



Elisa Ahverdov

## Arkeologisten maanäytteiden pakastekuivaus – Kestävä ratkaisu säilytysongelmiin?

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Konservaattori (ylempi AMK)

Konservoinnin tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

21.4.2025

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Elisa Ahverdov
Otsikko:	Arkeologisten maanäytteiden pakastekuivaus – Kestävä ratkaisu säilytysongelmiin
Sivumäärä:	80 sivua + 3 liitettä
Aika:	21.4.2025
Tutkinto:	Konservaattori (ylempi AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konservoinnin tutkinto-ohjelma
Ohjaaja(t):	Lehtori Nina Robbins Tutkijakonservaattori Liisa Näsänen

---

Arkeologisilta kohteilta kerätyt maanäytteet ovat keskeinen osa arkeologista tutkimusta. Näytteistä selvitetään esimerkiksi kohteessa käytettyjä ruoka-, rehu- ja lääkekasveja, kohteen luonnonympäristöä, hyönteisiä sekä pitkälle hajonneiden tekstiilien ja turkisten jäämiä. Arkeologisia maanäytteitä kerätään vuosittain kaivauksilta satoja. Näytteiden saaminen analyysiin kestää suuren määrän vuoksi usein kuukausia, jopa vuosia. Tässä ajassa kosteana säilytettävissä näytteissä hajottava mikrobitoiminta jatkuu ja syntyy homekasvustoa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli testata maanäytteiden pakastekuivausta ratkaisuna ongelmaan.

Tutkimuksessa hyödynnettiin vettyneiden orgaanisten esineiden konservoinnissa käytettyjä pakastekuivaimia. 13 eriaikaista ja -tyyppistä arkeologista maanäytettä jaettiin kukin kahteen osanäytteeseen, joista toinen meni analyysiin märkänä ja toinen pakastekuivauksen jälkeen. Analyysin tavoitteena oli löytää näytteistä mikroskooppisia karvoja ja kuituja. Vertailusta saatiin alustavia tuloksia siitä, vaikuttaako pakastekuivaus näytteiden säilyvyyteen.

Tulosten perusteella määriteltiin, että pakastekuivauksella on potentiaalia mahdollistaa niin ekologisesti kuin näytteiden säilyvyyden kannalta kestävämpi säilytys ennen analyysia. Lisäksi pohdittiin, voisiko se mahdollistaa näytteiden pitkäaikaissäilytyksen tulevan tutkimuksen tarpeisiin. Lisätestausta tämän määrittelyyn kuitenkin tarvitaan. Lopuksi käytiin läpi, kuinka ohjeistusta arkeologisten maanäytteiden keräämiselle sekä väliaikais- ja pitkäaikaissäilytykselle tulisi uudistaa ja mitä siinä tulisi ottaa huomioon.

Avainsanat: Arkeologia, maanäyte, pakastekuivaus, kestävä kehitys

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author(s): Elisa Ahverdov  
Title: Title of the Thesis  
Number of Pages: 80 pages + 2 appendices  
Date: 21 April 2025

Degree: Master of Culture and Arts  
Degree Programme: Conservation  
Instructor(s): Senior Conservator Nina Robbins  
Researcher-Conservator Liisa Näsänen

---

Soil samples collected from archaeological sites are an integral part of archaeological research. They may shed light to, for example, nutrition, fodder and medicinal plants, the site's natural environment, insects as well as the remains of highly decomposed textiles and furs. Unfortunately, getting the samples to analysis often takes several months, sometimes even years, due to the limited number of professionals with the required training. During this time, microbial activity that decomposes samples in wet storage continues and consequently mould growth often occurs. The purpose of this study was to test freeze-drying of soil samples as a solution to the problem.

The study utilised freeze-dryers used mostly in the conservation of waterlogged organic objects. 13 different types of archaeological soil samples were each divided into two subsamples. One was analysed wet and the other after freeze-drying to find microscopic fibre material. Preliminary results were promising and implicated that freeze-drying doesn't affect the preservation of the samples.

Based on the results, it was determined that freeze-drying has the potential to improve preservation practices of soil samples both to ensure safety of the samples before analysis and by a sustainable viewpoint. It could also enable long-term storage of samples for future research needs. Some additional testing will be needed, however. Finally, it was discussed how the guidelines for the collection and long-term storage of archaeological soil samples should be revised and what should be taken into account.

Keywords: Archaeology, soil sample, freeze drying, sustainability

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Arkeologiset maanäytteet	4
2.1	Maanäytteiden merkitys arkeologisessa tutkimuksessa	4
2.2	Maanäytteiden tutkimusmahdollisuudet	9
2.2.1	Maaperän analyysit	10
2.2.2	Siitepölyt ja muut palynomorfit	13
2.2.3	Kasvikuidut	15
2.2.4	Eläinkuidut	16
2.2.5	Mineralisoituneet mikroskooppiset jäänteet	17
2.2.6	Kasvimakrofossiilit	18
2.2.7	Hyönteisten jäänteet	20
2.2.8	Menetelmien kehityksestä kohti monipuolisempaa dataa	21
2.3	Arkeologisten maanäytteiden kerääminen	23
2.4	Arkeologisten maanäytteiden analysointi	27
3	Arkeologisten maanäytteiden säilytyskäytännöt	30
3.1	Arkeologisten maanäytteiden nykyisten säilytystapojen ongelmat	30
3.1.1	Kylmiösäilytys	30
3.1.2	Ilmakuivaus	33
3.1.3	Pakastus	35
3.2	Pitkäaikaissäilytys	37
4	Pakastekuivaus mahdollistamaan kestävyys	38
4.1	Pakastekuivaus menetelmänä	38
4.2	Suomen kansallismuseon pakastekuivain ja sen käyttö	41
4.3	Pakastekuivauksen soveltuvuus arkeologisille maanäytteille	42
5	Arkeologisten maanäytteiden pakastekuivauksen testiasetelma	44
5.1	Tutkimukseen valitut maanäytteet	44
5.1.1	Mäntyharjun Halssinlahti, 2021–2022	47
5.1.2	Helsingin Säätytalo, 2023	50
5.1.3	Rautalammen Korsunlahti, 2024	51
5.1.4	Paimion Koivulinna, 2024	53
5.1.5	Loviisan Sarvilahti, pohjoisranta, 2024	54

5.1.6	Liedon Kylärynkö, 2024	55
5.2	Maanäytteiden valmistelu kuivaukseen	56
5.3	Kuivausohjelman parametrit	59
6	Tutkimuksen eteneminen ja tulokset	62
6.1	Kuivauksen eteneminen	62
6.2	Maanäyteanalyysin tulokset	66
7	Tulosten soveltaminen	69
7.1	Kuivauksen ja maanäyteanalyysin tulosten arviointi	69
7.2	Pitkäaikaissäilytyksen potentiaali	70
7.3	Maanäytteet osana kestäviä kokoelmia	72
7.4	Näkökohtia päivitetyn näytteenottokäytännön luomiseen	77
8	Päätäntö	78
	Lähteet	81
	Liitteet	91
	Liite 1 Kysely arkeologeille	91
	Liite 2 Näytteiden kuvat	92
	Liite 3 Maanäyteanalyysin tulokset	111

# 1 Johdanto

Arkeologian tieteenalalla mielenkiinto kohdistuu menneisyyden ihmisten elämään, kulttuuriin ja vuorovaikutukseen ympäristönsä kanssa tutkimalla niistä jääneitä materiaalisia jäännöksiä (Lavento 2008, 14–17). Nämä jäännökset sijoittuvat useimmiten maaperään, johon merkkejä eri asutuksen ja toiminnan muodoista on jäänyt sekä kiinteinä rakenteina, esineinä että ihmistoiminnan kautta muovautuneina maakerroksina, joita kutsutaan nimellä kulttuurikerros (Suhonen 2008, 129).

Kulttuurikerros itsessään pitää sisällään paljon tietoa menneisyyden kulttuurista ja ympäristöstä. Kulttuurikerroksia kokonaisuudessaan ei voi kuitenkaan säilöä museoihin samalla tavoin kuin esinelöytöjä. (Lavento 2008, 17.) Tämän vuoksi jokaisen kerrostuman ominaisuuksista, kuten väristä, koostumuksesta, rae-koosta, kosteudesta, sekä todennäköisestä muodostumishistoriasta, tehdään kirjallisia ja kuvallisia havaintoja (Museovirasto 2020, 44). Visuaalinen havainnointi on tietenkin subjektiivista riippuen tutkijan taustasta ja kokemuksesta (Roskams 2007, 169–183). Kaikkia ominaisuuksia ei voi myöskään aina havainnoida paljain silmin kenttäolosuhteissa. Tämän vuoksi erityisen kiinnostavista kerroksista ja ilmiöistä, esimerkiksi liesistä, tunkioista ja erityisen toiminnallisista kerroksista otetaan maanäytteitä, joita tutkitaan tarkemmin mikroskooppisesti tai kemiallisin analyysein (Roskams 2007, 220).

Maanäytteiden kerääminen ja tutkimus on yksi kaivauksen perusmenetelmistä, joka on määritelty muun muassa Museoviraston (2020, 46) yhdessä arkeologian alan toimijoiden kanssa laatimissa Suomen arkeologisten kenttätöiden laatuohjeissa. Maanäytteistä on mahdollista saada selville lukuisia erilaisia faktoja riippuen menetelmästä, muun muassa viljely-, ravinto- ja lääkekasvien viljelystä ja käytöstä, hyödynnetyistä eläinlajeista, sijaintipaikan luonnonkasvillisuudesta ja -olosuhteista, erilaisille toiminnoille kuten ruoanlaitolle tai ravinnon raaka-ainneiden prosessoinnille erotetuista alueista tai tiloista sekä hautauksiin liittyneitä

tavoista. (Lempiäinen 2008, 345; Vuorela 2008, 342; Kirkinen 2025a.) Erilaisia tapoja hyödyntää maanäytteitä avataan tarkemmin luvussa 2.

Maanäytteiden tutkimusta varten tarvitaan erityislaitteistoja ja laboratoriotiloja, jotta maa-aineksesta saadaan eroteltua erilaisia komponentteja, kuten pieniä kasvien ja eläinten jäänteitä tai kemiallisia yhdisteitä (Salisbury et al. 2022). Tämän vuoksi näytteet lähetetään useimmiten prosessoitaviksi tutkijoille, joilla on tarvittavat tilat, laitteistot ja osaaminen (Museovirasto 2020, 46; Kirkinen 2025a). Koska tämän tyyppisiä tutkijoita on Suomessa varsin vähän ja prosessointiin kuluu aikaa, mutta näytteiden kerääminen kuuluu – kuten yllä mainittiin – perustutkimukseen, analysointivaiheeseen syntyy herkästi jonoa. Siihen saakka näytteet kuitenkin pitää saada säilymään niin, etteivät pienet jäännökset niissä pääse tuhoutumaan.

Maanäytteiden säilytyksessä on tällä hetkellä käytännössä kolme mahdollista tapaa edetä: säilyttää ne joko kylmiössä tai pakastettuna tai ilmakeivata ne. Nämä kaikki tavat ovat omalla tavallaan ongelmallisia. Merkittävimpiä haittoja ovat sekä näyteaineistolle että näytteitä käsittelevälle henkilöstölle vaarallinen mikrobitoiminta näytteissä, erityisesti homekasvusto, sekä muut aineistoa hajottavat prosessit. Kunkin säilytystavan vahvuuksia ja ongelmia avataan luvussa 3. Arkeologian kentällä onkin suuri tarve tehokkaammille, näytteen jäännösten hajoamisen riskejä ehkäiseville sekä ekologisesti kestävämmille ratkaisuille.

Pakastekuivaus on konservoinnissa yleisesti käytetty keino kuivata herkkiä orgaanisia materiaaleja. Se perustuu jään sublimoitumiseen suoraan kiinteästä olomuodosta kaasuksi. Täten vältetään nestemäisen veden voimakkaan pintajännityksen aiheuttama rakenteen romahtaminen nesteen poistuessa materiaalin huokosista. (Cook 2007.) Pakastekuivauksen periaatteet ja hyödyt käydään tarkemmin läpi luvussa 4. Tämän tutkielman tarkoituksena onkin testata pakastekuivauksen soveltuvuutta arkeologisten maanäytteiden kuivaukseen. Mikäli pakastekuivaus toimii hypoteesin mukaisesti, sillä saataisiin maanäytteet prosessoitua kuiviksi hellävaraisesti suhteellisen vähäisellä energiamäärällä sekä

välttää haitallista mikrobitoimintaa. Tämän lisäksi pakastekuivaus voisi mahdollistaa näytteiden tehokkaamman keräämisen ja prosessoinnin pitkäaikaissäilytettäväksi.

Tässä tutkielmassa keskitytään erityisesti pakastekuivauksen metodologiaan ja optimaalisten asetusten löytämiseen maanäytteiden kuivaukseen. Tätä käsitellään luvussa 5 ja kuivauksen etenemistä luvussa 6. Erityiseksi kohdeaineistoksi tutkielmassa on valittu kulttuurikerroksessa säilyneiden mikroskooppisten kuitujen tutkimus. Perusteena tälle on se, että muun tyyppisiin jäännöksiin kohdistunutta pakastekuivauksen tutkimusta on jo jonkin verran olemassa. Lisäksi erilaisia maanäytteiden analysoinnin tapoja on lukuisia, joten tutkielman aikataulullisissa puitteissa vain yhden analyysityypin hyödyntäminen oli mahdollista. Siitä huolimatta tutkielmassa tehdään katsaus yleisimpiin maanäytteille sovellettaviin analyysimenetelmiin sekä niiden keräys- ja analyysitapoihin laajemman viitekehysten luomiseksi. Jotta saataisiin ajankohtainen kuva siitä, millaisiin tarkoituksiin maanäytteitä Suomessa kerätään sekä kuinka niitä säilytetään ennen analyysia, tutkimusta varten toteutettiin myös Suomessa arkeologisia kaivauksia suorittaville tahoille suunnattu kysely. Kyselyn rakenne löytyy liitteestä 1. Kyselyn vastauksia hyödynnetään tausta-aineistona kautta tutkielman.

Tutkielma toteutetaan yhteistyössä Museoviraston arkeologisten kenttäpalveluiden sekä Helsingin yliopiston tutkijan dosentti Tuija Kirkisen kanssa. Museovirasto valvoo arkeologisten toimijoiden toimintaa ja kenttätöiden laatua Suomessa, myöntää tutkimus- ja kajoamislupia, laatii ohjeistuksia ja vastaa muinaisjäännöksiä koskevan tiedon tallennuksesta, säilyttämisestä ja käytettävyydestä. Lisäksi se on tällä hetkellä yksi suurimmista arkeologisia kenttätöitä Suomessa suorittava taho. (Museovirasto 2020) Tämän vuoksi se on myös yksi eniten arkeologisia maanäytteitä Suomessa keräävä taho. Koska itse toimin tutkimusta suunnitellessa Museovirastoon kuuluvan Suomen kansallismuseon konservattorina, Arkeologiset kenttäpalvelut valikoitui yhteistyökumppaniksi myös sen vuoksi, että saman organisaation sisällä tutkimus oli helpompi järjestää. Kenttäpalveluiden rooli tutkimuksessa oli maanäytteiden valikointi ja luovutus. Valitut maanäytteet ja niiden kontekstit esitellään luvussa 5.

Tuija Kirkinen väitteli tohtoriksi vuonna 2019 aiheenaan eläinnahka- ja turkijäänteet rautakauden ja historian ajan hautalöydöissä. Hän on siten erikoistunut Suomessa muun muassa kasvijäänteitä vähemmälle huomiolle jääneiden mikrokooppisten kuitujen tutkimukseen eri arkeologisissa konteksteissa. Hän on myös aktiivisesti pyrkinyt edistämään maanäytteiden tutkimuksen metodologiaa, jotta niistä saataisiin monipuolisempia tuloksia. (Kirkinen 2019; 2025a.) Kirjoitushetkellä hän toimii Helsingin yliopistossa Kulttuurien osastolla arkeologian oppiaineen tutkijatohtorina. Kirkinen suorittaa tutkimusta varten näytteiden analyysit. Näytteet jaetaan kahteen osanäytteeseen, joista toinen menee suoraan analyysiin kosteana ja toinen pakastekuivauksen jälkeen. Analyysin tulokset on esitetty luvussa 6.

Tutkielman lopuksi luvussa 7 pohditaan kyselyvastausten, analyysin tulosten sekä kuivauksesta saadun kokemuksen kautta pakastekuivauksen potentiaalisuutta nykyisten säilytysmenetelmien korvaajana. Asiaa tarkastellaan sekä maanäytteiden tieteellisen arvon kautta että kestävän kehityksen näkökulmista. Sen lisäksi pohditaan mahdollisuutta kerätä maanäytteitä systemaattisemmin pitkäaikaissäilytykseen tulevaisuuden tutkimuksen tarpeisiin sekä näytteenotto-käytäntöjen uudistamisen tarpeita.

Tutkielman toteutusta varten haettiin rahoitusta, erityisesti turvaamaan kuivaustestien suorittamisen mahdollisuus kirjoittajan määräaikaisen päivätyön ohella. Hedmanin säätiö myönsi tutkimusryhmälle 5000 euron kannustusapurahan.

## **2 Arkeologiset maanäytteet**

### **2.1 Maanäytteiden merkitys arkeologisessa tutkimuksessa**

Arkeologinen tutkimus sijoittuu eräänlaiseen paradoksiin, sillä tutkimuksen pohjana on yleensä tarve päästä näkemään maan alla olevia kulttuurikerrosten ominaispiirteitä. Näitä kerroksia on ajan myötä syntynyt useimmiten useita päällekkäin eri asutuksen ja ihmistoiminnan vaiheissa. Vaikka joitakin kajoamattomia

menetelmiä on tutkimuksellisen historian aikana kehitetty, kulttuurikerrosten näkeminen vaatii lähes aina maa-aineksen poistamisen vaiheittain. Tutkimus on siis luonteeltaan tuhoavaa, eikä kerroksia voi yleensä palauttaa samanlaisina paikoilleen. (Lavento 2008, 35; Pesonen 2008, Rankama 2008, 206; 191–200; Suhonen 2008, 165.) Sen vuoksi arkeologien on tarkkaan punnittava, milloin kaivaustutkimus on tarpeellinen, millaisilla menetelmillä se toteutetaan, millä tarkkuudella löytöjä ja muuta aineistoa otetaan talteen ja dokumentoidaan sekä kaivetaanko paikalta pois kaikki vai vain osa maakerroksista ja kulttuurirakenteista (Roskams 2007, 218–226; Suhonen 2008, 166).

Arkeologian etiikassa joudutaan pohtimaan, millainen mahdollisuus näillä menneisyyden todisteilla on säilyä tulevien vuosikymmenten tai jopa -satojen aikana. Mikäli säilyvyys on todennäköisesti hyvä, kajoamisen täytyy olla perusteltu. Tärkein syy tähän on se, että arkeologian metodologia kehittyy jatkuvasti, jolloin tulevaisuudessa samasta kaivaustutkimuksesta voidaan saada huomattavasti enemmän tietoa uudemmilla menetelmillä. Toisaalta tutkimuskaivaukset antavat eri tavalla mahdollisuuksia pohtia tutkimuskysymyksiä ja dokumentoida kohde tarkkaan verrattuna useimmiten aikataulupaineen alla tehtäviin pelastuskaivauksiin. On myös huomioitava, että esimerkiksi maaperän happamoituminen, ilmastonmuutos ja maaperän saastuminen mahdollisesti kiihdyttävät hajoamisprosesseja, joten tutkimuksen lykkääminen saattaa myös kostautua huomion säilyvyyden kautta. (Lavento 2008, 35–36; Rankama 2008, 215–216; Suhonen 2008, 133, 153, 160.)

Kuten johdannossa todettiin, tarkan dokumentoinnin lisäksi kulttuurikerroksen piirteitä havainnoidaan maanäytteitä ottamalla ja niitä analysoimalla. Maanäytteiden keräämisen teoreettinen tausta löytyy pääasiassa ympäristöarkeologiasta. Ympäristöarkeologian painopisteenä on menneisyyden ihmisten ja ympäristön vuorovaikutussuhteet. Tämä vuorovaikutus on ollut kahdensuuntaista, sillä toisaalta ihminen on muokannut ympäristöään ja hyödyntänyt sitä eri tavoin, ja toisaalta ympäristö on antanut ihmiselle raamit, joissa toimia ja ohjannut siten esimerkiksi toimeentulostrategioita ja asutuksen sijoittumista (Branch et al. 2005, 8; Kirkinen 2008, 340).

Ympäristöarkeologian tutkimussuuntauksia on useita ja menetelmät vaihtelevat niiden mukaisesti. Maanäytteiden kerääminen liittyy erityisesti erilaisiin kasvi-jäänteisiin keskittyvään arkeobotaniikkaan eli kasviarkeologiaan, eläinjäänteitä tutkivaan eläinarkeologiaan, joissain tapauksissa myös ihmisjäänteisiin erikoistuneeseen bioarkeologiaan sekä kulttuurikerrosten muodostumisprosessien ja sedimenttien ominaisuuksiin keskittyvään geoarkeologiaan. (Reitz et al. 1996, 3–9; Branch et al. 2005.) Viime vuosikymmeninä myös biomolekyyleihin liittyvät analyysit, kuten muinais-DNA:n tutkimus, ovat yleistyneet ja nousseet näiden perinteisempien suuntausten rinnalle. Näiden kaikkien alatieteiden menetelmät ovat läheisesti kytköksissä luonnontieteisiin, mutta tulkinta menneisyyden ihmis-yhteisöjen kautta yhdistää ne arkeologian alle. (Branch et al. 2005, 8.)

Arkeologisten kohteiden maaperän muodostumisprosessi on useimmiten monimutkainen ja -vaiheinen. Maannoksen muodostumiseen ovat vaikuttaneet esimerkiksi kiviaineksen eroosio, kulkeutuminen ja muokkautuminen vesistöjen, ilmaston ja maanpinnan liikkeiden kautta sekä geokemialliset prosessit. Näiden lisäksi sen ominaisuuksia ovat muokanneet muun muassa kasviston ja eläimistön aiheuttama bioturbaatio sekä veden ja jään sykli. Ihmisen toiminta muuttaa maaperää kuitenkin usein nopeammin ja intensiivisemmin kuin luonnolliset ilmiöt. Esimerkkejä tästä ovat metsien hakkuut, maatalous sekä vesistöjen muokkaus muun muassa kuljetus- tai kastelutarkoituksessa. Jotkin kulttuurikerrokset voivat olla jopa täysin ihmisen tuottamia. Jotta kulttuurikerroksen tutkimus tuottaisi tuloksia, on tärkeää ymmärtää maannosten syntyprosessia kokonaisvaltaisesti. (Shackley 1975, 1–4; Lavento 2008, 31; Rankama 2008, 208; Suhonen 2008, 135–136; Salisbury et al. 2022, 319–320.)

Arkeologisen kohteen maaperä on siis itsessään kiinnostava tutkimuksen kohde, josta voidaan päätellä muun muassa maiseman muodostumisprosesseja, maankäytön historiaa ja eritellä asuinpaikkojen aktiveettialueita maaperän kemiallisen koostumuksen ja orgaanisen aineksen määrien perusteella. Sen lisäksi maaperä on ikään kuin arkisto, johon tallentunut erilaista löytöaineistoa alueella tapahtuneesta toiminnasta. (Roskams 2007, 218; Suhonen 2008, 134–136; Salisbury et al. 2022, 320.) Yleisesti löytöaines jaetaan kahteen luokkaan:

artefakteihin eli ihmisen valmistamiin esineisiin sekä ekofakteihin eli kasvi- ja eläinperäisiin jäänteisiin kulttuurikerroksissa. Erityisesti monet ekofaktit ovat niin pieniä, ettei niitä usein ole tehokasta tai edes mahdollista kaivaustutkimuksen aikana havaita ja kerätä yksitellen. (Roskams 2007, 218–223; Lavento 2008, 17.)

Pienimmästä päästä löytöaineistoa ovat alle 1 millimetrin kokoiset jäänteet, joita paljaalla silmällä ei ole mahdollista tunnistaa (Kirkinen 2025a). Näitä ovat esimerkiksi siitepölyt ynnä muut lukuisat eri mikrofossiilityypit, tunnetuimpina piilevät, kasvi- ja eläinkuidut, sienten itiöt, levät, loiset ja fytoliitit eli mineralisoituneet kasvinosat (Branch et al. 2005; Cabanes 2020, 256; Shumilovskikh & van Geel 2020, 66; Stone & Yost 2020; Kirkinen & Mannermaa 2025). Sen lisäksi maasta löytyy myös suurempia jäänteitä, joita on kuitenkin hankalaa ja työlästä kerätä yksitellen kaivauspaikalta. Makrofossiilit ovat suurempia, ilman mikroskooppia havaittavissa olevia kasvinosia. Makrofossiileihin luetaan muun muassa viljanjyvät, eri kasvien siemenet, hiilenkappaleet, marjat ja pähkinät. Myös erilaiset eläinjäänteet, kuten hyönteisten osat, pienet luut ja kalansuomut sekä simpukat ynnä muut merelliset pieneläimet, ovat usein löydettävissä maanäyteaineistosta. (Branch et al. 2005; Buckland et al. 2006; Sorensen & Jaksland 2006).

Eri materiaalien säilyvyys riippuu vahvasti maaperän ominaisuuksista, muun muassa happi- ja kosteuspitoisuudesta, pH:sta, lämpötilasta, maaperässä toimivista mikrobeista sekä muista fysikaalisista, kemiallisista ja mekaanisista ominaisuuksista. Eri jäänteet reagoivat erilaisiin olosuhteisiin eri tavoin riippuen niiden materiaalista ja rakenteesta. (Cronyn 2001, 14–42; Pedeli & Pulga 2013, 13–14). Orgaanisten jäänteiden tapauksessa säilyvyyttä parantavat merkittävästi joko täysin kuivat aavikkomaiset olosuhteet tai vettynyt, hapeton ja viileä, sekä erityisesti hienojakoinen maaperä, jossa mikrobitoiminta on minimaalista (Cronyn 2001, 243–244; Kirkinen 2025a; Kirkinen & Mannermaa 2025). Myös muun muassa jäänteiden lähetyvillä olleet metalliesineet voivat säilöä orgaanista materiaalia joko tuottamalla mikrobeille myrkyllisiä korroosiotuotteita, kuten kuparia sisältävät esineet, tai säilyttämällä jäänteen muodon korroosiotuotteisiin muodostuvan pseudomorfin kautta (Lempiäinen 2002, 161; Ahola et al.

2018; Kirkinen 2025a; Kirkinen & Mannermaa 2025). Useat jäänteet saattavat myös säilyä paremmin, jos ne ovat hiiltyneet esimerkiksi jouduttuaan asuinpaikan tulisijaan ruoanlaiton yhteydessä (Karg & Robinson 2002, 133; Rowe 2020.)

Maaperän voimakas happamuus tai vaihtoehtoisesti emäksisyys voi myös kiihdyttää hajoamista riippuen materiaalien ominaisuuksista (Cronyn 2001, 19–20; Rowe 2020, 157–158; Kirkinen 2025a; Kirkinen & Mannermaa 2025). Hyvän esimerkin materiaalikohtaisista säilymistendensseistä tarjoaa Suomen pääasiassa hapan maaperä, jossa useat orgaaniset materiaalit, kuten kasvikuivat ja palamaton luuaines, hajoavat melko nopeasti. Sen sijaan happamat olosuhteet, erityisesti pH välillä 4–5, todennäköisesti edesauttavat keratiinipitoisten eläinkuitujen, kuten eläinten karvojen, sulkien ja villakuitujen, säilymistä. (Kirkinen et al. 2022, 2; Kirkinen 2025; Kirkinen & Mannermaa 2025.) Syynä tähän on toisaalta rikki- ja peptididosten parempi haponkestävyys, mutta toisaalta myös se, että maaperän voimakkaampi happamuus ehkäisee materiaalia hajottavaa mikrobi-toimintaa. (Ahola et al. 2018; Kirkinen et al. 2022, 15.)

Samoin kuin arkeologiset esineet, myös pienet menneisyydestä kertovat jäänteet ovat ajan mittaan useimmiten saavuttaneet ympäristönsä kanssa tasapainotilan, jossa hajoamisprosessit ovat merkittävästi hidastuneet (Pedeli & Pulga 2013, 14). Kun jäänteet kaivetaan esiin, ne altistuvat hapelle sekä valolle ja ympäristön kosteuspitoisuus, lämpötila ja pH muuttuvat. Siten kemialliset, fysikaaliset ja biologiset hajoamisprosessit saattavat taas aktivoitua ja kiihtyä. Yleinen nyrkkisääntö tämän estämiseksi on säilyttää maaperän olosuhteet mahdollisimman samankaltaisina. Sen vuoksi maanäytteet useimmiten pakataan mahdollisimman ilmatiiviisti pussiin, rasiaan tai näyteputkioon sekä säilytetään kosteana pimeässä ja viileässä. (Arponen et al. 2008, 22; Suhonen, 151–154; Vuorela 2008, 342.) Säilytykseen liittyvää problematiikkaa käsitellään tarkemmin luvussa 3.

Maanäytteiden analysointi kuuluu kaivauksen perustutkimuksiin. Ohjeistuksena yleensä on, että näytteitä tulisi ottaa sellaisista paikoista, joissa voi olettaa olevan tietyllä menetelmällä selville saatavaa kiinnostavaa tietoa. (Museovirasto 2020, 23; Rankama 2008, 215; Suhonen 2008, 168.) Ennen kaivaustutkimuksen aloitusta tulisi suunnitella maanäytteille varattu budjetti ja näytteenottostrategia (Museovirasto 2020, 33, 46.) Toisaalta on suositeltavaa ottaa maanäytteitä mieluummin hieman liikaa kuin liian vähän, jolloin jälkityövaiheessa voidaan valita kiinnostavimmat näytteet, tarvittaessa yhdessä analyysin suorittajan kanssa (Museovirasto 2020, 46; Kirkinen 2025a).

