

Kimmo Kyllönen

Materiaalitekniisiä haasteita kokeellisessa arkeologiassa

Johdanto

Vuoden 2006 alussa Hakukone Google antaa hakusanoilla 'kokeellinen arkeologia' 164 osumaa. Vastaavasti yleisempi arkeologian tutkimusmetodi kenttätutkimus antaa hakusanoilla 'arkeologia kenttätutkimus' 52 osumaa. Tästä voisi päätellä, että kokeellista arkeologiaa tehdään Suomessa enemmän kuin kenttätutkimusta. Syy tähän näennäiseen runsauteen on se, että termi 'kokeellinen arkeologia' esiintyy tällä hetkellä hyvin yleispätevänä nimikkeenä lähes kaikelle toiminnalle, missä esiintyy muinaistekniikoilla tai muilla tavoin valmistettuja arkeologiseen materiaaliin perustuvia replikoita. Olen pyrkinyt määrittelemään termiä 'kokeellinen arkeologia' tarkemmin¹, jotta yleisluontoinen replikointiin liittyvä rinnastus väistyisi ja sen käyttö rajoittuisi arkeologisen tutkimuksen osa-alueeseen, jossa karkeasti rajattuna 'tutkimusongelman pohjalta replikoidaan arkeologinen esine tai konteksti, jota hyvin suunnitelluilla koejärjestelyillä voidaan testata toistuvasti'².

Kokeellinen arkeologia keskittyy Suomessa tällä hetkellä lähinnä valmistus- ja käyttötapojen tarkasteluun esineiden ja kontekstien makroskooppisella tasolla. Materiaaliteknisestä näkökulmasta tutkimus olisi helposti laajennettavissa mikroskooppiselle tasolle, ja näin ollen luonnontieteellisempään suuntaan, mikä pohjimmiltaan on arkeologian tutkimuksen yleinen metodinen suuntaus. Näistä esimerkkeinä vaikkapa arkeologiassa yleisesti käytettävät radioaktiivisten aineiden puoliintumisaikoihin perustuvat ajoitusmenetelmät tai fosfaattianalyysit. Näillä luonnontieteellisillä metodeilla arkeologia pyrkii tuomaan tulkintoihinsa vankkaa mitattavissa olevaa ja kokeellisesti osoitettavaa tietoa tulkintojensa tueksi.

Tämän artikkelin tarkoitus on jatkaa ja laajentaa Muinaistutkija 2/2005 lehdessä ilmestyneen artikkelini *'kokeellista vai kokeilevaa arkeologiaa?'* pohdintoja, ja tuoda näkökulmaa siihen, miksi kokeellisessa arkeologiassa kannattaisi hyödyntää nimenomaan luonnontieteellisiä metodeja. Pääpaino on kuvitteellisessa tutkimusesimerkissä, joilla pyrin havainnollistamaan materiaaliteknisesti suuntautuneen kokeellisen tutkimuksen suomaa mahdollisuuksia.

Kokeellinen arkeologia on hyvä lisä arkeologiselle tutkimukselle, ja sen avulla arkeologisesta aineistosta tehtyjä tulkintoja voidaan entisestään tarkentaa.

Kokeellinen arkeologia lyhyesti

Amerikkalainen tutkija James Skibo³ tiivistää kokeellisen arkeologian seuraavasti: *'Kokeellinen arkeologia: Keinotekoisien systeemien luominen, jossa voidaan tarkastella arkeologisia materiaaleja ja prosesseja. Tässä luodussa systeemissä suoritetaan kokeita, joilla tarkkaillaan ihmisen käyttäytymisen ja materiaalisien kulttuurin vaikutussuhteita koko kohteen elinkaaren ajan. Kokeilla selvitetään kuinka kohde on luotu, kuinka sitä on käytetty, muokattu ja lopulta hylätty, sekä mitä hylkäämisen jälkeisissä vaiheissa on tapahtunut. Kokeellinen arkeologia hyödyntää nykyistä materiaalista kulttuuria menneisyyden selvittämiseen, ja vastaa siis arkeologisen kohteen elinkaaren eri vaiheita koskeviin kysymyksiin.'*

Miksi kokeellista tutkimusta?

Arkeologia tutkii muinaista ihmistä menneen materiaalisien kulttuurin kautta, josta todisteena olevat jäljelle jääneet artefaktit edustavat vain pientä osaa koko siitä laajasta kirjosta, joka oli osa muinaisen ihmisen arkipäivän teknistä osaamista, tarpeita ja toiveita. Muinaisen kulttuurin teknologian tasoa on vaikea todentaa ilman artefaktien kokeellista tutkimusta, sillä esine, jota tutkija saattaa aluksi pitää yksinkertaisena ja alkeellisena, on usein pitkällisen ja suunnitelmallisen kehityksen tulos, jossa yhdistyvät aikalaisten hyvä tuntemus oman ympäristön materiaaleista ja niiden käsittelyyn liittyvistä tekniikoista. Henkinen kulttuuri puolestaan on kokeellisen tutkimuksen ja luonnontieteiden ulottumattomissa. Mikäli tutkija pyrkii luomaan kuvaa siitä, millainen oli vaikkapa muinainen keraamikko ja hänen kulttuurinsa, on tutkijan hyvä ymmärtää myös artefaktien valmistukseen liittyviä prosesseja ja valintoja.

