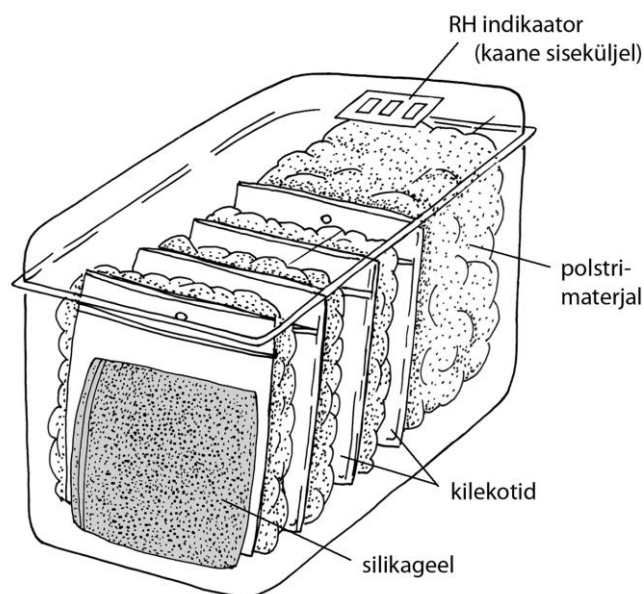
**Silikageel** kujutab endast sünteetiliselt valmistatud SiO<sub>2</sub>, mille eripäraks on tänu poorsele struktuurile väga suur eripind. Seetõttu on tal omadus absorbeerida ümbritsevast keskkonnast veeauru ja vähendada õhuniiskust. Silikageel imeb endasse niiskust seni, kui on saavutanud

<sup>95</sup> Samas, lk 19.

<sup>96</sup> Samas, lk 16.

tasakaalu ümbritseva keskkonnaga. Edasi hakkab ta toimima **passiivse niiskuspuhvrina**, stabiliseerides keskkonna niiskusesisaldust – st kui õhuniiskus langeb tasakaaluolekust alla-poole, siis silikageel hakkab absorbeeritud veeauru eraldama, püüdes tasakaalu taastada. Silikageeli niiskust vähendavat ja stabiliseerivat võimet saab kasutada, et kontrollida RH taset suletud pakendites (joonis 17).

Silikageel on korduvkasutatav, seda saab regenereerida kuumutamise teel elektriahjus või ka mikrolaineahjus 120 °C juures (kuivamise efektiivsuse määrab ventileerimine). Silikageeli hoidmiseks on eelistatud riidest või poorsest paberist kott. Vältida tuleks otsest kontakti silikageeli ja metalli vahel. Silikageeli on poolläbipaistvat ja läbipaistvat, osadele on lisatud ka indikaator, mis muudab värvi (sinine-roosa) vastavalt õhuniiskusele. Täpsemaks RH määramiseks pakendis on soovitatav kasutada niiskuse indikaatorkaarti, mis on gradueeritud 10% RH täpsusega (skaala on 0-100%). Metallid, eriti raud tuleb pakkida kuiva mikro-kliimasse – selleks on hea kasutada plastkarpi ja väga hästi kuivatatud silikageeli.



joonis 17. Pakkimine kuiva keskkonda koos silikageeliga

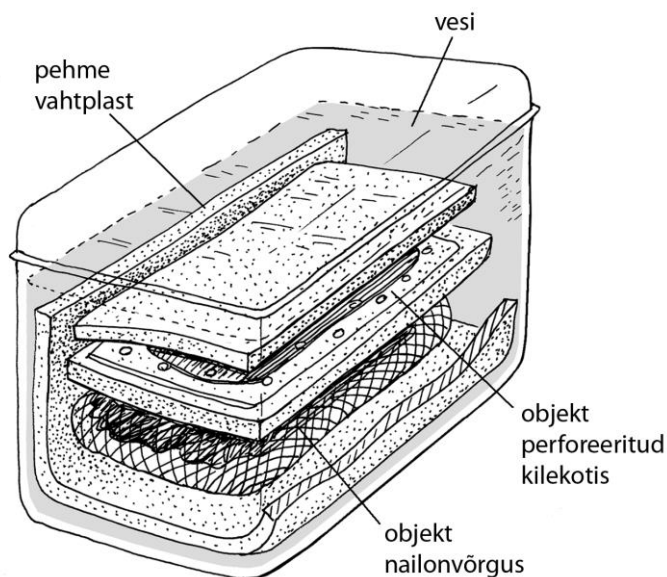
Niiskete raudobjektide puhul küllastub silikageel väga kiiresti, seetõttu tuleb ta aeg-ajalt asendada kastis uue kuiva silikageeliga ja korrata protsessi seni, kuni kuiv silikageel jääbki kuivaks (kui eesmärk on kuiv hoiustamine). Kindlasti tuleb regulaarselt jälgida RH taset.<sup>97</sup>

<sup>97</sup> Samas, lk 19-23.

### Märja keskkonda pakkimine

Materjalid, mis leitakse märjast keskkonnast (rabad, sood, veekogud) vajavad tavaliselt ka märjana hoidmist ja pakkimist, et ära hoida kontrollimatu kuivamise poolt põhjustatud pöördumatuid füüsilisi kahjustusi. See on teostatav **kas objektide vee sees hoidmise teel või nende sulgemisel keskkonda, mis sisaldab suurel määral niiskust** (joonis 18-19). Bioloogilise aktiivsuse tõkestamiseks on soovitatav märjad materjalid viia hoiule **jahedasse keskkonda** (~4 °C), soojal perioodil võib kasutada selleks otstarbeks eraldatud tavalist külmikut (välistama peaks valguse). Vajalik on pidev keskkonna jälgimine ning korrapärane (vähemalt 2-3 korda kuus) vee vahetus pakendis, kus esemeid hoitakse. Selline hoiustamine sobib hästi väiksematele objektikogumitele.

Objektide **vee sees hoidmisel** võib valguse vältimiseks konteineri katta musta kilega. Enne vette kastmist tuleks väikesed objektid füüsiliselt kaitsta, selleks sobib kasutada augustatud polüetüleenkotti, mis on polsterdatud vahtplastiga. Esemete toetamiseks võib kasutada ka nailonvõrku, kust saab lõigata paraja pikkusega tükke, et hoida koos erinevate märgade objektide fragmente (näiteks puit). Jälgida tuleks, et võrk ei vigastaks eseme pehmenenud pinda, st et võrk ei oleks liiga tihkelt objekti ümber tõmmatud. Haprad esemed tuleks vajadusel enne nende nailonvõrku asetamist polsterdada vahtplasti vahele.<sup>98</sup>



joonis 18. Märja leiumaterjali ajutine hoiustamine vees

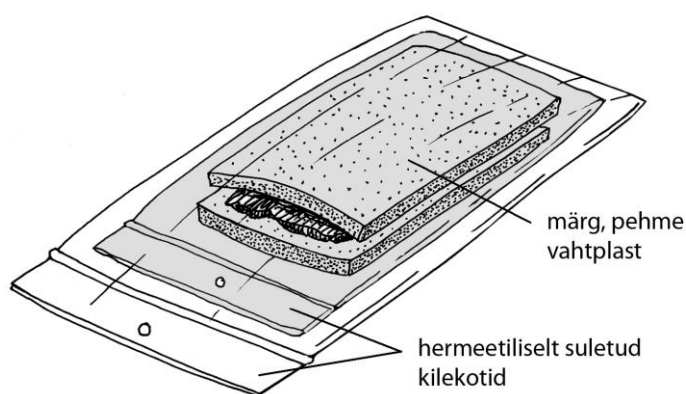
<sup>98</sup> Samas, lk 25-26.



Keskmise suurusega objektid ja objektide kogumid võib ladustada plastkarpidesse (sobivad ka toiduainete säilitamiseks mõeldud karbid). Regulaarselt tuleb kontrollida vee taset nendes konteinerites, kus objekte hoitakse. Peamine risk märgade materjalide transportimisel ja hoiustamisel on vee lekkimine pakendist. Suurte objektide tarbeks tuleb mahuti kombineerida vastavalt võimalustele. Regulaarselt peab jälgima vee taset konteineris. Mahuti tuleks katta kaanega – näiteks võib asetada tumeda kile üle mahuti, et vähendada otsest valgust ning vee liigset aurustumist. Kui märg materjal on kogemata ära kuivanud, siis peab koheselt pöörduma konservaatori poole (mitte mingil juhul ei tohiks objekti ise uuesti märjaks teha).<sup>99</sup>

#### Niiskes keskkonnas pakkimine (kõrge RH)

Kõrget niiskust saab säilitada, kui konteinerisse lisada veega immutatud svamm või väheses koguses vett niiske mikrokliima tarbeks. Väiksemate objektide tarvis võib kasutada musta plastkarpi, suuremad objektid aga pakkida sobiva diameetriga kiletorusse, millest saab kilekeevituse abil valmistada sobiva suurusega pakendi. Objektid tuleks pakendada 2-3 kordselt kilesse, vooderdades nad eelnevalt veega immutatud vahtkummiga. Pakendeid tuleks hoida jahedas ja eemal otsesest valgusest, kattes nad musta polüeteenkilega. Vältida tuleks pakkimist mustadesse kilekottidesse, kuna siis on raske kotis toimuvat jälgida. Olukorda tuleb regulaarselt kontrollida, olles kindel, et keskkonnas on piisavalt niiskust. Kui on märke bioloogilisest aktiivsusest, tuleb vahetada vett ja uuesti pakkida.



joonis 19. Kõrge niiskusega keskkonda pakkimine

Pikaajalisema hoiustamise korral on kõrge niiskusega pakkimine vähem efektiivne, kui üleni vees hoidmine. Suure niiskusega pakkimisel võivad kotid saada mehaanilisi vigastusi, mis avab hapnikule juurdepääsu ja toob kaasa biolagunemise.

<sup>99</sup> Samas, lk 26-27.

### Keskmise niiskusega keskkonda pakkimine

Sellist pakkimist vajavad niisked orgaanilised materjalid ja enamuse anorgaanilisi materjale, mida peab hoiustama stabiilses niiskes (RH 50±5 %) keskkonnas (hallitus hakkab kasvama 60% juures). Kasutada võib silikageeli, mis töötab niiskuse puhvrina.<sup>100</sup>

### **3.3.2. Säilitamine hoidlatingimustes**

Mõned **lenduvad orgaanilised happed**, nagu äädikhape ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ja sipelghape ( $\text{CHOOH}$ ), võivad põhjustada korrosiooni metalli pinnal. Metallidest kõige tundlikum on plii ehk seatina, mis hakkab korrodeeruma juba siis, kui äädikhappe tase on kõigest 0,2 ppm (st 0,2 osa miljonist). Inimesed hakkavad äädika lõhna tundma siis, kui selle tase on umbes 1 ppm. Selline kogus äädikahpet hoiukeskkonnas põhjustab aga juba plii pinnal valge kihi moodustumise. Teised metallid nagu kaadium, vask, raud ja tsink, olles ligipääsetavad lenduvatele orgaanilistele hapetele, on samuti alati korrosioonile.

Lenduvate orgaaniliste hapete allikad muuseumi keskkonnas on tavaliselt puit ja puidust asjad, samuti teised materjalid, mida sageli kasutatakse lao- või näituseruumides. Näiteks polüvinüülatsetaat liimid, värvid ja isoleermaterjalid, mis võivad kuivades ja vananedes eraldada äädikhapet. Kõik need tooted võivad põhjustada metallesemetele probleeme. Näiteks puidust kasti või kappi ladustatud vasesulamid võivad aja jooksul kattuda rohelise või sinakasrohelise korrosiooniga, mis on tingitud äädikhappe eraldumisest (nn “äädika sündroom”). Kõik plastikud, mis on tehtud tselluloosatsetaadist (näiteks filmimaterjal ja mikrofiidid), võivad samuti vananedes eritada äädikhapet ja kutsuda esile “äädika sündroomi”.<sup>101</sup>

Ehkki paljud lenduvad ühendid (eriti orgaanilised happed) on metallidele kahjulikud, leidub ka selliseid orgaanilisi ühendeid, mis tõkestavad korrosiooni. Neid nimetatakse lenduvateks korrosiooniinhibiitoriteks (ingl. k *vapour phase inhibitor* – VPI). Kamper ( $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$ ) takistab näiteks hõbeda tuhmumist. Sellised inhibiitorid lenduvad ja hajuvad ruumi, kus nad absorbeeritakse metallide poolt. Üldotstarbelised VPI-d on tavaliselt soolad, mis on valmistatud nõrkadest lenduvatest alustest ja hapetest (täpne keemiline koostis on tavaliselt firmasaladus). Nad töötavad segainhibiitoritena, adsorbeerudes nii sulami anoodi kui ka katodi piirkonnas ja aeglustades sel viisil nii anoodseid kui ka katoodseid protsesse. Adsorbeerunud inhibiitorid tekitavad metalli pinnale füüsilise barjääri, mis sageli tõrjub ka vett, aidates seeläbi isoleerida

<sup>100</sup> Samas, lk 28-29.

<sup>101</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 35.

metalli ümbritseva atmosfääri niiskusest. Üldiselt VPI-sid ei kasutata muuseumi kollektsioonides. Nad küll tõkestavad metallide korrosiooni, kuid võivad samas kahjustada teisi juuresolevaid materjale (on täheldatud näiteks paberi kolletumist).<sup>102</sup>

**Mittelenduvad orgaanilised happed** võivad samuti põhjustada korrosiooni. Metallide pikaajalise kokkupuute tulemusena selliste orgaaniliste materjalidega nagu nahk, mesilasvaha, karnauba, lanoliin e villarasv, linaseemne õli jt. võib tekkida metallisool, mida nimetatakse ka metalliseebiks – vastavat protsessi nimetatakse saponifikatsiooniks. Näiteks vasesulamist ehisnaastudel, mis on olnud otseses kokkupuutes nahaga, võib vahetevahel leida iseloomulikku rohelist korrosiooni. Sellise korrosiooni põhjuseks on vabanenud rasvhapped, mida võivad eraldada kõik vananevad orgaanilised materjalid, mis läbivad hüdrolyüüsi või oksüdatsiooniprotsessi.<sup>103</sup>

**Redutseeritud väävli** olemasolu säilitamiskeskkonnas võib tekitada probleeme mitmete metallide jaoks. Hõbe ja vask tuhmuvad kui nad on avatud atmosfääri gaasidele, mis sisaldavad redutseeritud väävliühendeid (vesiniksulfiid  $H_2S$ , karbonüülsulfiid  $COS$ ) või ehedat väävliit. Väävelvesiniku kontsentratsioon kõigest mõni triljondik ( $10^{-12}$ ) osa tekitab juba hõbeda pinnale õhukese sulfiidikile.