## 2.2 Maanäytteiden tutkimusmahdollisuudet

Jotta saataisiin ajantasaista tietoa Suomen kontekstissa kerättävistä maanäytteistä, toteutettiin suomalaisille arkeologeille kyselytutkimus. Kyselyn rakenne löytyy liitteestä 1. Sitä levitettiin ns. Arkeologilistan eli suomalaisten arkeologien yleisesti käyttämän sähköpostilistan kautta. Kyselyssä selvitettiin, millaisia analyysejä silmällä pitäen maanäytteitä kerätään ja kuinka niitä säilytetään ennen analyysia. Kyselyyn saatiin 12 vastausta erilaisista organisaatioista ja eri vaiheessa uransa olevilta arkeologeilta. Vastaajista puolet oli työskennellyt Museovirastossa, aluevastuumuseossa tai muussa museossa niissäkin puolet ja 75 % yliopistossa. Yrityksessä työskennelleitä oli 42 %, ja vain yksi vastaaja ilmoitti työskennelleensä järjestössä tai säätiössä. Työuran kestossa oli vaihtelua 5–10 vuotta työskennelleestä yli 40 vuotta uraa tehneisiin arkeologeihin. Puolet vastaajista oli työskennellyt 20–35 vuotta, ja sekä tätä vähemmän että tätä pidempään uraa tehneitä oli 25 % vastaajista.

Suosituimmat maanäytteille teetetävät analyysit olivat makrofossiilitutkimus, kuitujen ja karvojen ynnä muiden mikropartikkelien tutkimus, siitepölytutkimus, pienen luuaineksen keruu ja analysointi, hyönteistutkimus, DNA-analyysi, fosforianalyysi sekä maannoksen geokemiallinen tutkimus. Lisäksi 1–3 vastaajista oli hyödyntänyt maanäytteitä radiohiilianalyysiin, mineralogiaan, maaperän mikromorfologiaan, puulajin analysointiin, säilyvyystutkimukseen sekä tärkkelysten, lipidien ja proteiinien selvitykseen. Tuloksia ei voi kuitenkaan pitää täysin kattavina, sillä useimmat vastaajat ovat todennäköisesti vastanneet melko nopeasti

eivätkä ole välttämättä muistaneet kaikkia teettämiään analyysseja. Siten on todennäköistä, että vähemmän käytössä olleita menetelmiä on jäänyt mainitsematta. Vastaukset kuitenkin antavat suuntaa siitä, mitkä menetelmät ovat kaikkein yleisimpiä.

Loput kyselyn tulokset käydään läpi tässä luvussa sekä luvuissa 3, 6 ja 7, joihin niiden aihepiirit liittyvät. Tässä luvussa käydään läpi yleisimpiä maanäytteistä löydettäviä näytteitä. Luvut 2.2.1–2.2.5. käsittelevät pääasiassa mikroskooppista lähdeaineistoa ja luvut 2.2.6 ja 2.2.7. makroskooppisia eli suurempia jääniteitä.

### 2.2.1 Maaperän analyysit

Arkeologisten kohteiden maannoksista tehdään havaintoja kaivaustutkimuksen mittaan. Havainnointiin kuuluu muun muassa maannoksen värin, koostumuksen, tiiviyyden ja raekoon dokumentointi, lainaten vahvasti termistöä ja metodologiaa geologian alatieteestä sedimentologiasta. Lyhyessä ajassa ja pääasiassa silmämääräisesti tehtävä dokumentaatio, joka on lisäksi usein arkeologin perehtyneisyydestä ja kokemuksesta riippuvainen, on aina jossain määrin subjektiivinen. (Roskams 2007, 169–183; Seppänen 2008, 219.) Maaperästä otettavista näytteistä on kuitenkin mahdollista tehdä erilaisia laboratorioanalyysseja, jotka voivat paljastaa kenttähavainnointia enemmän yksityiskohtaisempaa ja mitattavaa tietoa kohteen geologisesta ja kulttuurisesta historiasta.

Yksi arkeologisen maannoksen tutkimuksen muoto on mikromorfologia. Mikromorfologista analyysia varten näytteestä valmistetaan ohuthienäyte, jota tarkastellaan petrografisella valomikroskoopilla polarisaatiosuodattimella. Maannoksen mikroskooppisella tarkastelulla voidaan saada tarkempaa tietoa esimerkiksi maan kerrostumisen ja muokkautumisen historiasta sekä tunnistaa ihmisen aiheuttamia muutoksia maannoksissa. (Macphail et al. 2013; Salisbury et al. 2022, 322–323.)

Itse sedimentin lisäksi maaperästä voi tutkia siihen ihmisen toiminnan seurauksena sitoutuneita kemiallisia yhdisteitä. Yleisimmin käytetty menetelmä on fosforianalyysi (Vranová et al. 2015, 1419). Fosforiyhdisteet, erityisesti fosfaatit, ovat ihmistoiminnasta, esimerkiksi orgaanisesta ruoka- ja tunkiojätteestä, tulisijojen tuhkasta ja peltojen lannoituksesta, maahan kertyviä yhdisteitä, jotka ovat hyvin kestäviä. Siten ne ovat vuosituhansienkin jälkeen luotettava tapa määrittää, onko paikalla ollut ihmistoimintaa ja mille alueille toiminta on keskittynyt. (Holliday & Gartner 2007; Vranová et al. 2015, 1419.)

Fosforianalyysin menetelmiä on useita, mutta tavoitteena on eristää sitoutunut fosfori maa-aineksesta ja mitata sen määrä. Erottelussa voidaan hyödyntää fosfaattien vapauttamista polttamalla korkeassa lämpötilassa tai kemiallista käsittelyä, tarvittaessa yhdessä polttotekniikan kanssa. Fosfaattien mittaus voidaan suorittaa esimerkiksi lisätyn hapon aiheuttaman värinmuutoksen mittauksella tai uudempana menetelmänä plasma-massaspektrometrialla. (Kishonti 2006, 43–44; Hinsch et al. 2006, 83–84; Holliday & Gartner 2007, 309–325; Vranová et al. 2015; 1419–1420.) Myös maaperän yleistä kemiallista jakaumaa voidaan selvittää röntgenfluoresenssianalyysillä. Muita olennaisia kemiallisia markkereita ovat esimerkiksi magnesium, kalium, kalsium, hiili ja typpi. (Holliday & Gartner 2007, 307–308; Menotti 2012, 256; Vranová et al. 2015, 1420–1421; Salisbury et al. 2022, 323–324.) Tämän lisäksi eräiden alkuaineiden tietyt isotoopit voi yhdistää ihmisen toimintaan. Tällaisia ovat esimerkiksi hiilen ja typen isotoopit  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{15}\text{N}$ , joista voi päätellä paikalla olleen esimerkiksi lannoitustoimintaa tai kuoppien täyttömaata. (Salisbury 2022, 324.) Happi-isotooppia  $\delta^{18}\text{O}$  hyödynnetään erityisesti ilmastovaihtelujen rekonstruoinnissa vesistöjen sedimenttien syväkairauksista (Menotti 2012, 256).

Erilaiset orgaaniset jäämät eli biomarkkerit, kuten lipidit, hiilihydraatit ja proteiinit, kertovat muinaisjäännösten ihmistoiminnasta ja voivat auttaa tunnistamaan erilaisia aktiviteettialueita (Holliday & Gartner 2007, 307). Biomarkkereista kyse-lyaineistossa mainittiin yleisimmin lipidit. Niihin luetaan rasvahapot, sterolit, vahat, triasyyliglyserolit ja terpeenit. Syy niiden suosioon on parempi säilyvyys

muihin biomarkkereihin verrattuna (Vranová et al. 2015, 1421). Lipidien tutkimuksen menetelmiä on useita, ja myös tulokset voivat antaa hyvin erilaista tietoa riippuen lipidin tyypistä. Eläinperäiset rasvahapot voivat muun muassa valottaa ihmisten hyödyntämiä eläinlajeja ja niiden hyödyntämisen tapoja sekä peltojen lannoitusta maanviljelyä varten, ja kasvipäriset sterolit ja vahat esimerkiksi elinympäristön hyödyntämistä ja sen muutoksia. Lipidejä analysoidaan useimmiten kaasukromatografialla. (Vranová et al. 2015, 1421; Salisbury et al. 2022, 324–325.) Maanäytteiden keräys lipidianalyysia varten vaatii erityistä tarkkuutta, sillä muoveissa olevat pehmitinaineet voivat aiheuttaa näytteisiin kontaminaatiota. Suositeltu pakkausmateriaali onkin niiden kohdalla yleensä tietty lasityyppi tai alumiinifolio. (Kirkinen et al. 2022, 9; Salisbury et al. 2022, 321, 326–327.)

Proteiinit säilyvät maassa yleensä huonosti, sillä mikrobit käyttävät niitä mielellään ravinnokseen. Säilyvyyttä kuitenkin parantaa niiden imeytyminen maapartikkeleihin. Proteiinien tutkimus arkeologisista maannoksista on vielä lapsenkengissä muun muassa metodologisten puutteiden vuoksi, mutta se on erittäin lupaava tutkimuksen suunta. (Vranová et al. 2015, 1421; Salisbury et al. 2022, 325.) Sitä tehdäänkin onnistuneemmin esimerkiksi keramiikka-astioihin jääneistä karstoista. Yksi kyselyn vastaaja oli maininnut teettäneensä proteiinianalyysia, joten menetelmää on käytetty jossain määrin myös Suomessa. Erikoisempi ja hieman pidemmälle kehitetty proteiinien analysoinnin muoto on arkeologiseen maaperään sitoutuneen muinais-DNA:n eli sedaDNA:n analysointi. Niin kasvien, eläinten, bakteerien kuin ihmisten ja varhaisten ihmislajienkin DNA:ta on voitu löytää maanäytteistä. Siten sen avulla voidaan valottaa muun muassa ekologisen monimuotoisuuden muutoksia, mutta myös ihmispopulaatioiden historiaa. (Misson et al. 2021; Salisbury et al. 2022, 325.)

Hiilihydraattien tutkimusta tehdään usein sidoksissa muihin maaperän analyysiin, kuten alkuaine- ja forforianalyysiin. Tavoitteena on tarkastella arkeologisen maannoksen hiilihydraattipitoisuuksia ja -tyyppejä suhteessa muinaisjäännöksen ulkopuoliseen maannokseen ja siten paljastaa ihmiseen toimintaa liittyviä kasvityyppejä. Hiilihydraatit, kuten muutkin biomarkerit, ovat sidoksissa

maan entsyymaattisiin prosesseihin, joiden tutkimus onkin yksi lupaavimpia uusia suuntia arkeologiassa. (Vranová et al. 2015, 1422.) Tärkkelyksiä tarkastellaan usein hieman muista hiilihydraateista erillisenä ryhmänä, koska ne esiintyvät usein suurempina kasvien mukuloihin, hedelmiin tai siemeniin kerääntyvinä tärkkelysjuväsinä. Näitä tärkkelysjuväsiä voi tarkastella valomikroskoopin alla ja nähdä mahdollisesti jälkiä työstöstä ravinnoksi. Niinpä tässä vaiheessa ei puhuta enää maaperän biokemiallisesta tarkastelusta, vaikka sitäkin tärkkelyksille voi tehdä. (Vranová et al 2015, 1421; Henry 2020, 97–102.)

### 2.2.2 Siitepölyt ja muut palynomorfit

Kasvien siitepölyjen tutkimus eli palynologia on yksi vanhimpia ja käytetyimpiä ympäristöarkeologian alatieteitä. Siitepölyjen ympärillä on erittäin hyvin kemiallista ja fysikaalista hajotustoimintaa kestävä sporopolleniinista koostuva kuori, joten ne voivat säilyä maaperässä vuosituhansia suotuisissa olosuhteissa. (Bakels 2020, 203–204.) Siitepölyjen avulla voidaan rekonstruoida muinaisjäännösten ympäristössä ollutta kasvistoa ja siinä tapahtuneita muutoksia. Nämä muutokset ovat usein kytköksissä ihmisyhteisöihin. Esimerkiksi ilmaston lämpeneminen tai viileneminen on voinut liittyä uusien elintapojen muotoutumiseen. Jotkin muutokset liittyvät siihen, että ihminen on muokannut ympäristöään, esimerkiksi raivannut metsää tai omaksunut uusien lajien viljelyn. (Alenius et al. 2017)

Siitepölyt ovat mikroskooppisen pieniä partikkeleita, jotka vastaavat koiraspuolisia siittiösoluja. Suurin osa kasveista on ilmapölytteisiä eli tuuli, hyönteiset ja mahdolliset muut eläimet levittävät siitepölyä saman kasvin tai joskus myös toisen saman lajin edustajan kukintojen emiöihin, jossa ne hedelmöittävät naaraspuolisen munasolun. Vesikasvit kuitenkin levittävät siitepölyä vesiteitse. Siitepölyjen koko riippuu kasvilajista, mutta useimmat ovat 20–50 mikrometrin kokoisia. Siitepölyjä voidaan tunnistaa niiden ulkoseinämän muodon perusteella yleensä kasvisuvun tasolle. (Bakels 2020)

Siitepölytutkimuksessa on tavoitteena analysoida maanäytteistä tietyssä aikakauden maannokseen muodostunut siitepölykirjo. Kun eri kasvisukujen määrä

on selvitetty, data pinotaan kronologisessa järjestyksessä siitepölydiagrammiksi, josta voidaan nähdä kasviston vaihtelut eri aikoina. Luotettavan tuloksen saavuttamiseksi siitepölyhiukkasia tulisi olla 500–1000 kappaletta yhdessä näytteessä (Vuorela 2008, 342). Jotta saadaan selville, kuinka ihminen on vaikuttanut muinaisjäännöksen siitepölykertymään, kohteen ulkopuolelta maksimissaan yhden kilometrin säteeltä otetaan vertailunäytteitä suurin piirtein samoilta syvyyksiltä. Ihminen on voinut muun muassa poistaa siitepölyjä siivoamisen, maan siirtämisen tai kasviston raivaamisen kautta tai toisaalta tuoda tiettyjen lajien siitepölyjä alueelle. Siitepölyjen analysoinnissa on lisäksi tärkeää pitää mielessä, että aineistossa voi olla vääristymiä johtuen esimerkiksi tiettyjen lajien siitepölyn huonosta säilyvyydestä, eri lajien tai eri olosuhteissa olevien saman kasvilajin edustajien tuottamien siitepölyjen eri määristä sekä esimerkiksi eläinten toiminnasta (Bakels 2020).

Siitepölyjen lisäksi arkeologisista maanäytteistä voi löytää muutakin mikroskooppista lajistoa. Näitä kutsutaan yleensä muiksi kuin siitepölypalynomorfeiksi (engl. non-pollen palynomorphs). Palynomorfeihin luetaan paljon taksonomisesti erityyppisiä jäänteitä, muun muassa syanobakteerit, viherlevät, karhukaiset, vesikirput, laakamadot ja tiettyjen sienilajien itiöt. Näitä jäänteitä yhdistää niiden pieni koko ja samantapainen kestävä rakenne kuin siitepölyillä. Muita kuin siitepölypalynomorfeja on alettu tyytitellä viimeisen 50 vuoden aikana, ja tyyppejä on saatu koottua vertailukirjastoihin jo yli 1300. Työtä kuitenkin riittää, sillä erilaisia jäänteitä on lukuisia, ja mikäli ne ovat fragmentaarisesti säilyneitä, tunnistus ei ole aina helppoa. (Shumilovskikh & van Geel, 2020.)

Muita palynomorfeja tutkitaan usein yhdessä muiden jäännösten, kuten siitepölyjen, makrofossiilien tai piilevien kanssa. Ne täydentävät aineistoa muun muassa siksi, että niitä säilyy myös sellaisissa olosuhteissa, joissa esimerkiksi siitepölyjä ei. Muista palynomorfeista voi saada samalla tavoin tietoa ympäristön olosuhteista, mutta myös erikoistuneempaa tietoa. Esimerkiksi kopofiilliset sieni-itiöt itävät sen jälkeen, kun ne ovat kulkeneet eläimen ruoansulatuksen läpi. Siten niiden perusteella voidaan saada vahvistavia todisteita kesytettyjen eläinten läsnäolosta tietyinä ajanjaksona. (Shumilovskikh & van Geel, 2020.)

Sekä siitepölyjä että muita palynomorfeja tutkitaan samantapaisilla menetelmillä. Siitepölyjen näytteenotossa on kuitenkin erityisen tärkeää välttää modernia kontaminaatiota tai eri kulttuurikerrosten sekoittumista toisiinsa, jolloin ei saada todellista kuvaa tietyn ajan kasvistosta (Vuorela 2008, 342). Myöskään maan kuivumista näytteenoton aikana ei suositella, siitepölyjäänteet saattavat kärsiä siitä (ks. luku 3.1.2) (Bakels 2020, 216). Näytteitä suositellaan säilytettäväksi tiiviissä muovipusseissa tai -astioissa viileässä (Vuorela 2008, 324; Bakels 2020, 216). Näytteitä voidaan ottaa myös kairaamalla tai profiilista ns. monoliittinäytteenä (Bakels 2020, 217–218). Näistä tavoista kerrotaan tarkemmin luvussa 2.3.

Maanäytteiden käsittely analyysia varten riippuu erityisesti maannostyypistä. Usein on tarpeen käsitellä maata kemiallisesti ennen analyysia sitä häiritsevän aineksen poistamiseksi. (Vuorela, 342; Bakels 2020, 218; Shumilovskikh & van Geel, 2020, 71.) Muiden palynomorfien kohdalla on kuitenkin huomioitava, etteivät jotkin jäänteet kestä kemiallisia käsittelyitä yhtä hyvin kuin toiset, jolloin tuloksena on vääristynyt aineisto osan tuhoutuessa. Siten suositus on käyttää mahdollisimman hellävaraisia keinoja, kuten pesua ja sentrifugointia, ja siirtyä rajumpiin kemiallisiin keinoihin vasta, jos maannoksen ominaisuudet haittaavat analyysin tekemistä. Tällöin on kuitenkin huomioitava mahdolliset vääristymät aineistoon. (Shumilovskikh & van Geel, 2020, 72.)

### 2.2.3 Kasvikuidut

Arkeologisista maannoksista löytyvät kasvikuidut ovat useimmiten peräisin esimerkiksi erilaisista tekstiileistä tai köysistä tai niiden valmistusprosesseista. Näitä tuotteita on voitu käyttää vaatetuksessa, peitteissä ynnä muussa pehmustus- ja lämmitystekstiileissä, katemateriaalina, kuljetukseen ja säilytykseen tarkoitetuissa astioissa, säkeissä tai kasseissa, mutta myös vähemmän ilmeisissä tarkoituksissa, kuten laivojen rivemateriaalina. Sen lisäksi muualta tuodut kasvilajit, kuten puuvilla, kertovat menneisyyden kauppayhteyksistä. Kuidut voivat löytyä osana tekstiiliä tai esinettä, mutta myös yksittäin. (Rowe 2020, 149–156.)

Kasviperäisiä kuituja on tuotettu useista eri kasveista. Kuitua voi myös valmistaa eri kasvien osista: siementen tuottamasta nukasta, kuoresta tai lehdistä. Tuntuimpia kuitutyyppisiä ovat puuvilla, pellava, hamppu ja juutti. Eri paikoissa on kuitenkin valmistettu hyvin erityyppisiä tekstiilimateriaaleja paikallisista kasveista. Näistä esimerkkejä ovat Meksikossa sisalagaave-kasvista valmistettava sisal, Filippiineillä ja Borneossa manilahamppukasvista valmistettava manilla sekä Aasiassa, Australiassa ja Oseaniassa kookospähkinän ulkokuoresta valmistettava kookoskuitu. Kasvikuidut koostuvat selluloosasta, hemiselluloosasta ja ligniinistä sekä pienemmistä määristä pektiinejä, vahoja, rasvoja ja muita veden liukenemattomia yhdisteitä. (Rowe 2020, 150–151.) Lisäksi kuituihin on usein lisätty esimerkiksi väriaineita (Cronyn 2001, 286).

Kasvikuiduista valmistetut tekstiilimateriaalit säilyvät parhaiten hieman emäksisessä pH:ssa (Rowe 2020, 158). Koska suomalainen maaperä on yleensä hapan, kasvikuidut hajoavat melko nopeasti. Kuitenkin esimerkiksi hapettomissa oloissa tekstiilimateriaalit saattavat säilyä paremmin. Epäsuotuisemmista olosuhteista saattaa myös löytyä yksittäisiä kuituja. (Kirkinen & Mannermaa 2025.)

#### 2.2.4 Eläinkuidut

Eläinperäiset kuidut eli eläinten karvojen ja höyhenten jäänteet koostuvat keraatiiniproteiinista (Rowe 2020, 151). Kuidut ovat olleet kiinnittyneenä nahkaan, joka taas koostuu kollageenista. Kokonaisuus on ollut turkis, jota on mahdollisesti hyödynnetty vaatetuksessa tai lämmittävänä pehmusteena. Turkiksesta hajoaa useimmiten ensin nahkaosa, mutta jäljelle jäävät irtonaiset karvat voivat säilyä maaperässä vuosituhansia (Kirkinen 2025a). Jäänteitä on voinut säilyä muun muassa hautauksissa, jos vainaja on puettu turkis- tai sulkakoristeisiin vaatteisiin ja asusteisiin tai hauta on vuorattu tai peitelty höyhenillä tai turkiksella (Kirkinen 2025a). Jäänteitä on myös voinut päätyä hautaan hauta-antimina mukaan laitetuissa esineissä, kuten nuolen sulituksessa (Kirkinen et al. 2022, 13). Sen lisäksi erityisesti ohuimpia ja hienoimpia eläinkuituja on käytetty nahasta irrotettuna, jolloin niistä on ollut mahdollista valmistaa muun muassa villatekstiilejä ja huovutettuja tuotteita (Cronyn 2001, 285; Rowe 2020, 151). Silkki

eroaa muista kuitutyypistä, sillä sitä saadaan silkkiperhosten toukkien koteloista ja koostuu fibroiini-proteiinista (Cronyn 2001, 285; Rowe 2020, 153).

Eri eläinlajeilla on kullakin omalaisensa karvat, joten laji on mahdollista morfologisesti määrittää hyvin säilyneestä karvasta muun muassa pinnan suomumaisen rakenteen ja ilman täyttämän ydinkanavan eli medullan koon ja muodon perusteella. (Rowe 2020, 151.) Näin saadaan selville, mitä eläinlajeja on hyödynnetty eri käyttötarkoituksissa, sekä voidaan kenties määritellä, kuinka eri eläinten turkiksia on mahdollisesti arvioitu. Tunnistuksen taso riippuu sekä kuidun säilyvyydestä että sen koosta ja säilymiskohdasta. Suurimmasta osasta kuituja eläinlajeja ei ole mahdollista määrittää tai määrittäminen rajoittuu eläinryhmien tasolle. Suurin osa tähän mennessä Suomen arkeologisista konteksteista tunnistetuista karvakuiduista ovat kuuluneet peto- ja turkiseläimille, mutta myös yksittäisiä hirvi- ja nautaeläinten karvoja on tunnistettu. (Kirkinen 2025a.)

Linnunsulan pienimpiä osia kutsutaan nimellä barbule eli höytysäde. Ne ovat pituudeltaan yleensä 0,2–5 millimetriä (Kirkinen 2025a). Sulat koostuvat karvojen tavoin keratiinista, mutta niiden koostumuksessa on enimmäkseen kestävämpää  $\beta$ -keratiinia karvakuiduissa pääasiassa olevan  $\alpha$ -keratiinin sijaan. Siten niiden voi olettaa säilyvän vielä karvakuitujakin paremmin maaperässä. (Kirkinen 2025c.) Pääosassa höytysädeitä ei ole eläinlajin määrittämisessä auttavia piirteitä, mutta arkeologisista kohteista on onnistuttu tunnistamaan joitakin lajeja. Suurin osa tällä hetkellä tutkitun aineiston tunnistetuista jäänteistä ovat peräisin vesi-, metsäkana- ja petolintujen sulista. (Kirkinen 2025a.) Karvojen ja sulkien lisäksi arkeologisissa konteksteissa on saattanut säilyä myös muun muassa viiksikarvojen, kynsien ja sarvien jäänteitä (Kirkinen 2019, 22).

### 2.2.5 Mineralisoituneet mikroskooppiset jäänteet

Fytoplanktoneihin kuuluvia piileviä on hyödynnetty arkeologisessa tutkimuksessa jo yli 70 vuotta. Piilevät ovat erittäin laajalle levinnyt laji, joka viihtyy millaisessa vedessä vain, kunhan saatavilla on tarpeeksi ravinteita ja valoa. Piilevien

kuori koostuu silikaatista ja on siten erittäin kestävä. Koska piilevät elävät vedessä, niiden avulla voi selvittää erityisesti vesiekologiassa tapahtuneita muutoksia. (Stone & Yost 2020, 23.) Esimerkiksi jääkauden jälkeistä rannansiirtymää ja sitä, milloin vesialue muuttui murtovedestä makean veden alueeksi, voi seurata piilevätyyppien perusteella (Alenius et al. 2004, 4). Lisäksi erilaiset ihmisten aiheuttamat muutokset vesialueisiin ja niiden laatuun vaikuttavat lajistoon. Tällaisia ovat muun muassa maanviljelyn aloitus ja patojen rakentaminen (Stone & Yost 2020, 28).

Toinen mineraalimateriaalista koostuva jäännöstyyppi on fytoliitti. Fytoliitit ovat kasveihin niiden elinkaaren aikana kertyviä mineraaleja, jotka säilyttävät kasvien ominaispiirteitä itsessään. Muiden kasvijäänteiden tavoin niitä voi käyttää paikallisen kasviston sekä erityisesti ihmisen hyödyntämien kasvilajien tunnistukseen. Fytoliittianalyysin etuna on, että ne saattavat kestää sellaisia olosuhteita, joissa orgaaniset kasvijäänteet hajoavat. (Cabanès 2020, 256–257.)

Piileviä ja fytoliitteja voi tutkia myös samoista näyteaineistoista. On kuitenkin otettava huomioon niiden erityispiirteet, sillä ne saattavat esiintyä eri osissa muinaisjäännöstä. Molemmat menetelmät ovat alihyödynnettyjä niiden tunnistukseen vaadittavan erityisosaamisen vuoksi. (Stone & Yost 2020, 23; 35; 41; Cabanès 2020, 274.)

### 2.2.6 Kasvimakrofossiilit

Kyselyaineistossa selkeästi yleisimpänä maanäytteiden hyödyntämistapana oli mainittu makrofossiilianalyysi. Makrofossiilit ovat silmin havaittavissa olevia kasvien osien jäänteitä. Niihin kuuluvat esimerkiksi viljanjyvät, marjat, siemenet ja hedelmät. Erityisenä mielenkiinnon kohteena ovat useimmiten hyötykasvilajit, joista käytetyimpiä ovat olleet viljat, hamppu, pellava ja humala. Niiden lisäksi ihmisten toiminnasta kertovat esimerkiksi ns. kulttuuririkkaruohot, jotka kulkeutuvat ihmisten mukana asuinpaikoille ja kertovat siten asutuksen tiivyydestä. Koska kasvijäänteet tuhoutuvat herkästi mikrobitoiminnan seurauksena, niiden säilyminen vaatii useimmiten hiiltymisen tai vettyneet ja hapettomat olosuhteet.

(Lempiäinen 2008, 345.) Erikoistuneempi makrofossiilianalyysin muoto on myös hiiltyneen puun tutkimus. Sen menetelmät perustuvat puulajin tunnistukseen hiilenkappaleesta vuollusta näytteestä valomikroskopian avulla, kun muita makrofossiilijäänteitä tutkitaan pääasiassa stereomikroskoopilla. Siten se sijoittuu mikro- ja makrofossiilisten jäänteiden tutkimuksen välimaastoon. (Bakkevig et al. 2002, Vanhanen 2019; 24; Marquer & Otto 2020, 225–254.)

Verrattuna mikroskooppisiin kasvijäänteisiin, kuten siitepölyihin ja muihin palyynomorfeihin, makrofossiilit ovat paitsi suurempia kooltaan, myös antavat erityyppistä tietoa. Makrofossiilien kasvilajin voi useimmiten tunnistaa tarkemmin kuin siitepölyistä, sillä siitepölyissä tunnistus jää useimmiten kasvisuvun tasolle (Bakkevig et al. 2002, 25). Sen lisäksi siitepölyaineisto kuvastaa usein laajemmin alueellisen kasvilajiston muutoksia, kun taas makrofossiilit kertovat keskitetympin paikallisesta ihmisen hyödyntämästä lajistosta. Molemmilla menetelmillä on kuitenkin vahvuutensa, ja erityisesti niiden tuottaman datan yhdistäminen tuottaa tarkempaa tietoa, jossa ne voivat korjata toistensa puutteita. (Antanaitis-Jacobs et al. 2002, 18; Lempiäinen-Avci 2019.)

Makrofossiilisia kasvilöytöjä varten otetaan yleensä näytteitä muinaisjäännöksen kohdista, joissa niitä voidaan olettaa säilyneen. Tällaisia ovat esimerkiksi tulisijat, lattiakerrokset, paalunsijat, varastorakennukset, kuoppien täyttökerrokset ja tunkiot (Jonsson 2002, 100). Tämän lisäksi kasvijäännösten tutkimusta varten on alettu ottaa maanäytteitä hautauksista. Siten saadaan tarkempaa tietoa esimerkiksi hautoihin laitetuista kasviperäisistä pehmustemateriaaleista sekä mahdollisesti hauta-antimena tuonpuoleiseen annetusta ruoasta, josta toki myös saadaan tietoa ajanjaksona käytössä olleista hyötykasveista. (Lempiäinen 2002, 169; Viklund 2002, 199–200; Lempiäinen-Avci 2019, 27.) Samalla voidaan myös löytää muun tyyppisiä jäänteitä, kuten tekstiili- tai eläinkuituja (Kirkinen 2025a).