Koska arkeologin löytämä aineisto edustaa suppeaa osaa menneestä materiaalisesta kulttuurista, sisältävät aineiston ja tutkimustulosten tulkinnat runsaasti oletuksia, yleistyksiä ja arvioita. Näistä seuraa joukko kysymyksiä ja aukkoja, joihin on usein mahdollista saada lisätietoa kokeellisen tutkimuksen avulla. Tämä ilmenee esimerkiksi tarkasteltaessa joitakin kivi- ja pronssikautisia nuolenkärkimalleja. Kirjallisuudessa esiintyy usein tutkijoiden arvioita niiden

alkuperäisestä käyttötarkoituksesta, metsästyksestä sotimiseen ja niin edelleen. Ilman kokeellista tutkimusta arvio kärkien tehokkuudesta eri käyttötarkoituksiin perustuu tutkijan mielikuviin ja päättelyyn, joiden tukena toimivat tutkijan omat kokemukset ja tiedot nykyisestä materiaalisesta kulttuurista. Tässä päättelyyn perustuvassa tulkinnassa piilee vaaransa. Emme usein tiedä kaikkia yksityiskohtia tai ymmärrä täydellisesti muinaisihmisen tarpeita.

On kuitenkin hyvä tiedostaa, että kokeellinen tutkimus yksistään ei vastaa kattavasti mihinkään laajaan kokonaisuuteen, mutta parhaimmillaan antaa tietoa, jonka perusteella tutkija voi tehdä aineistosta muodostamansa tulkinnat perustellummin. Tulkitseva tiede saa uskottavuutta, jos tulkintoja voidaan testata⁴. Skibo⁵ tuumii jopa, että kokeellinen tutkimus saattaa olla 2000-luvun suurin suuntaus, koska *'maailman historian peruskulku on tunnettu ja museot pursuavat lattiasta kattoon kokeellisesti tutkittavissa olevaa materiaalia'*.

Kokeellisen tutkimuksen yleisiä ongelmia

Kokeellinen arkeologia tutkii arkeologisen esineen tai ilmiön elinkaareen liittyviä vaiheita, aina raaka-aineiden hankinnasta ja valmistelusta kohteen valmistukseen ja käyttöön sekä hylkäämiseen. Näistä vaiheista on yleensä kadonnut paljon tietoa matkan varrella. Muinaistekniikoita vielä hallitsevat kulttuurit voivat tarjota apua elävänä arkeologisenä lähteenä puuttuvien yksityiskohtien mallintamiseen. Kun konkreettinen aineisto loppuu, joudutaan puuttuvia tietoja korvaamaan oletuksilla ja kokeilemaan eri vaihtoehtoja. Mitä enemmän tutkimus kohdistuu yksilöllisten tottumusten määäämiin ilmiöihin, sitä enemmän tutkija joutuu soveltamaan ja olettamaan. Jos taas kyse on mitattavissa olevista ilmiöistä ja fysikaalisista ominaisuuksista, voidaan tutkimus suunnata luonnontieteellisempään suuntaan. Tästä syystä voidaan todeta, että kokeellisen arkeologian tulisi keskittyä antamaan tietoa materiaalien käyttäytymisestä ja toimivuudesta eli ominaisuuksista, joita kyetään tutkimaan luonnontieteellisin menetelmin. Mikäli taas tutkimus keskittyy alusta saakka pelkkään kokeilun kautta saatavaan (elämykselliseen) kokemuspohjaan, on tuloksia vaikea perustella muuten kuin toteamalla, että 'ehkä myös muinaisihminen teki näin'. Tämä ongelma vaivaa erityisesti käyttötekniikoihin liittyviä kokeita.

Kokeellisen arkeologian tutkimuksen haasteena on sen vaatima monen alueen yhdistely. Pelkkä teknisesti taidokas replikointi tai perusteellinen teoreettinen suunnittelu eivät riitä hyvään lopputulokseen. Kokeellisen tutkijan pitää olla yhdistelmä arkeologia, luonnontieteilijää, käsityöläistä, insinööriä ja keksijää, tai kyetä kokoamaan eri alojen erikoisosaajia tutkijaryhmäksi.

Kokeellinen tutkimus vaatii myös pitkäjänteisyyttä ja useimmiten kokeiden toistoja, sillä sattuma vaikuttaa helposti pienissä aineistoissa. Mikäli koe rajoittuu kertaluontoiseen suoritukseen, on tuloksissa aina suurempi virhemarginaali. Kokeellisen arkeologian työn pitää siksi koostua sarjasta arkeologisia kokeita.