**Kloriidioonid** võivad tekitada muuseumi arheoloogilistele objektidele palju korrosiooni-probleeme. Leiukeskkonnas kogunevad kloriidioonid arheoloogilise metalli pinnale, põhjustades aktiivse korrosiooni probleeme: näiteks raual piiskade ja agakaniidi moodustumine, helbed, metalli murenemine; vase sulamisel pronksihaigus. Naatriumkloriid ( $NaCl$ ) on inimese higi üks põhikomponent ja võib kanduda paljaste kätega puudutatud metallobjektile.  $NaCl$  ja metalli vahelise reaktsiooni tulemuseks võivad olla näpujäljed (või teised tahtmatud jäljed), millest saavad alguse tumedad plekid ja lokaalne roheline korrosioon – mis võib olla kõrgpoleeritud pinnal väga nähtav ja häiriv. Kloriidioonid võivad olla pärit ka plastmassidest, mis vananedes tekitavad happeid. Näiteks lagundava toimega vesinikkloriid  $HCl$  võib vabaneda polüvinüülkloriidist ( $PVC$ ) ja polükloropropeenist ( $CR$ ) valmistatud esemetest.

**Lämmastiku oksiidid** ( $NO_x$ ) moodustavad kokkupuutes õhuniiskusega lämmastikhappe  $HNO_3$ , mis tekitab korrosiooni paljudele metallidele. Lämmastikoksiidide ( $NO$  ja  $NO_2$ ) üks põhiainet on vananev nitrotselluloos (tselluloid). Lämmastikku sisaldavaid korrosiooni-

---

<sup>102</sup> Samas, lk 35.

<sup>103</sup> Samas, lk 35-36.

produkte on leitud metallidel (vasel, raual ja tsingil), mis asuvad vahetus läheduses nitrotselluloosi sisaldava objektiga.<sup>104</sup>

**Vee plekid** võivad jääda äsja puhastatud vase sulamitele, mida pole pärast töötlemist korralikult ära kuivatatud. Plekid võivad ilmuda ka üksteise peale laotud vaskobjektidele, kui vesi on kondenseerunud nende vahele. Veeplekid esinevad mitmevärviliste laikudena, mõnikord võib olla ka musti täppe.

Pikaajaliseks säilitamiseks kasutatavad pakke- ja hoiustamismaterjalid peavad olema: keemiliselt stabiilsed (st pika aja jooksul lagunemisele vastupidavad), happevabad, vajadusel hea läbipaistvusega, mitteabrasiivsed, samuti kergesti käsitsetavad ja hooldatavad.<sup>105</sup>

Eksponaadikapid ja vitriinid ei tohiks asuda välisseinte ääres ja akende all, kus on kõige suuremad niiskuse ja temperatuuri kõikumised. Hoidlate kapid ja sahtlid peaksid olema võimalikult hermeetiliselt suletud (tolmu ja putukakindlad). Eri tüüpi materjalide (vähemalt orgaanilise ja mineraalse päritoluga materjalide) jaoks peaksid olema erinevad hoidlad. Samuti tuleb hoidlas tagada stabiilne niiskuse ja temperatuuri režiim. Suured temperatuuri kõikumised tekitavad eseme pinnale kondensvee, mis soodustab keemilisi reaktsioone. Samuti on ohtlik õhus lendlev tolm, mille koostises olevad ained depassiveerivad metallipinda, suurendades metallipinnal oleva mikroskoopilise veekile elektrijuhtivust ja soodustades elektrokeemilise korrosiooni teket. Kappides ja riiulites ei tohiks kokku puutuda erinevad metallid, mis võivad tekitada galvaanilise paari.<sup>106</sup>

---

<sup>104</sup> Samas, lk 37.

<sup>105</sup> Samas, lk 71.

<sup>106</sup> Valk-Falk, E. Muuseumi varahoidja meelespea, 1994, lk 5, 18.

## 4. EKSPERIMENT

### 4.1. Ülesande püstitus

Esemeid on võimalik uurida ja interpreteerida lihtsalt **visuaalse vaatluse** põhjal, millist meetodit kasutatakse sageli nende kultuurilise kuuluvuse määramisel ja dateerimisel. Oluline on kontekst, mis annab informatsiooni nii kasutamise kui ka kultuuriliste seoste kohta, lisateavet annavad ka kirjalikud allikad. Lisaks visuaalsele analüüsile (võrdlev analoogia) kasutatakse aga ka erinevaid **instrumentaalse analüüsi** meetodeid, mis annavad objekti kohta täiendavat informatsiooni. Siia alla kuuluvad erinevad mikroskoopia ja koostise analüüsi meetodid – optiline ja elektronmikroskoopia, röntgenanalüüs jt.

Enne objekti restaureerimist või konserveerimist tuleks läbi viia eeluuringud, mille käigus hinnatakse objekti üldist säilivust ja sesundit. Samuti tehakse kindlaks objekti keemiline koostis, mis on vajalik sobivate materjalide valimisel. Tavaliselt on uuringuteks võimalik võtta objektidelt üksnes väga piiratud ulatuses proove, mistõttu ei sobi suurt proovi kogust nõudvad analüüsimeetodid – seega on eelistatud mittedestruktiivsed meetodid. Arheoloogilised objektid võivad olla komplitseeritud koostisega, mistõttu nende uurimisel ei piisa tavaliselt ainult ühest meetodist, vaid tuleb kombineerida mitmeid eri meetodeid. Vanu esemeid uurides tuleb arvestada, et aja jooksul on nende materjali struktuuris toimunud olulised muudatused, võrreldes esialgse koostisega – muutused võivad olla eriti ekstreemsed arheoloogilise leiumaterjali puhul. Parimad tulemused saadakse kui objekti materjali uurimisel kaasatakse teiste alade spetsialistide (arheoloogid, numismaatikud, materjaliteadlased, keemikud jne) teadmisi.

Käesoleva uurimistöo eksperimentaalses osas, milles käsitletakse lähemalt Eesti vara-uusaegsete müntide konserveerimist, selle meetodikat ja probleeme, loodetakse vastust saada järgmistele küsimustele:

1. Millistest keemilistest ühenditest koosnevad korrosiooniproduktid arheoloogilistel müntidel?

2. Milline on konserveeritavate müntide täpne metallikoostis? Kui suures ulatuses erineb metallikoostis aja jooksul käibes olnud (vähese väärismetallisisaldusega) erinevatel perioodidel valmistatud nominaalide puhul?
3. Milline oli suure vasesisaldusega hõbemüntide valmistamistehnoloogia? Kuidas täpselt tekitati vaskmüntide pinnale õhuke hõbedakiht (hõbetamine e amalgaamimine oli välistatud ja elektrolüüsi ei tuntud)?
4. Millised kasutusel olevatest menetlustest (galvaanika, elektrolüüs, keemiline ja mehaaniline töötlemine) põhjustavad arheoloogiliste müntide konserveerimisel kõige vähem riske?
5. Millised kõige sagedamini kasutusel olevatest hõbeda ja vase konserveerimise kemikaalidest on kõige efektiivsemad ning kõige vähem kahjustusi ja riske põhjustavad?

## 4.2. Materjali analüüsid

Müntide analüüsid teostati Tallinna Tehnikaülikooli Materjaluuringu teaduskeskuses. Instrumentaalsetest meetoditest kasutati optilist mikroskoopiat, skaneerivat elektronmikroskoopiat (SEM – *scanning electron microscopy*) koos energiadispersiivse röntgenmikroanalüüsiga (EDS – *energy dispersive spectroscopy*) ning röntgendifraktsioonanalüüsi (XRD – *X-Ray Diffraction analysis*).

XRD analüüs võimaldab määrata materjali kristallstruktuuri ning selle kaudu teha kindlaks objektis leiduvad elemendid ja keemilised ühendid. Meetod baseerub röntgenkiirguse difraktsioonil aine kristallvõre aatomitasanditelt, mistõttu on võimalik määrata vaid kristallilisi aineid. Proovi uuritakse pulbri või tahke keha kujul. Meetodi eelised ajalooliste objektide uurimisel on tema mittedestruktiivsus (analüüsi käigus proov ei hävine) ja analüüsi suhteline kiirus. Puuduseks on see, et pole võimalik analüüsida orgaanilisi ühendeid.<sup>107</sup>

Uuriti kolme Kaarma aardest (SM 10588) pärit münti (joonis 20) kahte 5-öörilist ja üht 4-margalist münti ja lisaks ühte Otepää aardest pärit killingit (964:26). Analüüsi tulemus on esitatud joonisel 21. Korrosiooniproduktidest identifitseeriti kõigil neljal kupriit  $\text{Cu}_2\text{O}$  ja osadel (4-margasel rohkem ja 5-öörilistel vähem) ka malahhiit  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ . 4-margase ja ühe 5-öörilise puhul viitab malahhiidile ka nende rohekas toon, teise 5-öörilise (auguga)

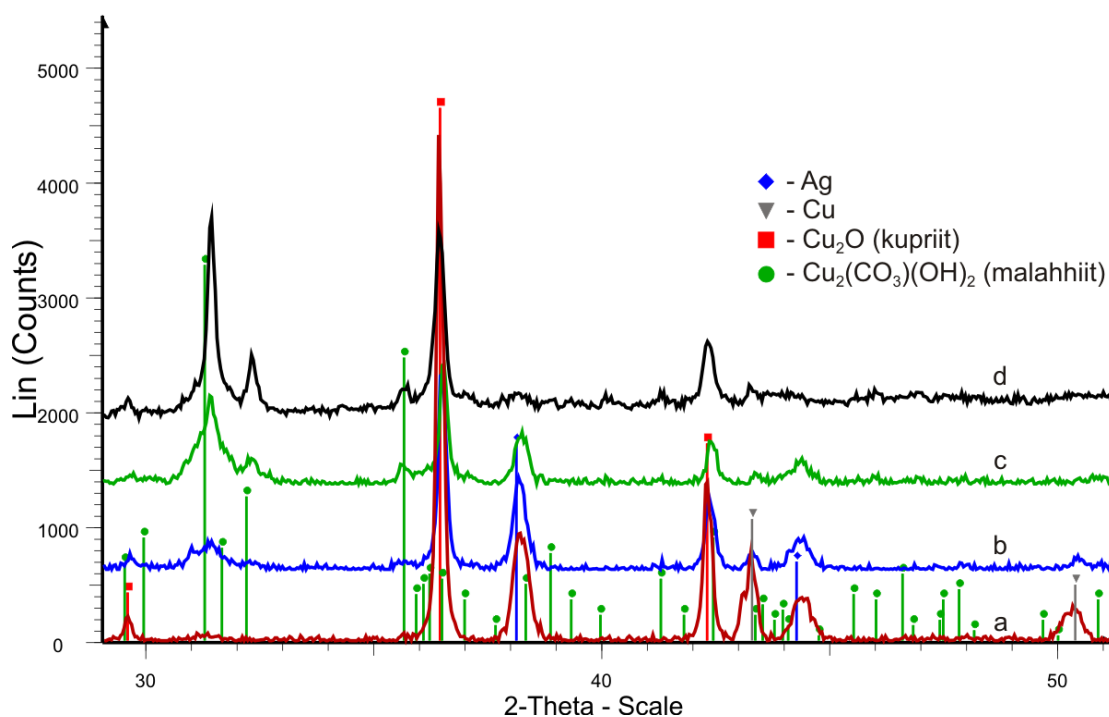
---

<sup>107</sup> Skoog, D. A. Leary, J. J. Principles of Instrumental Analysis, Saunders College Publishing, Harcourt Brace College Publishers, USA (Florida), 1992, lk 378-379.

sinise kihi puhul võib oletada džordžiiti, mille keemiline koostis on malahhiidiga identne, kuid mis on amorfse (mitte kristallilise) struktuuriga ega ole seetõttu XRD spektris nähtav. Amorfsusele viitab ka malahhiidi joonte suur laius ja väike intensiivsus.



joonis 20. Analüüsitud Kaarma mündid

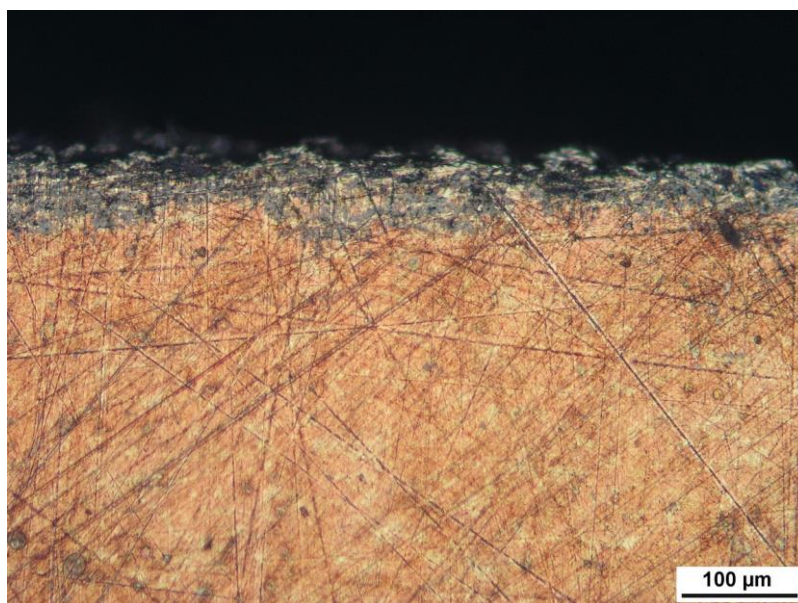


joonis 21. Müntide röntgendifraktsiooni spektrid:  
**a** – Otepää (964:26); **b, c, d** – Kaarma