Lajinmäärityksen lisäksi makrofossiileja, esimerkiksi hiilenkappaleita ja viljanjyviä, voi käyttää radiohiiliajoitukseen. Siten niille on mahdollista määrittää tarkka ajoitus. (Bakkevig et al. 2002, 24; Lempiäinen 2008, 345.) Suomen vanhin,

5300 vuotta vanhaksi osoittautunut ohrajyvä on löydetty Ahvenanmaalta. (Vanhanen et al. 2019.)

### 2.2.7 Hyönteisten jäänteet

Hyönteiset ovat biologisista luokista kaikkein suurilukuisin. Siten ne ovat olleet ihmisten seuralaisina kautta historian. Hyönteisten kuori koostuu kitiinistä, joka kovuutensa ansiosta säilyy pitkiä aikoja maaperässä (Aerts 2016, 23; Magni et al. 2023, 436). Hyönteisjäänteiden tutkimusta arkeologisista konteksteista kutsutaan myös nimellä arkeoentomologia. Monet hyönteislajit voidaan liittää ihmisyhteisöihin, joten ne voivat toimia kulttuurisina indikaattoreina. Esimerkiksi jyväkärsäkäs elää ainoastaan sisätiloissa säilytetyssä viljassa, joten se on luotettava todiste viljelystä sekä viljojen säilytyksestä. (Aerts 2016, 23.) Jotkin hyönteiset ovat loislajeja, jotka hyötyvät suoraan ihmisistä tai ihmisten kesyttämistä eläimistä. Täit ja kirput ovat tästä hyvä esimerkki. Loiset kertovatkin hygienian tasosta ja elinoloista. Sen lisäksi hyönteiset voivat kertoa muun muassa käytetyistä rakennusmateriaaleista, eläinten ruokakasveista, ympäristön kasvillisuudesta sekä maaperän ominaispiirteistä. (Buckland et al. 2006, 24; Magni et al. 2023, 437; Tranberg & Maijanen 2023.)

Koska hyönteiset kulkeutuvat ihmisten mukana paikasta toiseen, ne voivat kertoa myös kulttuuriyhteyksistä. Monet lajit elävät tietyillä alueilla, joten niiden löytyminen elinalueensa ulkopuolelta on merkittävä todiste ihmisten liikkuvuudesta ja kaupankäynnistä (Buckland et al. 2006, 24–25; Aerts 2016). Erikoistuneempi hyönteisjäänteiden tutkimuksen haara on myös hautauksista löytyneiden lajien kartoitus. Sen juuret ovat rikosentemologiassa, eli hyönteisten avulla tehtävässä kuolemansyytutkimuksessa. Hyönteiset, eritoten erilaiset raadonsyöjät, voivat antaa viitteitä kuolemansyystä, ruumiille tehdyistä valmisteluista ennen hautausta, hautaustavasta ja -olosuhteista, ajasta, jonka vainaja odotti hautaamista sekä hautaamisen jälkeisistä prosesseista. (Magni et al. 2023; Tranberg & Maijanen 2023.)

Hyönteisten tutkimus liitetään usein osaksi makrofossiilien tutkimusta, vaikka teoreettisesti se asettuukin eläinrakeologian alle (Tranberg & Maijanen 2023). Hyönteisten tutkimus kuitenkin vaatii laajaa osaamista, sillä hyönteislajien määrä on suuri, niiden alueellinen vaihtelu merkittävää ja jokaisella niistä on useita kehitysvaiheita munasta toukaksi ja jälleen aikuiseksi. Lisäksi hyönteisistä on usein säilynyt vain pieniä osia. Sen vuoksi hyönteisanalyysi onkin ollut pitkään alihyödynnetty tutkimushaara Pohjoismaissa. (Buckland et al. 2006, 17; Menotti 2012, 257; Magni et al. 2023, 440–442.) Tämän lisäksi makrofossiilien tutkimus on usein priorisoitu ja hyönteiset tulevat näytteistä esiin enemmän sivutuotteena. Makrofossiilien käsittelymenetelmät eivät kuitenkaan ole aina täysin soveltuvia hyönteisjäänteille, minkä seurauksena hyönteisjäänteitä saataan menettää. Tämä tietenkin aiheuttaa vääristymiä aineistoon. (Magni et al. 2023, 440–442; Tranberg & Maijanen 2023.)

#### 2.2.8 Menetelmien kehityksestä kohti monipuolisempaa dataa

Monet maanäytteissä esiintyvät jäänteet ovat olleet arkeologien työpöydällä jo vuosikymmeniä. Siitä huolimatta maanäytteistä tehtävän tutkimuksen menetelmät kehittyvät edelleen ja niiden rinnalle tulee myös jatkuvasti uusia menetelmiä. Esimerkiksi erilaisten maaperän kemiallisten markkereiden tutkimus on mennyt viime vuosikymmeninä suurin harppauksin eteenpäin ja on edelleen yksi lupaavimmista tutkimuksen aloista (Menotti 2012, 243–257). Myös hiilenkappaleet makrofossiilisen tutkimuksen kohteena on ollut Suomessa vielä vähän hyödynnetty alatiede, mutta se voi tarjota uutta todistusaineistoa toisaalta elinympäristöstä ja sen muutoksista, mutta toisaalta ihmisten toimeentulostrategioista ja sopeutumisesta ympäristöönsä. (Vanhanen 2019, 73.)

Lisäksi orgaanisia mikrojäännöksiä pyritään löytämään yhä systemaattisemmin sellaisista kohteista, jotka aiemmin on jätetty vähälle huomiolle. Aiemmin esimerkiksi Suomen vanhimmat mesoliittisen kivikauden kohteet ovat harvemmin olleet tällaisen tutkimuksen kohteena, sillä orgaanisten jäännösten on arveltu hajooneen happaman maaperän vaikutuksesta. Tämä oletamus on kuitenkin viime vuosina osoitettu vääräksi, sillä muun muassa Majoonsuon mesoliittisesta

punamultahaudasta on löytynyt runsaasti sekä eläin- että kasvipölyjä. (Kirkinen et al. 2022.) Toisaalta esimerkiksi pronssikauden ja esiroomalaisen rautakauden kohteilta makrofossiilijäännöksiä on tutkittu varsin vähän, joten kuva elinkeinojen kehittymisestä on vaikeaa rakentaa luotettavasti. Sen vuoksi tämän tyyppiset kohteet kaipaavat lisää tutkimusta. (Vanhanen 2019, 72–73.)

Mikro- ja makrojäänteiden tutkimuksessa kenties suurin painotus on viime vuosikymmeninä ollut monitieteisyys. Kohteista pyritään saamaan kattavampaa ja monipuolisempaa tietoa hyödyntämällä useampaa menetelmää. Esimerkiksi aiemmin hyvin vahvasti geoarkeologian alle sijoittunut mikromorfologia on avautunut muun muassa yhdistämään tuloksiinsa siitepöly-, fytoliitti-, fosfori- sekä biokemiallisia analyysejä (MacPhail 2013).

Vaikka menetelmiä pyritäänkin hyödyntämään yhä laajemmin ja monipuolisemmin, useat jäännöstyyppit ovat edelleen varsin alihyödynnettyjä. Myös kyselyn vastausaineistossa laajasti erilaista näyteaineistoa kerännyt ja näytteenoton metodeja kehittänyt vastaaja kertoi vapaan kommentoinnin kentässä näin:

”Olen itse kehittänyt näytteenottoa pääosin kansainvälisten esimerkkien mukaan, koska Suomessa ei ole juurikaan kiinnitetty tällaisiin asioihin huomiota. Kaivauksilta on perinteisesti otettu vain pari näytettä/kohde (erit. kaupallisella puolella), joista on analysoitu lähinnä kasvimakrofossiilit ja teetetty pari 14C ajoitusta, siinä kaikki. Arkeologian opinnoissa näytteenoton periaatteet ja eri analyyseihin vaadittavat lähtökohdat ovat käsittääkseni edelleen minimaalisesti edustettuina ja mm. kenttäarkeologit eivät tiedä kunnolla, miten näytteenotto eri analyysejä varten pitäisi oikeasti suorittaa. Naapurimaissa esim. siitepölyt ja maaperäkemia kuuluvat kiinteänä osana myös pelastusarkeologian työkalupakkiin. Suomessa ei hyödynnetä riittävästi luonnontieteellisiä menetelmiä perustutkimuksissa vaan niiden käyttö rajoittuu lähinnä akateemiseen tutkimukseen ja satunnaisiin yksittäisiin projekteihin.

Maanäytteiden maksimaalinen ja monipuolinen hyödyntäminen arkeologiassa on Suomessa lapsenkengissä, vaikka alaa yritettiin jossain määrin kehittää jo 1980-luvulla jopa Museovirastossa. Laajemmin luonnontieteiden hyödyntäminen saumattomasti erityisesti pelastusarkeologiassa on suuri ongelma eikä kestä kansainvälistä vertailua, ja eri analyyseiden osaajat vaihtavat alaa tai lähtevät ulkomaille, koska Suomessa ei yksinkertaisesti ole heille töitä tarjolla.”

Myös toinen vastaaja kommentoi, että muuta kuin makrofossiilitutkimusta on tehty vähän. Makrofossiilit olivatkin huomattavasti painottuneet vastauksissa, sillä 92 % vastaajista oli teettänyt niiden analyysseja. Toisaalta yksi vastaaja kertoi, että menetelmät ovat nopeasti kehittyneet ja vaikuttaneet erilaisten säilytystapojen omaksumiseen. Kehitystä uusien analyysien hyödyntämisessä on siis tapahtunut, mutta ala tarvitsee kimmokkeita vieläkin monipuolisemman ja monitieteisemmän suomalaisen arkeologian saavuttamiseksi.

### 2.3 Arkeologisten maanäytteiden kerääminen

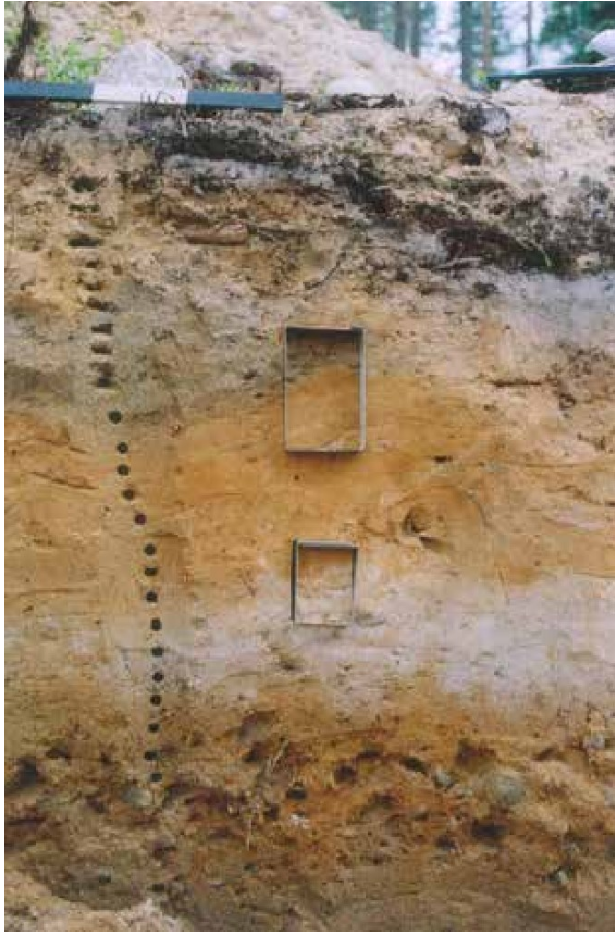
Kuten kappaleessa 2.1. todettiin, arkeologisten maanäytteiden ottaminen kuuluu olennaisesti arkeologisten kaivausten menetelmäpakkiin. Kerättävän maannoksen määrä ja näytetyyppi riippuu toisaalta menetelmäperinteestä sekä maannoksen tyypistä ja toisaalta siitä, mitä näytteestä on tarkoitus saada selville ja millaisilla menetelmillä. Joihinkin analyysihin, kuten siitepölyjen laskentaan, tarvittava näytemäärä on teoriassa varsin pieni, noin 1 cm<sup>3</sup> (Bakels 2020, 216). Esimerkiksi hyönteisjäänteiden analyysiin tarvittava näytemäärä on kuitenkin usein suurempi, ja muun muassa Norjassa tätä varten on kerätty noin 5 litran maablokkeja (Buckland et al. 2006, 20).

Sen lisäksi samoihin analyysihin tarvittavan maa-aineksen määrä voi vaihdella eri paikoissa riippuen prosessointitavasta. Koska maanäytteen keräämiseen liittyvät yksityiskohtat ovat niin vahvasti riippuvaisia analyysissa käytettävästä menetelmästä, onkin suositeltavaa konsultoida analyysin suorittajaa parhaista käytännöistä tai jopa pyytää analysoija paikalle ottamaan näytteet itse (Roskams 2007, 73–74; Museovirasto 2020, 46; Kirkinen 2025a). Maanäytteiden analysoinnin yksityiskohtia käsitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa 2.3.

Näytteen koon lisäksi näytteen keräystavoissa on eroja eri maissa ja organisaatioissa. Suomessa yleisin tapa maanäytteen keräämiseen on tuoreeltaan esiin kaivetun irtonaisten maa-aineksen kerääminen puhtaalla kaivauslastalla uudelleensuljettavaan polyeteenipussiin. Näytteitä suositellaan otettavan kaivausvai-

heessa mieluiten runsaasti, mutta jälkityövaiheessa voidaan määritellä tutkimuksen kannalta olennaisimmat näytteet ja poistaa loput. Näytteenotossa on tärkeää minimoida kontaminaation riskit, joten maa-ainesta ei tulisi esimerkiksi seuloa. (Kirkinen 2025a.) Näytteen tunnistetiedot, kaivauskoordinaatit, maakerros tai rakenne, päivämäärä sekä useimmiten kuvaus löytökontekstista kirjoitetaan pussiin. Näytteet luetellaan kaivausraportissa ja niiden ottokohdat merkitään kaivauskarttaan. Analyysin tulokset tulevat kaivausraportin liitteeksi, kun ne ovat valmiit. (Museovirasto 2020.)

Kuten aiemmin mainittiin, muun muassa muissa Pohjoismaissa ovat huomattavasti yleisempiä niin sanotut blokkinäytteet. Maannoksesta erotetaan halutun kokoinen särmiö maata. Tähän voi käyttää apuna esimerkiksi niin kutsuttuja, geologian professori Walter Kubiënan mukaan nimettyjä (García Gonzáles 2015), Kubiëna-laatikoita, jotka ovat perinteisesti metallisia, usein sinkistä tai tiinasta valmistettuja laatikoita, joiden seinämät sekä kannet saa irrotettua toisistaan. Laatikko työnnetään tai vasaroidaan maannokseen veitsellä piirrettyjen ääriviivojen kohdalle siten, että haluttu maablokki puristuu laatikon sisälle (kuva 1). (de Lima 2005, 494; Buckland et al. 2006, 20; Bakels 2020, 217). Usein perinteenä on erityisesti siitepölyanalyysia varten kerätä näyte laatikon avulla kaivausprofiilista, jossa eri arkeologiset maakerrokset ovat näkyvillä. Näin voidaan verrata eri kerroksissa olevia siitepölyjä ja havainnoida kasvillisuuden muutoksia arkeologisen kohteen eri käyttövaiheissa, kun kerrokset saadaan sekoittumattomina säilymään näytteessä (Holm & Sageidet 2013).



Kuva 1: Kubiäna-laatikoita asetettuna kaivausprofiiliin näytteenottoa varten Grundsetin Elverumin 400–1220 käytössä olleelta hiekkaterassikohteelta Lou-nais-Norjasta. Otettuja näytteitä hyödynnettiin muun muassa mikromorfologisissa ja siitepölyanalyseissa. Lähde: Holm & Sageidet 2013.

Blokkeina voidaan nostaa myös löytöjä ja löytökokonaisuuksia, jotka saattaisivat yksittäin nostettuna rikkoutua tai maaperään saattaisi jäädä löytöihin liittyviä osia tai muuta niihin liittyvää kiinnostavaa aineistoa. Blokkina nostettaessa maa-aines jää tukemaan löytöjä, ja niiden paikat säilyvät samoina, joten kaivaus voidaan tehdä ilman kiirettä kaivauksen jälkeen laboratorio-olosuhteissa. (Kirkinen 2019, 49). Blokkinosto toteutetaan useimmiten siten, että säilytettävää kohtaa ympäröivä maa-aines kipsataan, minkä jälkeen kokonaisuus voidaan nostaa turvallisesti maasta (Cronyn 2001, 46–52). Suomessa blokkinostot ovat melko harvinaisia johtuen mahdollisesti jälkitöihin varatun ajan rajallisuudesta.

Yleisimpiä blokkinäytteiden keräyskohteita ovat hautaukset. Hauta-arkeologiassa pientenkin yksityiskohtien dokumentointi on erittäin tärkeää, sillä muun

muassa vainajien asento, haudan sijainti suhteessa muihin vainajiin ja rakenteisiin, vaatetus ja mukaan laitettu esineistö sekä vainajissa olevat terveydentilasta ja kuolintavasta kertovat merkit voivat paljastaa runsaasti tietoa menneisyyden elintavoista, uskomusmaailmasta sekä valtarakenteista (Roskams 2007, 199–207).

Kubiäna-laatikoiden käytön ohella toinen tapa kerätä useita kaivauskerroksia sisältäviä näytteitä on kairaaminen. Menetelmässä sylinterin muotoinen kaira upotetaan maaperään, jolloin saadaan kapea useita kerroksia sisältävä näyte (englanniksi sediment core). Yksinkertaisimmassa versiossa kaira upotetaan maahan käsivoimin, minkä jälkeen sitä pyöräytetään maassa. Tällöin maaperä ympärillä löystyy ja näyte saadaan ehyenä sylinteriin tarttuneena vedettyä ulos. Kovemmille maannoksille, vedenalaisten sedimenttien keräämiseen tai massakäyttöön on tarjolla myös erilaisia versioita, joiden toiminta perustuu hydraulikkaan tai jopa moottorointiin. (Salisbury et al. 2022, 322). Tämän tyyppisiä näytteitä voidaan hyödyntää myös siitepölyjen ja muiden mikropartikkelien tutkimuksessa, mutta myös sedimenttien ominaisuuksien tutkimiseen. (Bakels 2020, 218; Salisbury et al. 2022, 321–322).

Mikäli kairausnäytteitä on hankalaa ottaa kaivauksen yhteydessä esimerkiksi maan liiallisen kovuuden tai pehmeiden takia, mahdollista on myös ottaa suurempi näyte esimerkiksi Kubiena-laatikon avulla ja tehdä kairaus vasta kaivausten jälkeen. Tällöin näyte voidaan esimerkiksi kostuttaa helpommin muokkauttavaksi. (de Lima 2005, 494–495.) Näin on myös mahdollista kerätä useampia kairausnäytteen kokoisia rinnakkaisia näytteitä samaan aikaan pienemmällä vaivalla. Makrofossiilien tutkimukseen näytemäärä on kuitenkin useimmiten liian pieni (esim. Kishonti 2006, 43).

Jotta näytteistä saadaan selville, mitkä jäänteet ovat seurausta ihmisten toiminnasta ja mitkä ovat peräisin alueen luonnollisesta ympäristöstä, kaivausalueen ulkopuoliselta alueelta otetaan useimmiten kontrollinäytteitä. Samalta maan syvyydeltä kerättyjen kontrollinäytteiden jäänteitä verrataan muinaisjäännöksen yhteydestä kerättyihin jäännöksiin. (Kirkinen 2025a.)

Tämän tutkielman kohteena ovat suomalaiset maanäytteet, jotka ovat – kuten aiemmin mainittiin – useimmiten irtonaista maata ja harvemmin kairaus- tai blokinäytteitä. Siten kairaus- ja blokinäytteet rajataan tämän tutkimuksen ulkopuolelle. On kuitenkin tärkeää sijoittaa suomalaisen arkeologisen tutkimus kansainväliseen kontekstiin, joten eri näytteenottotapojen tuntemus on olennaista tulosten arvioinnin kannalta.

## 2.4 Arkeologisten maanäytteiden analysointi

Keräämisen jälkeen näytteet toimitetaan useimmiten analyysiin jäännöksiin perehtyneelle asiantuntijalle. Museovirasto (2020) linjaa arkeologisten kenttätöiden laatuohjeessa:

”Näytteet on analysoitava mahdollisimman pian kaivauksen päätyttyä. Analyysia tilattaessa ja sen tavoitteita määriteltäessä esitetään kaikki ne tarpeet ja huomioon otettavat tutkimuskysymykset ja muut asiat, jotka liittyvät ja vaikuttavat analyysin suorittamisen tapaan ja tarkkuuteen.”

On siis tärkeää toimittaa näytteiden lisäksi kaikki analysointiin vaikuttavat tiedot analyysin suorittajalle.

Arkeologisten maanäytteiden analysointia varten näytteessä olevat jäänteet pyritään hellävaraisesti erottamaan maa-aineksesta. Makrofossiilinäytteet ja useat muut suuremmat näytteet erotetaan useimmiten kelluttamalla. Maanäyte asetetaan kylläiseen suolaliuokseen, jolloin painavampi maa-aines painuu liuoksen pohjaan ja kevyemmät orgaaniset jäänteet jäävät kellumaan pinnalle. Jäänteet siivilöidään pinnalta, pestään ja sen jälkeen tunnistetaan mikroskoopin alla. (Bakkevig et al. 2002, 33–34; Lempiäinen 2008, 345.)

Monet jäänteet ovat kuitenkin hankalasti erotettavissa kelluttamalla. Jäänteet saattavat esimerkiksi vettyä nopeasti ja upota maa-aineksen mukana liuoksen pohjalle. Tällöin voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisia seulontamenetelmiä, muun muassa vesiseulontaa, eri silmäkoon seuloilla. (Kirkinen 2025a.) Jäännöksiin on saattanut tarttua maasta partikkeleita, jotka estävät jäänteiden tunnistamisen. Tällöin on usein välttämätöntä käsitellä jäänteet kemiallisesti niin,

että esimerkiksi kalkki tai humus saadaan poistettua. Reseptejä eri jäännöstyyppien käsittelyyn on useita, ja ne riippuvat usein myös tutkimustahon traditioista. (Mm. Bakels 2020, 218; Shumilovskikh & van Geel 2020, 71; Stone & Yost 2020, 34.)

Eri ammattilaisten käytännöt näytteiden analysoinnissa riippuvat vahvasti muun muassa koulutustaustasta, laboratorioden varustuksesta sekä käytettävissä olevasta ajasta suhteessa työn määrään. Joissain paikoissa on kehitetty hyvinkin pitkälle erilaisia työaikaa vapauttavia osittain automatisoituja prosesseja, kuten kellutuslaitteistoja. Monet näistä ovat myös sovellettavissa kasvijäänteiden erotteluun jo kaivauspaikalla, jolloin maanäytteitä ei tarvitse erikseen kerätä tätä varten. (Bakkevig et al. 2002, 34–38; Jonsson 2002, 100.)

Jäänteiden eristämisen jälkeen näytteet tutkitaan mikroskoopin alla. Useimmiten käytetään stereo- ja valomikroskooppeja riippuen löydettyjen jäänteiden koosta ja luonteesta. Esimerkiksi makrofossiilit on helpointa tunnistaa stereomikroskoopilla, kun taas muun muassa siitepölyjen, kuitujen ja karvojen morfologian tarkasteluun tarvitaan valomikroskooppia. Vielä tarkempiin tuloksiin voidaan päästä pyyhkäisyelektronimikroskoopin eli SEMin avulla. Sen suurennustarkkuudella jäänteiden morfologia, kuten karvanäytteiden suomujen koko, saadaan vieläkin yksityiskohtaisemmin näkyviin. (Kirkinen 2019, 24–25; Kirkinen et al. 2022; Magni et al. 2023, 440–442.)

Analyysissa tehdyt havainnot dokumentoidaan huolellisesti ja niiden pohjalta tehdään raportti, jossa listataan löydetyt jäännökset ja selitetään, mitä ne kohteesta kertovat. Useimmiten raportissa kerrotaan esimerkiksi, onko tunnistettu kasvi alueelle tyypillinen luonnonkasvi, ihmisasutukseen sopeutunut niin sanottu kulttuuririkkaruoho vai hyötykasvi. Riippuen kontekstista jäännöksille voidaan tehdä myös jatkoanalyysseja, kuten ajoituksia. (Lempiäinen 2008, 345.)

Tässä tutkimuksessa käytetyssä analyysimenetelmässä on käytössä erityisesti kuitujäämille sopivat menetelmät, joita analyysien suorittaja dosentti Tuija Kirkinen on kehittänyt. Koska kuidut helposti vettyvät ja uppoavat sen myötä pohjalle

maa-aineksen mukana, perinteistä kellutusmenetelmää ei tässä yhteydessä hyödynnetä. Sen sijaan analyysissä suoritetaan seuraavat vaiheet (Kirkinen 2025a; Kirkinen & Mannermaa 2025)

- Maanäyte punnitaan ja kuvataan sekä tarvittaessa tehdään värimääritys spektrofotometrillä
- Maannos kuvaillaan kirjallisesti, tehden huomioita orgaanisen aineksen osuudesta, raakoosta sekä väristä
- Näyte tutkitaan stereomikroskoopin alla löydösten, esimerkiksi kuitujen, höyhenten, luiden, keramiikan, kasvinosien ja hiiltyneiden partikkelien havainnoimiseksi ja erottelemiseksi.
- Noin 40 ml maata erotetaan pH:n mittaamista varten.
- Mikäli maanäyte on kovaa ja paakkuuntunutta savea, siihen lisätään vettä ja vorteksoidaan savea liuottamiseksi.
- Näyte vesiseulotaan käyttämällä 0,125 ja 0,063 mm:n seuloja, joihin kertynyt materiaali huuhdellaan ja sentrifugoidaan 2500–2700 rpm nopeudella noin 7–10 minuuttia.
- 15 ml sentrifugiputkien pohjalle saostunut aines pipetoidaan ja asetetaan mikroskooppilasille
- Näyte tutkitaan valomikroskoopilla, ja havainnot dokumentoidaan valokuvaamalla ja mittaamalla sekä kuidut tunnistetaan vertailuaineiston avulla.

Analyysin yhteydessä pyritään siis saamaan maanäytteestä kaikki oleellinen tieto, joka voi vaikuttaa kohteen tulkintaan. Esimerkiksi väri, pH ja orgaanisen aineksen osuus voivat kertoa kaivauskohdan tulkintaan vaikuttavista ominaisuuksista tai säilymisolosuhteista (Kirkinen 2025a). Seulomisprosessi on olennainen, jotta pienimmätkin jäänteet saadaan eroteltua maa-aineksesta analyysia varten. Kuvallisen dokumentaation kautta voidaan varmistaa, että tutkijan tulkintaan perustuvien kirjattujen havaintojen lisäksi näyteaineiston analyysia on mahdollisuus jollain tavalla jatkaa myös itse näytteen hävittyä.

Koska analyysin tekijöitä on Suomessa rajallinen määrä, maanäytteitä ei ole usein mahdollista saada analysoitavaksi kovin nopealla aikataululla. Analyysin suorittaminen saattaa viivästyä kuukausista jopa useampiin vuosiin, joskus jopa vuosikymmeneen, kuten myös kyselyaineistosta kävi ilmi. Tämän vuoksi näytteitä

säilytetään väliaikaisvarastossa analyysiin saakka. Seuraavassa luvussa tarkastellaan erilaisia säilytyskäytäntöjä, perehdytään niiden hyviin ja huonoihin puoliin sekä pohditaan pakastekuivausta uutena vaihtoehtona nykyisille säilytysmenetelmille.

### **3 Arkeologisten maanäytteiden säilytyskäytännöt**

#### **3.1 Arkeologisten maanäytteiden nykyisten säilytystapojen ongelmat**

Kuten edellisessä luvussa mainittiin, maanäytteet tulisi toimittaa analyysiin niin pian kuin mahdollista. Toimitus saattaa kuitenkin käytännön syistä – useimmiten analyyseja suorittavien tutkijoiden vähälukuisuudesta ja sen myötä aikatauluhaasteista – johtuen viivästyä. (Museovirasto 2020, 46.) Tällöin kaivaustutkimuksen suorittaneilla arkeologeilla täytyy olla suunnitelma, kuinka näytteitä sillä aikaa säilytetään. Kyselyaineiston perusteella säilytysstrategia on riippuvainen muun muassa näytetyypistä sekä näytteiden analysoijan antamasta ohjeistuksesta, mutta myös siitä kuinka pitkäksi säilytysaika venyy, millaiset säilytystilat ovat saatavilla ja vakiintuneet käytännöt.

##### **3.1.1 Kylmiösäilytys**

Luvussa 2.1. käytiin läpi, kuinka maaperässä vallinneiden olosuhteiden, kuten lämpötilan ja kosteuspitoisuuden, säilyttäminen samanlaisena on keino ehkäistä hajoamisprosessien aktivoitumista. Useimmiten alkuperäiset olosuhteet ovat olleet jossain määrin kosteat ja viileät. Lisäksi viileä lämpötila hidastaa kemiallisia hajoamisreaktioita, sillä periaatteessa jokainen 10 celsiusasteen nosto lämpötilaan tuplaa reaktionopeuden Arrheniuksen yhtälön mukaisesti (Pedeli & Pulga 2013, 14). Kylmiösäilytys auttaa myös kosteuspitoisuuden säilytyksessä, sillä kylmempään ilmaan voi sitoutua vähemmän kosteutta, jolloin suljetun tilan suhteellinen kosteus nousee. Siten myös näytepussin sisäisen mikroilmaston suhteellinen kosteus nousee ja vettä itseensä imevä näyte pysyy kosteana. (Florian

2002, 42–44.) Erityisesti paljon orgaanista ainesta sisältävät maanäytteet hyötyvät säilytyksestä kosteana, sillä orgaanisilla materiaaleilla on taipumus kutistua ja haurastua kuivuessaan (Cronyn 2001, 242–243).