Materiaalitekniikka osana kokeellista tutkimusta

Arkeologian metodeissa puhutaan arkeometriasta, ja sillä tarkoitetaan fysiikan ja kemian menetelmien soveltamista arkeologisessa tutkimuksessa. Arkeometria jaetaan neljään alaluokkaan, jotka ovat: 1) kartoitusmenetelmät, 2) ajoitusmenetelmät, 3) alkuperän määrittelyyn liittyvät tutkimusmenetelmät sekä 4) materiaalitekniset tutkimusmenetelmät. Arkeometria termi otettiin käyttöön noin 1950-luvulla, mutta fysiikkaa sovellettiin muinaiskalujen tutkimukseen kuitenkin jo 1800-luvun lopulla, ja kemiallisia tutkimusmenetelmiä vieläkin aiemmin⁶.

Materiaaliteknisessä tutkimuksessa siirrytään tarkasteltavan replikoidun kohteen aineeseen makrotasolta mikrotasolle, ja hyödynnetään luonnontieteessä käytettyjä fysiikan ja kemian tutkimusmenetelmiä. Pelkkä makrotasolla tapahtuva silmämääräinen havainnointi, esimerkiksi tietystä seoksesta valmistetun tinapronssin käyttäytymisestä erilaisissa tilanteissa, antaa vähäisesti tietoa itse aineesta ja kokeissa pitäisi tehdä lukemattomia toistoja, jotta muuttujien viidakosta pystyisi ylipäänsä löytämään selvästi toistuvia ilmiöitä. Esimerkkinä mainittakoon vaikkapa kylmämuokkauksen vaikutus terän kovuuteen ja sitkeyteen. Ilman mikrotason tutkimusta havainnot perustuvat usein oletuksiin ja käyttökokemuksiin - kokemuksellisuuteen. Mikrotasolla tietoa saadaan kohteesta ja sen aineen käyttäytymisestä aivan eri skaalassa. Lisäksi kokeiden toistettavuus ja luotettavuus on selvästi parempi, kun tutkija ymmärtää mikrotason ilmiöitä ja kykenee vakioimaan näitä.

Materiaalitekniikka antaa tietoa, joka voi auttaa tutkijaa paremmin ymmärtämään tutkittavan kohteen ominaisuuksia. Saatavilla tiedoilla jatkokokeet voidaan suunnata ulos tiukan kontrolloidusta oloista käytännönläheisempiin tilanteisiin, ja sitä kautta ymmärtää paremmin muinaisihmisen valintoja ja muodostaa kokonaisvaltaisesti pätevämpi tulkinta tutkitusta aineistosta⁷. On kuitenkin ymmärrettävä, että materiaalitekniikan tutkimuksen antama tieto jonkin materiaalin käyttäytymisestä ei välttämättä näy todellisen elämän tilanteissa. Siksi tutkimuksen edistyessä pitää pyrkiä ulos kontrolloidusta tilanteesta lähemmäksi autenttista käyttötilannetta. Otetaan esimerkiksi vaikka keramiikan pintakäsittelyillä tehtyjä kokeita. Jos keittoastian pintaa käsitellään eri tavoin, sen käyttöominaisuudet muuttuvat mitattavissa määrin, mutta muutokset eivät välttämättä näy ilman tarkkoja mittalaitteita⁸. Sellaisia ei muinaisihmisellä tietenkään ollut. Toisaalta satojen ja jopa tuhansien vuosien perinne on saattanut jalostaa tarkkasilmäisten havaintojen pohjalta hyödykettä hiljalleen tiettyihin suuntiin, toisinaan myös epäedullisempaan suuntaan. Näiden ketjujen päättelemisen ja löytämisen on aina monisyinen prosessi. Materiaalitekniikalla voidaan eliminoida pois ja vakioida tai muuten ymmärtää kokonaisuuden kannalta pieniä mutta tärkeitä muuttujia, sekä auttaa ymmärtämään niiden vaikutuksia replikoidun kokeilukohteen materiaalin käyttäytymiselle.

Esimerkkitapaus

Pronssikirveen tarkastelu materiaalitekniikasta näkökulmasta

Esimerkki lienee paras tapa havainnollistaa laajemmin materiaalitekniikan suomia lisämahdollisuuksia. Käyttämäni osittain kuvitteellinen esimerkki ei ole varmastikaan täydellisen kattava, mutta sen perusteella voi jo hyvin muodostaa selkeän käsityksen materiaalitekniikan seikkojen huomioimisen tärkeydestä. Mainittakoon, että tällä hetkellä Suomessa tehty tyyppillinen tutkimus rajoittuisi luultavasti lähinnä summittaiseen replikointiin ja replikan käyttökokeeseen sekä kokeen jälkeiseen pintapuoliseen tarkasteluun, jossa kaikissa vaiheissa kokeilua muuttujien eliminointi ja kokeiden järjestelyt jättäisivät huomattavasti parantamisen varaa⁹.