Skaneeriv elektronmikroskoopia (SEM) kasutab objekti pinnast suurendatud kujutise saamiseks selle skaneerimist elektronkiirega, kust siis sekundaarseid elektrone registreerides saadakse pinna reljeefi (topograafiat) peegeldav kujutis. EDS-mikroanalüüsis kasutatakse signaalina elektronkiire poolt tekitatud karakteristlikku röntgenkiirgust. Neid kahte meetodit

võib vaadelda koos, kuna nad on enamasti mõlemad ühendatud samas seadmes ja kasutavad sama skaneerivat elektronkiirt, töö toimub vaakumis. Mikroanalüüsi eripäraks on võimalus määrata koostist väga väikeses punktis (tüüpiliselt  $\sim 1\mu\text{m}^3$ ), mis võimaldab näiteks mõõta metallisulami faaside koostist eraldi. Nõuded proovile: on hea kui proov on elektrijuht, mittejuhtivad proovid enamasti kaetakse õhukese juhtiva kihiga vaakumaurustumise meetodil (plaatina, kuld, süsinik).<sup>108</sup>

Antud juhul kasutati EDS-analüüsi müntide elementkoostise määramiseks. Müntide servast lihviti maha  $\sim 0,3$  mm ning analüüsiti avanenud ristlõikepinda. Analüüsi spekter võeti mitmest (3-6) punktist ning arvutati keskmine väärtus. Enamikul müntidel analüüsiti üksnes sisepiirkonda, kusjuures ainult ühel mündil (961:12) oli selgelt erineva struktuuriga ja piisava paksusega hõbedarikkam pinnakiht, mida sai eraldi analüüsida (joonis 22).



joonis 22. Rutikvere poolekrossise münti ristlõige.  
Eristatav on õhuke hõbedarikkam pinnakiht

Nagu tabelist 4.1 nähtub, võis hõbemüntide tegelik hõbedasisaldus kõikuda üsnagi suurtes piirides. Kuid selleks, et näiteks 94% vasesisaldusega münt oleks käibes hõberahana aktsepteeritud, pidi ta vähemalt hõbedane välja nägema. Järelikult oli kasutusel tehnoloogia, mille abil suudeti ka väga madala väärissisaldusega müntide pinnakihile anda hõbedasarnane läige.

<sup>108</sup> Samas, lk 394-397.



Tabel 4.1. Analüüsitud müntide koostis

Aarde nimetus	Mündi nimetus	Proov	Ag%	Cu%	Si%
<b>Otepää</b> (AI 5000)	killling	964:14	14,0	86,0	0,3
	killling	964:24	13,2	86,8	
	killling	964:26	14,2	85,6	
	killling	964:28	14,0	86,0	
		veering	964:3-8	49,9	49,9
<b>Rutikvere</b> (AI 5000)	½ krossi	961:12 sisepiirkond	27,5	72,4	0,1
	sama	961:12 pinnakiht	45,7	54,2	0,2
	killling	961:6	9,7	90,2	0,0
	killling	961:9	7,8	92,2	
	killling	58:14	8,6	91,4	
	killling	58:26	5,7	94,3	
<b>Alaküla</b> (AI 5000)	killling	65:164	7,0	93,0	
<b>Kaarma</b> (SM 10588)	5 ööri	nr 1 (sinine, auguga)	40,5	59,3	0,2
	5 ööri	nr 2 (roheline, sisepiirkond)	40,4	59,4	0,2
	sama	nr 2 (roheline, pinnakiht)	49,4	50,4	0,2

### 4.3. Proovimüntide valmistamine

Käesolevas töös otsustasin kasutada kahte erineva koostisega metallplekki, et uurida kõigepealt müntide valmistamise tehnoloogilisi võimalusi, seejärel aga erinevate kemikaalide mõju hüpoteetilise konserveerimisprotsessi käigus.

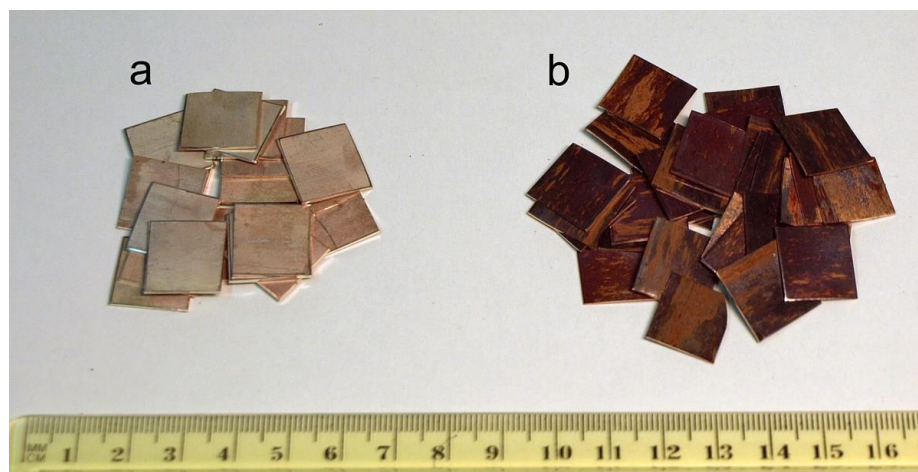
#### 4.3.1. Metallpleki valmistamine

Hõbeda ja vase vahekorra määramisel otsustasin lähtuda metallikoostise analüüsi tulemustest, valides äärmuslikud variandid:

Rutikvere (AI 5000/58:26), killling 94% Cu / 6% Ag

Otepää (AI 5000/964:3), veering 50% Cu / 50% Ag

Hõbeda ja vase sulam ehk ligatuur valmistati EKA metallikatedri töökojas. Sobiva koostisega ligatuur valati nelinurksesse valuvormi, misjärel puhastati metalli pind töötlemisel tekkinud jääkainetest. Seejärel valtsiti materjal plekiks, seda vahepeal lõõmutades. Valmis plekist lõigati sobiva suurusega (15x15mm) proovitükid (joonis 23).



joonis 23. Valtsitud ja tükeldatud proovimaterjal:  
**a** – hõbedarikkam, **b** – vaserikkam

#### 4.3.2. Pinnakihi hõbedaga rikastamine

Selle eesmärgi saavutamine osutus problemaatiliseks, kuna ka müntimistehnoloogiat käsitleva erialalise kirjanduse põhjalik uurimine ei andnud vajalikku baasinformatsiooni. Antud teema pole otseselt huvitanud ka eesti numismaatikuid (A. Molvõgin, V. Sokolovski, I. Leimus, M. Kiudsoo). Ivar Leimus käsitleb küll oma artiklites väga põhjalikult Tallinna müntlate ja mündimeistrite olustikku 16-17. sajandil,<sup>109,110</sup> kuid ei puuduta otseselt müntimise tehnoloogiat (Leimuse andmetel puuduvad ka Tallinna Linnaarhiivis kirjeldused müntide valmistamise kohta). Vastavad kirjalikud allikad Eestis teadaolevalt puuduvad. Üheks põhjuseks on ilmselt asjaolu, et tegemist oli ametisaladusega, mida ei kiptudki kirja panema. Mõningaid üldsõnalisi vihjeid kirjanduses siiski leidub: “*toorikuile n.ö kaubandusliku välimuse andmiseks keedeti need järgnevalt viinakivi, soola ja vee või uriini lahuses valgeks, st happelises keskkonnas eemaldati tooriku pealispinnalt keemiliselt aktiivsem metall vask.*”<sup>111</sup>

EKA metallikateedrist õnnestus leida loengukonspekt (autor Ellen Tamm), kus oli kirjas: “*...metallis on võimalik värvust esile kutsuda ja parandada nn üleskeetmise teel. Sel puhul eralduvad sulatises teatud koosseisu osad ja eseme pinnale tekib õhuke puhta metalli kiht. Seda on saavutatud hõbeda juures sagedase kuumutamise ja lahjendatud väävelhappes keetmise teel.*”<sup>112</sup> Veel õnnestus leida teemasse puutuvat informatsiooni TLÜ konserveerimisloengute konspektidest (koostaja Toomas Mägi): “*sulamis sisalduv vask keedeti hõbedast*

<sup>109</sup> Leimus, I. Tallinna mündimeistrid 16. sajandil, Vana Tallinn III (VII), Tallinn, 1993, lk 7-30.

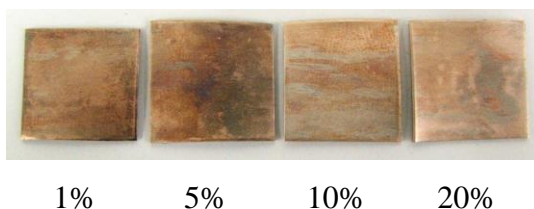
<sup>110</sup> Leimus, I. Tallinna mündimeistrid 17. sajandil, Vana Tallinn VII (XI), Tallinn, 1997, lk 13-34.

<sup>111</sup> Leimus, I. Numismaatika alused, TÜ Ajaloosakond, Tartu 1996, lk 99.

<sup>112</sup> Tamm, E. Loengumaterjal, lk 2.

välja seebikivi (NaOH) lahuses.”<sup>113</sup> Hoolimata küllaltki puudulikust informatsioonist õnnestus välja selgitada mõningad esialgsed lähteandmed: Ag-Cu sulamist metalliproove tuleb töödelda kuumas (70-90 °C) happelahuses.

Katsetati metallprooviga, mille sulami koostis oli Cu/Ag 94:6. Esmalt prooviti erineva kontsentratsiooniga väävelhappe lahuseid (joonis 24).



joonis 24. Proovitükide töötlemine väävelhappe lahuses

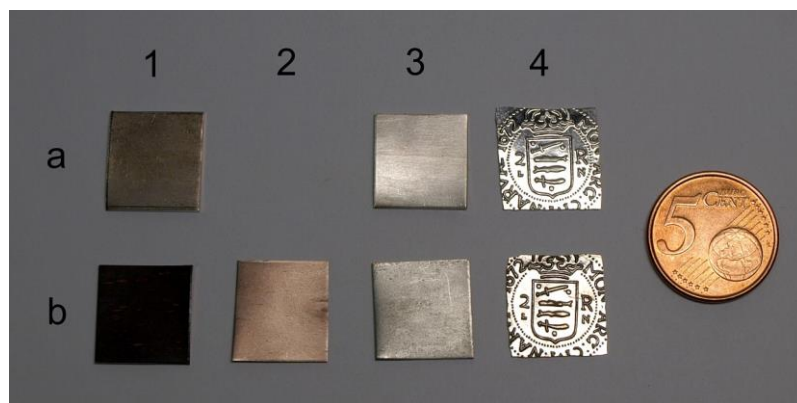
katsetused jätkusid:	äädikhappe lahus	(5%, 10%, 30%)
	viinakivi lahus	(10%, 20%)
	sipelghappelahus	(10%, 20%)
	oblikhappelahus	(10%, 20%)
	seebikivilahus	(10%)

Tulemus: ühtlast hõbedakihti ei tekkinud ühelegi proovitükile. Reeglina lahustasid happed metallipinnalt ainult oksiidikihi, mis oli sinna jäänud lõõmutamisest. Seebikivi lahuses kuumutamine jättis metallipinna muutumatuks ega eraldanud isegi oksiidikihti.

Selles olukorras osutus kasulikuks konsultatsioon KUMU keemiku Jüri Kaup'iga, kes omakorda sai inspiratsiooni Heiki Timotheuse õpikust "Praktiline Keemia II".<sup>114</sup> Seal mainitakse, et Ag-Cu sulami pinnakihi saab vase oksüdeerida CuO-ks nii, et hõbe ei oksüdeeru ning seejärel lahustada CuO happes. Jüri Kaup pakkus võimaliku oksüdandina välja vesinikperoksiidi (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ja happena äädikhappe lahust. Nende kemikaalide kasutamine andiski lõpuks soovitud tulemuse, muutes vaseläikelise proovitüki hõbehalliks (joonis 25).

<sup>113</sup> Mägi, T. Hõbeda konserveerimine – <http://www.ai.ee/failid/280.ppt>

<sup>114</sup> Timotheus, H. Praktiline Keemia II, Avita, 2003, lk 104.



joonis 25. Proovimüntide valmistamise etapid.

**a** – hõbedarikkam, **b** – vaserikkam

**1** – tükeldamine, **2** – oksiidi eemaldamine, **3** – hõbedaga rikastamine, **4** - vermimine

Katse oli edukas, tõestades, et hõbedavaese (6% Ag) mündipleki pinnakihi keemilisel teel muutmine hõbedaläikeliseks on põhimõtteliselt võimalik. Samas on selge, et vara-uusaegsed mündimeistrid ei tundnud vesinikperoksiidi. Seega jätkati katseid nende kemikaalidega, mis olid tol ajal tuntud. Kuna nappides allikates viidatakse korduvalt uriinile, katsetati mündipleki töötlemist ammoniaagilahuses, mis on uriini üks põhilisi toimeaineid. Plekk muutus selle tulemusel küll heledamaks, kuid jäi siiski roosalaiguliseks. Naturaalset uriini ei proovitud, kuna näiteks inimese ja kariloomade uriini koostis on erinev ja pole teada, mida täpselt kasutati.