Myöskään hapen pääsyä maanäytteeseen on mahdotonta täysin estää, sillä kaivaustutkimus itsessään paljastaa maaperän ilmakehälle. Kun usein jossain määrin tiivistä maannosta kerätään kaivauslastalla irtonaisena pussiin, happea jää väistämättä tällaisen irtonaisen maan väliin. Siten esimerkiksi hapettumisreaktiot aktivoituvat tämän seurauksena (Cronyn 2001, 31). Vaikka näytteet kerätään useimmiten uudelleensuljettaviin polyeteenipusseihin, ne eivät ole täysin ilmatiiviitä huolellisesta sulkemisesta huolimatta.

Arkeologisessa maaperässä on luonnostaan erilaisia mikrobeja, kuten sienten itiöitä, hiivoja ja bakteereja, mutta myös hyönteisiä (Florian 2002, 29; Salisbury et al. 2022, 326). Ne saattavat kuitenkin olla niiden lisääntymiselle epäsuotuisissa olosuhteissa passivoituneessa matalan aineenvaihdunnan horrostilassa, jossa niiden suojamekanismit ovat vahvempia. Niinpä ne kestävät horrostilassa huomattavasti paremmin esimerkiksi äärimmäisiä lämpötiloja ja kuivumista. Useimmat bakteerit ja sienet vaativatkin lisääntyäkseen otolliset olosuhteet, erityisesti vettä, happea ja lämpöä. (Florian 2002, 33–60.) Viileässä säilytys ehkäisee mikrobitoiminnan aktivoitumista tehokkaasti, sillä lämpötila ei ole sille otollinen. Kylmäsäilytys ei kuitenkaan estä mikrobien lisääntymistä loputtomiin, joten sen tulisi olla vain lyhytaikainen ratkaisu. (Florian 2002, 55–57.) Biosidien käyttö olisi myös mahdollista estää tämä, mutta koska ne ovat useimmiten myrkyllisiä, pyritään niiden käyttöä välttämään. Lisäksi muun muassa radiohiiliajoituksen tulos voisi häiriintyä modernin hiilen lisäämisestä näytteeseen (Cronyn 2001, 245).

Käytännössä mikrobit hyödyntävät orgaanista materiaalia ravinnokseen ja tuhoavat siten niiden rakenteita. Sen lisäksi useat mikrobilajit tuottavat entsyymejä ja muita kemikaaleja, jotka myös toimivat hajottavina tekijöinä orgaanisille jäänteille. Monet lajit käyttävät eri materiaaleja ravinnokseen monipuolisesti,

mutta on myös tietyille esineryhmille erityisen haitallisia lajeja, kuten kasvi-  
kuiduille sellulolyyttiset bakteerit. Tämän lisäksi kosteissa ja happipitoisissa olo-  
suhteissa kemialliset ja fyysiset hajoamisprosessit herkästi jatkuvat. (Cronyn  
2001, 241–243.)

Siten kylmiösäilytyksellä on kaksi puolta. Toisaalta näytteissä olevat jäänteet  
säilytetään samankaltaisissa olosuhteissa kuin maassa ollessaan, eivätkä ha-  
joamisreaktiot todennäköisesti aktivoitu niin herkästi. Toisaalta viileydestä huo-  
limatta kosteus ja happi saavat sienet itämään ja bakteeritoiminnan kiihtymään,  
jolloin näytteitä uhkaa niiden aiheuttama hajotustoiminta. Muun muassa homeet  
ja muut mikrobilajit tuottavat myös erilaisia ihmisille haitallisia allergeeneja ja  
mykotoksiineja, joille altistuminen voi aiheuttaa muun muassa hengitystieoirei-  
lua. (Florian 2002, 63.) Ihannetapauksessa säilytysaika kylmiössä on lyhyt ja  
näytteet saadaan nopeasti analyysiin ilman merkittävää mikrobitoiminnan akti-  
voitumista.

Arkeologeille tehdyssä kyselyssä kuitenkin kävi ilmi, että analyyseja edeltävät  
säilytysajat vaihtelevat suuresti riippuen analyysien suorittajien kiireistä. Par-  
haimmassa tapauksessa näytteet toimitettiin analyysiin joko suoraan kaivauk-  
silta tai korkeintaan muutaman kuukauden kuluessa kaivausten päättymisestä.  
Useimmat vastaajat kuitenkin ilmoittivat toimitusajan venyvän joskus jopa vuo-  
teen. Kolmasosa vastaajista taas kertoi, että joidenkin näytteiden kohdalla odo-  
tusaika on ollut yli vuoden, ja joskus jopa useita vuosia. Yksi vastaaja tosin tar-  
kensi, että toisinaan säilytysaika on tarkoituksella vuosikymmenenkin pitkä, jotta  
aineistoa on käytettävissä tulevaisuudessa uusiin tutkimuskysymyksiin ja -me-  
netelmiin.

Kyselyssä kävi ilmi, että kaksi (17 %) vastaajaa suosi kylmiösäilytystä ainoana  
säilytysmenetelmänään ja seitsemän (58 %) valitsi kylmiösäilytyksen tiettyjen  
näytteiden kohdalla. 75 % vastaajista siis hyödynsi kylmiösäilytystä ainakin jos-  
sain määrin. Kahdesta pelkkää kylmiösäilytystä käyttäneestä vastaajasta toinen  
ilmoitti ainoaksi käyttämäkseen analyysikohteeksi lipidianalyysin, joten säilytys-  
tapa on valikoitunut sen perusteella. Yksi vastaaja ilmoitti lisäksi säilyttävänsä

apurahalla tekemiensä kaivaustutkimusten maanäytteitä ulko-varastossaan, koska projektiin ei ole liittynyt esimerkiksi museota, jonka tiloihin maanäytteet olisi voinut säilöä. Tässä kuitenkin tilanpuute on vaikuttanut viileän säilytystilan valintaan, ja ensisijaisesti vastaaja onkin säilyttänyt näytteitä lämmitetyssä huoneilmassa.

Aikaa vastaan käytävän taistelun lisäksi on myös huomioitava se seikka, että näytteiden säilytys viileässä vaatii tilaa ja laitteistoja. Pienille näytemäärille riittää tavallinen jääkaappi, mutta mikäli näytteitä kertyy paljon, tarvitaan suurempi kylmiötila. Tällaisen rakentaminen merkitsee usein merkittäviä muutostöitä rakennuksessa ja vaatii sekä rahallista että tilallista panostusta. Sen lisäksi kylmiötilojen päällä pitäminen vaatii runsaasti energiaa. Vattenfallin (2025) mukaan 770 litran kylmiö kuluttaa vuodessa arviolta 292,0 kilowattituntia, säädes-tystä lämpötilasta, laitteen iästä ja energialuokasta. Jo nyt käydään keskustelua museoiden olosuhdekontrolloitujen säilytystilojen suuresta hiilijalanjäljestä ja asetetaan tavoitteita sen pienentämiseksi (The Network of European Museum Organisations 2023; Ki-culture 2025). Siten myös kylmiötilojen kohdalla suunnan pitäisi olla sama.

### 3.1.2 Ilmakuivaus

Kylmiösäilytyksen ongelmista herää seuraavaksi kysymys, voisiko mikrobitoi-mintaa ruokkivasta yhtälöstä poistaa toisen osapuolen, eli veden. Esimerkiksi useimmat homesienet vaativat useimmiten aktiiviseen lisääntymiseen yli 65 % suhteellisen kosteuden (Newton & Cook 2018). Mikäli kosteus laskettaisiin tämän rajan alapuolelle, eikö ongelma ratkeaisi? Useat arkeologian toimijat toimivatkin maanäytteiden kohdalla juuri näin, kuten kyselyaineistosta selviää. Vas-taajista kolme (25 %) ilmoitti ilmakuivaavansa kaikki keräämänsä näytteet, ja samat aiemmin mainitut seitsemän vastaajaa (58 %) valitsee säilytystavan näyt-teiden tyypin mukaan, eli joissain tapauksissa ilmakuivaa ne.

Monissa vastauksissa tuotiin esiin, että jo valmiiksi varsin kuivahko hiekkainen maa kuivatetaan loppuun ja säilytetään huoneenlämmössä. Perusteiksi ilma-kuivauksen valinnalle kerrottiin analyysin suorittajan antama ohjeistus, käytännön syyt, kuten kylmiötilojen puute, homehtumisen esto sekä vakiintunut käytäntö organisaatiossa. Selittäviä tekijöitä ei löytynyt organisaatiotaustasta tai työuran kestosta. Pelkkää ilmakuivausta käyttäneistä vastaajista yksi teetti pääasiassa ainoastaan makrofossiilianalyseja ja kaksi muuta makrofossiili-, fosfori-, radiohiili-, puulaji- ja hyönteisanalyseja. Suurin osa muista vastaajista teetti myös mm. siitepölyanalyseja. Vaikuttaakin siltä, että ohje riippuu hyvin pitkälti paitsi analyysityypistä, myös analyysin suorittajien käytännöistä ja sen myötä antamista ohjeistuksista.

Useissa vastauksissa tuotiin esiin ilmakuivauksen hyvä puoli juuri biologisen kasvuston estämisessä. Kuitenkin esitettiin myös huomioita siitä, että erityisesti orgaanista materiaalia tai savea sisältävät maannokset eivät kuivuneet huoneilmassa kovin tehokkaasti tai kuivuminen oli epätasaista. Sen lisäksi vastaajat esittivät huolen siitä, että näyte kontaminoituu, kun pussia pidetään auki. Kontaminaation riski on erityisen suuri esimerkiksi siitepöly- ja kuitunäytteiden kohdalla, sillä modernia siitepölyä ja kuituja voi helposti kulkeutua avoimeen pussiin. Tuija Kirkinen ja Kristiina Mannermaa (2025) toteavatkin artikkelissaan, että kuitujen kohdalla museoympäristö ei ole sovelias kuituaineiston säilyttämiseen.

Erytyisesti vanhemmissa kenttätöohjeissa on nähtävissä suositus ilmakuivaukseen tai jopa siitepölyaineiston uunikuivaukseen (Shackley 1975, 30, viitaten Faegri & Iversen 1965; Takala 1998, 182). On kuitenkin huomioitava, että useimpien materiaalien yhtäkkäinen kuivuminen on suuri muutos niiden hajoamisprosessien haurastuttamalle rakenteelle (Suhonen 2008, 151). Orgaanisista materiaaleista erityisen herkkiä kuivumiselle ovat esimerkiksi puu ja nahka, sillä puu halkeilee, haurastuu ja vääntyy ja nahka kovettuu ja haurastuu. Sen sijaan esimerkiksi tekstiilikuidut selviävät kuivumisesta yleensä paremmin eivätkä vauriot ole välttämättä lopullisia. Maanäytteissä olevien jäänteiden koh-

dalla on kuitenkin havaittu kuivumisesta johtuvia vaurioita, kuten rakenteen luhistumista. (Enevold et al. 2019.) Myös muut tutkijat ovat esittäneet huolensa erityisesti nopeiden kosteuden muutosten vaikutuksista maanäytteisiin (Salisbury et al. 2022, 326).

Nykyinen ohjeistus onkin usein se, että mikäli säilytysaika venyy ja mikrobitointi uhkaa, maanäytepussia voi hieman raottaa kulmasta (Kirkinen 2025a). Näin maanäyte pääsee kuivumaan kontrolloidummin. On kuitenkin huomioitava, ettei tämä ole välttämättä optimaalista näytteille. Lisäksi, kuten kyselyaineistossa tuotiin ilmi, erityisesti tiiviimmät maalajit kuivuvat jopa huoneilmassa epätasaisesti ja hitaasti, joten tämäkään menetelmä ei takaa mikrobikasvuston synnyn välttämistä.

### 3.1.3 Pakastus

Kolmas vaihtoehto arkeologisten maanäytteiden säilytykselle on niiden pakastaminen. Pakastuksessa näytteessä oleva kosteus ei poistu, mutta kylmempi lämpötila minimoi mikrobitointia vielä tehokkaammin kuin kylmiösäilytys (Cronyn 2001, 243). Pakastus myös tappaa erityisesti jo aktivoitunutta tai itänyttä sienikasvustoa, sillä muodostuvat jääkiteet rikkovat niiden solukalvoja ja soluelimiä. (Florian 2002, 58.)

Erityisen vakiintunutta jäädytys on muinais-DNA:n analyyseissa. Suositus onkin, että analyysiin käytettävä näyte pakastettaisiin -80 °C lämpötilaan mahdollisimman pian keräämisen jälkeen. (Salisbury et al. 2022, 327.) Tällaisiin lämpötiloihin yltäviä laitteita on kuitenkin hyvin harvoin saatavissa, joten tällöin huolella valikoitu näyteaineisto olisi hyvä toimittaa suoraan analyysin tekevään laboratorioon mahdollisimman pian. Myös jäätiköltä kerätty näyte tulisi säilyttää mahdollisuuksien mukaan samoissa olosuhteissa eli jäädytettynä. (Salisbury et al. 2022, 327.)

Nykyisin pakastuksen mielletään olevan paras keino säilyttää orgaanista aineistoa monessa organisaatiossa. Esimerkiksi pitkäaikaissäilytykseen kerättyjä geo-

logisia, biologisia ja geokemiallisia maanäyteitä säilytetään pakastettuina suurissa laitoksissa (USGS 2025). Pakastaminen ehkäiseekin tehokkaasti erilaisia hajoamisen muotoja. Eräs materiaaleille aiheutuva riski pakastuksessa on kuitenkin se, että vesi laajenee jäätyessään. Tämä laajeneminen voi mahdollisesti vaurioittaa materiaalien rakenteita (Cronyn 2001, 76, 245). Jääkiteiden muodostumiseen voi kuitenkin jossain määrin vaikuttaa. Tutkimuksissa on havaittu, että mikäli objekti pakastetaan tavoitelämpötilaan nopeasti, syntyvät jääkiteet ovat kooltaan pienempiä (Jia et al. 2022). Mitä pidempään pakastus kuitenkin jatkuu, sitä todennäköisemmin myös pienet jääkiteet kasvavat ajan kanssa suuremmiksi. Objektin pakkaamiseen pakastusta varten on myös kiinnitettävä huomiota, sillä esineet saattavat myös tahattomasti pakastekuivautua, mikäli niitä pidetään pakastimessa pitkään. Kuivuminen saattaa olla kuitenkin epätasaista, jolloin osa objektista on jäässä ja osa kuivunut (englanniksi freezer burn). (Florin 2002, 91.)

Kyselyaineistossa pakastusta oli käyttänyt tietyissä tapauksissa kolmasosa vastaajista maanäytteiden säilyttämiseen. Yksi vastaajista tarkensi käyttäneensä pakastusta DNA-näytteille. Toinen vastaaja ei kertonut, mitä näytteitä oli pakastanut, mutta mainitsi DNA-näytteet aineistotyypeissä, joten mahdollisesti hänkin on pakastanut nimenomaan niitä. Myös muita perusteita pakastamiselle oli. Kolmas vastaaja kertoi pakastaneensa siitepölynäytteen, mutta että näyte oli hie-man vaurioitunut sen seurauksena. Neljäs vastaaja kertoi käyttävänsä pakastusta, mikäli näytteiden säilytysaika venyy hyvin pitkäksi. Pakastustilaa oli kuitenkin rajallisesti, joten aineisto, joka ei ole lähtenyt analyysiin, sekä pisimpään pakastuksessa ollut aineisto oli siirretty lämmittämättömään varastotilaan sulamaan. Pusseja oli tällöin saatettu avata homehtumisen ehkäisemiseksi, mikäli näytetyyppi oli sellainen, joka ei kontaminoidu herkästi.

Pakastuksessa on myös useita samankaltaisia ongelmia kuin kylmiösäilytyksessäkin. Tilan ja laitteistojen tarve on tosin vieläkin kriittisempi, sillä viileäsäilytetyt maanäytteet selviävät lyhyitä aikoja esimerkiksi kylmälaukussa tai jopa huoneenlämmössä, mutta pakastetut näytteet alkavat sulaa varsin nopeasti pakastuksesta poiston jälkeen. Jäätymisen ja sulamisen syklit on havaittu erilaisille

jäänteille tuhoisiksi (Cronyn 2001, 18; Bakkevig et al. 2002; Salisbury et al. 2022, 327). Niinpä näytteiden siirtely paikasta toiseen pakastettuna sekä mahdolliset laiterikot tuottavat näytteiden säilyvyydelle ylimääräisiä riskejä (Reuss & Conley 2005). Sen lisäksi hiilijalanjälki on usein pakastimien ylläpidossa kylmiöitä suurempi, sillä mitä kylmempää lämpötilaa tavoitellaan, sitä enemmän energiaa laite vaatii. Pakastimen kulutus voi olla kylmiöön verrattuna lähes kaksinkertainen. (Vattenfall 2025). Joissain laboratorioissa geokemiallisia analyyssejä varten otetut maanäytteet ilmakeivataankin paremmaksi menetelmäksi todetun pakastuksen sijaan, koska pakastaminen on liian kallista (Blake et al. 2000, 435).

## 3.2 Pitkäaikaissäilytys

Analyysissa maanäytteestä eristetään kiinnostuksen kohteena olevat jäännökset, ja loput näytteestä useimmiten tuhoutuu prosessissa. Nykyisin on kuitenkin havahduttu siihen, että menetelmien kehittyessä maanäytteistä olisi mahdollista saada entistä enemmän tietoa selville. Museovirasto linjaakin Arkeologisten kenttätoiden laatuohjeessa (2020) seuraavasti:

”Näytteitä ei aina ole mahdollista analysoida heti kenttätutkimusten jälkeen esimerkiksi resurssien puutteen takia. Joissakin tapauksissa (esimerkiksi esihistoriallisista ja keskiaikaisista ruumishautoista) saattaa olla perusteltua ottaa näytteitä tulevan tutkimuksen tarpeisiin.”

Useat tutkijat ovat tuoreiden tutkimustulosten valossa sitä mieltä, että maanäytteiden tutkimuspotentiaalin vuoksi niitä olisi hyvä tallettaa tulevaisuuden tarpeisiin vieläkin systemaattisemmin (Ahola et al. 2018; Kirkinen 2025a; Kirkinen & Mannermaa).

Tämä näkyi myös kyselyaineiston vapaan kommentoinnin kohdassa. Yksi vastaajista oli sitä mieltä, että maanäytteitä pitää ehdottomasti taltioida myös tulevaisuuden tutkijoille. Kuten aiemmin jo mainittiin, kaksi vastaajaa tallettaa maanäytteitä tulevaisuuden tutkimusta varten jo nyt. Toinen heistä ei kertonut tarkemmin, millä tavalla tähän valittuja näytteitä on säilytetty. Toinen vastaaja taas

on olosuhteiden pakosta päätyneet säilyttämään näytteitä omassa ulkovarastossaan. Hän mainitsee myös, että museon kautta toteutuneiden projektien yhteydessä maanäytteitä on säilytetty museon säilytystiloihin. Sen lisäksi vastaaja kertoo lähettäneensä näytteitä Museovirastolle, mutta kun hän vuosien jälkeen olisi halunnut palata aineiston pariin, sitä ei enää löytynyt. Hän kiteyttää asian vielä näin:

”Jos näytteet heittäisi heti analyysin jälkeen menemään, olisi helpompaa. Ei ole ohjeistettu, mitä jäljelle jääneille näyteaineistoille pitäisi tehdä. Jäävät nurkkiin lojumaan vuosikymmeniksi, hankaloittavat muuttoa.”

Vaikuttaakin siltä, että Museoviraston ohjetta tulevaisuuden tutkimusten tarpeisiin säilyttämisestä tulkitaan monella tavalla ja että näyteaineiston suhteen kaivattaisiin selkeämpää ohjeistusta, kuinka analyysin jälkeen niiden kanssa tulisi toimia.

Mahdollisen pitkäaikaissäilytyksen suunnittelussa olennainen kysymys on se, kuinka näytteet kannattaisi säilyttää, jotta niissä olevat näytteet säilyisivät mahdollisimman muuttumattomina, mutta myöskään mikrobit eivät pääsisi kasvaamaan niissä. Myös kestävän kehityksen näkökulmat sekä taloudellisuus tulisi ottaa huomioon. Seuraavassa luvussa käsitellään pakastekuivausta ja käydään läpi sen mahdollisuuksia saavuttaa nämä tavoitteet.

## **4 Pakastekuivaus mahdollistamaan kestävyys**

### **4.1 Pakastekuivaus menetelmänä**

Orgaanisissa materiaaleissa vettä esiintyy eri tavoin sitoutuneena. Vesi on toisaalta osa esineen rakennetta ja ominaisuuksia, sillä sitä on sitoutuneena soluihin. Sen lisäksi vettä on sitoutunut materiaaliin vahvoin vetysidoksin, jolloin se toimii rakenteessa voiteluaineen tavoin ja pitää sen joustavana. Orgaaniset materiaalit myös elävät ympäröivän ilmakosteuden mukaan sitomalla ja luovuttamalla vettä herkästi. Tätä kutsutaan tasapainokosteussuhteeksi (englanniksi equilibrium moisture content eli EMC). (Florian 2002, 43–44; Cronyn 2001, 18.)

Orgaanisille esineille suositellaan useimmiten noin 50–60 prosentin suhteellista ilmankosteutta juuri siksi, että niiden luonnollinen kosteus pysyisi tasapainossa. Alempi ilmankosteus johtaa helposti kuivumisen aiheuttamiin vaurioihin, kuten halkeamiin ja haurastumiseen. (Cronyn 2001, 238–239; 245.)

Jos kosteutta on kuitenkin enemmän kuin objektissa luonnostaan kuuluisi olla, se on joko kostea, märkä tai vettynyt. Kosteassa objektissa on luonnollisen veden lisäksi kosteutta orgaanisen objektin kuitujen pinnoilla. Märässä olotilassa taas vettä on suurimmissa kapillaareissa, joista vesi helpoiten haihtuu. (Florian 2002, 42–46.) Vettyneessä tilassa vesi on täyttänyt kaikki kohteessa olevat huokokset. Vettyneet löydöt säilyvät usein hyvin siksi, että myös happipitoisuus on erittäin matala, minkä seurauksena mikrobien hajotustoiminta on erittäin vähäistä. Hydrolyysireaktiot saattavat kuitenkin jatkua veden täyttämässä objektissa. (Cronyn 2001, 243; Broda & Hill 2021, 1).

Kosteuden poistaminen arkeologisissa olosuhteissa olleille kohteille on aina merkittävä muutos, joka herkästi horjuttaa niiden eheyttä. Mitä enemmän ylimääräistä vettä objektissa on, sitä monimutkaisempaa ja energiaa vaativampaa sen poistaminen on (Florian 2002, 47). Yhden suurimmista haasteista kuivaukselle asettaa veden voimakas pintajännitys. Kun vesi poistuu kuivauksen myötä objektin kapillaareista, veden pintajännitys saa aikaan imumaisen paineen kapillaaristen voimien takia. Mikäli objektin rakenne on heikentynyt, tämä paine voi aiheuttaa rakenteiden rikkoutumista tai jopa solukon luhistumista alueilla, joista vesi on vetäytynyt pois. (Jensen et al. 2009). Ongelman välttämiseksi vesi on toisinaan korvattu liuottimilla, joiden pintajännitys on huomattavasti vettä pienempi. Tämä kuitenkin vaatii paljon liuotinta, sillä vesi täytyy korvata rakenteissa vähitellen, mikä on sekä kallista että riskialtista muun muassa palo- ja mahdollisesti myös henkilöturvallisuuden kannalta. (Cronyn 2001, 80.)

Pakastekuivaus, jota usein kutsutaan myös nimillä kylmäkuivaus ja lyofilisaatio, on tehokas tapa välttää pintajännityksen ongelmat. Pakastekuivaus perustuu sublimaatioon eli jäädytetyssä kohteessa olevan veden muuttumiseen kiinteästä muodosta suoraan kaasuksi. Näin kuivuvan objektin rakenne jää avoimeksi ja

kutistumisen ja rakenteen luhistumisen riski on vähäisempi (Cronyn 2001, 80; Jensen et al. 2009). Erityisesti suurikokoisten ja paksujen objektien kuivaus on kuitenkin varsin hidasta ja tehotonta pelkän pakastamisen kautta, sillä jään höyrypaine laskee lämpötilan mukana. Tämä tarkoittaa, että mitä kylmempi lämpötila on, sitä enemmän energiaa sublimaation saavuttaminen vaatii (Jensen et al. 2009). Ongelma voidaan ratkaista alentamalla ilmanpainetta sopivaksi tyhjiöpakastekuivaimen avulla. (Cook 2007.) Pakastekuivausta hyödynnetään paljon muun muassa lääke- ja elintarviketeollisuudessa (Jensen et al. 2009).

Tyhjiöpakastekuivaimessa on aina kuivauskammio, jäädytysjärjestelmä, kondensori, tyhjiöpumppu sekä ohjausjärjestelmä (Cook 2007; Jensen et al. 2009). Kuivauskammion koko voi vaihdella suuresti. Pienimmissä kuivaimissa on jakopuu, johon voi kiinnittää erillisiä ”kuivauskammioina” toimivia lasisia pulloja. Niissä voi kuivata pienen määrän tarvittavaa tuotetta. Suuremmissa kuivaimissa on hyllyt, joille kuivattavia kohteita voi asettaa. (Martin Christ 2025.) Teollisuudessa hyllyt saattavat olla lämmitettäviä, mikä tehostaa prosessia, mutta kulttuurihistoriallisten kohteiden kuivauksessa tätä ei yleensä suositella (Cook 2007).

Kohteesta poistuvan vesihöyryn täytyy lisäksi kerääntyä jonnekin. Tähän tarkoitukseen kuivaimessa on kondensori, joka on muuta kammiota kylmempi, jolloin vesihöyry hakeutuu sinne ja härmistyy jälleen jääksi. (Jensen et al. 2009.) Joissain kuivaimissa jää kerääntyy kuivauskammiossa olevaan kieppiin, mutta mikäli kuivattavan materiaalin määrä on suuri, se täyttyy nopeasti jäästä. Tällöin kuivaus täytyy välillä keskeyttää sulatuksen vuoksi. Nykylaitteissa on useimmiten erillinen koneellisesti jäädytettävä kondensoritila. Kuivainten ohjausjärjestelmät ovat nekin erilaisia. Joissain kuivaimissa on valmiiksi ohjelmoidut kuivausohjelmat, mutta usein kuivausarvot voidaan ohjelmoida manuaalisesti. (Cook 2007; Jensen et al. 2009.)

## 4.2 Suomen kansallismuseon pakastekuivain ja sen käyttö

Suomen merimuseon konservointilaboratorioon hankittiin ensimmäinen tyhjiöpakastekuivain vuonna 1990. Sen halkaisija oli 40 senttimetriä ja pituus 80 senttimetriä, ja se oli pitkään Suomen ainoa museoesineiden kuivauksessa käytetty pakastekuivain. (Klemelä 2023, 224.) Laite siirtyi vuonna 2016 Suomen kansallismuseon konservointilaboratorioon, kun Merimuseon konservointitoiminta siirrettiin sinne. Laite palveli uskollisesti vuoteen 2020 saakka, jolloin se vioittui viimein korjaamattomasti. Vuonna 2017 hankittiin kuitenkin suuria konservointiprojekteja silmällä pitäen kaksi 2,5 metrin pituista ja 1 metrin halkaisijaltaan olevaa tyhjiöpakastekuivainta, jotka on mahdollista yhdistää myös yhdeksi 5 metrin pituiseksi kammioksi (kuva 2). Kuivaimet tehtiin mittatilaustyönä Saksassa konservoinnin käyttöön. (Näsänen 2023, 230.) Laite on manuaalisesti ohjelmoitavissa tietokoneelta, jolle kuivausdata myös tallentuu.



Kuva 2: Suomen kansallismuseon konservointilaboratorion pakastekuivainkammiot erillisinä yksikköinä. Kuivaimet voi myös yhdistää yhdeksi viiden metrin mittaiseksi kuivauskammioksi.

Suomen kansallismuseon pakastekuivaimia käytetään vettyneiden orgaanisten löytöjen kuivauksessa. Tämä tarkoittaa pääasiassa arkeologisen puun kuivausta, sillä nahka ja tekstiili kuivataan usein ilman tyhjiötä niiden ohuuden vuoksi. Arkeologiset puuesineet, hylynosat ynnä muu puumateriaali ovat kuitenkin useimmiten sen verran paksuja, että tavallisessa pakastimessa sublimaatio on erittäin tehotonta ja hidasta. Paksu esine ei välttämättä kuivu siten keskeltä lankaan. (Cook 2007; Jensen et al. 2013.) Tyhjiö tehostaa kuivausta niin, että pienet esineet saadaan kuivattua muutamassa viikossa ja suuremmat, esimerkiksi järeät hylynosat, 1–6 kuukaudessa. Tyhjiöpakastekuivaus onkin tehokkuutensa ja hellävaraisuutensa ansiosta käytössä arkeologisen puun kuivauksessa useimmissa konservointilaboratorioissa ympäri maailman. (Jensen 2016.)

Tutkimuksen toteutushetkellä Kansallismuseon kuivaimet olivat yhdistettynä viisimetrisiksi kammioksi, koska Oulusta vuonna 2019 löytyneen vuoden 1684 tienoilla rakennetun Hahtiperän hylyn neljä metriä pitkiä osia oli menossa kuivaukseen heti alkuvuonna 2025. Kuivain oli ollut pidemmän aikaa huollossa useamman eri vian vuoksi, ja maanäytteiden pakastekuivaus toimi samalla laitteen koekäyttönä ennen hylyn suurien pohjatukkien kuivaukseen siirtämistä.