Tutkimusongelma

Tutkimuksen lähtökohtana ei ole pelkästään selvittää puun kaatoon tai vastaavaan käyttötilanteeseen liittyviä yleisiä ilmiöitä pronssikirveen kohdalta, vaan tarkastella miten esihistoriallisen valuri olisi saattanut vaikuttaa valmistamansa kirveen ominaisuuksiin eri materiaaliteknisillä valinnoilla. Materiaalitekniisten faktojen selvittämisen lisäksi tutkimuksessa suoritetaan pienimuotoinen suuntaa antava käyttökoe. Kokeen tarkoitus on siis selvittää, onko materiaali- ja valmistusteknisillä valinnoilla merkitystä pronssikirveen ominaisuuksille, ja ovatko nämä ilmiöt mahdollisesti silmin havaittavia käytännötilanteessa. Tuloksista voidaan päätellä, onko pronssikautinen valuri ollut tietoinen materiaaliteknisistä kysymyksistä, ja pyrkinyt tietynlaiseen lopputulokseen kirvestä valmistaessaan. Vertailemalla tuloksia arkeologiseen aineistoon saadaan laajempi kuva pronssikautisesta metallurgiasta.

Mikäli materiaalitekniiset yksityiskohdat sivuutetaan, on tutkimuksen lähtökohtana todennäköisesti pelkkien näköisreplikoiden valmistaminen ja niiden käyttöön liittyvät kokeilut, ja lopuksi käyttöjälkien silmämääräinen havainnointi sekä tulosten arviointi käytännön kokemusten valossa.

Taustatyöt

Työ alkaa tutustumalla aiheeseen arkeologisen tutkimuskirjallisuuden parissa, ja kirjastokäynnillä tutustutaan arkeologisessa aineistossa esiintyviin pronssikirveisiin. Tutkimuskirjallisuus esittelee pääsääntöisesti kirvesmallien kehitystä typologisessa mielessä ja jättää varsinaiset materiaalianalyysit alkutekijöihin. Saatavilla saattaa kuitenkin olla myös hieman peruspitoisuuksista kertovia analyysejä. Seossuhteet, kovuustestitiedot ja yleinen metallurgiansanasto tuskin aukeavat ilman kohtuullisia pohjatietoja metallurgiasta. Samalla pitää siis alkaa myös metallurgian perusilmiöiden tarkastelu alan kirjallisuuden parissa tai konsultaatiolla alaa paremmin tuntevien metallurgiaan erikoistuneiden henkilöiden kanssa. Etenkin esihistoriallista metallurgiaa käsittelevät kirjat on syytä vilkaista lävitse.

Perusteiden selvittyä tutkija voi havaita, että pronssi saa huomattavan erilaisia ominaisuuksia riippuen työstötavoista ja seoksesta. Esimerkiksi onko esine pelkästään valettu vai lisäksi

kylmämuokattu, vaikuttaa sen lujuuteen ja kovuuteen. Seoksia on paljon erilaisia, ja yleisnimike 'pronssi' käsittää useita kuparimetalleja. Esihistoriallisista tyypillisistä seoksista esimerkiksi arseeni- ja tina-pronssi molemmat käyttäytyvät hieman eri tavoin jo perusaineena, mutta etenkin kylmämuokkauksen jälkeen. Tässä vaiheessa on jo selvä tarve selvittää metallurgiset perusilmiöt kunnolla, ennen kuin kirveiden replikointia edes suunnitellaan pidemmälle. Jos halutaan päästä mahdollisimman lähelle oikeita esihistoriallisia kirveitä, täytyy siis replikointi tapahtua hyvin samankaltaisesti, tai ainakin niin että metalli saa lopuksi samat ominaisuudet, esimerkiksi lujuuden ja sitkeyden. Pelkkä fyysisen muodon replikointi ei siis riitä. Nyt tutkijan jo pitäisi ymmärtää, kuinka paljon materiaalitekniset kysymykset alkavat vaikuttaa projektin taustalla (katso kuva 1).



Kuva 1. Makroskooppista tarkastelua. Putkikirveen replika suoraan hiekkamuotista. Mikäli kokeilu rajoittuu pelkän ulkomuodon jäljentämiseen ja summittaiseen käyttökokeiluun, jää tutkimus hyvin pinnalliselle tasolle, eikä tutkijalla ole vielä vahvoja perusteita puhua pronssin ominaisuuksista työkalumateriaalina, tai pronssikirveestä työkaluna. Voidaan miettiä, onko kokeellinen arkeologia synonyymi arkeologiselle replikalle, vai onko replika pääsääntöisesti vain osa arkeologista koetta.