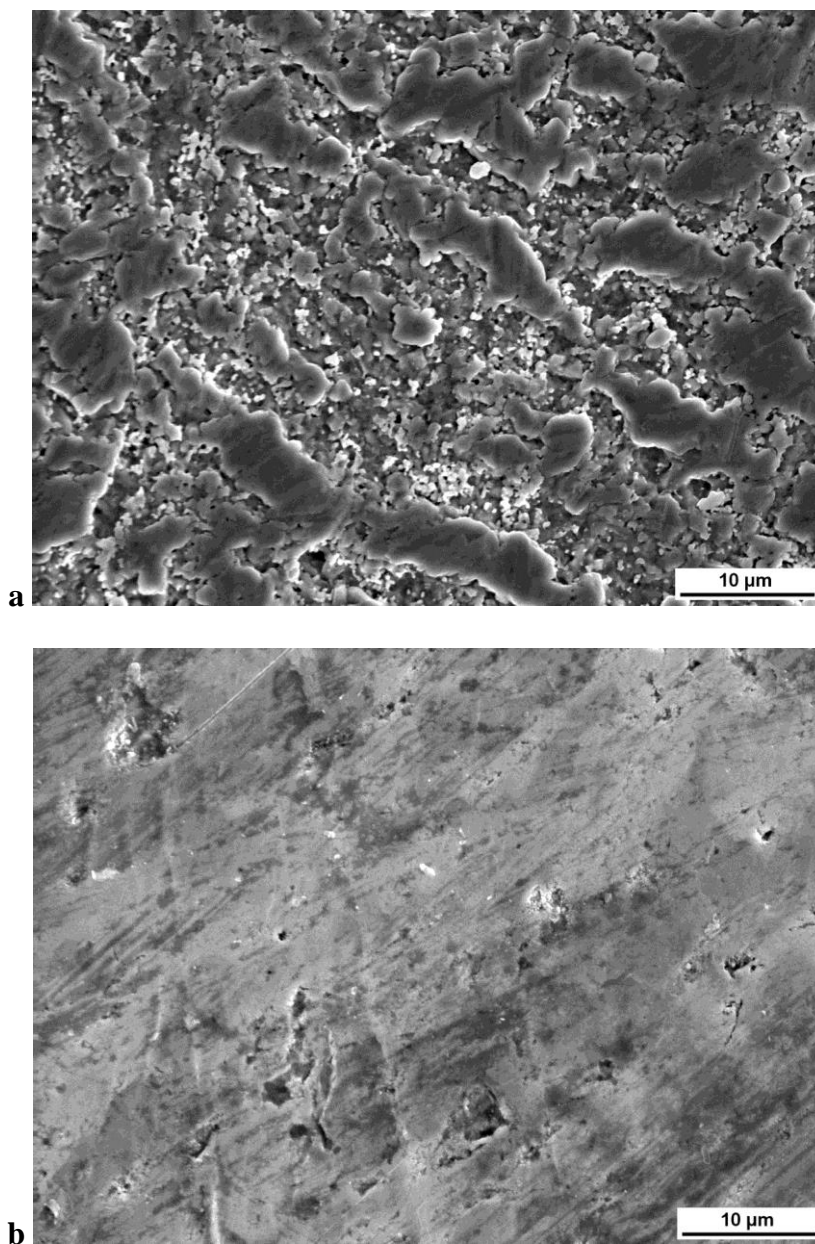
Konsulterides Jüri Kaup'iga selgus, et kirjandusallikates<sup>115</sup> on mainitud võimaliku vahendina rabarberimahla, mille toimeaineks on oblikhape. Kui mitte rabarber, siis vähemalt hapu-oblikad olid tol ajal kindlasti saadaval. Katseid jätkati oblikhappe lahusega, kasutades varasemast oluliselt pikema kestusega töötlemist. Tulemus oli positiivne – pärast 5-päevast leotamist 10% oblikhappe lahuses omandas mündiplekk samasuguse hõbedase tooni, nagu ka vesinikperoksiidi kasutamisel.

Keemiliselt töödeldud proovitükid vermiti OÜ Ars Vasetööd töökojas, kasutades Narva muuseumi suveniirmündi templit. Vermimise tulemusel omandas proovitükkide pind küllaltki hõbedasarnase läike, olles ainult õige pisut kollaka tooniga.

Mikrofotolt (joonis 26, a) on näha, et keemiliselt töödeldud proovitüki pinnakiht on väga poorne, kuna vaserikas faas on välja lahustatud. Vermimisel deformeeritakse see poorne pinnakiht kokku väga õhukeseks, kuid siledaks ja hõbedarikkaks kelmeks, mis annabki pinnale hõbedase läike. Võrdluskatsena tehti sama protsess läbi ka tunduvalt hõbedarikkama

<sup>115</sup> Hickman, B. Japanese Crafts, Materials and their Applications, Fine Books Oriental, London, 1977

(50% Ag) proovitükiga. Fotolt (joonis 25, 4-a ja 4-b) on näha, et tulemused on visuaalselt suhteliselt sarnased.



joonis 26. Proovimüntide pind skaneerivas elektronmikroskoobis  
**a** – enne vermimist, **b** – pärast vermimist

#### 4.4. Arheoloogiliste müntide konserveerimise meetodid

Arheoloogiliste objektide puhul ei pruugi alati visuaalselt vahet teha, kas metalli sulamis on ülekaalus hõbe või vask ja kas seal leidub veel mingeid lisandeid. Samuti ei pruugi abi olla lihtsamatest laboritestidest, kuna need põhinevad enamasti ainult metalli pinnakihi reaktsioonil ja võivad seetõttu anda eksitavaid tulemusi.

Seega kuigi hõbeda enda käitlemine on üldiselt teistest metallidest vähem kriitiline, võib näiliselt hõbeesemes olla siiski märkimisväärne kogus vaske. Sellises sulamis korrodeerub vask esmajärjekorras, moodustades korrosiooniprodukte, mis võivad aja jooksul tekitada objektile tõsiseid kahjustusi. Juhul, kui metalleseme koostises ei saa olla kindel, kas ülekaalus on vask või hõbe, siis tuleks eset käsitleda kui vaske.<sup>116</sup>

Soolasest keskkonnast (merest) leitud mündid võivad mõnikord olla täielikult mineraliseerunud, samuti võivad leiukohtades, kus tingimused varieeruvad aeroobsete ja anaeroobsete vahel, olla kombineerunud kõik peamised hõbeda ja vase korrosiooniproduktid.

Hõbeeseme töötlemise peamised põhjused:

- vajadus eemaldada moonutav korrosioonikiht, et paljastada detailid;
- stabiliseerida materjal (nt eemaldada kloriidid), et peatada edasine korrosioon.

Antud eksperimendi raames otsustati katseliselt läbi proovida mõningad kirjandusest leitud konserveerimismenetlused ja otsustada tulemuste põhjal nende sobivus Eesti vara-uusaegsetes aaretes sisalduvate müntide konserveerimiseks. Katseobjektidena kasutati mõningaid Kaarma mündiaarde numismaatiliselt vähemväärtuslikke münte ning võrdlusmaterjaliks eelmises peatükis kirjeldatud hõbedavaesest sulamist vermitud proovimünte. Müntide menetlemise eri etapid on toodud joonisel 27.

---

<sup>116</sup> Hamilton, D. L. Methods of conserving Archaeological Material, 2000 - <http://nautarch.tamu.edu/class/anth605/File0.htm>



joonis 27. Müntide puhastamine erinevate menetlustega.

**I** – algseis, **II** – esialgne töötus: **a** – sipelghape 6/24 h, **b** – elektrolüüs NaOH lahuses, **c** – galvaaniline töötlemine NaOH lahuses, **d** – elektrolüüs sipelghappe lahuses, **e** – äädikhape 6/24 h, **f** – ammoniaagilahus 6/24 h, **g** – EDTA lahus 6/24 h.  
**III** – täiendav töötlemine: **b, c, d** – naatriumpersulfaadi lahus, **e, f, g** – sipelghappe lahus.

#### 4.4.1. Mehaaniline puhastamine

Müntide puhastamine erinevate metallharjade abil on varasematel aegadel olnud küllaltki laialt levinud. Selline puhastusviis on aga täiesti lubamatu, kuna kahjustab jäädavalt müntide pinda. Korrosiooniproductide kiht võib tihti olla mehaaniliselt sama tugev või isegi tugevam, kui sellesama korrosiooni poolt kahjustatud metalli pinnakiht. Hari ei tee neil aga vahet ja eemaldab mõlemad. Kui veel kasutatakse näiteks messingharja, jääb müntide pinnale eba-loomulikult kuldkollane läige. Mehaaniline sekkumine võib kõne alla tulla ainult siis, kui müntide pinnalt on vaja eemaldada üksikuid paksemad korrosiooniproductide koldeid, et säästa müntide metalli liigsest happesest töötlemisest. Kuna selline menetlus on küllaltki töömahukas (töötatakse mikroskoobi all spetsiaalsete vahenditega), siis on see otstarbekas ainult eriti väärtuslike müntide korral ja ka siis jääb alati oht vigastada müntide pinda mehaaniliselt.<sup>117</sup>

#### 4.4.2. Galvaaniline puhastamine

Metallobjekt asetatakse vanni ning ümbritsetakse aktiivse anoodse metalli (Zn, Al) graanulitega, seejärel täidetakse vann elektrolüüdilahusega (10% NaOH või 30% sipelghappe

<sup>117</sup> Burgess, D. Science and Conservation, 1990, lk 48-49.

lahus). Al-graanulid võib asendada ka fooliumiga, mille sisse on objekt mähitud. Ese jäetakse lahusesse, kuni alumiinium on täielikult oksüdeerunud ja protsessi korratakse, kuni on saadud soovitud tulemus. Lahuses moodustub galvaanielement, mille üheks elektrodiks on Al või Zn ja teiseks puhastatav ese, mis on sukeldatud elektrolüüdi lahusesse. Reaktsiooni käigus vabaneva vesiniku toimel redutseeritakse eset katvad korrosiooniproduktid uuesti metalliks. Seda meetodit saab kasutada juhul, kui esemel on säilinud metallsüdamik.<sup>118,119</sup>

Katse: elektrolüüdina kasutati 10% NaOH lahust ja anoodiks Al-graanuleid. Sipelghapet elektrolüüdina ei proovitud, kuna ta on ka ise aktiivne korrosiooniproduktide lahustaja ja sel juhul jääks selgusetuks galvaanilise protsessi osa lõpptulemuses. NaOH ja Al vahel hakkas otsekohe toimuma aktiivne reaktsioon koos teravalõhnalise gaasi eraldumisega. Gaasimullikeste tõttu oli lahus praktiliselt läbipaistmatu ega võimaldanud mündiga toimuvat jälgida. Katse kestis 30 minutit.

Tulemus: Töötlemise käigus oli münt kattunud tumeda, kuid kergesti mahapestava kihiga. Selle kihi alt tuli nähtavale vaskpunaseks muutunud münt (joonis 27, II-c; joonis 28). Põhjus on ilmselt selles, et münti pinnal olid eeskätt vase korrosiooniproduktid, mis redutseeriti puhtaks vaseks. Münti pind oli seega moonutatud.

Järeldus: Suure vasesisaldusega müntide puhastamiseks galvaaniline meetod ei sobi, kuna protsess on kontrollimatu ning münti pinnale sadestub vase kiht.



joonis 28. Galvaanilise puhastamise käigus vasekihiga kattunud hõbemünt.

<sup>118</sup> Samas

<sup>119</sup> Huckle, J., Bleck, R-D. Restaurierung und Museumstechnik, Chemikalien und Rezepte, Weimar, 1983, lk 36-40.



#### 4.4.3. Elektrolüütiline puhastamine

Hõbeda elektrolüütilisel puhastamisel kasutatakse ära elektrolüüsi redutseerivat toimet, eemaldades hõbekloriidist ja hõbesulfiidist kloriid- ja sulfiidioonid. Alalisvoolu toimel liiguvad negatiivse laenguga ionid positiivselt laetud anoodi poole, eraldudes gaasilise kloorina või oksüdeerudes sulfaatideks. Protsessi käigus taandatakse korrosiooniproduktideks muutunud hõbe uuesti metalliks, see tekib kas graanulite või põhimaterjaliga nõrgalt seotud kihina. Elektrolüüdina kasutatakse 5-30% sipelghapet (HCOOH) või 2-15% naatriumhüdrosiidi (NaOH). Peale elektrolüüsi tuleb esemed loputada destilleeritud veega, aluselise elektrolüüdi puhul peaks loputamine olema üsna intensiivne, et ära hoida valge sademe tekkimist eseme pinnale. Seejärel tuleb ese kuivatada kuuma õhuga või dehüdreerida atsetoonis.<sup>120,121</sup>

Katse: Tehti 2 katset, kasutades ühes elektrolüüdina 5% sipelghappe ja teises 2% NaOH lahust. Anoodina kasutati mõlemal juhul roostevaba terast, rakendatud alalispinge oli 3V. Sipelghappe lahuse korral oli voolutugevus suhteliselt madal (~0,1A), NaOH lahuse puhul aga kõrgem (~1A) ning protsess kulges ka visuaalselt jälgides intensiivsemalt.

Sipelghappe katse tulemus: Kahe tunni jooksul vabanes münt küll korrosiooniproduktidest, kuid omandas osaliselt punaka värvitooni (joonis 27, II-d). Kuna sipelghape on ka ise aktiivne kemikaal, siis pole teada, milline osa korrosiooniproduktide eemaldamisel oli happel ja milline elektrolüüsil.

Naatriumhüdrosiidi katse tulemus: Kuna münti pinnalt toimus aktiivne gaaside eraldumine, siis otsustati see 50 minuti möödudes igaks juhuks peatada, kuigi kõik korrosiooniproduktid (mõned rohekad malahhiidi laigud) ei olnud veel eraldunud. Pärast münti pesemist ilmnas, et see oli üleni omandanud punaka tooni (joonis 27, II-b).

Järeldus: Elektrolüütilist puhastamist ei saa soovitada arheoloogilistele müntidele, millede täpne koostis pole teada. Protsess on kontrollimatu, samuti võib münti pinnale redutseeruda puhta vase kiht.

---

<sup>120</sup> Samas

<sup>121</sup> Дедик, В. Н. Реставрация металла, стр 96.