### 4.3 Pakastekuivauksen soveltuvuus arkeologisille maanäytteille

Kuten luvussa 2 todettiin, arkeologian alla on useita eri maanäytteitä hyödyntäviä alatieteitä. Maanäytteitä kerätään tämän lisäksi useiden muidenkin tieteenalojen piirissä. Eri tieteenaloilla on erilaisia tavoitteita sille, mitä maanäytteistä halutaan saada selville. Niinpä myös näytteiden säilytyksessä ja käsittelyssä on paljon erilaisia tapoja ja tarpeita. Seuraavaksi käydään läpi tapauksia, joissa pakastekuivauksen soveltuvuutta näytteille on testattu. Tausta-aineistoa on kerätty sekä rinnakkaistieteiden kirjallisuudesta että konservaattoreilta ICOM-CC:n Wet Organic Archaeological Materials -työryhmän sähköpostilistan kautta.

Pakastekuivausta on testattu useammassakin projektissa siitepölynäytteiden kuivatukseen. Tulokset ovat olleet vaihtelevia. Pakastekuivauksen havaittiin auttavan siitepölyjen säilymisessä, sillä mikrobien ja entsyymien hajotustoiminta on

vähäisempää. Jonkin verran kysymyksiä on kuitenkin herännyt siitä, voiko pakastekuivaus haurastuttaa siitepölyjen soluseinämiä ja aiheuttaa siten niiden litistymistä näytteessä erityisesti maa-aineksen painon alla. Toinen mahdollinen uhka siitepölyille on, että pakastuksessa syntyneet jääkristallit rikkovat soluseinämiä. Joissain tutkimuksissa tällaisia merkkejä vaurioista ei kuitenkaan löydetty. (Tirlea et al. 2015, 47.) Samanlaisen kokemuksen toi esiin yksi tässä tutkielmassa suoritettujen kyselyyn vastaajista, että pakastaminen oli vaurioittanut siitepölynäytettä. Blake tutkimusryhmineen (2000) päätteli, että erimerkiksi litistymisestä johtuvia vaurioita syntyy jo näytteiden odottaessa analyysiin pääsyä kylmiössä. Ongelma olisi mahdollisesti ratkaistavissa siten, että kuivattavan näytteen koko pidetään pienempänä tai jaetaan laakeammalle alustalle, jolloin siitepölyhiukkaset eivät pääse painumaan. Jos pakastus tehdään nopeasti, syntyvät jääkristallit ovat pieniä, joten se voisi ehkäistä pakastamisen aiheuttamia vaurioita (Jia et al. 2022).

Pakastekuivausta on hyödynnetty paljon myös geologian ja geoarkeologian puolella. Pakastekuivaus on havaittu toimivaksi menetelmäksi esimerkiksi biomarkkerien tutkimuksessa sekä metallien ja isotooppien tutkimuksessa (Reuss & Conley 2005; Lorelei et al. 2021; Salisbury et al. 2022). Lupaavia tuloksia on saatu myös bakteerien DNA-näytteiden pakastekuivauksesta (Misson et al. 2021). Sen sijaan piilevätutkimuksessa näytettä ei suositella pakastettavaksi. Myös tiettyjen maaperässä esiintyvien, geologisten piirteiden markkereina käytettyjen pigmenttien havaittiin säilyvän varsin huonosti pakastekuivauksessa. (Reuss & Conley 2005.) Suoria päätelmiä tämän perusteella ei voida kuitenkaan vetää esimerkiksi tekstiilien väriaineiden säilyvyyteen, sillä ne ovat todennäköisesti kemiallisesti hyvin erilaisia kuin markkeripigmentit. Asiaa olisi kuitenkin tarpeen tutkia tarkemmin.

Tätä tutkielmaa sivuava tutkimusprojekti on aloitettu Tanskassa Moesgaardin museossa vuonna 2019. Projektissa on tarkoitus tutkia pakastekuivausta sedimenttikairausnäytteiden pitkäaikaissäilytyksen mahdollistajana. Näytteiden tutkimuspotentiaaliksi on määritelty esimerkiksi siitepölyt ja muut palynomorfit, sedaDNA, proteiinit, lipidit, hyönteisjäänteet sekä isotooppitutkimus. Lupaavia

alustavia tuloksia on jo saatu siitepölytutkimuksen saralta. (Enevold et al. 2019.) Projekti on ollut viime vuodet tauolla, mutta projektissa osallisena oleva Anna Tjellden (2024) kertoi, että sitä on tarkoitus jatkaa mahdollisesti vuosien 2025 tai 2026 aikana.

Konservaattoreiden kohdalla maannosten pakastekuivaaminen tulee useimmiten ajankohtaiseksi, kun kyseessä ovat esimerkiksi maapaakkujen sisällä nostetut hauraat löydöt tai löytökokonaisuudet, joita ei ole mahdollista tai järkevää nostaa yksittäin (Chaumat 2024; Turner-Walker 2024.) Tällä menetelmällä kuivausta on tehty sekä käsittelemällä maapaakku orgaanisine löytöineen polyetyleeniglykolilla tai muulla stabiloivalla yhdisteellä (Gemsjäger-Ziegauß 2023; Chaumat 2024) että ilman käsittelyä sellaisenaan (Turner-Walker 2024; Peacock 2024). Projektien jäänteet ovat vaihdelleet suurista korirakenteista pieniin löytöihin ja myös niiden tarkoitukset ovat vaihdelleet esineen tukena toimimisesta sedimentin helpompaan poistoon esineestä pakastekuivauksen jälkeen. Tulokset ovat kuitenkin olleet pääosin hyviä. (Chaumat 2025; Turner-Walker 2024; Peacock 2024.)

Yksi huono kokemus maanäytteiden kuvauksesta kuitenkin nousi esiin. Vastajan kokemuksessa maanäytteen tyhjiöpakastekuivausta kokeillessa maanäytteistä lähti pölyämään maa-ainesta, joka rikkoi kuivaimen vakuumpumpun (Crawshaw 2024). Tämä tieto on erittäin arvokas, jotta osataan suunnitella tapaa estää maannoksen pölyämisen aiheuttamat ongelmat.

## **5 Arkeologisten maanäytteiden pakastekuivauksen testiasetelma**

### **5.1 Tutkimukseen valitut maanäytteet**

Tutkimukseen valittiin 13 maanäytettä kuudesta eri arkeologisesta kohteesta. Museoviraston Arkeologisten kenttäpalveluiden henkilökunta valikoi näytteet tuoreimpien ja kiinnostavimmaksi katsomiensa kenttäpalveluiden sekä Arkeologisen koekaivausryhmän vuosina 2022–2024 keräämien näytteiden joukosta.

Näytteiden määrää rajasi analyysit suorittaneen arkeologian dosentti Tuija Kirkisen käytettävissä oleva aika.

Tutkimusta varten maanäytteet jaettiin kahteen osanäytteeseen, joista toinen meni analyysiin kylmiösäilytyksestä kosteana ja toinen pakastekuivattiin ennen analyysia. Nämä alanäytteet analysoitiin kiinnittäen huomiota jäänteiden säilyvyyteen ja muihin mahdollisiin eroihin. Mäntyharjun näytteet jaettiin alkuvuonna 2024 Tuija Kirkisen johdolla yhdessä kirjoittajan ja Arkeologisten kenttäpalveluiden Sara Långsjön kanssa (kuva 3). Muut mukaan otetut näytteet jaettiin myöhemmin Arkeologisten kenttäpalveluiden toimesta vuoden 2024 aikana. Kaksi Koekaivausryhmältä tullutta pakastekuivattavaa näytettä päätettiin kuitenkin jakaa vielä pienempiin osiin, sillä ne olivat liian suuria verrattuina muihin näytteisiin.



Kuva 3: Tuija Kirkinen jakaa maanäytettä osanäytteiksi tutkimusta varten. Luksikka pestiin jokaisen näytteen käsittelyn välissä.

Oheisessa taulukossa (taulukko 1) on lueteltu kaikki pakastekuivatut maanäytteet. Seuraavissa alaluvuissa kerrotaan tarkemmin niiden keräyspaikoista, konteksteista sekä keräyssyistä.

Taulukko 1. Kuivaustesteissä tutkittujen maanäytteiden tiedot

kohte	määrä g	selite	näytteen- ottopvm	vuosi	tutkija
<b>Koekaivausryhmän näytteet:</b>					
Rautalampi Korsunlahti	1133,9	rautakuona-alue	22.5.2024	2024	P. Pesonen
Alanäyte 1	251,15				
Alanäyte 2	264,18				
Alanäyte 3	258,65				
Alanäyte 4	269,69				
Loviisa Sarvilahti pohjoisranta	141,8	putkikeihäänkärjen löytöalue	30.8.2024	2024	P. Pesonen
Lieto Kylärynkö	136,08	ketjunktajan, renkaiden ja kulusten muodostaman kokonaisuuden alta	5.9.2024	2024	P. Pesonen
Paimio Koivulinna	3205,47	likamaaläikkä, pronssikirveiden löytöalue	21.8.2024	2024	J.-E. Nyman
Alanäyte 1	303,18				
Alanäyte 2	311,1				
Alanäyte 3	322,73				
Alanäyte 4	340,54				
<b>Arkeologisten kenttäpalveluiden näytteet:</b>					
Mäntyharju Halssinlahti					E. Mikkola
N31	279,17	Maanäyte mahdollisesta liedestä/paalunsihasta		2022	
N34	214,01	Luukeskittymä likamaan vierestä			

N37	192,89	Keramiikkakeskitymä likamaan liepeillä		2022	
N60	188,7	Maanäyte liedestä		2022	
N63	210,26	Maanäyte liedestä		2022	
ref 1868	262,1	Luukeskittymä paikalleen hajonneen astian lounaispuolelta		2022	
Helsinki Säätytalo					T. Väisänen
Y168 N1	120,81	Ylin turpeen sekinen kerros. Silttinen multa, jonka seassa hiilimurua, tiiltä, turvetta, palanutta kiveä sekä runsaasti luita. Pohjalla ohut kerros tuhkaa ja nokea.		2023	
Y171 N4	145,72	Orgaaninen kerros, jossa puusilppua, hiekkaa ja runsaasti löytöjä.		2023	
Y177 N6	163,14	Palokerros, jossa palanutta hiekkaa ja nokea/hiiltä.		2023	

### 5.1.1 Mäntyharjun Halssinlahti, 2021–2022

Mäntyharjun Halssinlahden esihistoriallinen asuinpaikka sijaitsee Korpijärven pohjoisrannalla. Museovirasto suoritti paikalla arkeologisia kaivauksia vuosina 2021–2022. Kohde on ollut asutettuna pitkään useassa vaiheessa, ulottuen mesoliittiselta kivikaudelta (8850–5200 eKr.) kampakeraamisen vaiheen kautta (n. 5200–3000 eKr.) epineoliittiselle kivikaudelle tai varhaismetalliskaudelle (3500 eKr.–400 jKr.). Kulttuurikerros oli kohteessa erityisen paksu, sillä löytöjä saatiin jopa 80–90 senttimetrin syvyydestä.

Syvimmissä mesoliittisen ajan kerroksissa pääosan löydöistä muodostavat kvartsi- ja kivilajiesineet, niiden valmistamisesta syntyneet iskokset sekä palanut luu. Kampakeraamisen vaiheen kerroksista löydettiin runsaasti keramiikan palasia, ja kolme paikalleen hajonnutta astiaa. Niistä parhaiten säilynyt tutkittiin laboratorioissa. Nuorimman vaiheen ajoitusta ohjasivat asbestikeramiikkalöydöt. Asuinpaikan löytöaineistoon kuuluvat myös piistä valmistetut esineet sekä hiotut kiviesineet ja sellaisten teelmät. Harvinaisimman osan löytöaineistoa muodosti palamaton luumateriaali, sillä useimmiten palamaton luu on maatonut esihistoriallisilla asuinpaikkakohteilla (kuva 4). Säilyminen kertoo siis maaperän poikkeuksellisen suotuisista säilytysolosuhteista.



Kuva 4: Eläimen hampaat, palamatonta luuta (mittatikun alla). Museovirasto.

Liesistä, hiiltyneestä puusta, palamattomasta luusta ja hajonneista saviastioista otettiin erilaisia näytteitä yhteensä noin 70 kpl. Maa- ja hiilinäytteitä toimitetaan mm. kasvi- ja eläintieteiden asiantuntijoille analysoitaviksi. Luuaineiston tutkii osteologi, minkä lisäksi palaneesta luusta, saviastian paloissa säilyneestä karsitoituneesta ruoantähteestä sekä hiiltyneestä puusta teetetään radiohiiliajoituksia. Kvartsikaapimista ja muista työteristä etsitään vielä käyttöjälkiä sekä karva- ja höyhenjäänöksiä.

Näytteitä otettiin yhteensä 65 pussillista erilaisista konteksteista. Näistä pakastekuivaustutkimukseen on valittu seuraavat kuusi näytettä (kuva 5):

- N31 maanäyte mahdollisesta liedestä/paalunsijasta, 10. krs (50–55 cm turpeen alareunasta), maaperä hietaa
- N34 luukeskittymä likamaan vierestä, seuraavassa kerroksessa alue jo likamaata
- N37 keramiikkakeskittymä likamaan liepeillä
- N60 maanäyte liedestä, 6 krs (30–35 cm turpeen alareunasta), maaperä saostunutta hiekkaa
- N63 maanäyte liedestä, 8 krs (40–45 cm turpeen alareunasta), maaperä hietaa
- Ref 1838 luukeskittymä paikalleen hajonneen astian lounaispuolelta



Kuva 5: Tutkimukseen valitut Mäntyharjun maanäytteet ennen kuivausta.

### 5.1.2 Helsingin Säätytalo, 2023

Museoviraston arkeologiset kenttäpalvelut suorittivat arkeologiset kaivaukset ja arkeologista valvontaa Helsingin Säätytalon piha-alueella ja sisäpuolella peruskorjauksen yhteydessä syksyllä ja talvella 2023–2024. Tutkitulla alue on sijainnut historiallisen ajan Vironniemen Helsingin keskeisellä alueella ja on yksi harvoista alueista, joissa on todennäköisesti hyvin säilyneitä jäännöksiä. Alueella on sijainnut jo 1600-luvulla kosteikkoinen Suon kaupunginosa. Tällöin alue on ollut ilmeisesti puutarha- tai kasvimaakäytössä. Rakennusjäänteitä ja niihin liittyviä kerrostumia löytöineen löytyi 1700- ja 1800-luvun kerrostumista. Sisätilan alueelta löytyi myös useampi tienrakennusvaihe lähtien mahdollisesti 1600-luvun kärrytiestä useampaan kivettyyn tievaiheeseen. (Väisänen 2025.)

Säätytalon kaivauksilta saatiin tutkimukseen kolme maanäytettä. Niistä kaikki olivat niin sanotulta ”Mordorin” eli sisätilasta kaivetulta alueelta. Mukana ovat seuraavat maanäytteet (kuva 6):

- Y168: Ylin turpeen sekainen kerros. Silttinen multa, jonka seassa hiilimuraa, tiiltä, turvetta, palanutta kiveä sekä runsaasti luita. Pohjalla ohut kerros tuhkaa ja nokea.
- Y171: Orgaaninen kerros, jossa puusilppua, hiekkaa ja runsaasti löytöjä.
- Y177: Palokerros, jossa palanutta hiekkaa ja nokea/hiiltä.

Kerrokset sisälsivät orgaanista ainesta, joten niistä haluttiin tutkia erityisesti arkeobotaanisia jäänteitä, mutta myös muun muassa hyönteisiä sekä tekstiili- ja kuitujäämiä. (Väisänen 2025.)



Kuva 6: Helsingin Säätytalon pakastekuivattavat näytteet

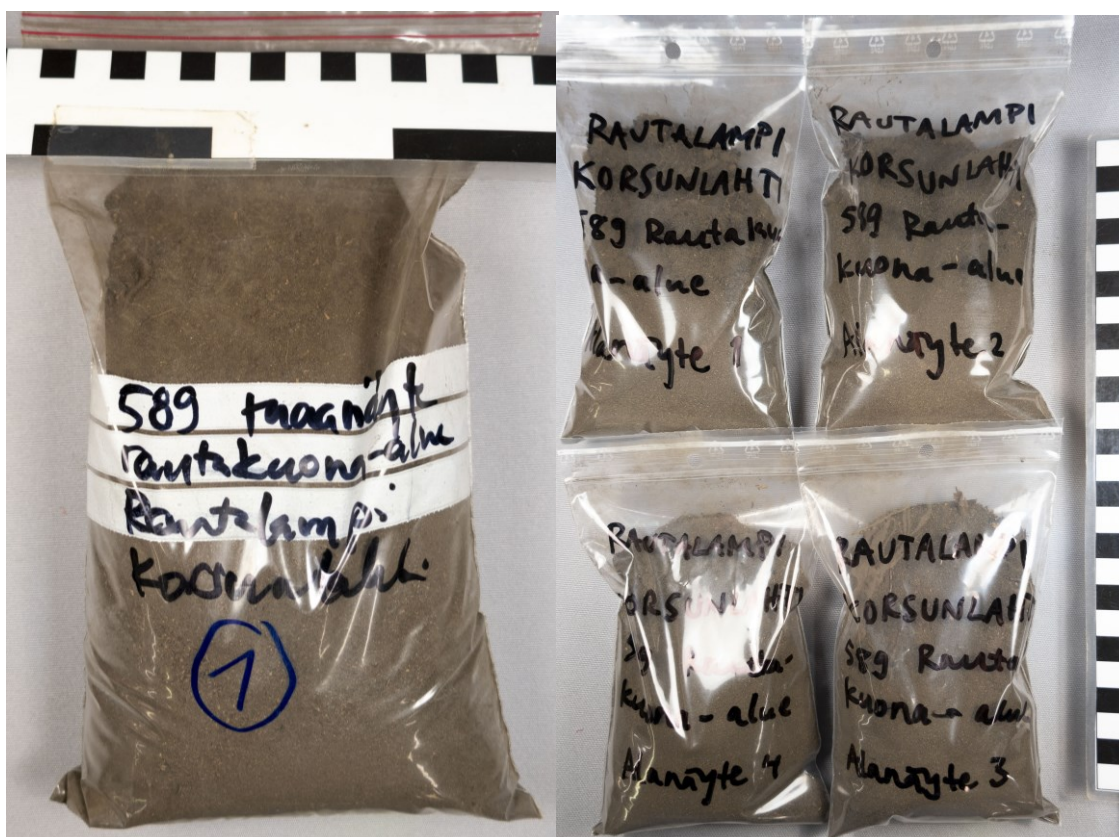
### 5.1.3 Rautalammen Korsunlahti, 2024

Rautalammen Korsunlahdelta löydettiin mökkien pinnasta punamultaläikkä, jota epäiltiin punamultahaudaksi. Koska kohta oli tuhoutumisvaarassa, Kuopion kulttuurihistoriallinen museo antoi Museoviraston koekaivausryhmälle tehtäväksi tutkia läikän. Vuonna 2021 samalta mökkitieltä oli tutkittu toinen punamulta-alue, joka todella osoittautui todennäköisesti kivikautiseksi punamultahaudaukseksi. Tämä punamultaläikkä kuitenkin osoittautui tarkemmissa tutkimuksissa luontaiseksi värjäymäksi. (Pesonen 2025a.)

Läikän tutkimusten lisäksi alueella päätettiin tehdä myös muita koekuopituksia jatkaen vuonna 2021 aloitettua työtä, jossa tehtiin 10 koekuoppaa asuinpaikka-alueen laajuuden kartoittamiseksi. Löytöaineisto keskittyi samalle alueelle kuin aiemmissakin tutkimuksissa, joten muinaisjäännökselle määritetty raja-alue ei muuttunut tutkimuksen perusteella. Kivikautisen aineiston lisäksi yhdestä koekuopasta löydettiin rautakuonaa. Tämän perusteella koekuopan ympärille avattiin pieni metrin levyinen ja 1,5 metrin pituinen kaivausalue, josta löydettiin lähes 20 kilogrammaa rautakuonaa sekä ja kuonaan liittyviä likamaa-alueita. Radiohiilijaoituksen perusteella kyseessä on keskiaikainen 1200–1300-luvun raudanvalmistuspaikka. Tutkimuksessa mukana ollut maanäyte otettiin tältä rautakuona-

alueelta tummasta hiilipitoisesta likamaasta. Likamaan alta löytyi myös pala-neita luita, kvartsia ja varhaiskampekeraamista keramiikkaa, mikä laajentaa asuinpaikan ajoitusta alkuperäisestä myöhäismesoliittisesta myöhäisemmäksi ulottuvaksi. (Pesonen 2024a.)

Rautalammen maanäyte oli melko suuri, sillä se painoi 1133,90 grammaa saapuessaan. Näin suuren näytemäärän kuivaus olisi todennäköisesti kestänyt merkittävästi pidempään kuin muiden näytteiden, eikä metodologia olisi ollut näytteiden kuivauksessa yhtenäinen. Arkeologisten kenttäpalveluiden tutkija Sara Långsjö (2024) kertoi sähköpostitse, ettei koko näytettä ole tarvetta analysoida, jos se on kooltaan liian suuri. Näyte päätettiin jakaa neljään pienempään alanäytteeseen, joista kukin olisi samaa kokoluokkaa, n. 100–300 grammaa, kuin muutkin näytteet (kuva 7). Näytettä jäi tämän jälkeen vielä 99,33 grammaa.



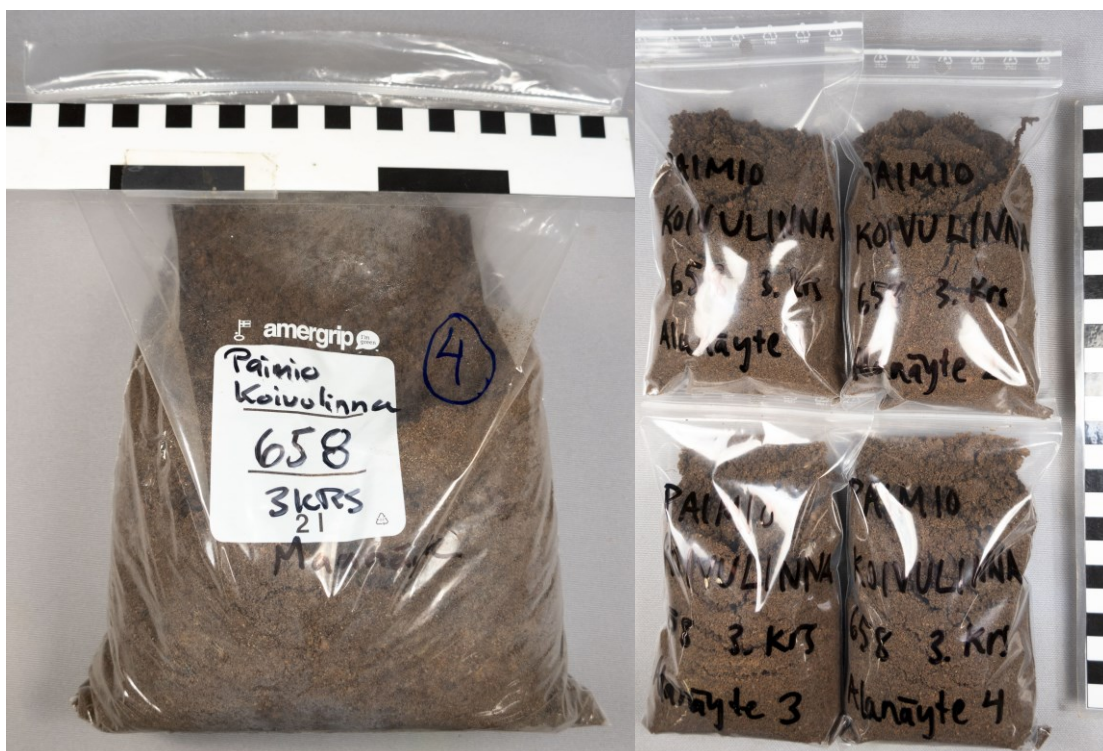
Kuva 7: Rautalammen pakastekuivattava näyte ennen jakamista ja neljään alanäytepussiin jaettuna

#### 5.1.4 Paimion Koivulinna, 2024

Metallinilmaisinharrastajan löytämien kahden? pronssikirveen löytöpaikka Paimion Koivulinnassa tutkittiin syksyllä 2024. Museoviraston koekaivausryhmä avasi paikalle muutaman neliömetrin kokoisen koekaivausalueen. Koealueen perusteella kirveiden löytöpaikan havaittiin olevan osa aiemmin tunnettua pronssikautista (1700–500 eKr.) asuinpaikkaa. Kirveisiin suoraan liittyviä rakenteita tai maakerroksia ei havaittu, joten kirveet oli todennäköisesti kätkeyty asuinpaikan reuna-alueelle. (Nyman 2025.)

Kirveiden löytökohdalta otettiin tutkimuksessa mukana ollut maanäyte, jotta saataisiin lisää vihjeitä siitä, kuinka kirveet olivat paikalle päätyneet. Tavoitteena oli muun muassa selvittää, oliko kirveet kääritty johonkin tai oliko niiden mukaan laitettu jotakin orgaanista ainesta. Täysin varmasti kirveisiin liittyvää maa-ainesta ei kuitenkaan saatu talteen, sillä metallinilmaisinharrastajan nostaessa kirveitä maasta poistettiin löytökohdan maa-ainesta. Sen vuoksi maanäyte otettiin löytökohdan viereisestä likamaasta, sillä se oli vielä häiriintymätöntä. (Nyman 2025.)

Paimion maanäyte oli tutkimukseen valituista maanäytteistä kaikkein suurin. Se painoi 3205,47 grammaa. Tämä maanäyte päätettiin jakaa Rautalammen näytteen tavoin neljään pienempään alanäytteeseen (kuva 8). Näytteiden jakaminen pyrittiin tekemään mahdollisimman nopeasti kuivumisen estämiseksi, joten niiden tarkkaa painoa ei mitattu, vaan jako tehtiin silmämääräisesti. Näytteet ovat keskenään melko samankokoisia, mutta suhteessa muihin näytteisiin hieman suurempia, sillä ne ovat kaikki yli 300 grammaa painoltaan. Alkuperäistä maanäytettä jäi pussiin 1937,20 g.



Kuva 8: Paimion pakastekuivattava näyte ennen jakamista ja neljään alanäytepussiin jaettuna.

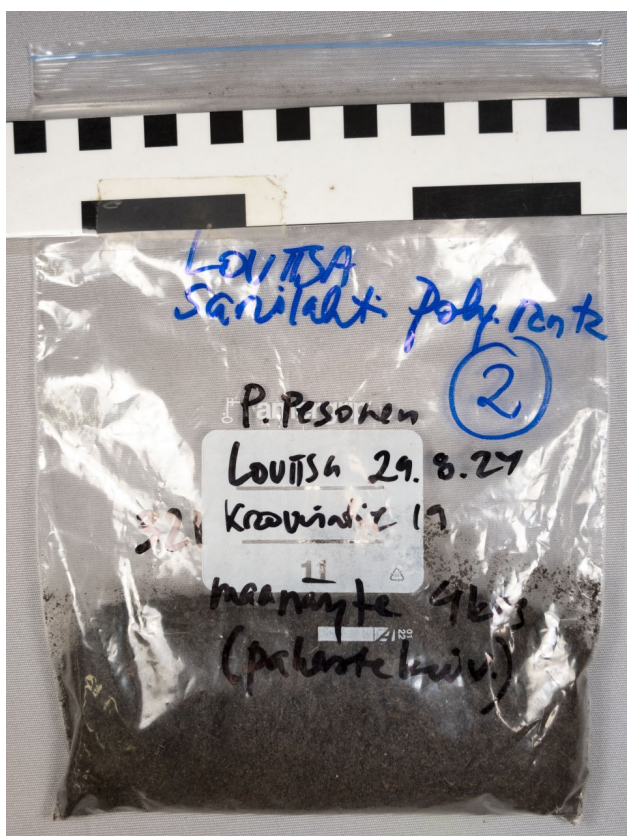
### 5.1.5 Loviisan Sarvilahti, pohjoisranta, 2024

Loviisan Sarvilahdelta löydettiin vuonna 2022 metallinetsijöiden toimesta rautaesineitä, muun muassa putkikirves, putkikeihäänkärki ja pienoiskirves. Museoviraston koekaivausryhmä avasi löytöpaikalle 2 x 3 metrin laajuisen kaivausalueen selvittääkseen, miten esineet ovat paikalle päätyneet. Kaivausalueelta löytyi neljä esinekeskittymää, joihin kuului muun muassa kirveitä, keihäänkärkiä ja keramiikkaa. Merkkejä hautauksesta ei havaittu, mutta esineet vaikuttivat kuitenkin olevan maahan tarkoituksellisesti asetettuja. Siten keskittymät tulkittiin kalmistoksi tai kätköksi. (Pesonen 2025b.)

Löytöpaikan ympäristöön avattiin myös kahdeksan koekuoppaa muinaisjännöksen tyyppin ja laajuuden selvittämiseksi. Ne eivät kuitenkaan paljastaneet mi-

tään uutta löytökontekstista. Esinelöytöjen perusteella kohde ajoittuu esiroomalaisen ja vanhemman roomalaisen rautakauden taitteeseen (n. 100 eKr.–100 jKr.). (Pesonen, 2025b.)

Tutkimuksessa mukana ollut maanäyte otettiin putkikirveen kantaosan löytöpaikan ympäriltä varsinaisen kaivausalueen kerroksesta 4. Maa oli mustaa ja hiilipitoista (kuva 9). 5 cm alemmaa maasta löytyi mahdollinen kirveen terä. Nämä kaksi kappaletta saattavat olla samaa esinettä, jolloin ne on aseteltu tarkoituksellisesti niin, että niiden välillä on maata. (Pesonen 2025b.)



Kuva 9: Loviisan pakastekuivattava maanäyte.