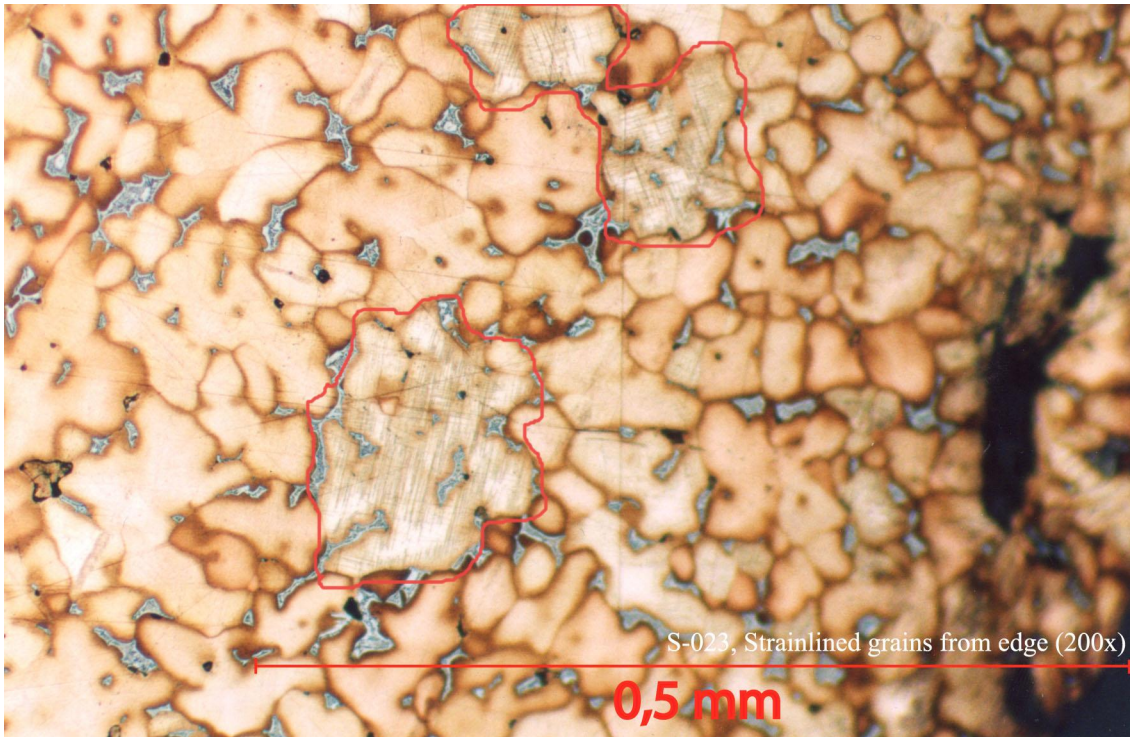
Taustalla piilevien materiaalitekniisten seikkojen tarkastelu osoittaa lähes välttämättömäksi selvittää seokset, joista alkuperäisiä kirveitä on valettu. Lisäksi mahdollisuuksien mukaan tutkijan tulee hankkia arkeologisten kirveiden kiderakennenyhteitä ja kovuusarvomittauksia ainakin terästä sekä mieluusti myös keskivaiheilta ja lopuksi mallista riippuen myös mahdollisen putken suulta. Tämä tietysti edellyttää, että käsillä on aitoja kirveitä näytepalojen ottamista varten, ja näytteiden tekoon ja tarkasteluun tarvittava välineistö.

Oleellisin anti tunnetuissa seoksissa ja kovuusarvoissa on, että ne auttavat ymmärtämään millaisia ominaisuuksia muinaiset valurit ovat kirveiltään halunneet. Voidaan hyvin olettaa, että kirveelle on haluttu tiettyjä ominaisuuksia ja tekijät ovat jo varhain tienneet, miten nämä ominaisuudet saadaan kirveelle. Tarkastelemalla laajamittaisesti esihistoriallisten pronssien seoksia ja valun jälkeisiä työstövaiheita, on voitu todeta tiettyihin esinetyyppeihin liittyvän tiettyjä seoksia ja kylmämuokkausmenetelmiä¹⁰.

Pronssin kovuus vaihtelee jo valetun kappaleen sisällä kohdittain. Kirveessä oletettavasti halutaan kova leikkaava terä. Ilman kylmämuokkausta pronssilaadut ovat huomattavan pehmeitä, ja toistuvat teroitukset lyhentävät niiden käyttöikää nopeasti. Seos vaikuttaa myös siihen, millaisia kovuuksia terään saadaan kylmämuokkauksella. Otetuista näytepaloista voidaan tarkastella metallin sisäistä kiderakennetta, josta usein paljastuu ainakin viimeisin valmistusvaihe. Näytteestä voidaan esimerkiksi selvittää, onko kappale valettu ja onko sitä kylmämuokattu ja/tai päästetty eri työvaiheiden välissä ja onko metalli altistunut käyttörasitukselle¹¹ (Katso myös kuva 2).