#### 4.4.4. Keemiline puhastamine

Suur osa arheoloogilisi hõbeesemeid vajab ainult piiratud töötlemist. Enamikel juhtudel saab korrosiooniproduktid eemaldada lihtsa keemilise lahusega. Erinevaid vase-hõbeda puhastamiseks mõeldud retsepte ja lahuseid võib leida nii erialakirjandusest<sup>122</sup> kui ka majapidamise käsiraamatutest<sup>123</sup>. Nii ühes kui teises käsitletakse üldiselt hõbedat ja vaske eraldi, mistõttu tuleb suhtuda antud retseptidesse ja soovitusesse teatud ettevaatusega. Erialakirjanduses pakutakse hõbeda ja vase puhastamiseks enamasti lahuseid orgaaniliste hapete, EDTA ja ammoniaagi baasil.

**Ammoniaak.** Paljud hõbeda puhastamise retseptid sisaldavad ammoniaaki, kuid arheoloogiliste müntide kontekstis tuleb arvestada, et siin on tegu hõbedaga üsna tinglikus mõistes, kuna materjali põhikomponendiks on tihtipeale vask. Vasele on ammoniaak aga ohtlik, kuna ta õhuhapniku juuresolekul reageerib vasega ja põhjustab selle korrosiooni. Hõbeda ja vase sulamite puhul tuleks seega ammoniaagi kasutamisse suhtuda väga ettevaatlikult.<sup>124</sup>

Katse: 10% ammoniaagi lahuses töödeldi arheoloogilist münti 6 ja 24 tunni vältel, samadel tingimustel tehti võrdluskatse uute, erineva Ag-sisaldusega proovimüntidega.

Tulemus: 24 tunni jooksul ei eraldunud arheoloogiliselt mündilt kõik korrosiooniproduktid, kuid metalli pind muutus väga poorseks (joonis 27, II-f). Ka uue, vähese hõbedasisaldusega proovimündi pind kahjustus, muutudes tuhmiks ja poorseks (joonis 29). Suurema (50%) hõbedasisaldusega mündi pind jäi endiseks.

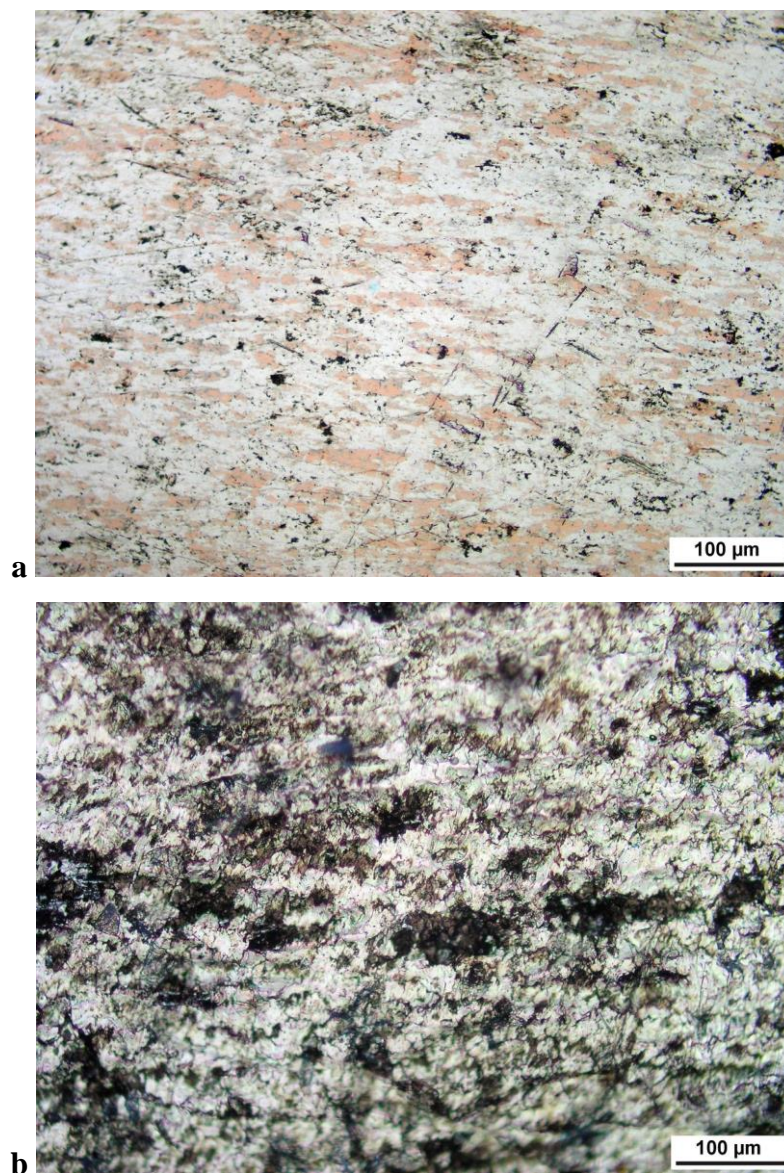
Järeldus: ebaselge koostisega arheoloogiliste müntide puhastamiseks ei ole ammoniaagilahus soovitatav, kuna vasega reageerides ta kahjustab mündi pinnakihi struktuuri.

---

<sup>122</sup> Никитин, М. К., Мельникова, Е. П. Химия в Реставрации, СПб, 2002, стр 128-129, 172-173.

<sup>123</sup> Когерман, А. 999 Nöuannet, Tallinn, 1982, lk 177-179.

<sup>124</sup> Никитин, М. К., Мельникова, Е. П. Химия в Реставрации, стр 130.



joonis 29. Vermitud hõbedavaese proovimüüdi pind enne (a) ja pärast (b) ammoniaagilahusega töötlemist.

**Äädikhape** on happena suhteliselt nõrk, mistõttu korrosiooniproductide eraldumine toimub aeglaselt (võib võtta päevi või isegi nädalaid). Seetõttu on protsess aga ka kergesti jälgitav ja minimaalse riskiga.<sup>125</sup>

**Katse:** arheoloogilist münti hoiti 10% äädikhappe lahuses 6 ja 24 tunni jooksul.

**Tulemus:** 6 tunni jooksul eemaldus pindmine, sinakas korrosioonikiht, 24 tunni jooksul eemaldusid ülejäänud korrosiooniproductid vaid osaliselt (joonis 27, II-e).

**Järeldus:** võib soovitada ka hõbedavaestele müntidele, kuid tuleb arvestada suure ajakuluga.

---

<sup>125</sup> Samas, lk 130.

**Sipelghape** on orgaanilistest hapetest kõige tugevam, mistõttu korrosiooniproduktide eraldumine toimub küllaltki kiiresti (enamasti 1-3 tunni jooksul). Terava lõhna ning ärritava toime tõttu tuleb tööd läbi viia tömbekapis ning vältida kontakti nahaga.<sup>126</sup>

Katse: 10% sipelghappe lahuses hoiti arheoloogilist münti 6 ja 24 tunni jooksul.

Tulemus: münt vabanes täielikultkõigist korrosiooniproduktidest juba 6 tunni jooksul, 24-tunnine töötlemine ei tekitanud metalli pinnale ka nähtavaid kahjustusi (joonis 27, II-a).

Järeldus: sipelghappe lahust võib soovitada kõigi, ka hõbedavaeste müntide puhastamiseks.

**Etüleendiamiintetraatsetaathape (EDTA, Triloon B)** sisaldub samuti mitmetes hõbeda puhastuslahuste retseptides. Lahus töötab tõhusalt ka paksu korrosioonikihi eemaldamisel, samuti on protsess hästi jälgitav ja vajadusel peatatav. Erialakirjanduses võib siiski kohata hoiatusi, et EDTA lahust võib metalli pinda kahjustada.<sup>127</sup>

Katse: Kasutati 10% EDTA lahust, milles hoiti arheoloogilist münti 6 ja 24 tunni vältel, võrdluskatse samadel tingimustel tehti uute proovimüntidega.

Tulemus: 24 tunni jooksul olid korrosiooniproduktid münti pinnalt eraldunud, kuid nende asemel jäi münti pinnale raskesti lahustuv kollakas kiht. Uutel proovimüntidel kahjustusi ei täheldatud (joonis 27, II-g).

Järeldused: Üheainsa müntiga tehtud katsest ei saa teha põhjanevaid järeldusi, pealegi oli arheoloogilise münti näol tegu suhteliselt hõbedarikka eksemplariga. Varasemas töös on olnud ka juhuseid, kui hõbedavaesemate müntide pind on EDTA lahuse tagajärjel muutunud roosalaiguliseks või üleni roosaks. Lahust võib siiski soovitada hõbedarikaste müntide töötlemiseks, samuti hõbedavaeste või ebaselge koostisega müntide töötlemise esimesel etapil.

**Väävelhape.** Erialakirjandus ei maini kusagil arheoloogiliste objektide puhastusvahendina kangeid mineraalhappeid, mis on nende keemilist aktiivsust ja ohtlikkust arvestades loomulik. Käesolevas töös otsustati siiski katsetada kontsentreeritud väävelhapet ühel hõbedarikkal müntil, et püüda eemaldada paksu ja raskesti lahustuvat malahhiidi kihti.

Katse: münti hoiti 72% väävelhappe lahuses 3x10 minutit, eemaldades vahepeal selle pinnalt korrosiooniproduktide jäägid ja veendudes, et pind pole kahjustunud.

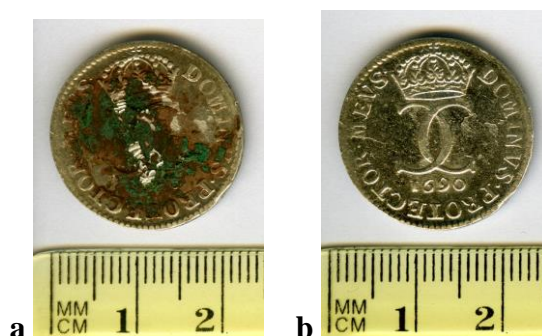
Tulemus: Korrosiooniproduktid õnnestus eemaldada münti pinda kahjustamata, sealjuures kadusid ka roosad vaserikkad laigud (joonis 30).

---

<sup>126</sup> Дедик, В. Н. Реставрация металла, стр 97.

<sup>127</sup> Никитин, М. К., Мельникова, Е. П. Химия в Реставрации, стр 172-174.

**Järeldus:** Kontsentreeritud väävelhape ei ole kindlasti vahend, mida võiks müntide puhastamiseks soovitada, kuna ta on liiga riskantne nii arheoloogilisele materjalile kui ka konserveerijale. Kõne alla võib ta tulla ainult äärmise abinõuna hõbedarikaste sulamite puhul.



joonis 30. Hõbemünt enne (a) ja pärast (b) väävelhappega töötlemist

**Tarbekeemia hõbeda ja vase puhastusvahendid.** Kuna nende täpne koostis pole alati kirjas, siis tuleks suhtuda ettevaatlikult. Enamasti on need mõeldud eemaldama õhukest oksiidikihti tuhmunud hõbedal või vasel, mitte paksu korrosiooniproduktide (sh kloriidide) kihti. Samuti sisaldavad nad tihti ammoniaaki.

#### 4.4.5. Müntide pinna viimistlemine

Arheoloogiliste müntide töötlemise viimase etapina võib eksponeerimise huvides osutada vajalikuks nende välimust korrigeerida. Tuleb arvestada, et eesmärgid on siin eelkõige esteetilised, kuna vastavad menetlused ei paranda müntide säilivust ega kasvata, vaid pigem kahandavad nende teaduslikku väärtust. Juhul aga, kui on vaja teaduslikus mõttes vähemväärtuslikke ning korrosioonikahjustustest või oskamatust puhastamisest vaseläikelisi münte eksponeerida nende kunagises hiilguses, siis võib kõne alla tulla nende pinna kunstlik valgendamine. Põhimõtteliselt korratakse siin sedasama protsessi, mida kasutati ka müntide valmistamisel, kui hõbedavaese mündipleki õhukesest pinnakihist lahustati välja vask, et kaotada selle punakat läiget. Tänapäeva keemiatööstus pakub siin aga oluliselt tõhusamaid vahendeid. Üheks võimaluseks on näiteks kontsentreeritud väävelhape, mida kasutatakse samal eesmärgil ka tänapäeva juveelitööstuses. Käesolevas töös kasutati väävelhapet ühe münti juures, et eemaldada eriti paksu ja raskesti lahustuvat korrosiooniproduktide kihti. Sealjuures kadusid aga ka korrosioonikihi alla tekkinud roosakad vaserikkad laigud. Väävelhapest isegi tõhusam ja sealjuures palju ohutum valgendaja on aga näiteks naatriumpersulfaat ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ), mis on tugev oksüdant ja mida kasutatakse elektroonika trükkplaatidelt vase mahasöövitamiseks.

Katse: naatriumpersulfaadi lahuses töödeldi nelja Alaküla aardest pärit münti, mis olid halva säilivuse ja varasema ebaõnnestunud konserveerimise tõttu tumeda vasekarva tooniga. Samuti töödeldi kolme Kaarma leiu münti, mille pinnale oli galvaanilise ja elektrokeemilise puhastamise käigus sadestunud puhta vase kiht.

Tulemus: kõigil juhtudel õnnestus müntide pind muuta hõbedaläikeliseks või vähemalt palju heledamaks (joonis 27, III-b, c, d; joonis 31).

Järeldus: andmata hinnangut selle menetluse teaduslikele ja eetilistele aspektidele, on naatriumpersulfaadi lahus tehnilises mõttes sobiv vahend hõbemüntide (k.a vähese väärissisaldusega) valgendamiseks. Et münti metalli mitte kahjustada, tuleb siiski tegutseda väga ettevaatlikult, kasutades madalaid kontsentratsioone ja jälgides hoolikalt protsessi.



joonis 31. Hõbedavaeste müntide töötlemine naatriumpersulfaadi lahuses.