#### 5.1.6 Liedon Kylärynkö, 2024

Museoviraston koekaivausryhmä tutki Liedon Ankan Kyläryngössä kesällä 2024 paikan, josta oli aiemmin löydetty viikinkiaikainen (800–1025 jKr.) ketjulaite, johon kuului linturiipus, avainriipus, ketjunjakaja ja kulkunen. Myös muita esineitä

oli tällöin havaittu, mutta jätetty löytöpaikalleen. Paikalle avattiin 2 x 3 metrin kaivausalue sekä kuusi koekuoppaa lähiympäristöön tavoitteena nostaa nämä havaitut esineet sekä selvittää löytöpaikan luonnetta ja laajuutta. Kaivetulta alueelta löydettiin kaksi esinekokonaisuutta, jotka myös olivat korulöytöjä. Kyseessä lieneekin kaksi maahan kätettyä korulaitetta, sillä merkkejä hautauksesta ei havaittu. (Pesonen 2025c.)

Tutkimukseen valittu maanäyte (kuva 10) kerättiin ketjunktajan, renkaiden ja kulkusten muodostaman kokonaisuuden alta. Maa-aines oli tummanruskeaa, hieman tahmeaa hiekkaa. (Pesonen 2025c.)



Kuva 10: Liedon pakastekuivattava maanäyte.

## 5.2 Maanäytteiden valmistelu kuivaukseen

Ennen kuivauksen aloittamista kaikki maanäytteet punnittiin sekä kuvattiin (liite 2). Sen jälkeen ne vietiin perjantai-iltapäivänä pakastinhuoneeseen esipakastukseen viikonlopun yli. Pussit pidettiin esipakastuksen aikana vielä suljettuina,

jotta pakastekuivaus ei pääsisi vielä alkamaan. Pakastinhuoneen lämpötila on noin  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Pientä vaihtelua lämpötilassa saattoi olla, sillä huoneessa oleva höyrystin sulattaa itsensä säännöllisissä sykleissä, jotta sen tuulettimet eivät jäädy. Huone valittiin esipakastukseen, koska se on Kansallismuseon konservointitilojen kylmimpiä pakastimia, ja ennen kaikkea sinne oli mahdollista mennä sisälle valmistelemaan näytteet kuivaimeen siirtoa varten, jolloin näytteet eivät päässeet valmistelun aikana sulamaan.

Esipakastuslämpötilaksi  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  oli eri lähteissä mainittu kaikista useimmin (Reuss & Conley 2005; Misson et al. 2021; Vaalama 2022). Syynä on todennäköisesti se, että tämä lämpötila on riittävä useimmille näytteille ja siihen on mahdollista yltää tavallisella kaupallisella pakastimella. Yksi mahdollisuus olisi ollut myös tehdä esipakastus suoraan pakastekuivaimessa  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ :een. Pakastusta nopeasti suoraan mahdollisimman kylmään lämpötilaan suositaankin usein siksi, että silloin syntyvät jääkristallit ovat pieniä (Jia et al. 2022). Pakastekuivaimen käyttökustannukset ja energiamäärän tarve, erityisesti kammioiden ollessa yhdessä, ovat kuitenkin varsin suuret. Siten päätettiin lyhentää laitteen käyttöaikaa hyödyntämällä jo valmiiksi päällä olevaa pakastushuonetta.

Toinen näkökohta esipakastukseen valitun metodin puolesta on se, että mikäli maanäytteiden pakastekuivaus jatkossa otetaan käyttöön, käytäntö tulee todennäköisesti olemaan vastaavanlainen. Maanäytteet eivät siinäkään vaiheessa todennäköisesti pääsisi suoraan kentältä kuivaukseen, vaan näytemäärää kerrytettäisiin suuremmaksi ajan kanssa. Sen lisäksi kuivaimen muu käyttö vaikuttaa siihen, milloin maanäytteiden kuivausta olisi optimaalisinta tai mahdollista tehdä. Maanäytteet olisi kuitenkin todennäköisesti helppoa siirtää esipakastukseen  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilaan sitä mukaa kun ne saapuvat laboratorioon, jotta mikrobitoinnin aiheuttamat vauriot voidaan välttää.

Näytteet olivat esipakastuksessa viikonlopun yli, ja maanantaina iltapäivällä pakastimessa pussit käärittiin avonaisiksi ja niiden suulle kiinnitettiin kumilenkillä Kimwipe™, happovapaa, antistaattinen ja nukkaamaton 100 % ensiöpuukuidusta valmistettu laboratorioliina (kuva 11). Liinan tarkoituksena oli toisaalta

suojata maanäytettä kontaminaatiolta, ja toisaalta estää mahdollisesti pakaste-kuivaimen kammion ilmauksen yhteydessä pölyävän maa-aineksen pääsy pois näytepussista. Liina kuitenkin päästää näytteestä lähtevän vesihöyryn lävitseen.



Kuva 11: Arkeologiset maanäytteet kuivauskammiossa vaa’an päällä viimeisessä esipakastuksessa  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  asteen lämpötilaan. Pussien suulle on kiinnitetty Kim-wipe™-liina estämään pölyämistä ja kontaminaatiota.

Vastaavan kaltainen kuivausasetelma on käytössä kahdessa laboratoriossa, Queen’s yliopistossa Kanadassa ja Woods Hole Coastal and Marine Science Center USA:ssa (Rühland 2018; USGS 2024; ks. myös Piskula 2018). Koska asetelma oli helppo toteuttaa ja tarvittavat materiaalit löytyivät konservointitiloista, sitä päätettiin soveltaa myös tässä tutkimuksessa. Hyvänä puolena on se, että maanäytettä ei tarvitse siirtää toiseen astiaan, mikä aiheuttaisi kontaminaatiovaaran. Lisäksi asetelma on varsin helppo ja edullinen toteuttaa. Yksi valintaan vaikuttanut syy oli myös se, että sähköpostikirjeenvaihdossa konservatori Anthony Crawshaw’n (2024) kanssa hän arveli esimerkiksi rei’itetyn muovin tai muun huonosti hengittävän materiaalin hidastavan kuivauksen etenemistä,

jolloin näytteen lämpötila saattaisi alkaa nousta liian korkealle tasolle. Tämän vuoksi päätettiin valita tarpeeksi hengittävä materiaali.

Huonona puolena valitussa kuivausasetelmassa on kuitenkin se, että näyte ei pääse kuivumaan täysin tasaisesti joka puolelta, vaan vesihöyry poistuu ainoastaan pussin suun kautta. Siten erityisesti suuremman näytemäärän ollessa kyseessä, se voi olla melko tehoton. Lisäksi Kimwipe™-liina peittää näytteen näkyvistä, joten itse näytteessä tapahtuvia muutoksia ei voitu seurata kuivauksen aikana. Toisaalta tämä ei olisi välttämättä ollut mahdollista muutenkaan, sillä kuivauskammio on melko pimeä ja sen ovi heijastava, mikä vaikeuttaa sisällä olevien kohteiden tarkkaa havainnointia.

Rautalammen neljänteen alanäytteeseen asetettiin liinan kiinnityksen yhteydessä lämpötilan kehityksen seurantaan varten kaksi lämpötila-anturia, joista toinen upotettiin syvemmälle näytteen sisälle kuin toinen. Kosteus poistuu maanäytteen pintaosasta nopeammin kuin syvemmältä näytteestä, joten kahdella anturilla oli mahdollista saada todenmukaisempi kuva näytteen kuivumisesta. (Cook 2007.) Rautalammen näyte valittiin, koska se oli yksi massaltaan suurimmista näytteistä sekä sen maalaji oli varsin hienojakoista, joten anturien asettaminen onnistui myös esipakastettuun näytteeseen.

### 5.3 Kuivausohjelman parametrit

Kuten luvussa 4.1. Kerrottiin, pakastekuivainten tehokkain käyttö vaatii kuivattavalle kohteelle soveltuvat parametrit lämpötilalle ja alipaineelle, jotka noudattavat höyrypaineikäyrää. Jotta soveltuvimmat arvot arkeologisten maanäytteiden pakastekuivaamiselle voitiin määrittää, oli otettava huomioon maanäytteiden ominaisuudet, ja kuinka ne saattavat vaikuttaa tarvittaviin kuivausarvoihin. Veden lisäksi muutkin objektissa olevat kemialliset yhdisteet vaikuttavat pakastekuivaukseen. Maanäytteen tapauksessa veteen on sekoittunut erilaisia maaperän mineraaleja ja suoloja, orgaanisia yhdisteitä sekä esimerkiksi typpi-, fosfori- tai rikkipitoisia yhdisteitä. Nämä muodostavat yhdessä liuoksen, jonka jäätympiste voi vaihdella komposition mukaan. Pakastekuivauksessa on tavoitteena

ohittaa eutektinen piste eli lämpötila, johon laskiessaan tällainen seos jäätyy tai vastaavasti sulaa siihen noustessaan. Tästä syystä lämpötilan on oltava tarpeeksi eutektista pistettä alempi, jotta neste ei pääse pakastekuivauksen aikana sulamaan. (Jensen 2016.)

Tähän ilmiöön perustuu muun muassa teiden suolaus. Suolaliuoksen eutektinen piste on pelkkää vettä alempi, mistä syystä se pysyy sulana alemmissa lämpötiloissa. Natriumkloridin kohdalla eutektinen piste on alimmillaan  $-21,2\text{ °C}$  lämpötilassa  $23,3\%$  (w/w) liuosväkevyydessä. Tosin nykytutkimuksessa on havaittu, että mikäli kiinteiden natriumkloridi-inkluusioiden sisällä on nestemäistä suolaliuosta, eutektinen piste voi siirtyä jopa  $-28\text{ °C}$  lämpötilaan. (Drebushchak et al. 2019.) Tässä nähdään, että jopa saman aineen tapauksessa erilaiset faasimuodot voivat muuttaa eutektista pistettä merkittävästi, ja niin voivat tehdä myös erilaiset seokset kemiallisia yhdisteitä. Tämän vuoksi pakastekuivauksen lämpötilat ovat yleensä merkittävästi alempia kuin veden jäätymispiste.

Jokaisen maannoksen kemiallinen koostumus on erilainen. Tämä on huomattava erityisesti arkeologisilla kohteilla, jossa ihmisen toiminnan myötä maaperään on päätyneet paljon suurempia pitoisuuksia eri alkuaineita kuin luonnollisten prosessien kautta. (Roskams 2007, 169–183.) Jokaisesta maanäytteestä voisi tuki tehdä kemiallisen analyysin, jotta siinä olevat kemialliset yhdisteet voisi selvittää, ja siten haarukoida sopivimman lämpötilan kullekin kohteelle. Tämä olisi kuitenkin varsin aikaa vievää. Sen vuoksi helpompaa onkin määrittää kuivausarvot, jotka sopivat useimmille maanäytteille.

Tätä varten tehtiin kirjallisuuskatsaus eri aloilla tehtyyn maanäytteiden kuivaukseen, jotta saataisiin kuva mahdollisesti arkeologisille maanäytteille sopivista kuivausarvoista. Valitut lämpötila-arvot vaihtelivat suuresti  $-20$  asteesta  $-80$  asteeseen. (Tirlea et al. 2015; Rühland 2018; Misson et al. 2021; Vaalama 2022; Jiang et al. 2023; USGS 2024; Chaumat 2024; Peacock 2024) Joissain projekteissa kuivausarvoja ei ollut kerrottu (Reuss & Conley 2005; Szymczak-Zyła 2016; Nascimento et al. 2023). Tällöin on oletettavaa, että käytössä on ollut

kuivaimia, joissa on valmiiksi ohjelmoidut kuivausohjelmat. Siten pakaste-kuivaukselle ei ole välttämättä voitukaan hakea optimaalisimpia arvoja.

Luvussa 4.2 kerrottiin, että orgaanisten arkeologisten esinelöytöjen pakaste-kuivausta ennen löytöön imeytetään useimmiten sen rakennetta tukevaa yhdistettä. Suomen kansallismuseon konservointiyksikössä pakastekuivattaviin kohteisiin käytetään tähän tarkoitukseen useimmiten polyetyleeniglykolia. Käytetyt molekyylipainot ovat useimmiten 400–4000 välillä. Viime vuosina yleisimmin käytetyt kuivausarvot ovat olleet  $-30\text{ °C}$  ja höyrypainekäyrää mukaillen alipaine  $0,300\text{--}0,380\text{ mbar}$ .

Nämä yleisimmin nykykäytössä olevat kuivausarvot on tärkeää ottaa huomioon, sillä kestävän kehityksen kannalta optimaalisinta olisi, mikäli maanäytteiden pakastekuivausta voisi tehdä samassa yhteydessä kuin arkeologisten löytöjen konservointiin liittyvää pakastekuivausta. Kun tarkastellaan referenssinä löytyneitä kuivausarvoja, erityisesti konservattorit olivat valinneet arvoksi useimmiten juuri  $-30\text{ °C}$  (Chaumat 2024; Peacock 2024). Tätä matalammat kirjallisuudessa mainitut lämpötilat olisivat toki varmempia valintoja, jotta ne soveltuvat varmasti kaikentyyppisille näytteille. On kuitenkin huomioitava, että mitä kylmempi lämpötila vaaditaan, sitä matalampi alipaine myös vaaditaan. Molempien arvojen ylläpito vie sitä enemmän energiaa, mitä matalammat ne ovat. Siten mahdolliset kylmempiä lämpötiloja vaativat näytteet, esimerkiksi aDNA-näytteet, olisikin kannattavampaa kuivata erikseen ja suosia pääasiassa mahdollisimman korkeita lämpötiloja.

Koska optimointi on tulevaisuudessa toivottavaa ja  $-30\text{ °C}$  lämpötila vaikutti olevan kirjallisuuskatsauksen perusteella riittävä useimmille näytteille, tässä testauksessa päätettiin käyttää samoja arvoja kuin useimmissa Kansallismuseon konservointilaboratoriossa tehtävissä pakastekuivauksissa. Valitut kuivausparametrit olivat  $-30\text{ °C}$  lämpötila-arvona ja  $0,300\text{ mbar}$  alipaineena. Alipaineen arvo määritettiin hieman höyrypainekäyrän mukaista alemmaksi, sillä asetetulla alipaine arvolla  $0,380$  ei kokemuksen mukaan käytössä olevalla laitteella päästä

välttämättä tähän alipaineeseen suuressa kuivauskammiossa, minkä seurauksena kuivauksessa on havaittu hitautta ja epätasaisuutta riippuen esineen sijainnista kammiossa.

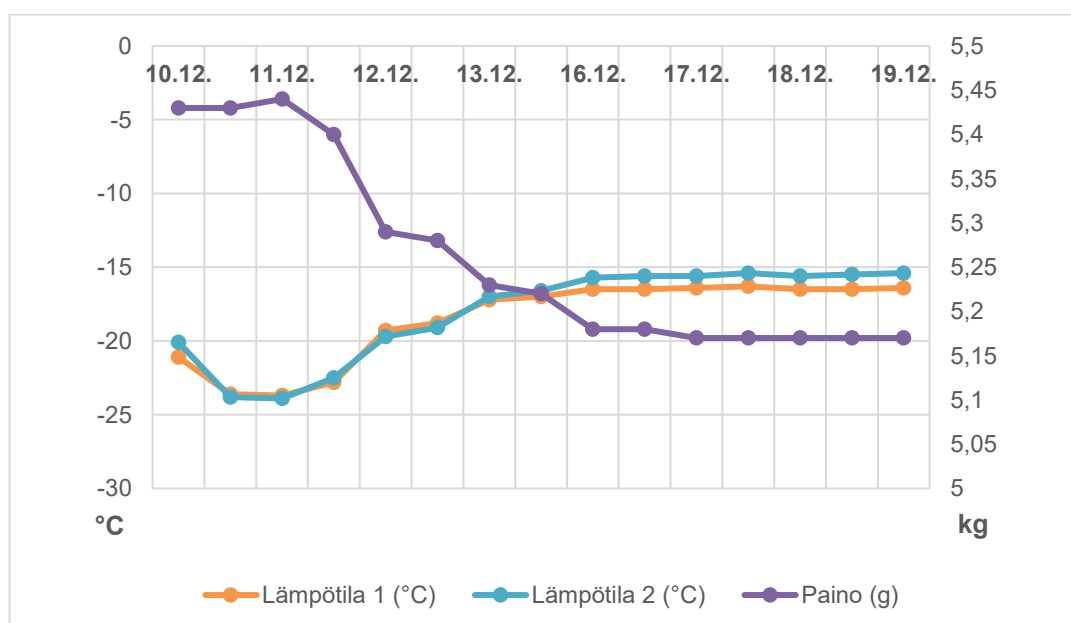
## 6 Tutkimuksen eteneminen ja tulokset

### 6.1 Kuivauksen eteneminen

Kuten edellisessä luvussa kuvattiin, tutkimukseen valitut arkeologiset maanäytteet esipakastettiin viikonlopun yli. Sen jälkeen näytteet siirrettiin valmisteltuina pakastekuivaimeen. Koska kuivauslämpötila oli kylmempi kuin minkään konservointilaboratorion pakastimen, pakastusta  $-30\text{ °C}$  lämpötilaan jatkettiin vielä vuorokauden ajan.

Kun näytteiden lämpötila oli tasoittunut, siirryttiin varsinaiseen kuivausvaiheeseen. Alipaine asetettiin arvoon  $0,300\text{ mbar}$ . Kuivaus kesti yhteensä 8 vuorokautta. Kuivauksen etenemistä seurattiin Rautalammen alanäytteeseen 4 asetulla kahdella lämpötila-anturilla sekä kaikkien näytteiden yhteispainon muutoksilla. Mittaukset kirjattiin ylös joka arkipäivä aamu- ja iltapäivisin. Kuivausprosessi on esitetty kuviossa 1.

Kuvio 1. Pakastekuivauksen kulku



Varsinainen kuivaus alkoi 11.12., vaikka datan keräys alkoikin jo esipakastuksesta  $-30\text{ °C}$ :een. Verrattuna 10.12. iltapäivän mittaukseen seurattavan näytteen lähtölämpötila oli laskenut vain  $0,1\text{ °C}$  11.12. aamuun mennessä, joten näytteiden katsottiin sopeutuneen kylmempään lämpötilaan ja olevan siten valmiita kuivauksen aloitukseen. Näytteen lähtölämpötila oli  $-23,7\text{ °C}$  anturi 1:en ja  $-23,8\text{ °C}$  anturi 2:en mukaan. Näytteiden paino oli esipakastuksen aikana  $5,43$  kilogrammaa, mutta se nousi  $5,44$  kilogrammaan, kun kammion alipaine laski  $0,300$  millibaarin tavoitteeseen. Alipaine todennäköisesti heilautti vaa'an tasapainoa hieman, minkä seurauksena tämä pieni nousu painossa tapahtui.

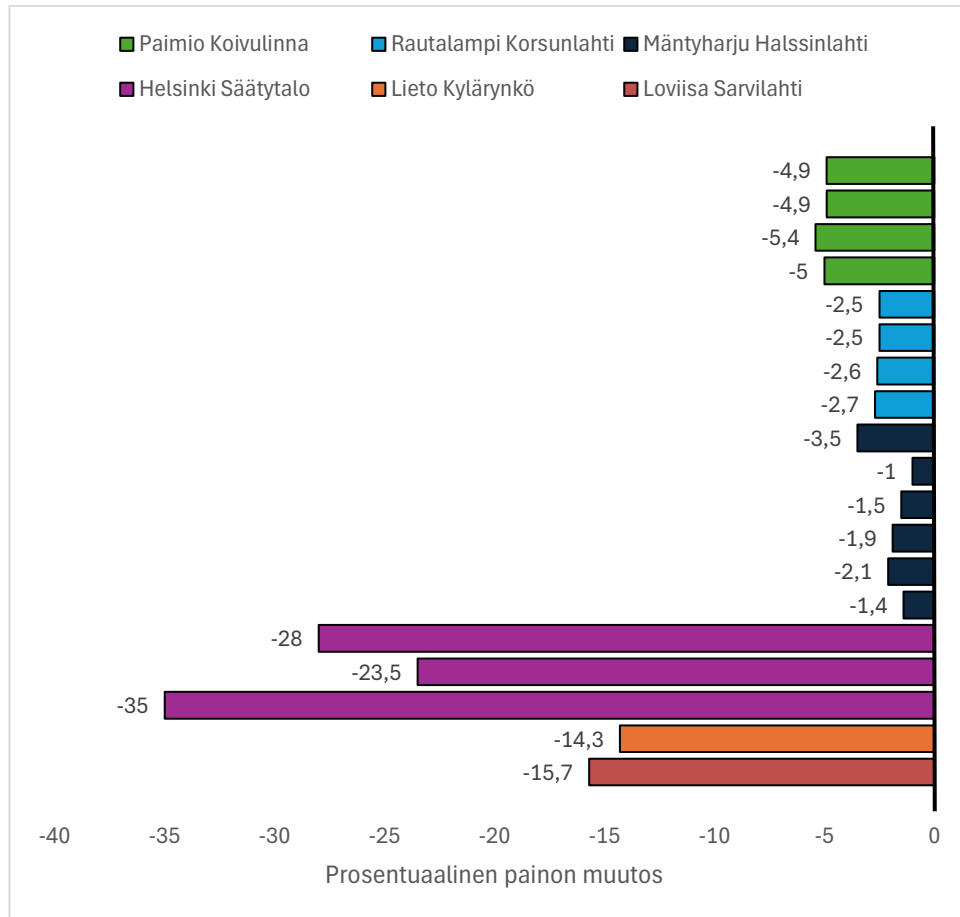
Pakastekuivauksessa on tyypillistä se, että kosteus poistuu kuivattavan kohteen pinnasta aluksi nopeaan tahtiin. Kun pintakerrokset ovat kuivuneet, kosteus ei pääse sublimoitumaan kohteen sisäosista yhtä tehokkaasti, joten kuivuminen usein hidastuu loppuvaiheessa. (Cook, 2007.) Myös maanäytteiden kuivausprosessi noudatti tätä trendiä, sillä yli puolet kosteudesta poistui näytteestä jo ensimmäisen vuorokauden aikana painon perusteella.

17.12. pakastekuivaimen alipaine alkoi laskea, mikä itsessään todennäköisesti kieli siitä, ettei kosteutta enää juurikaan irronnut näytteestä (Cook 2007). Kuivausta päätettiin kuitenkin vielä jatkaa, jotta pystyttiin toteamaan painon ja lämpötilan tasaantuminen datassa. Alipaineen laskun vuoksi kammion toinen vaakuumpumppu sammutettiin sähkön säästämiseksi. Epähuomiossa myös pakastus meni hetkellisesti pois päältä, mutta tilanne korjattiin nopeasti. Näytteiden lämpötila ehti kuitenkin nousta  $0,1\text{--}0,2$  astetta tämän seurauksena. Seuraavien päivien aikana ei kuitenkaan havaittu enää merkittäviä muutoksia painossa tai lämpötiloissa, joten kuivaus lopetettiin 19.12.

Näytteet nostettiin kuivaimesta heti prosessin lopetuksen jälkeen huoneenlämpöön, mutta näytepussien Kimwipe®-liinoja ei vielä poistettu ja pusseja suljettu, jotta vielä näytteissä mahdollisesti ollut jäännöskosteus ei tiivistyisi pussien sisälle. Näytteiden päälle ainoastaan asetettiin löyhästi muovipeite, jotta näytteiden sopeutuminen ympäröivän huoneilman lämpötilaan ja kosteuteen olisi hitaampi ja kontrolloidumpi. Näytteiden annettiin temperoitua tällä tavalla noin

vuorokauden, minkä jälkeen Kimwipe®-liinat poistettiin ja pussit suljettiin. Näytteiden loppupainot mitattiin 10 vuorokautta myöhemmin. Kuivattujen maanäytteiden suhteellinen painon muutos kuivauksen aikana on kuvattu kuviossa 2.

Kuvio 2. Pakastekuivattujen maanäytteiden painon prosentuaaliset muutokset näytteryhmittäin



Kuviossa 2 näytteet on järjestetty niin, että ylimpänä ovat samasta maanäytteestä pienemmiksi alanäytteiksi jaetut Paimion ja Rautalammen näytteet, keskellä Mäntyharjun ja Säätytalon näytteet, jotka ovat samalta kohteelta, mutta eri kerroksista otettuja, ja alimmaisena Liedon ja Loviisan yksittäiset näytteet. Samasta näytteestä otetut alanäytteet ovat odotetun mukaisesti menettäneet painoaan yhdenmukaisesti, sillä niissä on vain maksimissaan 0,5 prosenttiyksikön ero. Mäntyharjun ja Säätytalon tapauksessa hajontaa on hieman enemmän, mutta tulokset ovat kuitenkin varsin yhdenmukaisia verrattaessa muihin näytteisiin.

Vähiten painoa lähti Mäntyharjun näytteistä, sillä niissä painon pudotus oli pääosin 1–2,1 %. Ainoastaan yhdestä näytteestä painoa oli lähtenyt muita enemmän, 3,5 %. Mäntyharjun näytteet olivat esihistorialliselle kohteelle tyypillistä hiekkaista maannosta. Hiekkaiset maannokset ovat yleisesti karkeutensa vuoksi melko happipitoisia, joten kosteutta on niissä mahdollisesti siksi vähemmän (Kirkinen et al. 2022, 2). Lisäksi on huomioitava, että Mäntyharjun näytteet ovat olleet säilytyksessä pisimpään, joten on mahdollista, että niistä on säilytyksen aikana päässyt poistumaan kosteutta. Rautalammen ja Paimion kohteiden maanäytteiden paino putosi hieman Mäntyharjua enemmän, mutta kuitenkin verrattain vähäisesti. Rautalammen pudotus oli 2,5–2,7 % ja Paimion 4,9–5,4 %. Myös näiden kohteiden maalaji oli hiekkaista.

Liedon ja Loviisan näytteistä paino putosi huomattavasti enemmän kuin Mäntyharjun ja Säätytalon näytteistä, sillä muutos oli edellä mainitussa 14,3 % ja jälkimmäisessä 15,7 %. Molempien maalaji oli tumma, jopa musta humuspitoinen maa, ja Liedon näytteessä oli myös paljon orgaanista ainesta mukana.

Kaikista eniten painoa lähti Säätytalon maanäytteistä, joissa hajontaa oli 23,5–35 prosentin pudotuksen välillä. Säätytalo oli ainoa kaupunkikaivauskohde. Kaupunkien arkeologisilla kohteilla on usein hyvin paksut kulttuurikerrokset, sillä rakennusvaiheita on ollut useita ja vanhoja rakenteita ja kerroksia on useimmiten välissä raivattu ja tasoitettu täyttökerroksilla ennen uutta rakennusvaihetta. Tästä syystä kaupunkikohteilla voi olla runsaasti erilaisia maannostyypppejä, jos maata on kuljetettu paikalle jostakin muualta. Paksuus aiheuttaa myös sen, että alimmat kerrokset ovat usein huomattavasti kosteampia ja vähähappisempia kuin ylemmät kerrokset. (Seppänen 2008.) Niinpä on loogista, että kaupunkiympäristön kaivauksen kohteessa on kosteampaa maannosta. Sen lisäksi Säätytalon kohteiden maannos oli raekooltaan pientä, joten maannos itsessään on todennäköisesti imenyt kosteutta tehokkaammin. Maanäytteet sisälsivät myös runsaasti orgaanista ainesta, kuten puupurua tai -silppua, kasvinosia, havunneulasia ja tuhkaa.

## 6.2 Maanäyteanalyysin tulokset

Kuivauksen jälkeen pakastekuivatut maanäytteet sekä niiden kosteat vertailunäytteet toimitettiin analyysiin. Tuija Kirkinen analysoi maanäytteet alkuvuodesta 2025. Analyysia ei ollut mahdollista suorittaa sokkona, sillä kosteat näytteet tuli säilyttää kylmässä ja kuivatut huoneenlämmössä. Analyysin kulku on kuvattu luvussa 2.4. Analysoijaa pyydettiin kiinnittämään erityistä huomiota seuraaviin asioihin:

- Havainnot siitä, miten pakastekuivaus on muuttanut maannoksen ominaisuuksia, esim. karkeus, irtonaisuus, tuntuma
- Pakastekuivattujen ja kosteana säilytettyjen maannosten prosessoinnissa havaitut erot.
- Onko havaittavissa eroja pakastekuivattujen ja kosteana säilytettyjen näytteiden jäänteissä, esimerkiksi säilyneisyydessä, hauraudessa, yksityiskohtien erotettavuudessa?

Rautalammen Korsunlahden näytteestä sekä osasta Mäntyharjun ja Säätöytalon näytteitä ei löytynyt kuituja. Työmäärän minimoimiseksi tutkittiin ensin kosteana säilytetyt näytteet, ja jos niistä ei löytynyt kuituja, ei pakastekuivattua näytettäkään tutkittu. Analyysin tulokset on esitetty taulukkomuodossa liitteessä 3.

Mäntyharjun näytteistä likamaan liepeillä sijainneesta keramiikkakeskittymästä kerätty N37 oli ainoa, josta löytyi karva- ja kuitujäänteitä, ja nekin enimmäkseen kuivaamattomasta näytteestä. Jäänteistä kaksi oli tunnistamattoman nisäkkään karvoja, yksi joko tunnistamattoman nisäkkään ohut karva tai hyönteisen osa, yksi mahdollisesti kissan aluskarva sekä päästäisen karva. Pakastekuivatusta näytteestä löytyi ainoastaan viisi puuvillakuitua. Koska kohde on esihistoriallinen, ja puuvilla alkoi yleistyä Euroopassa vasta 1500-luvulta lähtien, mutta levisi laajemmalle vasta teollisen tuotannon myötä 1700-luvulta alkaen, kuitujen on täytynyt päätyä näytteeseen kontaminaationa (Riello 2013). Samoin kissa on tullut lajina Suomeen vasta merovingiajalla (550–825 eKr.), joten sekin lienee päätenyt näytteeseen kontaminaation kautta (Raninen & Wessman 2015, 277).