Alkuperäisistä kirveistä on tähän mennessä saatu muutakin tietoa kuin pelkkä muotoilu ja näillä tiedoilla voidaan valmistaa ominaisuuksiltaan huomattavasti esikuvaa tarkemmin vastaavia työkaluja. Koska käytettävissä on nyt huomattava määrä tietoa valmistustapojen ja materiaalien vaikutuksista kokeeseen, on paikallaan rajata työ käsittelemään vain jotakin tyyppillistä pronssin seossuhdetta, jonka keskiarvon voi saada tarkastelemalla materiaalianalyysija alan tutkimuksista. Mallin valinta voidaan myös rajata valmistuksen kannalta järkevästi. Jatkossa keskitytään yksinkertaiseen levykirves-malliin. Seuraavaksi vaihtoehtona on tutkijan oma opiskelu perusvalutekniikoihin tai kirveiden valattaminen ammattitaitoisella henkilöllä. Ajan ja vaivan

säästämiseksi sekä virheiden välttämiseksi tilataan ammattivalurilta joukko teriä, joissa on haluttu seostus. Vaihtoehtoisesti valamisen sijaan voidaan myös hankkia käsille jotakin seokseltaan tunnettua pronssia, joka vastaa mahdollisimman paljon oikeita esihistoriallisia seoksia.



Kuva 2, Mikroskooppista tarkastelua. Pronssikirveen näytepalan suurennos, jossa punaisella ympäröidyt kiteet ovat täynnä murtumalinjoja, joita syntyy kylmämuokkauksessa aineen tiivistyessä tai käytön aikaisessa rasituksessa, kun kiteiden rakenne alkaa paineen alla pettämään. Kappaletta on tiivistetty noin 40% ja sen kiteet ovat valunjälkeisessä tilassa.

Nämä pronssit työstetään koneellisesti haluttuun muotoon ja hehkutetaan sekä jäähdytetään hitaasti, jotta kiderakenne saadaan kaikissa samaan tilaan. Tehtiinpä aihiot millä tahansa tekniikalla, käsitellään niiden teräosat eriasteisiin kylmämuokkaukseen, koska nyt tiedossa on eri valmistustapojen ja seosten vaikutukset terän lujuuteen ja kovuuteen. Näitä arvoja saattavat olla vaikkapa 15%, 30%, 45% ja 60% tiivistykset alkuperäisestä paksuudesta. Toisin sanoen tiivistetään jokaisen kirveen terää kylmänä takomalla mahdollisimman tarkka mitta alkuperäiseen paksuuteen nähden, jolloin voidaan laskea prosentuaalinen osuus tiivistetyn paksuuden suhteesta alkuperäispaksuuteen. Mitä suurempi kylmämuokkausaste on, sitä tiiviimpi eli kovempi terä on¹². Mutta myös mitä suurempi on aineen tiivistyminen, sitä suurempi on murtumisriskikin.

Valmiiden kirveiden muokatuista kohdista otetaan pienet näytepalat, joista saadaan selville kiderakenteen muutokset ja uudet kovuusarvot. Jos saatavilla on kovuusarvoja alkuperäisistä kirveistä, voidaan näitä verrata replikoihin ja saadaan selville paremmin, mitä tekniikoita alkuperäisen kirveen tekijät ovat käyttäneet, ja millaisia työstöasteita he ovat tavoitelleet. Toki voi olla niinkin, että arkeologinen kirves on kiderakenteeltaan edelleen valutilassa, mutta luultavimmin kyse on keskeneräisestä kappaleesta, jossa ei esimerkiksi käyttäjälkiä ole. Mahdollinen vaihtoehto on kovalle kuumuudelle esimerkiksi hautaroviolla altistunut kappale, jonka kiderakenne on päästynyt¹³ takaisin kylmämuokkausta edeltäneeseen tilaan. Kuitenkin metallurgiaan tutustunut tutkija havaitsee näytteissä myös tämän¹⁴. Kylmätyöstön jälkeen kirveiden terät ovat valmiit ja ne voidaan käyttökokeita varten varttaa.