Lisaks valgendamisele võib mõnikord olla vaja äsja keemiliselt puhastatud müntide läikivat pinda ka kunstlikult vanandada,<sup>128,129</sup> et tuua paremini esile nende pinnareljeef ja anda neile usutavam välimus. Selleks kasutatakse mitmesuguseid patineerimislahuseid, näiteks erinevate sulfiidide baasil (joonis 32).



Joonis 32. Patineerimine. Vasakul patineerimata proovimünt, ülejäänud patineeritud erinevasse tumedusastmesse.

<sup>128</sup> Samas, lk 142-150.

<sup>129</sup> Charles, L-B. Patina for Small Studios, 1985, lk 4-7.

#### 4.4.6. Stabiliseerimine ja tugevdamine

Erialakirjanduses võib kohata soovitusi kasutada vase ja hõbeda tuhmumise vastu erinevaid pinnakatteid vahade ja lakkide näol.<sup>130,131,132</sup> Praktika on näidanud, et neisse soovitustesse võib suhtuda mitmeti. Need pinnakatted küll aeglustavad, kuid siiski ei peata esemete tuhmumist ja korrodeerumist, kui esemed satuvad ebasoodsasse keskkonda; samuti vananeb ka pinnakatete materjal ise. Kui siis tulevikus on vaja sellist eset puhastada ja uuesti konserveerida, siis tekitab pinnakatete eemaldamine omakorda hulgaliselt lisaprobleeme, kuna tihti pole nende koostis puuduliku dokumentatsiooni tõttu teada. Seetõttu ei ole arheoloogiliste müntide stabiliseerimine pinnakatete abil üldjuhul otstarbekas, kuna protsess ei ole täielikult pööratav ega taga ka müntidele sajaprotsendilist kaitset.

Tugevdamise menetlust on vaja rakendada osaliselt või täielikult mineraliseerunud müntide puhul, mis on ülimalt õrnad ja võivad kergesti puruneda. Menetlus seisneb objekti immutamises spetsiaalse vaiguga (näiteks Paraloid B-72 või polüvinüülatsetaat ehk PVA), mis tardudes moodustab objekti toetava ja kooshoidva struktuuri, olles ühtlasi ka stabilisaatoriks.

---

<sup>130</sup> Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 137.

<sup>131</sup> Hamilton, D. L. <http://nautarch.tamu.edu/class/anth605/File0.htm>

<sup>132</sup> Никитин, М. К., Мельникова, Е. П. Химия в Реставрации, стр 183-184.

## KOKKUVÕTE

Magistritöös keskenduti vähese väärismetalli sisaldusega arheoloogilisele leiumaterjalile ning selle konserveerimise probleematikale. Töö eesmärgiks oli uurida lähemalt vähese hõbedasisaldusega müntidega toimuvaid protsesse nii enne kui ka pärast arheoloogilisi väljakaevamisi, samuti konserveerimisel ja hilisemal säilitamisel.

Töö referatiivses osas käsitletakse arheoloogilise materjali säilimist maapõues ning seda, millised on leiumaterjali säilimiseks soodsad tingimused ja millised mitte. Töö annab ülevaate võimalikest kahjustustest (keemilised, füüsikalised, mehaanilised ja bioloogilised), mis mõjutavad arheoloogilist materjali. Kahjustuste ulatus sõltub nii leiukeskkonna keemilistest ja füüsikalistest tingimustest kui ka objekti enda valmistamistehnoloogiast (materjali keemiline koostis, poorsus, hügrooskoopsus, veesidumisvõime jt), kuna korrosiooniproduktide koostis ja ülesehitus on sõltuvuses metallisulami koostisest.

Eraldi pöörati tähelepanu objektide õigele pakkimisele pärast väljakaevamist, st. veel enne seda aega, mil need jõuavad konserveerimislaborisse. Sellele valdkonnale senini pööratud ebapiisav tähelepanu vähendab oluliselt preventiivse konserveerimise võimalusi tulevikus ja suurendab olulisel määral kahjustuste riske. Objektile tuleb luua spetsiifiline keskkond, et viia lagundavate tegurite mõju miinimumini. Operatiivne tegutsemine arheoloogiliste kaevamistöde käigus, mis tähendab esmajärjekorras sobiva keskkonna loomist leiumaterjalile, vähendaks oluliselt riske, mis ohustavad objekti edasist säilimist, ning aitaks ühtlasi viia rõhuasetuse aktiivselt konserveerimiselt preventiivsele.

Töö praktilises osas analüüsiti müntide ja korrosiooniproduktide koostist, valmistati eri koostisega proovimüntide ning võrreldi erinevate puhastuslahuste efektiivsust. Korrosiooniproduktidest identifitseeriti kupriit  $\text{Cu}_2\text{O}$ , malahhiit  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  ning džordžiit. Uuringutest nähtus, et Eesti vara-uusaegsete hõbemüntide tegelik hõbedasisaldus võis kõikuda üsnagi suurtes piirides (6...50%). Eksperimendi ühe osa moodustas proovimüntide valmistamine, et uurida müntide valmistamise tehnoloogilisi võimalusi ja samuti erinevate puhastuskemikaalide mõju uutele müntidele.



Magistritöös tõestati katseliselt, et hõbedavaese (6% Ag) mündipleki pinnakihi muutmine hõbedaläikeliseks on põhimõtteliselt võimalik. Esmalt lahustatakse sulami pinnakihist välja vask, seejärel aga deformeeritakse poorne pinnakiht vermimisel kokku väga õhukeseks, kuid siledaks ja hõbedarikkaks kelmeks, mis annabki pinnale hõbedase läike.

Erinevate menetluste ja katsetuste tulemustele toetudes võib Eesti vara-uusaegsete müntide konserveerimiseks soovitada eelkõige orgaaniliste hapete (äädikhape, sipelghape jt) lahuseid, kuna protsess on kergesti jälgitav ning lahused ei kahjusta metalli pinda. Vältima peaks ammoniaagi lahust, mis vasega reageerides kahjustab müntide pinnakihi struktuuri. EDTA lahust võib soovitada hõbedarikaste müntide konserveerimisel ning hõbedavaeste või ebaselge koostisega müntide töötlemise esimesel etapil. Galvaaniline ja elektrolüütiline töötlemine suure vasesisaldusega müntide puhastamiseks ei sobi.

Juhul, kui on vaja vähemväärtuslikke ning korrosioonikahjustuste või oskamatu puhastamise tagajärjel vaseläikeliseks muutunud vaseläikelisi münte eksponeerida nende “kunagises hiilguses”, siis võib kõne alla tulla nende pinna kunstlik valgendamine näiteks naatriumpersulfaadi lahusega. Et münte mitte kahjustada, tuleb siiski tegutseda väga ettevaatlikult, kasutades madalaid kontsentratsioone ja jälgides hoolikalt protsessi. Lisaks valgendamisele võib mõnikord olla vaja äsja keemiliselt puhastatud müntide läikivat pinda ka kunstlikult vanandada, et tuua paremini esile nende pinnareljeef ja anda neile usutavam välimus. Selleks kasutatakse mitmesuguseid patineerimislahuseid, näiteks erinevate sulfiidide baasil. Praktika on näidanud, et arheoloogiliste müntide stabiliseerimine pinnakatete abil ei ole üldjuhul otstarbekas, kuna protsess pole täielikult pööratav ega taga ka müntidele sajaprotsendilist kaitset. Tugevdamise menetlust on vaja rakendada osaliselt või täielikult mineraliseerunud müntide puhul, mis on ülimalt õrnad ja võivad kergesti puruneda.

Eespool tulenevast arvan, et oma tööga olen suutnud täita eelnevalt püstitatud eesmärgid, andes põhjaliku ülevaate protsessidest, mis võivad objekte mõjutada nii enne kui pärast arheoloogilisi väljakaevamisi. Käesoleva uurimistöö praktiliseks väljundiks on aga lähtekohtade andmine eduka konserveerimismenetluse läbiviimiseks ning objektide hilisemaks säilitamiseks.

## KASUTATUD KIRJANDUS

**Augustinus, A.** 1993. Pihtimused, Tallinn, lk 269-270.

**Brandi, C.** 1990. Theory of Restoration, I. – Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.: Getty Conservation Institute, 1996, lk 230-235.

**Burgess, D.** 1990. Science and Conservation, lk 48-49.

**Caple, C.** 2006. Objects. Reluctant Witnesses to the Past, Routledge, London; New York, lk 7-12.

**Caple, C.** 2006. Conservation Skills. Judgement, Method and Decision Making, Routledge, lk 29-39, 41.

**Charles, L - B.** 1985. Patinas for Small Studios, lk 4-7.

**Cronyn, J. M.** 1990. The Elements of Archaeological Conservation, Routledge, lk 18, 22-25.

**Danesi, M., Perron, P.** 2005. Kultuuride analüüs, Valgus, Tallinn, lk 219.

**Дедик, В. Н.** 1989. Реставрация металла, Москва, стр 5, 49-51, 96-97.

**Dent, W. P.** 1996. A Review of the History and Practice of Patination. – Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.:The Getty Conservation Institute, lk 395, 399-400.

**Hamilton, D. L.** 2000. Methods of conserving Archaeological Material. – <http://nautarch.tamu.edu/class/anth605/File0.htm> 04.2008

**Hickman, B.,** 1977. Japanese Crafts, Materials and their Applications, Fine Books Oriental, London.

**Hrebickova, H.** 1996. Chemie a historie vytvarnych materialu, Praha, lk 16.

**Hucke, J., Bleck, R-D.** 1983. Restaurierung und Museumstechnik, Chemikalien und Rezepte, Weimar, lk 36-40.

**Hughes, R.** 1992. Artificial Patination, The conservation of Bronze Sculpture in the Outdoor Environment, lk 231-243. – viidatud Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 61.

**Karik, H.** 2003. Keemia, Tallinn, lk 323-325.

**Karik, H., Truus, K.** 2003. Elementide keemia, Tallinn, lk 291, 301.

**Kiudsoo, M.** 2000. Eesti mündiaarded 17. sajandist.– Lisa I, nr 8, Tartu.

- Kiudsoo, M.** 2003. Setumaa mündiaarded. 14.-18. sajandil käibinud rahad. – Uurimusi arheoloogiast, numismaatikast, etnoloogiast ja ajaloost, Setumaa kogumik 1, Tallinn, lk 160.
- Kiudsoo, M.** 2006. The Formation of the Numismatic Collections of the Institute of History. – Estonian Archaeology 1, Tartu University Press, lk 239-242.
- Kiudsoo, M.** 2007. Eesti kesk- ja vara-uusaegsed aardeleiud. Vermingud ja nende ajaline ringlus, Magistritöö, Tartu, lk 9, 18-19, 23-24, 26-29.
- Kiudsoo, M.** 2008. Kesk- ja uusaegsetest ripatsmüntidest Eesti arheoloogilises materjalis. – Loodus, inimene ja tehnoloogia 2, Interdisiplinaarseid uurimusi arheoloogias, Tallinn-Tartu, lk 109-111.
- Klaavu, P.** 1997. Arkeoloogisen raudan konservointi massakonservoinnin näkökulmasta, Vantaa, lk 38.
- Kogerman, A.** 1982. 999 Nõuannet, Tallinn, lk 177-179.
- Konsa, K.** 2006. Konserveerimisbioloogia, EKA Restaureerimiskooli väljaanded nr. 3, Tallinn, lk 14, 20-22, 135.
- Konsa, K.** Säilituskorralduse sõnastik – <http://www.kul.ee/webeditor/files/sailituskorraldusesonastik.pdf> 04.2008
- Leimus, I.** 1987. Liivimaa mündindus Liivi sõja algusaastail, Tallinn, lk 30-31.
- Leimus, I.** 1993. Tallinna mündimeistrid 16. sajandil, Vana Tallinn III (VII), Tallinn, lk 7-30.
- Leimus, I.** 1996. Numismaatika alused, TÜ Ajaloosakond, Tartu lk 99.
- Leimus, I.** 1996. Numismaatika alused, Tartu, lk 9, 97-102.
- Leimus, I.** 1997. Tallinna mündimeistrid 17. sajandil, Vana Tallinn VII (XI), Tallinn, lk 13-34.
- Leimus, I.** 2003. Graffitid Eestis leitud araabia müntidel. – Arheoloogiga Läänemeremaades. Muinasaja teadus, 13, Tallinn; Tartu, lk 143-147.
- Maiste, J.** 2004. Varemed, EKA Restaureerimiskool, Tallinn, lk 122.
- Mägi, T.** Hõbeda konserveerimine – <http://www.ai.ee/failid/280.ppt> 04.2008
- НИКИТИН, М. К., МЕЛЬНИКОВА, Е. П.** 2002. Химия в Реставрации, СПб, стр 128-130, 172-174, 183-184.
- Nord, A. G., Tronner, K.** (et al) 1997. The bronze artefacts. – Konserveringstekniska Studier, Deterioration of Archaeological Material in Soil, Stocholm, lk 57.
- Otieno-Algeo., Hallam, V.D** (et al) 1998. electrochemical impedance studies of the corrosion resistance of wax coatings on artificially patinated bronze, London, lk 315-319. – viidatud Selwyn, L. Metals and Corrosion, lk 61.