Mäntyharjun maanäytemateriaalissa oli runsaasti orgaanista kasviainesta sekä sienirihmoja, lukuun ottamatta näytettä 31, joka koostui muita näytteitä karkeammasta hiekasta, jossa oli myös suurempia kiviä joukossa. Siten se on todennäköisesti ollut happipitoisempi, eikä orgaanista aineistoa eikä myöskään kuituja ole siksi säilynyt. Kaikkien Mäntyharjun näytteiden pH on 5.04–5.56, joista korkein pH-arvo oli näytteessä 37. Todennäköisesti happamuus ei ole vaikuttanut säilymiseen, vaan mahdolliset muut kulttuurikerroksen ominaisuudet. Päästäisen karva on voinut päätyä aineistoon myös myöhempänä kontaminaationa eläimen kaivauduttua maaperään, kuten vastaavat löydöt oli tulkittu Majoonsuon mesoliittisen hautauksen yhteydessä (Kirkinen et al. 2022, 15).

Helsingin Säätytalon kerroksesta Y177 otetusta maanäytteestä löytyi kuituainesta sekä kuivaamattomasta että pakastekuivatusta näytteestä. Näytteestä mitattu pH oli huomattavasti happamampi (4,19) kuin muissa kohteen näytteissä. Siten se on mahdollisesti auttanut kuitujäänteitä säilymään. Kuivaamattomasta näytteestä löytyi tunnistamattoman nisäkkään kahtia revennyt karva sekä ruskea lampaanvillakuitu. Pakastekuivatusta näytteestä löydettiin tunnistamattoman nisäkkään karva, jonka medullakanava oli tuhoutunut, mahdollinen lampaanvillakuitu, jossa oli ruskeaa pigmentointia sekä tunnistamattoman lintulajin höytysäde. Näytteessä oli myös runsaasti kasvisolukkoa sekä hyönteistenosia, ja niitä löytyi myös muista kohteen maanäytteistä. Siten myöhemmissä analyyseissä niistä voi saada lisätietoa kohteesta.

Paimion Koivulinnan maanäytteestä löytyi ainoastaan yksi höyhenen höytysäde kuivaamattomasta näytteestä. Lintulajia ei ollut mahdollista tunnistaa. Maannoksen pH oli 5,11 ja siinä oli seassa myös runsaasti kasvisolukkoa sekä hiusjuuria ja itiörihmoja. Siten kuituaineisto ei selkeytä kuvaa siitä, oliko paikalta löytyneet pronssikirveet kääritty johonkin materiaaliin.

Loviisan Sarvilahden kohteelta otetusta maanäytteestä löytyi kuituja sekä kuivaamattomasta että pakastekuivatusta alanäytteestä. Kuivaamattomassa näytteessä oli yksi tunnistamattoman nisäkkään medullaton ruskea päällyskarva.

Pakastekuivatusta näytteestä löytyi yksi kanalinnun höytysäde. Sen lisäksi näytteestä löytyi useampikin puuvillakuitu sekä yksi mahdollinen tekokuitu. Siten tähänkin näytteeseen on päässyt kontaminaatiota. Kuitujäänteiden säilyvyyttä liepee edesauttanut hapan 4,35:n pH. Lisäksi näyte oli humuspitoista ja se sisälsi paljon hiiltä, juurenkappaleita ja hyönteisten osia.

Kaikkein runsaimmin kuitujäänteitä löytyi Liedon Kyläryngön maanäytteestä. Kuivaamattomasta näytteestä löytyi tunnistamattoman nisäkkään vaaleanruskea karva sekä ruskea lampaanvillakuitu. Pakastekuivatusta näytteestä löytyi 5 villakuitua, 6 tunnistamattoman nisäkkään karvaa sekä varpuslinnun höytysäde. Näiden lisäksi pakastekuivatusta näytteestä löytyi 38 puuvillakuitua, joten siihenkin oli päässyt kontaminaatiota. Myös Liedon maanäytteen pH oli hapan, 4,81, mikä oli todennäköisesti ollut säilyvyyttä edistävä tekijä. Maa-aines oli humuspitoista ja sisälsi orgaanista ainesta, heinäkasvien fytoliitteja sekä hyönteisten osia. Runsas kuituaineisto voi antaa viitteitä siitä, että paikalta löytyneiden korulaitteiden yhteydessä on saattanut olla villatekstiiliä tai vastaavaa materiaalia.

Pakastekuivattujen ja kosteina säilytettyjen osanäytteiden jäänteissä ei havaittu analyysissa merkittäviä eroja. Maanäytteet näyttivät ja tuntuivat analysoijan mukaan samalta. Myös muu orgaaninen aines, kuten rihmastot ja hiusjuuret, vaikuttivat samanlaisilta molemmissa näytteissä.

Suurin ongelma pakastekuivattujen näytteiden kohdalla olikin puuvillakuitujen kontaminaatio, joka asettaa epäilyksiä muidenkin jäänteiden alkuperälle. Erityisesti villakuitujen kohdalla voi olla vaikea sanoa, onko kyseessä näytteessä alun perin ollut jäännös vai kontaminaatio. Se, että kuivaamattomista näytteistä löytyi vastaavia jäänteitä kuitenkin antaa niille jonkin verran uskottavuutta. Sen lisäksi useat villajäänteet olivat melko huonokuntoisia, mikä puhuu sen puolesta, että ne olisivat olleet näytteessä alun perin.

## 7 Tulosten soveltaminen

### 7.1 Kuivauksen ja maanäyteanalyysin tulosten arviointi

Maanäytteiden pakastekuivaus kesti noin 1,5 viikkoa, mikä on varsin kohtuullinen aika verrattuna useiden kuukausien viileäsäilytykseen. Maanäytteiden maannoksen koostumus vaikutti selkeästi siihen, kuinka paljon kosteutta jäännöksissä oli. Hiekkaisissa maannoksissa kosteutta oli huomattavasti vähemmän kuin hienojakoisemmissa maalajeissa. Sen lisäksi suuri orgaanisen aineksen määrä vaikutti indikoivan kosteampaa maannosta. Tämä onkin loogista, sillä orgaaniset materiaalit imevät herkästi itseensä kosteutta.

Maanäytteiden analyysituloksissa ainoastaan yhdeksässä näytteessä kahdestakymmenestäkuudesta oli kuituja, joten suurin osa näytteistä rajautui analyysissa pois. Niiden viiden kohteen näytteissä, joista kuituja löytyi, vain neljässä oli löydöksiä sekä kuivaamattomassa että kuivatussa näytteessä. Siten eroja kuivaamattomien ja pakastekuivattavien näytteiden välillä oli mahdollista tarkastella ainoastaan niiden perusteella. Analyysin tulokset olivat kuitenkin siinä mielessä rohkaisevia, että kuituaineistoa oli mahdollista tunnistaa yhtä lailla kuivaamattomista ja pakastekuivatusta näytteistä, ja jäänteet näyttivät analyysin tekijästä samalta molemmissa alanäytteissä.

Näytteiden kuivaukseen valmistelun protokolla ei kuitenkaan ollut tämän tyyppiselle analyysille soveltuva, sillä näytteisiin oli päätyntä modernia kuitumateriaalia. Kontaminaation on täytynyt tapahtua joko keräämisen yhteydessä, näytteitä jaettaessa, näytepusseja kuivaukseen valmisteltaessa tai kuivauksen jälkeisen Kimwipe®-liinojen poiston yhteydessä. Koska kontaminaatiota oli ainoastaan pakastekuivatuisissa näytteissä, todennäköisin vaihtoehto on jompikumpi jälkimmäisistä vaihtoehtoista.

Näytteiden valmistelu tehtiin aina hanskat kädessä, mutta Kimwipe®-liinojen paikalleen asettaminen ei ollut aina kovin helppoa, sillä liinat repesivät helposti kumilenkkiä paikoilleen kiristäessä. Tällöin liina täytyi tietenkin korvata uudella

ja näytepussin käsittelyn määrä ja näytepussin avonaisena pysymisen aika lisääntyi. Kontaminaatio on siten voinut syntyä tämän seurauksena. Koska valmistelu tehtiin pakastimen sisällä, hihoja ei voinut kylmyyden vuoksi kääriä yhtä paljon kuin olisi ollut ehkä suotavaa. Tämä voi olla potentiaalisin syy kontaminaation syntymiseen. On kuitenkin huomioitava, että puuvillakuituja on huoneilmassa varsin runsaasti, joten niitä päätyy melko helposti huolellisesti valmisteltuihinkin näytteisiin. Hyvänä puolena tässä on se, että puuvilla on rakenteellisesti helppo tunnistaa ja erityisesti vanhemmissa näytteissä se on helppoa todeta kontaminaatioksi. (Kirkinen 2005c.)

Näiden ongelmien vuoksi testiasetelma tulee kuitenkin suunnitella mahdollisia jatkotestauksia varten uudelleen kontaminaation välttämiseksi. Vaikka näytteen siirtäminen pussista esimerkiksi muoviseen tai metalliseen rasiaan tai laakeaan astiaan lisää itsessään kontaminaation riskiä, se voisi kuitenkin helpottaa näytteen valmistelua. Tällöin näytteen voisi jo ennen esipakastusta kaataa suoraan huolella puhdistettuun astiaan, ja kiinnittää Kimwipen® tai muun vastaavan hengittävän sulkukalvon sen pintaan ja sulkea sen vielä kannella pakastuksen ajaksi. Tällöin kontaminaation riski voisi kuitenkin olla pienempi verrattuna kylmyyden takia melko kiireisesti tehtyyn herkästi repeilevien liinon pussien suulle kiinnittämiseen. Hihasuojien käyttö hanskojen lisäksi olisi sekin tehokas keino estää kontaminaatiokuitujen leviämistä. Testejä voisi myös tehdä vertailun useampaa eri näytteiden valmistelun tapaa parhaan protokollan löytämiseksi.

## 7.2 Pitkäaikaissäilytyksen potentiaali

Tämän tutkielman yhtenä tavoitteena oli myös arvioida, voisiko pakastekuivausta hyödyntää arkeologisten maanäytteiden pitkäaikaissäilytyksen mahdollistajana. Muun muassa Salisbury tutkimusryhmineen (2022) onkin sitä mieltä, että maanäytteiden pakastekuivauksen pitäisi olla standardi geoarkeologisten näytteiden talletuksessa, sillä se voi säilyttää näytteen kemialliset ja biologiset todisteet niitä tuhoamatta. Laajemmassa kirjallisuuskatsauksessa luvussa 4.3 huomattiin kuitenkin, että kaikille maanäytetyypeille pakastekuivaus ei

kuitenkaan sovi tai sen soveltaminen vaatii vielä lisätutkimuksia. Monilla aloilla pakastekuivausta kuitenkin käytetään jo nyt standardimenetelmänä, kuten joidenkin tutkimustahojen laatimista kuivausohjeistuksista voi päätellä.

Tämän tutkimuksen perusteella pakastekuivauksella vaikuttaa olevan potentiaalia mahdollistaa pitkäaikaissäilytys, sillä orgaanisten jäänteiden säilyvyys ja luetavuus oli samalla tasolla kuin kosteana säilytetyissä näytteissä. Lisätutkimusta kuitenkin tarvitaan, jotta saadaan laajempi kuva pakastekuivauksen vertautumisesta menetelmänä myös ilmakeivaukseen ja pakastukseen. Sen lisäksi pitkäaikainen seurantalutkimus olisi tarpeellinen, jotta voidaan todella arvioida, tapahtuuko näytteille muutoksia pitkäaikaissäilytyksen aikana.

Koska arkeologinen kohde yleensä tuhoutuu kaivaustutkimuksen myötä, maanäytteiden talletus voisi toimia kompromissina arkeologisen maannoksen sisältämän todistusaineiston häviämisen ja kohteen tutkimuspotentiaalain säilyttämisen välillä. Arkeologiset maanäytteet toimisivat tällöin muinaisjäännöksen elinkaaren jatkajina tuomalla fyysisiä todisteita kulttuurimaannoksesta yhä laajemmin tulevaisuuden tutkijoiden saataville.

Se, että Museoviraston kenttätöiden laatuohjeistuksessa mainitaan pitkäaikaissäilytys jo nyt, kertoo sen tarpeellisuudesta. Myös kyselyn vastaukset ja sekä julkaistut tulokset vanhojen maanäytteiden tutkimuksesta puhuvat asian puolesta. Esimerkiksi Ahola ja tutkimusryhmä (2018) ovat saaneet vakuuttavia tuloksia vanhojen maanäytteiden tutkimuksesta uusilla menetelmillä. He analysoivat uudelleen Aarne Äyräpään 1930-luvulla Perttulanmäen nuorakeraamisesta haudasta keräämiä maanäytteitä kuituaineiston löytämiseksi. Huonokuntoisia ja mineralisoituneita kuituja tutkittiin SEM-mikroskoopilla, jota ei 1930-luvulla ollut vielä mahdollista hyödyntää. Aineistosta tunnistettiin 21 eläinkuitua, joista merkittävin oli kesytetyn vuohen villaa vastaava karvakuitu. Nuorakeraamisen ajan maatalouselinkeinoista on varsin vähän suoraa todistusaineistoa, ja kyseinen kuitu oli vanhin todiste vuohesta kotieläimenä Suomessa. Tuloksia vanhoista geoarkeologisista maanäytteistä on saatu myös Italiassa ja Monacossa. Osa tutkituista näytteistä on kerätty jo 1800-luvulla ja niistä on onnistuttu saamaan

uutta tietoa luolaihmosten ja pronssikauden ihmisten elinympäristön muokkautumisesta. (Costanzo et al. 2024.)

Maanäytteiden pitkäaikaissäilytyksessä on otettava huomioon se, että ne tarvitsevat pakastekuivauksen jälkeen olosuhdekontrolloidut säilytystilat. Orgaanisten materiaalien säilytysolosuhteet eli 45–55 % suhteellinen kosteus on yleisimmin suositeltu olosuhdearvo. (Child 1994, 52; Fitzgerald 1995, 117–118; Enevold et al. 2019; Chaumat 2025; Peacock 2025.) Lämpötilaksi suositellaan yleisesti hieman viileämpiä lämpötiloja, esimerkiksi 15 °C. Tärkeämpää on kuitenkin, ettei lämpötilassa tai kosteudessa tapahdu nopeita ja jyrkkiä muutoksia. (Child 1994, 52; Fitzgerald 1995, 117; Salisbury et al. 2022, 326–327.) Geoarkeologisille näytteille on tosin ehdotettu myös mahdollisuutta säilöä ne hartsiin, sillä siten näytteen saa fyysisesti pysymään muuttumattomassa asennossa. Hartsiin valaminen ei ole myöskään muuttanut näytteen biokemiallisia ominaisuuksia, joten myös biomarkkeritutkimusta on tehty niistä onnistuneesti. (Salisbury et al. 2022; Costanzo et al. 2024.) Tämän todentaminen tosin vaatisi todennäköisesti enemmän varmentavaa tutkimustietoa, sillä geoarkeologisten näytteiden tutkimuspotentiaali kasvaa jatkuvasti menetelmien kehityksen myötä.

### 7.3 Maanäytteet osana kestäviä kokoelmia

Museoalalla käydään nykyään paljon keskustelua muun muassa museoiden kokoelmatilojen sekä näyttely- ja lainatoiminnan kestävydestä. Tässä keskustelussa on yhä enemmän museotoiminnan vakiintuneita käytäntöjä ja perusperiaatteita ravisteleva sävy, kun on havahduttu siihen, kuinka suuri hiilijalanjälki museoilla on. Vahvoja vaateita on esitetty esimerkiksi Lahdessa vuonna 2023 järjestetyssä The Network of European Museum Organisations (NEMO) -konferenssissa sille, että kokoelmien kestävyttä on arvioitava kriittisesti uudelleen niin sosiaalisesta, historiallisesta, opetuksellisesta kuin ympäristöllisestäkin näkökulmasta. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että museohenkilökunnan on myönnettävä, ettei kokoelmia ole ympäristökriisin vallitessa mahdollista säilyttää nykyisten olosuhdevaatimusten mukaisesti. (The Network of European Museum Organisations 2023)

Samankaltaisia toimia on peräänkuuluttanut myös museoiden kestävyyyteen keskittynyt voittoa tavoittelematon organisaatio Ki Culture. Järjestön tavoitteena on luoda käytännöllisiä keinoja saavuttaa kestävyiden tavoitteita muun muassa julkaisujen, yhteistyöprojektien ja valmennusten kautta (Ki Culture, 2025a). Eri-tyisesti organisaation Ki Futures Getting Climate Control Under Control -valmennusohjelmat sekä jo kaksi kertaa järjestetty The International Climate Control Conference peräänkuuluttavat museoiden velvoitetta tarkastella mahdollisuuksia pienentää sähkökulutusta museo-olosuhteiden ylläpidossa suorittamalla esimerkiksi laitteistotarkastuksia ja -uudistuksia, testaamalla olosuhtesuositusten laajentamista esimerkkiesineiden kautta sekä pohtimalla mahdollisuuksia sammuttaa laitteistoja tietyssä syklissä. Valmennusten pilottiryhmät ovatkin esittäneet vakuuttavia kokemuksia siitä, että energiankulutusta on mahdollista pienentää merkittävästi. (Ki Futures, 2024.)

Kysymyksenasettelun keskiöön nousee myös se, että arkeologiset kokoelmat ovat yksi nopeimmin karttuva Museoviraston ja Kansallismuseon kokoelmien osa. Useissa Keski-Euroopan historian aikana tiheimmin asutettujen alueiden museoissa onkin päädytty siihen, että kaikkea ei voi tallettaa museoihin, joten vain kaikkein informatiivisimmat löydöt valitaan. Myöskään Isossa-Britanniassa museot eivät ole kyenneet ottamaan vastaan edes kaikkia kaivauslöytöjä, saati arkeologian harrastajien löytämiä esineitä. (Suhonen 2008, 159.) Näihin ongelmiin onkin pyritty vastaamaan muun muassa Iso-Britanniassa ja Euroopassa projekteilla, joiden tavoitteena on paitsi rakentaa uutta säilytystilaa, myös uudistaa käytäntöjä, jotta kokoelmat olisivat standardien mukaisesti ja standardikoisissa pakkauksissa säilytettyjä. Tämän myötä kokoelmien käytettävyys paranee, säilytystilaa säästyy tilan optimoinnin myötä ja kokoelmat ovat ammattimaisesti hoidettuja. Kestävyiden näkökulmat ovat rajoittuneet näissä projekteissa lähinnä näihin seikkoihin. (Perrin et al. 2014; Brown 2017; Carroll et al. 2021.)

Suomessa väestömäärä ja -tiheys on ollut huomattavasti pienempi ja myös kaupungit varsin pienikokoisia. Siten kulttuurikerroksista löytyvästä massasta karsi- taankin pois ainoastaan lähinnä sekoittuneiden kerrosten ja nuorimpien kerros-

ten löydöt. Perusteena on yleensä se, että näiltä ajoilta on jo niin paljon kirjallista lähdeaineistoa sekä museoihin kerättyä esineistöä, että arkeologisen aineiston säilyttämistä ei samalla tavalla tarvita. (Suhonen 2008, 159.) Toki alueen historia ja tutkimuskysymykset vaikuttavat tähän, ja esimerkiksi toisen maailmansodan aikaisia kohteita tutkitaan arkeologisesti enenevässä määrin (Matila et al. 2022; Fast 2024).

Keskustelua poistojen mahdollisuudesta on tosin käyty Suomen arkeologian kentällä vuonna 2014. Tällöin pohdittiin erityisesti historiallisen ajan maalöytöjen siirryttyä historian kokoelmista arkeologisten kokoelmien alle samanlaisia asioita kuin kansainvälisessäkin keskustelussa: säilytystilan riittävyttä, kokoelmien hajasijoittamisen hyötyjä ja haittoja, kokoelmien käytettävyyttä, poistojen mahdollisuutta esimerkiksi historiallisen ajan massalöydöistä sekä löytöjen arvotuksen ja poistamisen ohjeistuksen puutetta. (Manninen 2014.) Tämän jälkeen säilytystilaongelma on ratkaistu siten, että arkeologiset kokoelmat ovat siirtymässä suurempiin säilytystiloihin, jolloin Sturenkadun toimipisteestä luovutaan.

Vanhojen aineistojen poistaminen kokoelmista onkin haasteellista. Tieteellisten periaatteiden mukaisesti tutkijoilla tulee olla mahdollisuus tarkistaa aiempien tutkimusten lähdeaineisto (Suhonen, 159). Vuoden 2014 keskustelussa todettiinkin, ettei kaivauslöytöjen merkittävyyden arviointiin poistojen näkökulmasta ollut silloin edellytyksiä, sillä aihetta koskevaa tutkimusta ei ollut tehty. (Manninen 2014.) Myös uusia tutkimuskysymyksiä vanhoista lähdeaineistoista voi syntyä, ja mitä tarkemmin löytöjä on otettu talteen, sitä tarkempia tutkimuskysymyksetkin voivat olla (Rankama 2008, 209). Kenellä siis on oikeus päättää, mitä kokoelmasta voidaan poistaa ja mitä ei?

Tätä parhaillaan käytävää niin kansainvälisen kuin kotimaisenkin keskustelun ilmapiiiriä vasten jatkuvasti karttuvan arkeologisten maanäytteiden referenssi-pankin tuominen olosuhdekontrolloidun pitkäaikaissäilytyksen piiriin saakin planeettamme tulevaisuutta uhkaavan synkän pilven ylleen. Vaikka edellisessä

alaluvussa totesimmekin tällaisen materiaalipankin tuovan valtavasti potentiaalia jo kaivettujen kohteiden tutkimukseen tulevaisuudessa, täytyy sitä tarkastella myös kestävän tulvaisuuden näkökulmasta. Voittaako maanäytereferenssipankin säilyttämisen hyödyt sen tuomat haitat?

Eräs pitkäaikaissäilytystä puoltava seikka on se, että arkeologinen aineisto voi myös tarjota tietoa, joka voi auttaa ympäristökriisistä selviämisessä. Muinaiset kulttuurit ovat kautta aikojen kohdanneet erilaisia ilmaston ja ympäristön muutoksia, joihin niiden on täytynyt sopeutua. Tämän kaltainen tieto toisaalta tarjoaa taustan sille, millaisia riskejä ilmastonmuutoksesta voi aiheutua ja toisaalta se voi auttaa löytämään siihen ratkaisuja. (Zerboni et al. 2022.) Tämän lisäksi Stefano Costanzo tutkimusryhmineen (2024) on argumentoinut, että geoarkeologisten näytteiden pitkäaikaissäilytys antaa enemmän tutkimusmahdollisuuksia ilman tarvetta uusille kaivauksille. Tämä heidän ”vihreäksi arkeologiaksi” kutsumansa periaate edistää kestävää kehitystä siinäkin mielessä, että arkeologiset kohteet eivät tuhoudu yhtä paljon kaivausprosessissa ja kaivaukseen kuluva taloudellinen panostus voidaan käyttää monipuolisemmin.

On myös huomattava, että Museovirasto on jo nyt pyrkinyt parantamaan ekologisuutta toiminnassaan Opetus- ja kulttuuriministeriön linjausten pohjalta. Vuonna 2023 laaditussa kestävän kehityksen toimintaohjelmassa asetetaan muun muassa tavoitteeksi hiilijalanjäljen pienentäminen, joka konkretisoituu esimerkiksi siten, että tilatehokkuutta lisätään toimitilamuutoksilla, jotka vähentävät toimistotilaa 40 %, sekä Kokoelma- ja konservointikeskukseen on asennettu aurinkopaneeleilla. Tämän lisäksi Senaatti-kiinteistöt, joka vastaa Museoviraston toimitiloista, on asettanut tavoitteekseen hiilineutraalisuuden vuoteen 2035 mennessä. (Museovirasto 2023.)

Jotta pitkäaikaissäilytyksen ekologista problematiikkaa voidaan kerä vielä enemmän auki, täytyy myös pohtia sitä, millainen vaikutus pakastekuivauksella on maanäytteiden analysointia edeltävän säilytyksen kestäväyyteen. Kansallismuseon konservointilaboratorion käytössä oleva pakastekuivain kuluttaa noin 850 kilowattituntia 1,5 viikon aikana. Siten sen kulutus vertautuu pakastimen

vuosikulutukseen (Vattenfall 2025). On kuitenkin huomioitava, että mikäli toiminoille saadaan haettua synergiaa konservoinnin kuivausten kanssa, saadaan näytekohtaisia kuluja pienennettyä. Sen lisäksi yksi mahdollisuus on hankkia pienempi pakastekuivain, mikäli käyttötiheys tulee olemaan suuri ja säästöjä sähkönkulutuksen kannalta saataisiin pienemmällä laitteella.

Toinen näkökohta, jota kestävyuden kannalta täytyy pohtia, kuinka paljon tilaa suhteessa muuhun arkeologiseen aineistoon referenssipankki veisi. Tätä on varsin vaikeaa arvioida, sillä mikäli maanäytteiden keräämistä pitkäaikaissäilytykseen aletaan tehdä systemaattisemmin, täytyy valita, millaisista kohteista maanäytteitä tulisi säilyttää. Näytemäärät vuosittain alkaisivat olla melko suuria, jos jokaiselta kohteelta tuotaisiin näytteitä referenssipankkiin. Todennäköistä onkin, että määriteltäisiin ne kohteet, jotka olisivat todennäköisesti informatiivisimpia. Tämä on kuitenkin keskustelu, joka vaatii laajaa asiantuntijajoukkoa laatimaan ohjeistuksen tähän.

Lopuksi on kuitenkin todettava, että jotta lopullinen päätös asiasta saavutettaisiin, tarvitaan ensinnäkin enemmän tietoa pakastekuivauksen toimivuudesta erityyppisille näytteille. Tämä tutkielma on vasta ensimmäinen pilottitutkimus aiheeseen. Se keskittyi ensisijaisesti mikroskooppisten karva- ja höyhenjäänteiden tutkimukseen. Kuten luvussa 2 kuitenkin kuvattiin, maanäytteistä voi nykYTEKNIKALLA saada paljon erityyppistä tietoa, mutta tämän tiedon saavuttaminen vaatii monenlaista ammatillista erikoistumista ja erityyppisiä keinoja käsitellä näytettä. Niinpä tulevaisuudessa työryhmää olisi hyvä laajentaa ottamalla mukaan erilaisia analyysimuotoja hallitsevia ammattilaisia. Sen lisäksi tarvitaan laajempi otanta näytteitä, jotta voitaisiin saada validimpia tuloksia ja vertailla myös ilmakeivattujen ja pakastettujen näytteiden tuloksia kylmiösäilytettyihin ja pakastekuivattuihin näytteisiin. Myös erilaisten säilytysaikojen vaikutus näytteisiin olisi tärkeä tutkimusaihe.

## 7.4 Näkökohtia päivitetyn näytteenottokäytännön luomiseen

Arkeologien kyselyvastauksista kävi ilmi tarve entistä selkeämmille näytteenotto-ohjeille. Vastaajille oli muun muassa epäselvää, millaisissa tilanteissa vanhoja näytteitä voi hävittää sekä kenelle säilyttämisen vastuu kuuluu. Museoviraston (2020) kenttätöiden laatuohjeiden ohjeistus maanäytteiden osalta onkin varsin niukka. Valinta on siinä mielessä perusteltu, että koska näytteiden hyödyntämisen mahdollisuudet ovat laajat, myös näytteiden käsittelyyn analyysissa on lukuisia tapoja. Siten onkin helpointa, että asiantuntija antaa ohjeistuksen erilaisten näytteiden keräämiseen. Tulos on kuitenkin se, että käytäntöjä on laaja kirjo, jossa maanäytteiden analysointiin syvällisesti perehtymätön arkeologi voi helposti eksyä.

Näytteenottokäytäntöjä voisikin kenties edes jollain tasolla yrittää yhdenmukaistaa, kuten Branch (2005) kumppaneineen ehdottaakin. Alalla vallitsevat näytteenottotraditiot ovat hyvin vaihtelevia ja enimmäkseen laboratorio- ja tutkija-kohtaisia. Siten näytteenotto- ja analyysikäytännöille olisi hyvä luoda kansainvälisiä standardeja. Tämän lisäksi Museovirasto voisi ohjeistuksessaan antaa mahdollisia suosituksia erilaisten maanäyteanalyysien hyödyntämiseen tietyissä tilanteissa. Tämä mahdollistaisi sen, että nykyisin varsin suppeat maanäyteanalyysimenetelmät voisivat rikastua erityisesti pelastuskaivausten yhteydessä. Tarpeeksi napakkaan ohjeistukseen arkeologien olisi myös helppoa tarpeen mukaan palata kertaamaan eri menetelmiä ja niihin liittyviä käytäntöjä. Sen lisäksi tämä saattaisi auttaa arkeologeja omaksumaan ajatuksen, että myös pelastuskaivauksilla on toivottavaa hyödyntää näitä menetelmiä laajemmin, vaikka se tarkoittaisikin kenttätöiden kulujen nousua. Tämä voisi myös vastata luvussa 2.2.8. vastaajan esittämään huoleen, että analyysimenetelmiä opiskelleet muuttavat pois Suomessa, koska heille ei ole töitä.

Myös maanäytteiden pitkäaikaissäilytykseen keräämisen ohje on melkoisen suppea. Arkeologian ammattilaisille jääkin helposti tulkinnanvaraiseksi, missä tapauksissa tarkalleen pitkäaikaissäilytettäviä maanäytteitä tulisi kerätä, kenen niitä kuuluu säilyttää ja millaiset säilytystavat ovat tarkoitukseen soveltuvimmat.

Maanäytteisiin tulisikin suhtautua kenties samalla tavoin kuin artefakteihin, ja tuoda ne osaksi Museoviraston arkeologian kokoelmia. Toinen mahdollinen näytepankkien kerääjä voisivat olla yliopistot, sillä useimmat maanäytteiden analysoinnin osaajat työskentelevät siellä.