Kokeet

Varsinaiset käyttökokeet, joiden voisi olettaa olevan kaikista helpoimmat järjestää, saattavat tuottaa muuttujien vakioinnin ja eliminoinnin kannalta huomattavia vaikeuksia. Mikäli kaatokokeet halutaan vakioda, on edessä joukko hankalia järjestelyjä, jos iskujen voimaa ynnä muita oleellisia tehokkuuteen vaikuttavia asioita halutaan vakioda. Oletetaan kuitenkin, että tutkimuksemme pääpaino on edelleenkin materiaalin käyttäytymisen tarkastelussa eikä niinkään itse käyttökokeessa. Lienee selvää, että puu kaatuu kirveellä. Näin ollen käyttökokeet voidaan suorittaa lihasvoimin, kunhan toistoja on useita. Ei liene kokeen kannalta oleellisinta kestääkö kaataminen muutamia sekunteja enemmän tai vähemmän. Kirveen käyttäjä ylipäänsä on yksilö, joten tekniikka ja voima näyttelevät varsinaisessa käytössä suurta osaa. Tätä on vaikea mallintaa koneellisesti, mikäli tarkastelussa on kirveen tehokkuus. Eri asia on, jos halutaan tarkastella kirveen purevuutta ja terän kestoa. Tätä varten voidaan jo rakentaa kone, joka suorittaa hakkaamisen tietyllä voimalla ja nopeudella. Yksinkertaisen vastauksen kysymykseen pronssikirveen tehosta puunkaadossa saa suorittamalla jo mainitut toistuvat kaadot. Koneen rakentaminen pelkkien puiden kaatamisen vuoksi vie turhaa aikaa ja voimavaroja. Oleellista kokeessa ei ole niinkään todeta, että puu kaatuu pronssikirveellä, koska teoriassa kaataminen onnistuu millä tahansa puuta kovemmalla, jos aikaa ja kärsivällisyyttä riittää. Sen sijaan aiemmin käsiteltyjen eri kylmämuokkausasteiden vaikutus on projektissa mielenkiintoisempi osuus. Kuinka paljon purevampi ja kestävämpi on kirves, joka on terästään tiivistetty 45%:a, kuin

esimerkiksi suoraan valun jäljiltä oleva kirves. Terän saama kovuusero saattaa olla esimerkiksi 0%:n ja 45%:n tiivistyksellä jopa 100 pistettä Vickersin asteikolla¹⁵. Niinpä siis kokeesta voidaan puunkaatotekniikan selvittämisen ohella saada runsaasti uutta tietoa pronssin käyttäytymisessä työkalumateriaalina, sekä tehdä arvioita esimerkiksi siitä, kuinka todennäköistä valettuja aihioita on tarkoituksellisesti jatkojalostettu tiettyyn tarkoitukseen sopivammaksi.

Esimerkin tulokset

Taustatöiden aikana ja kokeissa tutkija saa runsaasti uutta tietoa kuparimetalleista työkalumateriaalina. Kokeiden antama oppi kirveen käsittelyyn liittyvästä käyttötieteestä on kiinnostavaa, mutta yleisesti ottaen tietoa, joka ei vielä erityisesti todista arkeologisesta kirveestä mitään. Kirvestä on saatettu käyttää hyvinkin erilaisella tavalla. Sen sijaan materiaalitieteeseen liittyvät havainnot tuovat kiinnostavaa tietoa pronssikirveen ja pronssimetallien ominaisuuksista, kuten eri seoksista valmistettujen aseiden kulutuskestävyydestä ja siten käyttökelpoisuudesta eri tarkoituksiin. Näin päästään lähemmäksi muinaisen metalliseppän ajatusmaailmaa, ja voidaan tutkia konkreettisella tasolla, minkälaisia valintoja hän on kirveen valmistuksessa tehnyt. Saatuja tietoja voidaan edelleen soveltaa tutkittaessa vaikkapa pronssisten nuolenkärkien ominaisuuksia. Edelleenkin täytyy kuitenkin muistaa, että valintoihin on saattanut vaikuttaa saatavilla olevan materiaalin rajoittuneisuus ja mahdollisesti valurin puutteellinen osaaminen tai paikalliset valmistusperinteet. Jos vastaavia kokeita tehdään useampia ja toistuvana ominaisuutena aidoissa arkeologisista konteksteista peräisin olevissa kirveissä havaitaan lähes tietyt seokset ja kylmämuokkausasteet, alkaa tietoinen valinta vaikuttaa hyvin selvältä. Näihin seikkoihin päästään käsiksi vain pitkäjänteisellä työllä.

Yhteenveto

Kokeellisella arkeologialla ja materiaalitieteellisellä tutkimuksella on arkeologian tutkimuksessa selvästi omat rajoituksensa ja käyttöalueensa. Kokeellisesti tutkittavaksi soveltuvaa aineistoa on paljon. Kokeellisen arkeologian tehtävä on auttaa muuta arkeologista tutkimusta tuomalla oman varmennettavissa ja uusilla kokeilla todistettavissa olevan lisänsä käytettävissä olevaan tietoon. Esimerkkitapauksen valossa lienee selvää, että kokeellinen tutkimus kannattaa suunnata myös

mikrotason materiaalitekniiseen tutkimukseen. Kaikkea tutkimusta tuskin voidaan suunnata pikkutarkkaan materiaalitekniiseen tarkasteluun, ja esimerkiksi esineiden käyttökoneikkaa tutkivat kokeet eivät välttämättä kykene hyödyntämään mikrotason tutkimusta. Tämä ei sinällään vähennä käyttöön liittyvien kokeiden arvoa, mutta materiaalitekniisen tarkastelun käyttöä tulisi harkita aina osaksi tutkimusta, jos se ylipäänsä on mahdollista. Yhdistämällä laajasti tutkimuskohteen koko elinkaareen kohdistuvia tutkimuksia ja vertailemalla tuloksia muuhun arkeologiseen tietoon, voidaan päästä hyviin lopputuloksiin.