- Peets, H.** 2005. Konserveerimiskeemia loengumaterjal – <http://www.kanut.ee/loengud/loeng01.pdf> 04.2008
- Peets, H.** 2006. Konserveerimiskeemia loengumaterjal, lk 3.
- Peets, J.** Põhilised kultuuriväärtuste kahjustuste liigid ja restaureerimise ajaloost, käsikiri, lk 6-8, 10-11 (asub AI arhiivis).
- Price, N. S., Kirby, M.** (et al) 1996. Historical and Philosophical Issues in the Conservation of Cultural Heritage. – L. A.:The Getty Conservation Institute, lk 369.
- Reinatam, L.** Mullastiku kaart, <http://www.botany.ut.ee/mullaveeb/sisu/home.html> 04.2008
- Roy, A., Smith, P.** (et al) 1994. Preventive Conservation Practice, Theory and Research: IIC Ottawa Congress, London: IIC.– viidatud Caple, C. Conservation Skills, lk 37.
- Schiffer, M. B.** 1999. The Material Life of Human Beings. Artifacts, Behavior, and Communication. Routledge, London; New York, lk 1-3.
- Selwyn, L.** 2004. Metals and Corrosion, Canadian Conservation Institute, Ottawa, lk 35-37, 59-68, 71, 136-139.
- Skoog, D. A. Leary, J. J.** 1992. Principles of Instrumental Analysis, Saunders College Publishing, Harcourt Brace College Publishers, USA (Florida), lk 378-379, 394-397.
- Tamla, Ü., Kiudsoo, M.** 2005. Eesti muistsed aarded, Tallinn, lk 1, 3-5.
- Tamm, E.** Loengumaterjal, lk 2.
- Tilley, C.** 2004. Interpreting material culture.– The Meanings of Things. Material Culture and Structure, Routledge, London; New York, lk 189.
- Timotheus, H.** 2003. Praktiline Keemia II, Avita, lk 104.
- Tvauri, A.** 2002. Lõuna-Eesti noorema rauaaja linnuste ja külade arheoloogilise leiumaterjali erinevused. – Keskus-tagamaa-ääreala. Muinasaja teadus, 11, Tallinn; Tartu, lk 276.
- Valk-Falk, E.** 1994. Muuseumi varahoidja meelespea, lk 5, 18.
- Valk, H.** 2004. Võre, sõel ja rist: võreripatsid ja nende tähendus. – Setumaa kogumik, 2. Tallinn, lk 249, 278.
- Watkinson, D., Neal, V.** 2001. First Aid for Finds, Rescue/UKIC Archaeology Section, lk 8-11, 17-29, 39, 41.
- Vahtplastist pehmendused – [http://www.nefab.ee/Vahtplastist\\_pehmendused.aspx](http://www.nefab.ee/Vahtplastist_pehmendused.aspx) 03.2008
- Mint Technology – <http://www.segoviamint.org/english/technology.htm> 03.2008

# CONSERVATION OF ESTONIAN EARLY POST-MEDIEVAL COINS. METHODS AND PROBLEMS

## Summary

Aive Rumm

The present work focuses on materials with low silver content and the problems of their conservation. The aim was to investigate the processes the coins with low silver content undergo before and after archaeological excavations as well as during their conservation and later preservation.

The study is based on the coin collection of the Institute of History of Tallinn University (AI), which is the largest public numismatic collection in Estonia. For my study I used coins from Estonian early post-medieval hoards (**Otepää, Rutikvere, Alaküla and Kaarma**) because such coins most frequently come to light in archaeological excavations and their conservation is often complicated owing to their high copper content.

A review is given of the preservation of archaeological finds in the ground, as well as conditions, which are favourable/unfavourable for the preservation of archaeological finds. A survey is also given of possible damages (chemical, physical, mechanical and biological) which influence archaeological material. The extent of damages depends on chemical and physical conditions on the findspot as well as on the manufacturing technology of the object (chemical composition of the material, porosity, hygroscopicity, etc.). In the ageing process of material, physical, chemical and biological factors are combined. Materials differ by their ageing rate and their reaction to changes in environmental conditions. The study points out in detail the possible damages of both copper and silver, since the composition and structure of corrosion products depends on the composition of the alloy. The concept of patina is also defined and reasons of its formation and its impact on metals are studied. Patina has certain physical and chemical properties, it may, for example, protect metal surface from further corrosion.

Another aim of the study was to establish main problems, which must be reckoned with in the conservation process, e.g. what will the revelation, investigation and preserving of the object entail and is it possible to achieve ideal balance among them. The conservation process serves three antagonist purposes:

- **Revelation** means cleaning of the object with the aim of establishing the original shape of the object of a certain moment. Visual image may be restored to give public more or less truthful impression of the original shape and function of the object.
- **Investigation** involves all kinds of analyses which can provide information about the object, from visual examination and X-ray studies to destructive analyses.
- **Preservation** strives to preserve the object in its present shape, trying to prevent the deterioration of the situation.

To obtain optimum results, extremes in these activities are inadmissible. While preservation and investigation are clearly discernible, the aims are more difficult to establish. For example, cleaning and restoring aimed at eduction of the “real nature” of the object and, for that purpose, reveal information preserved in some layer beneath the surface, deliberately selects and removes a part of the later evidence. In the course of the conservation process it is possible to choose between two generally approved approaches: active, or interventive, conservation and preventive, or non-interventive, conservation. Interventive conservation is mainly used on single objects while preventive conservation prevails with find assemblages.

The study seeks possible solutions for packing and preserving finds after archaeological excavations, until they reach conservation laboratories. The core of all packing procedures is the necessity to permanently control humidity (RH) in materials and protect them from mechanical damage. Specific conditions must be created for objects to minimise the impact of decomposing factors. Prompt acting in the course of archaeological excavations and creating favourable setting would considerably reduce risks for the further preservation of objects and make it possible to lay stress on preventive conservation instead of interventive one.

The practical part of the work focused on the following questions:

1. Which is the chemical composition of corrosion products on archaeological coins?
2. Which is the exact metal composition of coins under conservation? How much does the metal composition vary in currencies (with low silver content) of different periods?

3. Which was the minting technique of silver coins with high copper content? How was the thin silver coating produced upon copper coins?
4. Which of the conservation processes (galvanic, electrolytic, chemical and mechanical) are the safest for the conservation of archaeological coins?
5. Which chemicals, most frequently used for the conservation of silver and copper, are most effective and least damaging?

The analyses of coins were carried out at the Centre for Materials Research of Tallinn University of Technology. Of instrumental methods, optic microscopy, scanning electron microscopy (SEM) together with energy dispersive spectroscopy (EDS) and X-ray diffraction analysis (XRD) were used.

The identified corrosion products were cuprite  $\text{Cu}_2\text{O}$ , malachite  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$  and georgeite. EDS-analyses were used to identify the elemental composition of coins. The investigations revealed that the actual silver content of silver coins varied greatly (6–50%), but to make 94% copper coin acceptable as silver one, special technology must have been used, which would give the surface of a coin with low silver content a silvery gloss.

The experiment included an attempt to make coins to investigate technological possibilities of minting and, in the following stage, the impact of different chemicals in the course of hypothetical conservation process. In the present work I decided to use two different metal sheets; the choice of their composition was based on the extremes of the analyses of coin metals.

Rutikvere (AI 5000/58:26), *schilling* 94% Cu / 6% Ag

Otepää (AI 5000/964:3), *ferding* 50% Cu / 50% Ag

**The enrichment of the surface layer with silver** appeared problematic, since even the special literature discussing minting technologies did not provide the necessary basic information. First I tried various acid solutions of different concentration but these did not produce even silver layer upon the test piece. As a rule, acids just dissolved the oxide layer from the surface. At this point the chemist of the KUMU museum suggested the solution of hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and acetic acid. The experiment was successful, proving that it is possible to give silvery gloss to poor coin metal (6% Ag) by chemical treatment. But it is also clear that early post-medieval minters did not know hydrogen peroxide. Therefore experiments were resumed with such chemicals as were known in those times. Since the

available scanty sources repeatedly refer to urine I tried treating the metal sheet with ammonia, but without success.

In the course of work it appeared that in some publications rhubarb sap has been also mentioned as a possible resource. Therefore I proceeded experiments with a solution of oxalic acid, prolonging the time of treatment. The result was positive: in the solution of oxalic acid the coin sheet acquired a similar silvery hue as in hydrogen peroxide. As a result of coining the surface of test pieces acquired silvery gloss with only a slight yellowish tint. Coining deforms the porous surface layer into a very thin but smooth and silver-rich film, which gives the surface silvery gloss.

The second part of the experiment included the application of several **conservation methods**, known from the special literature (mechanical, galvanic, electrolytic, chemical cleaning) and on the basis of the results judge their suitability for the conservation of Estonian early post-medieval coin hoards. Some numismatically less valuable coins from the Kaarma hoard were used for the experiment, and, for comparison, also some experimental coins minted from the described alloy of low silver content.

**Mechanical intervention** could be justified if only single thicker spots of corrosion products must be removed from a coin's surface. This would spare the coin from the acid treatment. Since this method is rather labor-consuming (being performed under a microscope with special instruments), it is practical to use it only on particularly valuable coins, and even then the risk remains of mechanical damage of the surface.

**Galvanic and electrolytic** treatment turned the coins copper-red, obviously for the reason that there were mainly copper corrosion products on the surface of coins, which were reduced to pure copper. The surface of the coin was disfigured, hence this method cannot be used on coins with high copper content.

The majority of archaeological silver objects require only limited treatment. In most cases corrosion products can be removed with a simple **chemical solution**. Special literature suggests solutions on the basis of organic acids, EDTA and ammonia for cleaning silver and copper.



When working with **ammonia** it must be kept in mind that quite often the basic component of archaeological coins is copper, which at the presence of oxygen tends to react with ammonia. Thus ammonia cannot be recommended for cleaning archaeological coins of indistinct composition as it may damage the structure of the surface layer of coins by reacting with copper.

**Acetic acid** is relatively weak and the removal of corrosion products is slow, it may take days or even weeks. But this makes the monitoring of the process easy and reduces risks to minimum. Therefore it may be used also on coins with low silver content. However, one must reckon with high time cost.

**Formic acid** is the strongest of organic acids and therefore the removal of corrosion products is fast. The solution of formic acid can be recommended for all coins, even those with low silver content.

Strong mineral acids have never been mentioned in special literature as means for cleaning archaeological objects. In the present study, however, I decided to try concentrated **sulphuric acid** on a coin with high silver content, to remove a thick and hard to dissolve layer of malachite. The experiment was successful but nevertheless sulphuric acid is not a chemical to be recommended for cleaning coins. It can only be regarded as an extreme measure used on silver-rich alloys.

**Household** cleaners for copper and silver – since their precise composition is not always known, they should be used with great caution. They are mostly designed to remove a thin layer of oxide from tarnished silver or copper, not for a thick layer of corrosion products (including chlorides). Besides, they often contain ammonia.

**Ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA, Trilon B)** is also included in several recipes for cleaning silver. The solution works efficiently also on thick corrosion layer, the process is easily watchable and can be stopped if necessary. On some occasions the surface of coins with low silver content has acquired pink spots or turned pink all over as a result of the treatment with the solution of EDTA. Nevertheless the solution can be recommended for cleaning coins with high silver content, as well as for the first stage of cleaning coins with low or indistinct silver content.

As the last stage of the treatment of archaeological coins they may sometimes require **amendment of their appearance**. One must keep in mind that the aims of the amendment are primarily aesthetic since these methods do not improve the preservation of coins, neither do they increase their scientific value. But if, on some occasions, it is necessary to exhibit less valuable coins, which are copper-tinted owing either to corrosion damage or unprofessional cleaning, their surface may be artificially bleached. One of the possibilities is to use concentrated sulphuric acid, which is also used on the same purpose by modern jewellers, but for instance sodium persulfate ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) is even more efficient and much safer at that. It is a strong oxidizer and is used for etching the copper from printed circuit boards. The solution of sodium persulfate can be used for bleaching silver coins (including those with low silver content) if one works with great caution, using low concentrations and carefully watching the process.

Besides bleaching it may be occasionally necessary to artificially olden the shining surface of freshly cleaned coins to bring forth their relief and make them look more realistic. On these occasions various patination solutions, e.g. on the basis of potash and hydrosulphide, can be used.

Various **coatings**, waxes and laquers, preventing tarnishing of copper and silver can be found in special literature. In practice it has become evident that the stabilizing of archaeological coins by coating is inexpedient, since the process is not wholly reversible, and it does not guarantee absolute protection.

**Reinforcement** must be used on partly or wholly mineralized coins, which are extremely fragile and break easily. The method lies in the saturation of the object in special resin (e.g. Paraloid B-72, or polyvinyl acetate, PVAC), which, coagulating, forms the supporting structure for the object and also acts as a stabilizer.

**Lisad**

## Lisa 1.

### Otepää, Rutikvere ja Alaküla aarete müntide loetelu ning määrangud

**ERM k/r.** Eesti Rahva Muuseum. Ainelise vanavara korjamise raamat (käsikiri ERM fondide sektoris).

**ÕES märkmed.** ÕES'i Mündikogu juurde kuuluvad märkmed (käsikiri AI numismaatika arhiivis).

#### **OTEPÄÄ**

*tpq* 1557 (Liivi ordu, Riia, Fürstenberg, ½ marka, 1557; Liivi ordu, Riia, Fürstenberg, veering, 1557)

Endise Õpetatud Eesti Seltsi mündikogus säilitatakse 140 vermingut, mis kuuluvad Vana-Otepäält avastatud aardeleidu.

#### Allikad:

- 1) AI 5000/964
- 2) **ERM k/r** 524: 130

#### Mündid:

##### **Rootsi**

###### *Stockholm*

Gustav Vasa (1521–1560), fyrk – 2

##### **Liivi ordu**

###### *Tallinn*

Plettenberg (1494–1535), killing – 8

Brüggenei (1535–1549), killing – 38

Galen (1551–1557), veering – 6

Galen, killing – 1

###### *Riia*

Plettenberg, killing – 17

Brüggenei, killing – 21

Recke (1549–1551), killing – 1

Galen, ½ marka – 1

Galen, killing – 1

Fürstenberg (1557–1559), ½ marka – 1

Fürstenberg, veering – 1

##### **Riia peapiiskopkond**

Schöning (1528–1539), killing – 10

Brandenburg (1539–1563), killing – 15

##### **Riia peapiiskopkonna ja Liivi ordu ühine verming**

Brandenburg ja Galen (1551–1556), ½ marka – 2

Brandenburg ja Galen, killing – 2

##### **Tartu piiskopkond**

Bey (1528–1543), killing – 7

Recke (1543–1551), killing – 3

Wesel (1552–1558), veering – 1

##### **Saksamaa**

Mansfeld, taaler, 153(?) – 1

### **Taani**

Hans (1481–1513), witten – 1

## **RUTIKVERE**

*tpq* **1599** (Poola, Riia, Sigismund III, killing, 1599; Venemaa, Boriss Fjodorovitš, kopikas, 1599)

1933. aasta juunis avastati Pilstvere kihelkonnast, Rutikvere vallast, Sapi talu heinamaalt mündiaarde. Kõigepealt tuli välja suur kolmejalgne vasest pada, mille sees asus omakorda väiksem ning sarnane nõu. Viimases paiknesid tinast kann ning savipoti killud. Nende sees olid riidesse mähitud rahad. Mainitud leiust säilitatakse Ajaloo Instituudis 206 münti.

### Allikad:

- 1) AI 5000/173; 961
- 2) **ERM k/r** 617: 7
- 3) **ÕES märkmed**, nr. 48

### Mündid:

#### **Poola – Leedu**

##### *Leedu*

- Aleksander (1501 – 1506), ½ krossi – 28
- Sigismund I (1506 – 1548), ½ krossi – 34
- Sigismund II August (1547 – 1572), ½ krossi – 66

##### *Poola*

- Wladislaw Jagello (1386 – 1434), ½ krossi – 1
- Sigismund III (1587 – 1632), 6 krossi – 1
- Sigismund III, 3 krossi – 1

##### *Riia*

- Sigismund III, 3 krossi – 2
- Sigismund III, killing – 14

##### *Dahlen (Dole), 1572*

- killing – 1

#### **Kuramaa hertsogkond**

- Kettler (1562 – 1587), killing – 5

#### **Rootsi**

##### *Tallinn*

- Erik XIV (1560 – 1568), veering – 2
- Erik XIV, killing – 1

#### **Liivi ordu**

##### *Tallinn*

- Brüggenei (1535 – 1549), killing – 2
- Galen (1551 – 1557), veering – 1
- Kettler (1559 – 1562), veering – 1

#### **Riia peapiiskopkond**

- Brandenburg (1539 – 1563), veering – 1

#### **Tartu piiskopkond**

- Wesel (1552 – 1558), veering – 1

#### **Saare – Lääne piiskopkond**

### *Kuressaare*

Magnus (1560 – 1578), veering – 1

### **Riia vabalinn (1561 – 1581)**

killing – 14

### **Venemaa**

Ivan IV (1533 – 1584), kopikas – 3

Fjodor Ivanovitš (1584 – 1598), kopikas – 19

Boriss Fjodorovitš (1598 – 1605), kopikas – 7

## **ALAKÜLA**

*tpq* **1656** (Rootsi, Riia, Karl X Gustav, killing, 1656; Rootsi, Liivimaa, Karl X Gustav, killing, 1656)

1938. ja 1939. aastal leiti Hargla kihelkonnast, Mõniste vallast, Alakülast koos tekstiilijäänustega mündiaare. Ajaloo Instituudis säilitatakse sellest leiust 823 münti.

### Allikad:

1) AI 5000/65

2) **ÕES märkmed**, nr. 179

### Mündid:

#### **Poola – Leedu**

##### *Leedu*

Sigismund III (1587 – 1632), killing – 1

Johan Kasimir (1649 – 1668), killing – 4

##### *Poola*

Sigismund III, ½ taaler – 1

##### *Riia*

Sigismund III, killing – 3

#### **Rootsi**

##### *Riia*

Gustav II Adolf (1611 – 1632), killing – 4

Kristina (1632 – 1654), killing – 164

Karl X Gustav (1654 – 1660), killing – 173

##### *Liivimaa*

Kristina, killing – 161

Karl X Gustav, killing – 302

##### *Riia või Liivimaa*

killing – 1

#### **Saksamaa**

Brandenburg, Georg Wilhelm (1619 – 1640), killing – 1

Brandenburg, Friedrich Wilhelm (1640 – 1688), killing – 8

## Lisa 2.

### Erinevad plastid ja nende omadused

Erinevate plastikute omadused sõltuvad olulisel määral kasutatavatest lisaainetest. Näiteks plastikus sisalduv kloor või broom võivad tulekahju korral tekitada ohtlikke dioksiine.

**PVC (polüvinüülkloriid)** on laialdaselt kasutatav plastik, mida võib leida näiteks kaablitest ja pakkematerjalidest. PVC-d toodetakse paljudes eri spetsifikatsioonides, tänu millele on tema omaduste arsenal mitmekesine. Jäiga PVC põlemisel tekib hall suits, pehme PVC põlemisel aga must suits. Plastiku põlemisel tekib vesinikkloriid, mida tihti neutraliseeritakse erinevate plastikusse lisatavate lisaainetega. PVC on tavaliselt isekustuv, kuid ta põleb, kui tuld põhjustavad teised materjalid. PVC plastiku lagunemisel tekkiv vesinikkloriid on keskkonnaohtlik ning korrodeerib kõiki metalle, seetõttu peaks pakkematerjalina PVC-st hoiduma ning asendama teiste plastikutega, kui vähegi võimalik.

**PE** ehk **polüetüleen** on saadaval madalsurve polüetüleenina (LDPE) ja kõrgsurve polüetüleenina (HDPE). LDPE on pehme materjal, millest tehakse näiteks plastikkotte, karpe, köögikausse ja mänguasju. HDPE on jäigem materjal, millest valmistatakse torusid, konteinereid, raame jne. Ta on suhteliselt hästi süttiv ning ei ole isekustuv. Plastiku põlemisel vabaneb veeaur ning süsinikdioksiid. Ta eraldab tihedat valget suitsu, mis sarnaneb oma lõhna poolest küünla põlemisel eralduva lõhnaga. Polüetüleenid on kergemad kui vesi. PE plastikutel on väga head elektrilised omadused (hea isolatsioon) ja väga väike vee läbilaskvus. Polüetüleen on väga halvasti liimitav.

**PP** ehk **polüpropüleen** on sarnane HDPE-le, kuid ta on kõvema pinnaga. Ta on hea temperatuuritaluvusega (kuni 120 °C), seega saab polüpropüleenist valmistatud tooteid steriliseerida. Teda kasutatakse meditsiiniseadmete valmistamisel, samuti paljudes olmetarvetes. PP on laialdaselt kasutatavatest termoplastidest kergeim, samuti iseloomustab teda hea veetõrjuvus ja vastupidavus pragunemisele erinevate keemiliste ja füüsiliste mõjude all. Tema vastupidavus külmale on väiksem kui polüetüleenil. Polüpropüleen süttib kergesti ja ei ole isekustuv. Tema põlemisel ei eraldu ohtlikke aineid. Osadele toodetele lisatakse tuld tõrjuvaid lisaaineid. Ka polüpropüleeni on keeruline liimida ning see vajab eeltötlust.

**PA, polüamiid**, on enamasti tuntud **nailoni** (Nylon, kaubamärk) nime all. PA on vetruv ning tugev materjal, mida kasutakse näiteks tekstiilides, kiilrihmades, samuti paljudes plastesemetes. Ta on raskesti süttiv, kuid siiski mitte isekustuv. PA põlemisel tekivad lämmastikoksiidid, mis võivad tõsta ümbritseva keskkonna happelisust. Põlemisel eraldub tihe valge suits. Polüamiide omavahel liimida on küllalt keeruline, selleks tuleb kasutada nailonlisandiga lahust. PA liimimiseks teiste materjalidega tuleks kasutada kahekomponendilisi epoksüliime.

**FEP, PTFE, ETFE** saab grupeerida termini **polüfluoritud süsinikud** või **fluorplast** abil. Antud plastid on vetruvad, kriimustuste kindlad ning taluvad enamikke kemikaale. Nende dielektrilised omadused on samuti esmaklassilised. Nad suudavad taluda küllaltki suurt temperatuuride vahemikku (-190...+260 °C). Neil on head tihendusomadused. Üldjuhul on antud plastikuid väga keeruline omavahel siduda. FEP on isekustuv. Kuumutamisel hakkavad +400 °C juures eralduma üliaktiivsed ja mürgised gaasid – vesinikfluoriidid. Plastikut tuntakse ka **Tefloni** nime all (Du Pont'i kaubamärk).

**PMMA (polümetüülmetakrülaad)** on akrüülpolümeeride grupist kõige olulisem plastik. PMMA-d iseloomustab suur läbipaistvus, väga hea vastupidavus ilmastikuoludele ning suur pinnakõvadus. Ta on süttiv ja mitte isekustuv. Plastiku täielikul põlemisel eralduvad vaid CO<sub>2</sub> ja H<sub>2</sub>O. PMMA kaubanimeks on pleksiklaas. Akrüülpolümeere kasutatakse ka värvides ja tihendites. Pleksiklaasi saab liimida erinevate lahustite abiga, kuid sideme tugevust vähendab UV kiirgus.

**PS, polüstüreenvaik**, on kõva ja jäik, kuid suhteliselt rabe. Teda on lihtne töödelda ning ta on odav. Polüstüreen ei talu kõrgeid temperatuure, samuti pidevat valguse käes viibimist, mistõttu ei sobi ta kasutamiseks välisoludesse. Ta on väga hea elektriisolaator. PS on kergelt süttiv ja ei ole isekustuv. Põlemisel tekitab ta kahjulikke jääkaineid. Mõned polüstüreenist tooted sisaldavad tuldtõrjuvaid lisaaineid. Teda saab siduda lahustite abiga, nt atsetoon või metüülkloriid. Teiste materjalidega liimimiseks kasutatakse kontaktliime.

**PC (polükarbonaat)** omab väga häid mehaanilisi omadusi, suurepärasest mõõtmete stabiilsust ja vastupidavust löökidele. Ta on ka väga jäik. PC suudab taluda temperatuuri kuni +110 °C. Tal on keskmine vastupidavus kemikaalidele, kuid ta reageerib mitmete orgaaniliste lahustitega ja laguneb leeliste käes. Tal on suurepärase läbipaistvus ja vastupidavus ilmastikuoludele, kuid UV-kiirguse käes muutub pinnavärvus kollakaks. PC kasutatakse paljude seadmete ja toodete (näiteks CD ja DVD plaatide) valmistamiseks. Ta on isekustuv, süttimispunkt on +500 °C. Süttimisel eraldub vaid süsinikdioksiid. Väikeseid pindu saab siduda liimidega, nagu näiteks metüleenkloriid. Suuremate pindade liimimiseks ja PC liimimiseks teiste materjalidega kasutatakse kahekomponendilist epoksüliimi.

**PET, (polüetüleentereftalaad)** on tugev, jäik ja üpris rabe, heade isolatsiooniomadustega. Ta ei talu tugevaid happeid ja aluseid ega mittepolaarseid lahusteid. Vastupidavus ilmastikuoludele ja veele on hea. Plastik võib sõltuvalt valmistamistehnoloogiast olla isekustuv. PET-il on kaks suuremat kasutusvaldkonda – tekstiilitööstus (kus teda tuntakse enamasti lihtsalt polüesterkiuna) ja toiduainetööstus (plastpudelid).<sup>133</sup>

## Kiled

**Polüesterkiled (PET)**: kile on täiesti läbipaistev ja keemiliselt stabiilne, ei sisalda (UV-) filtreid, plastifikaatoreid ega teisi lisandeid. Kilet võib vajadusel kuumutada ja ultrahelitehnikas keevitada. Turustatakse lehtedena, rullis ning erisuuruste ümbrikutena. Ümbriste valmistamisel võib kasutada keevituse asemel kahepoolset teipi *Gudy*.

**Minigrip** pakendid on valmistatud **polüetüleenkilest (PE)**, saadaval eri mõõdus. Materjal on inertne, hästi läbipaistev, veekindel ja heaks niiskusbarjääriks.

**Mullikile** on valmistatud **madalsurve polüetüleenist (LDPE)**. Pakendamisel jätta kile mullid objekti poole. Kile on elastne ja tugev, rebenemis- ja niiskuskindel. Ei sobi pikaajaliseks hoiustamiseks.<sup>134</sup>

<sup>133</sup> [http://www.elfaelektronika.ee/cgi-bin/web\\_store.cgi?n=1&page=products/mail/2\\_2006plastid.html](http://www.elfaelektronika.ee/cgi-bin/web_store.cgi?n=1&page=products/mail/2_2006plastid.html)

<sup>134</sup> H. Peets, Konserveerimiskeemia, loeng: 2006, lk 3.



## Vahtplastid

Vahtplast on laialdaselt kasutatav kaitsematerjal, mis vähendab põrutuste mõju. Vastavalt vajadusele kasutatakse nelja erinevat materjali (polümeerid) ja kahte peamist valmistamistehnoloogiat. Vahud võivad olla vormitavad või töödeldavad.

**Polüetüleen (PE või EPE) on enim kasutatav polümeer, mida saab nii vormida kui ka vastavalt vajadustele töödelda.** See on niiskustpidav ja elastne pakkematerjal, millel on head mitmekordset löögikindlust tagavad omadused. Polüetüleeni teine peamine omadus on selle taaskasutatavus.

**Polüpropüleen (PP või EPP) on** vormitav vahtplast ning sarnaselt polüetüleeniga niiskustpidav ja elastne pakkematerjal, millel on head mitmekordset löögikindlust tagavad omadused.

**Polüstüreen (PS või EPS) on** hea isolatsioonivõimega vormitav vahtplast ja heade esimest lööki neelavate omadustega. Materjalil on väga madal soojusjuhtivus ja minimaalne niiskuse imavus. Vahtpolüstüreeni müüakse Frigolite või Styrolite nime all.

**Polüuretaan (PU) on** tavaliselt töödeldav, kuid seda on võimalik ka vormida. Seda materjali kasutatakse täitematerjalina madratsites ja mööblis ning see sobib ka kergemate toodete kaitsmiseks ja kastide vooderdamiseks.<sup>135</sup>

---

<sup>135</sup> [http://www.nefab.ee/Vahtplastist\\_pehmendused.aspx](http://www.nefab.ee/Vahtplastist_pehmendused.aspx)