Mikäli tutkija noudattaa kokeellisen tutkimuksen peruskriteerejä, ja tekee selkeän tutkimusongelman pohjalta hyvän tutkimuksen, on hänen melkein mahdotonta ohittaa materiaalitekniisiä kysymyksiä. Kokeellinen arkeologia tutkii arkeologisia materiaaleja, joten kyse on jo lähtökohtaisesti materiaalitutkimuksesta. Vaikka arkeologian on humanistiseksi luokiteltu tiedesuuntaus, sen tutkimus käyttää analyyseihin ja ajoituksiin laajalti luonnontieteiden suomia mahdollisuuksia. Miksipä siis kokeellisen arkeologian tulisi sivuuttaa tämä vaihtoehto, etenkin kun kokeellisen tutkimuksen eri osa-alueilla luonnontieteellinen lähestyminen sulautuu helposti metodiin.

Lisää esimerkkejä luonnontieteellisten metodien käytöstä systemaattisessa kokeellisessa tutkimuksessa edustavat M. Titen ja M. Bimsonin sekä P. Vandiverin pyyhkäisyelektronimikroskooppitutkimukset fajanssin parissa¹⁶.

Kirjoittaja on valmistunut Oulun yliopistosta Yleisen arkeologian oppiaineesta vuonna 2004, ja on vahvasti suuntautunut kokeelliseen arkeologiaan. Muita mielenkiintoja ovat teknologian historia sekä sotahistoria.

Viitteet

¹ Kyllönen 2004 ja 2005

² Katso esimerkiksi Skibo 2000:199, Schiffer 1976:4-9, Coles 1973:14-15, Ingersoll *et al.* 1977

³ Skibo 2000:199

⁴ Bell J. 1994:15-19

⁵ Skibo 2000:204

⁶ Dunnell 2000:47-48

⁷ Skibo 2000:203

⁸ Rice 1996:143

⁹ Kyllönen 2003:73-74

¹⁰ Esimerkiksi Ottaway 2001:97-99

¹¹ Tite 1972:232-238 ja Scott 1991

¹² Tylecote 1987:249 fig. 7.4

¹³ Metallin päästäminen (annealing) on karkeasti määriteltynä karkaisun (tempering) vastatoimenpide, jossa metalli saatetaan takaisin pehmeämpään ja sitkeämpään tilaan.

¹⁴ Esimerkiksi Tylecote 1987:245-247

¹⁵ Tylecote 1987, fig. 7.4

¹⁶ Tite&Bimson 1986 ja Vandiver 1998

Lähteet

Bell J., Interpretation and testability in theories about prehistoric thinking, *The Ancient Mind : Elements of cognitive archaeology*, (eds.) Renfrew C. & Zubrow E. B. W. Cambridge University Press, Cambridge 1994:15-21.

Coles J., *Archaeology by experiment*. London, 1973.

Coles J., Experimental archaeology, *Proceedings of the first international symposium on wood tar and pitch*, (eds.) Brzezinski W. and Piotrowski W. Warsaw 1997:307-310.

Dunnell R., Archaeometry, Ellis L. (ed.) *Archaeological method and theory. An encyclopedia*. New York & London 2000, 47-51.

Ingersoll D., MacDonald W. & Yellen J., *Introduction. Experimental Archeology*. New York 1977:xi-xviii.

Kyllönen K., *Kokeellinen arkeologian teoria ja käytäntö Suomessa*. Yliopistopaino, Oulu 2003.

Kyllönen K., Kokeellista vai kokeilevaa arkeologiaa? *Muinaistutkija 2/2005*.

Ottaway B. S., Innovation, production and specialization in early prehistoric copper metallurgy, *European Journal of Archaeology Vol. 4(1)*:87-122. London 2001

Rice P. M., Recent ceramic analysis: 1. Function, style and origins, *Journal of Archaeological Research 4*.

Schiffer M. B., Behavioral archaeology. Academic press, London, 1976.

Scott D., *Metallography and microstructure of ancient and historic metals*. California 1991.

Skibo J. M., Experimental archaeology, *Archaeological method and theory, an encyclopedia*, (ed.) Ellis L. 2000:199-204.

Tite M., *Methods of physical examination in archaeology*. London 1972.

Tite M. & Bimson M., Faience: an investigation of the microstructures associated with the different methods of glazing, *Archaeometry* 28(1). 1986:69-78.

Tylecote R. F., *Early history of metallurgy in Europe*. London 1987.

Vandiver P. B., A Review and proposal of new criteria for production technologies of Egyptian faience, *La Couleur dans la peinture et l'Épailage de l'égypte ancienne*, (eds.) Colinart S. & Menu M. Ravello 1998:121-139.

Kuvat 1 ja 2

Kimmo kyllönen 2002. University of Sheffield Archaeometallurgy kurssin aikana tehdyistä kokeista ja näytteistä otettuja kuvia.