## 8 Päätäntö

Tutkimuksessa on yhdistetty konservattorin, kenttäarkeologien ja luonnontieteelliseen arkeologiaan erikoistuneen tutkijan osaamista. Kuten luvussa 2.2.9. todettiin, maanäytteiden keräämiseen kaivataan yhä enemmän sekä monitieteisyyttä, että eri menetelmien sovellutuksia käytäntöön. Siten tämä projekti on omiaan juuri tällaiseen tarkoitukseen. Yliopistoissa tehtävä tutkimus laajentaa käytössä olevaa menetelmäpakkaa sekä kehittää jo olemassa olevia menetelmiä. Museoviraston arkeologiset kenttäpalvelut ovat kenttätöiden kokonaisuuden haltija- ja laadunvalvojaviranomainen, joten yhteistyö heidän kanssaan on tehokkain tapa tuoda uusia menetelmiä arkeologien käytännön työelämään. Suomen kansallismuseon konservointilaboratoriossa oleva pakastekuivain on Suomen mittakaavassa merkittävä resurssi, jonka laajempi hyödyntäminen ja synergioiden hakeminen eri toimijoiden ja toimintojen kanssa on eduksi niin taloudellisesta ja kestävästä kehityksen näkökulmasta kuin toimintojen optimoinninkin kannalta.

Tutkimuksen tulosten perusteella maanäytteiden pakastekuivauksella on potentiaalia arkeologisten maanäytteiden kestävämpään säilytykseen vaarantamatta maanäytteistä saatavien tulosten laatua. Kuivauksen kesto oli tutkimuksessa käytetyllä menetelmällä noin 1,5 viikkoa. Vaikka pakastekuivaimen sähkönkulutus onkin varsin suurta, onnistunut yhdistäminen konservoinnin prosesseihin on sekä ekologisesti että näytteiden säilyvyyden kannalta varteenotettava vaihtoehto verrattuna pääosin muutamasta kuukaudesta vuoteen ja toisinaan pidempäänkin säilytys kylmiössä, jolloin biologinen toiminta näytteessä voi turmella sen.

Maanäytteiden analyysissä kuitujäänteiden löytämiseksi ei havaittu merkittäviä eroja jäänteiden luettavuudessa kosteana säilytettyjen ja pakastekuivattujen näytteiden välillä. Myös muu orgaaninen aines näytteessä vaikutti olevan säilyvyydeltään samanlaista. Tutkimuksen näyteaineisto oli kuitenkin varsin pieni ja useita näytteitä jäi tutkimuksesta pois sen vuoksi, ettei niistä löytynyt kuituja. Siten tarvitaan lisää testauksia validien tulosten saavuttamiseksi. Tutkimuksessa oli kuitenkin maanäytteitä hyvin erityyppisiltä ja -aikaisilta kohteilta, ja myös maannosten tyypit olivat vaihtelevia, joten jonkin verran vertailukelpoista dataa saatiin. Arkeologisten maanäytteiden tutkimuspotentiaali on huomattavasti kuituaineistoa laajempi, joten erityyppisten jäänteiden kohdalla vertailua olisi tarpeen tehdä jatkossa.

Tutkimuksen suurin kompastuskivi oli se, että näytteiden pakastekuivaukseen valmistelun käytäntö havaittiin puutteelliseksi, sillä useisiin pakastekuivattuihin näytteisiin oli päässyt modernia kuituaineistoa kontaminaationa. Valittuun näytteiden valmistelukäytäntöön oli sovellettu muiden maanäytteiden kuivausta systemaattisesti tekevien laboratorioden käytäntöjä. Tutkimuksessa valittu tapa valmistella näytteet kuivaukseen vasta esipakastuksen jälkeen osoittautui kuitenkin huonoksi käytännöksi. Sen lisäksi käytetyt materiaalit havaittiin hankaliksi, sillä näytepussien eristämiseen käytetyt puukuituliinat repeilivät erittäin helposti niitä paikoilleen kiinnitettäessä. Siten mahdollisessa jatkotutkimuksessa valmisteluprosessi täytyy uudistaa näiden ongelmien ratkaisemiseksi.

Tutkielmassa arvioitiin myös pakastekuivausta arkeologisten maanäytteiden pitkäaikaissäilytyksen mahdollistajana. Jo nyt vanhoista säilytetyistä maanäytteistä ja jo aiemmin kokoelmiin talletetuista jäänteistä on saatu lupaavia tuloksia uudemmilla menetelmillä (Ahola et al. 2018; Wallius 2019; Vanhanen 2019). Siten tutkimuksellisesti maanäytteiden pitkäaikaissäilytyksestä olisi merkittävää hyötyä. Koska pakastekuivatuissa maanäytteissä olevien jäänteiden tunnistamisasteet vaikuttivat olevan vertailukelpoisia kosteina säilytettyjen näytteiden jäänteisiin, pakastekuivauksella on selvästi potentiaalia prosessoida maanäytteet kuivaksi pitkäaikaissäilytystä varten.

Lisätutkimusta tarvitaan kuitenkin sen suhteen, onko pakastekuivaus merkittävästi parempi menetelmä verrattuna ilma-kuivaukseen. Tällä hetkellä tutkimuksessa toteutetun kyselyn perusteella erityisesti kuivemmat hiekkaiset maannokset päätetään usein kuivata ennen analyysiä huoneilmassa. Tutkimuksessa pystyttiin varmistamaan, että tällaiset maannokset vaikuttaisivat todellakin olevan huomattavasti kuivempia kuin hienojakoisemmat ja enemmän orgaanista ainesta sisältävät maannokset. Lisäksi datan kerääminen nykyisten kylmiötilojen ja pakastinten energiankulutuksesta on välttämätöntä, jotta pakastekuivauksen ekologisuudesta voitaisiin tehdä perustellumpia päätelmiä.

Tutkimuksessa tehdyn kyselyn kautta huomattiin, että näytteenottokäytäntöjä olisi hyödyllistä yhtenäistää. Sen lisäksi vastauksista heijastui tarve monipuolistaa arkeologisten maanäytteiden hyödyntämistä ottamalla myös kaupalliselle puolelle monipuolisemmin erilaisia analyysimenetelmiä käyttöön. Museovirastolla on valvovana ja ohjeistuksia laativana viranomaisena keskeinen rooli siinä, että uudet menetelmät olisivat laajemmin tutkijoiden tiedossa. Sen lisäksi tarkempia ohjeistuksia tarvittaisiin maanäytteiden pitkäaikaissäilytystä koskien.

## Lähteet

- Aerts, S.E.I., 2016. Detecting cultural formation processes through arthropod assemblages: a conceptual model for urban archaeological waste-/cesspits. *Inter-Section: Innovative approaches by junior archaeologists Volume 2*, 15.12.2016, s. 22–28. ISSN online version: 2452-2678.
- Ahola, M., Kirkinen, T., Vajanto, K., & Ruokolainen, J. & 2018. On the scent of an animal skin: New evidence on Corded Ware mortuary practices and livelihoods in northern Europe. *Antiquity* 92 (361), 118–131.
- Alenius, T., Haggrén, G., Koivisto, S., Vanhanen, S., Sugita, S., 2017. Landscape dynamics in southern Finland during the Iron Age and the Early Modern Era — Pollen-based landscape reconstruction (LRA), microfossil and historical data from Western Uusimaa, *Journal of Archaeological Science: Reports*, Volume 12, 2017, s. 12-24, ISSN 2352-409X, <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2016.11.041>.
- Alenius, T.H., Haggren, G., Jansson, H. & Miettinen, A.I., 2004. Ulkosaariston asutuksesta autiokyläksi: Inkoon Ors poikkiteollisenä tutkimuskohteena. *SKAS*, vol. 2004, no. 1, s. 4-19.
- Antanaitis-Jacobs, I., Kisieliene, D. & Stancikaite, M., 2002. Macrobotanical and palynological research at two archaeological sites in Lithuania. *Archaeobotany in Norway: Investigations and methodological advances at the Museum of Archaeology, Stavanger. Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s. 5-21.
- Arponen, A., Lampinen, M. & Tomanterä, L., 2008. Maasta museoon: Arkeologisten löytöjen vaurioituminen maaperässä ja käsittely kentällä. Kansallismuseon konservointilaitos, Helsinki. < [www.yumpu.com/fi/document/read/36843152/maasta-museoon-arkeologisten-museovirasto](http://www.yumpu.com/fi/document/read/36843152/maasta-museoon-arkeologisten-museovirasto) > Viitattu 5.2.2025.
- Bakels, C., 2020. Pollen and archaeology. *Handbook for the Analysis of Micro-particles in archaeological samples*, s. 203-224. Toim. Amanda G. Henry. Springer.
- Bakkevig, S., Griffin, K., Prosch-Danielsen, L., Utigard, Sandvik, P., Simonsen A., Soltvedt, E.C., Virnovskaia, T., 2002. Archaeobotany in Norway: Investigations and methodological advances at the Museum of Archaeology, Stavanger. *Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s. 23–48.
- Blake, L., Goulding, K.W.T., Mott, C.J.B. & Poulton, P.R. 2000. Temporal changes in chemical properties of air-dried stored soils and their interpretation for long-term experiments. *European Journal of Soil Science* 51, s. 345–53.
- Branch, N., Canti, M., Clark, P., Turney, C., 2005. *Environmental archaeology: Theoretical and practical approaches*. Oxford University Press Inc.

Brown, D.H., 2017 (2011). *Archaeological Archives: A guide to best practice in creation, compilation, transfer and curation*. 2. painos. Archaeological Archives Forum. ISBN:0 94839 391 2.

Buckland, P.C., Panagiotakopulu, E., Buckland, P.I., Perdikaris, S. & Skidmore, P., 2006. Insect Faunas from Medieval Langenes in arctic Norway. *Proceedings from the 8th Nordic conference on the application of scientific methods in archaeology*, Umeå 2001, s.17–32. Toim. Engelmark, R. ja Linderholm, J. Umeån yliopisto.

Cabanes, D., 2020. *Phytolith Analysis in Palaeoecology and Archaeology. Handbook for the Analysis of Microparticles in archaeological samples*, s. 255–288. Toim. Amanda G. Henry. Springer.

Carroll, Q., Croft, S., Forster, M., Paul, S. & Wiles, J. 2021. *Options for sustainable archaeological archives. Part one – Report*. Historic England.

Child, R.E. 1994. *Stores and storage materials. Conservation of geological material*, s. 50–54. Archetype Publications Ltd.

Cook, C., 2007. *Vacuum Freeze-drying Archaeological Artifacts – Canadian Conservation Institute (CCI) Notes 4/2*. < <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/conservation-preservation-publications/canadian-conservation-institute-notes/vacuum-freeze-drying-archaeological-artifacts.html> >

Costanzo, S., Pappalardo, M., Starnini, E., Rossoni-Notter, E., Notter, O., Mossous, A., Soares-Remiseiro, M., Fermo, P., Cremaschi, M. & Zerboni, A., 2023. Integrating musealized archaeological sediment collection into current geoarchaeological analytical frameworks for sustainable research practices. *MethodsX* 13 (2024) 102897. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2024.102897>

Cronyn, J.M., 2001 (1990). *Elements of archaeological conservation*. Routledge.

Drebushchak, V.A., Drebushchak, T.N., Ogienko, A.G. & Yunoshev, A.S., 2019. Crystallization of sodium chloride dihydrate (hydrohalite). *Journal of Crystal Growth*, Volume 517, 2019, s. 17-23. ISSN 0022-0248. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2019.04.009>.

Enevold, R., Flintoft, P., Tjellden, A.K.E. & Kristiansen, S.M., 2019, *Vacuum freeze-drying of sediment cores: an optimised method for preserving archaeological stratigraphic archives*. *Antiquity* 93 370, e25 (2019): 1–4.

Fast, J., 2024. *Deutsches Lager Hanko 1942–1944. The Modern Conflict Archaeology and History of a German Second World War Transition Camp in Hanko, South Finland*. *Iskos* Vol. 28 (2024).

Fitzgerald, G.R., 1995. *Storage and transport. The care and conservation of paleontological material*. Toim. C. Collins. Butterworth-Heinemann.

Florian, M.L.E., 2002. Fungal Facts: Solving fungal problems in heritage collections. Archetype Publications Ltd.

García Gonzáles, M.T., 2015. Collection of thin sections of soils by Prof. W.L. Kubiëna done during his stay at the CSIC, Madrid (Spain) between 1943 and 1970. <<https://www.ica.csic.es/Kubiena/index-en.html>>. Luettu 20.10.2024.

Henry, A.G., 2020. Starch granules as markers of diet and behavior. Handbook for the Analysis of Microparticles in Archaeological Samples, s. 97–116. Toim. Amanda G. Henry. Springer.

Hinsch, J., Mikkelsen, R., Langohr, N.A., Boas & Macphail, R.I., 2006. Land use and environmental degradation on bronze age settlements, Eastern Jutland, Denmark. Proceedings from the 8th Nordic conference on the application of scientific methods in archaeology, Umeå 2001, s. 81–92. Toim. Engelman, R. ja Linderholm, J. Umeån yliopisto.

Holliday, V.T., Gartner, W.G., 2007. Methods of soil P analysis in archaeology. Journal of Archaeological Science 34 (2007), s. 301–333. DOI:10.1016/j.jas.2006.05.004

Holm, I. & Sageidet, B.M., 2015, The Origin of the Sand Terraces at Grundset, Elverum, South-Eastern Norway; Evidence from Archaeological Soil Micromorphology. Journal of Nordic Archaeological Science 18, s. 67–83.

Jensen, P., Strætkevæn, K., Schnell, U., Jensen, J.B. 2009. Technical specifications for equipment for vacuum freeze-drying of PEG impregnated waterlogged organic materials. Proceedings of the 10th ICOM-CC Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, Amsterdam 2007, Toim. Stroetkvern, K.; and Huisman, D.J., s. 417–438 Amersfoort: Rijksdienst voor Archeologie Cultuurlandschap en Monumenten. Nederlandse archeologische rapporten: NAR, 37.

Jensen, J.B., Jensen, P. & Strætkevæn, K., 2013. Freeze-drying at atmospheric pressure. Proceedings of the 12th ICOM-CC Wet Organic Archaeological Materials Conference, Istanbul 2013, s. 409–416. ISBN 978-2-491997-43-4.

Jensen, J.B., 2016. Vacuum freeze-drying managed by object-temperature. Proceedings of the 13th ICOM-CC Wet Organic Archaeological Materials Working Group, Florence 2016, s. 315–324. ISBN 978-2-491997-44-1.

Jia, G, Chen, Y., Sun, A. & Orlien, V., 2022. Control of ice crystal nucleation and growth during the food freezing process. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, Volume 21, Issue 3, May 2022, s. 2075–3029. eISSN1541-4337

Jiang, C., Robinson, R., Vandenberg, R., Milovic, M. & Neville, L., 2023. Oil contamination of sediments by freeze-drying versus air-drying for organic geochemical analysis. Environ Geochem Health 45, 5799–5811 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10653-023-01594-9>

Jonsson, J. 2002. The plant economy of early and late farming communities (c. 200 BC- AD 1800) in Zimbabwe. Evidence from Matopos, Great Zimbabwe, Nyanga, Mweneri Ranch and Malumba. *Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s. 95 –110.

Karg, S. & Robinson, D., 2002. Secondary food plants from medieval sites in Denmark: fruits, nuts, vegetables, herbs and spices. *Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s.133–142.

Kirkinen, T., 2008. Elinympäristö arkeologisen kiinnostuksen kohteena. Johdatus arkeologiaan, s. 338–341. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. *Gaudeamus*.

Ki Culture, 2025. About Ki Culture. < <https://www.kiculture.org/about-us/> > Viitattu 20.2.2025.

Ki Futures, 2025. Getting Climate Control Under Control. < <https://kifutures.com/ki-futures-climate-control-program/> > Viitattu 20.2.2025.

Kirkinen, T., López-Costas, O., Martínez Cortizas, A., Sihvo, S.P., Ruhanen, H., Käkelä, R., Nyman, J.E., Mikkola, E., Rantanen, J., Hertell, E., Ahola, M., Roiha, J., Mannermaa, K., 2022. Preservation of microscopic fur, feather, and bast fibers in the Mesolithic ochre grave of Majoonsuo, Eastern Finland. *PLoS ONE* 17(9): e0274849. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274849>

Kirkinen, T. & Mannermaa, K. 2025. Hairs, feathers and fibres in Mesolithic contexts – recommendations for field archaeologists. *Acta Academiae Artium Viilensis*. No. 116 (2025): Symbols, Rituals, and Identities in the Baltic Area: 7th–3rd mill. BC, s. 17–29. Toim. Tomas Rimkus & Marius Iršėnas. eISSN 2783-6843

Kirkinen, T., 2025a. Maaperässä säilyneiden tekstiilikuitujen, turkisten ja sulkien mikroarkeologinen tutkimus. Vol 41 Nro 4 (2024). *Muinaistutkija*. ISSN 2489-785X (verkkojulkaisu).

Kirkinen, T., 2025b. Kysymyksiä maanäyteanalyysiin liittyen. Sähköposti 23.1.2025.

Kirkinen, T., 2025c. Suullinen tiedoksianto 17.4.2025.

Kishonti, I., 2006. Bronze Age soil accumulation in the Sallerup area. Proceedings from the 8th Nordic conference on the application of scientific methods in archaeology, Umeå 2001, s. 41–56. Toim. Engelman, R. ja Linderholm, J. Umeå'n yliopisto.

Klemelä, U., 2023. Konservointilaboratorion ihmeitä – kädentaitoja, tiedettä ja tekniikkaa. Toim. I. Lounatvuori, U. Klemelä, *Meren arkeologiaa: seikkailusta tieteeksi*, s. 218–229. Museoviraston julkaisuja 14. PunaMusta Oy.

Lavento, M., 2008. Arkeologian määritelmät. Johdatus arkeologiaan, s. 13–40. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Lempiäinen, T., 2002. Plant macrofossils from graves and churches. The archaeobotany of graves from the Late Iron Age and the Middle Ages and of Medieval Churches in Finland and the Karelian Isthmus (Russia). *Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s. 161–172.

Lempiäinen, T., 2008. Mitä on kasvimakrofossiilitutkimus? Johdatus arkeologiaan, s. 345–347. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Lempiäinen-Avci, M., 2019. Plant remains in archaeology : a multidisciplinary approach to cultivation, consumption, trade and migration of economic plants in Southern Finland AD 1000–1900. Väitöskirja. Turun Yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-7551-8>

de Lima, H.V., da Silva, A.P., Imhoff, S. & Ferreira, A. 2005. Alternative method for volumetric core removal in hardsetting soils. *Scientia Agricola*. 62, s. 493–497. 10.1590/S0103-90162005000500015

Lorelei, C., D'Andrea William, J., Balascio, N.L., Shirazi, S., Shapiro, B., de Wet Gregory, A., Bradley, R.S. & Jostein, B. 2021. Sedimentary DNA and molecular evidence for early human occupation of the Faroe Islands *Communications Earth & Environment*, vol. 2, no. 1, s. 1–7.

Matila, T., Hyttinen, M. & Ylimaunu, T., 2022. Privileged or dispossessed? Intersectional marginality in a forgotten working-class neighborhood in Finland. *World Archaeology Volume 53, 2021 - Issue 3: The Archaeology of Marginal Places and Identities*, s. 502–516. <https://doi.org/10.1080/00438243.2022.2035803>

Marquer, L. & Otto, T., 2020. Microscopic charcoal signal in archaeological contexts. *Handbook for the Analysis of Microparticles in Archaeological Samples*, s. 225–254. Toim. Amanda G. Henry. Springer.

Martin Christ, 2025. Laboratory freeze dryers: Routine applications. < <https://www.christianberner.fi/globalassets/leverantorer/martin-christ/dokument/martin-christ-kylmakuivurit-yleiskaytoon.pdf> > Viitattu 18.4.2025.

MacPhail, R.I., 2013. Site formation processes in archaeology: Soil and sediment micromorphology. *Proceedings of the 14th IWMSM Session 5, Lleida, Spain, July 2012. Quaternary International, Volume 315, 27 November 2013*, s. 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.10.013>

Menotti, F., 2012. *Wetland archaeology and beyond: theory and practice*. Oxford University Press.

Misson, B., Garnier, C. & Poulain, A.J., 2021. Limited influence of marine sediment lyophilization on prokaryotic community structure assessed via amplicon

sequencing: an example from environmentally contrasted sediment layers in Toulon harbor (France). *PeerJ*. 2021 Apr 7; 9:e11075. doi: 10.7717/peerj.11075. PMID: 33868808; PMCID: PMC8035903.

Museovirasto, 2020. Suomen arkeologisten kenttätöiden laatuohjeet. < [https://www.museovirasto.fi/uploads/Kulttuuriymparisto/arkeologisten\\_kenttatoiden\\_laatuohje\\_2020.pdf](https://www.museovirasto.fi/uploads/Kulttuuriymparisto/arkeologisten_kenttatoiden_laatuohje_2020.pdf) > Viitattu 14.10.2024.

Museovirasto, 2023. Yhteinen tehtävä: Museoviraston kestävän kehityksen toimintaohjelma 2025.

Nascimento, M.N., Beltran, J., Bressers, C., van Delft, J., Vermeulen, J., de Ron, S., Bruijn, A., Raczka, M.F., Maezumi, S.Y., Gosling, W.D., Bush, M.B. & McMichael, C.N.H., 2023. Charcoal abundance measurements are affected by freeze-drying. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 629, article id. 111790. DOI:10.1016/j.palaeo.2023.111790

The Network of European Museum Organisations NEMO, 2023. NEMO's statement on future sustainable museum collections. 21.11.2023. < [https://www.nemo.org/fileadmin/Dateien/public/NEMO\\_Statements/NEMO\\_Statement\\_Future\\_sustainable\\_museum\\_collections\\_12.23.pdf](https://www.nemo.org/fileadmin/Dateien/public/NEMO_Statements/NEMO_Statement_Future_sustainable_museum_collections_12.23.pdf) > Viitattu 20.2.2025.

Magni, P. A., Harvey, A. D., & Guareschi, E. E., 2023. Insects Associated with Ancient Human Remains: How Archaeoentomology Can Provide Additional Information in Archaeological Studies. *Heritage*, 6 (1), s. 435–465. <https://doi.org/10.3390/heritage6010023>

Manninen, M., 2014. Museovirasto ja arkeologiset kokoelmat. Missä mennään? Keskustelutilaisuus Tieteiden talossa Helsingissä 26.2.2014. *Muinaistutkija* 2/2014.

Newton, C & Cook, C., 2018. Caring for archaeological collections. Canadian Conservation Institute. < <https://www.canada.ca/en/conservation-institute/services/preventive-conservation/guidelines-collections/archaeological-collections.html#a4c4b> > Viitattu 3.3.2025.

Näsänen, L., 2023. Konservoinnin uudet menetelmät käytössä. Toim. I. Lounatuori & U. Klemelä, *Meren arkeologiaa: seikkailusta tieteksi*, s. 218–229. Museoviraston julkaisuja 14. PunaMusta Oy.

Pedeli, C. & Pulga, S. 2013. *Conservation Practices on Archaeological excavations: Principles and Methods*. Getty Conservation Institute.

Perrin, K., Brown, D.H., Lange, G, Bibby, D., Carlsson, A., Degraeve, A., Kuna, M., Larsson, Y., Pálsdóttir S.U., Stoll-Tucker, B., Dunning, C. & Rogalla von Bieberstein, A., 2014. A standard and guide to best practice for archaeological archiving in Europe. EAC Guidelines 1.

Pesonen, P., 2008. Prospektointi. *Johdatus arkeologiaan*, s. 192–200. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

- Piskula, P., Astel, A. & Pawlik, M., 2025. Microplastics in seawater and fish acquired from the corresponding fishing zones of the Baltic Sea, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 211, 2025, 117485, ISSN 0025-326X, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117485>.
- Raninen, S. & Wessman, A. 2015. Rautakausi. Teoksessa Haggrén, G., Halinen, P., Lavento, M., Raninen, S. & Wessman, A. Muinaisuutemme jäljet: Suomen esi- ja varhaishistoria kivikaudelta keskiajalle. Gaudeamus.
- Rankama, T., 2008. Kaivausmenetelmistä. Johdatus arkeologiaan, s. 206–216. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.
- Reitz, E.J., Newsom, L.A. & Scudder, S.J. (toim.) 1996. Case studies in environmental archaeology. Plenum Press.
- Reuss, N. & Conley, D.J., 2005. Effects of sediment storage conditions on pigment analyses. *Limnology and Oceanography: Methods*, 3, s. 477–487.
- Riello, G., 2013. Cotton : The Fabric That Made the Modern World. Cambridge University Press.
- Roskams, S., 2007 (2001). Cambridge Manuals in Archaeology, Excavation. Viides painos. Cambridge University Press.
- Rowe, W.F. 2020. Identification of Natural Fibers. Handbook for the Analysis of Microparticles Microparticles in Archaeological Samples, s. 140–171. Toim. Amanda G. Henry. Springer.
- Rühland, K. Preparation of wet sediment samples for freeze drying (can be part of <sup>210</sup>Pb analysis). <https://www.queensu.ca/pearl/methods/Freeze%20drying%20sediment%2006June2018.pdf>. Viitattu 3.3.2025.
- Shackley, M., 1975. Archaeological sediments. Butterworths.
- Shumilovskikh, L. S. & van Geel, B., 2020. Non-pollen palynomorphs. Handbook for the Analysis of Microparticles Microparticles in Archaeological Samples, s. 65–94. Toim. Amanda G. Henry. Springer.
- Seppänen, L., 2008. Historiallisen ajan kohteen kaivaus. Suhonen, M. 2008c. Aineistojen muodostuminen, syntyminen ja häviäminen. Johdatus arkeologiaan, s. 216–222. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.
- Sorensen, R. & Jakstrand, L., 2006. Sedimentology, sea-shells and sea-level at Mesolithic “kitchen-midden” from Southeastern Norway. Proceedings from the 8th Nordic conference on the application of scientific methods in archaeology, Umeå 2001, s. 111–118. Toim. Engelmark, R. ja Linderholm, J. Umeåns yliopisto.

Stone, J.R. & Yost, C.L., 2020. Diatom Microfossils in Archaeological Settings. Handbook for the Analysis of Microparticles Microparticles in Archaeological Samples, s. 23–64. Toim. Amanda G. Henry. Springer.

Suhonen, M., 2008a. Arkeologian lähdeaineistot: Menneisyyden fyysinen kulttuuriperintö. Johdatus arkeologiaan, s. 129–144. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Suhonen, M. 2008b. Aineistojen muodostuminen, syntyminen ja häviäminen. Johdatus arkeologiaan, s. 144–156. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Suhonen, M., 2008c. Aineistojen hankinta. Johdatus arkeologiaan, s. 156–170. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikkola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Szymczak-Zyła, M., 2016. Analysis of chloropigments in marine sediments using accelerated solvent extraction (ASE). Limnology and oceanography methods. Volume14, Issue7, July 2016, s. 477–489.

Takala, H. 1998. Arkeologian maastotöiden perusteet. Yliopistopaino.

Tirlea, D., Beaudoin, A.B. & Vinebrooke, R.D., 2015. Freeze-dried is as good as frozen: evaluation of differential preservation of pollen grains in stored lake sediments. Review of Palaeobotany and Palynology 215, s. 46–56.

Tranberg, A. & Maijanen, H., 2023. Hyönteisten käyttö kuoleman tutkimuksessa: arkeologisia ja oikeuslääketieteellisiä näkökulmia. Teoksessa T. Matila, M. Hyttinen, R. Nurmi & T. Kallio-Seppä (toim.), Memory of the future : juhlaKirja Timo Ylimaunulle, s. 120–127. Oulun yliopisto.

Salisbury, R.B., Bull, I.D., Cereda, S., Draganits, E., Dulias, K., Kowarik, K., Meyer, M., Zavala, E.I., Rebay-Salisbury, K., 2022. Making the Most of Soils in Archaeology. A Review. Archaeologia Austriaca, Band 106/2022, s. 319–334.

USGS, 2024. Geochemical Sediment Analysis Procedures, Open-File Report 02-371. <https://pubs.usgs.gov/of/2002/of02-371/METHODS/drying.htm>. Viitattu 30.11.2024.

USGS, 2025. Samples Repository- Facilities. <https://www.usgs.gov/labs/samples-repository/samples-repository-facilities>. Viitattu 3.3.2025.

Vanhanen, S., Volker, H., Kemell, M., Ranheden, H., Björck, N., Gustafsson, S. 2019. Ahvenanmaalta löytyi 5000 vuotta vanha ohranjyvä – tutkijoiden käsitys pohjoisen muinaisista elinkeinoista meni uusiksi. Julkaistu 20.3.2019. Viitattu 1.3.2025. < <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/kulttuuri/ahvenanmaalta-loytyi-5000-vuotta-vanha-ohranjyva-tutkijoiden-kasitys-pohjoisen-muinaisista-elinkeinoista-meni-uusiksi> >

Vaalama, A., Hartikainen, H. & Soenne, H. 2022. Effects of freeze-drying and use of artificial seawater on phosphorus exchange isotherms in brackish water

sediments. Springer Science and Business Media LLC.  
<https://doi.org/10.1007/s42452-022-05116-7>

Vanhanen, S., 2019. Prehistoric cultivation and plant gathering in Finland : An archaeobotanical study. Väitöskirja, Helsingin yliopisto.  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5606-8>

Vattenfall, 2025. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus. < <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/sahkonkulutus/sahkolaitteiden-energi-ankulutus/> > Viitattu 21.4.2025.

Viklund, K. 2002. Issues in Swedish archaeobotany – a guide through twenty years of archaeobotanical research at the university of Umeå. *Journal of Nordic Archaeological Science* 18, s. 193–202.

Vranová, V., Theodore, D.M., Klement, R., 2015. Soil Scientific Research Methods Used in Archaeology – Promising Soil Biochemistry: A mini-review. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 63(4), s. 1417–1426. DOI: 10.11118/actaun201563041417.

Vuorela, I., 2008. Siitepölyanalyysi osana asutushistorian tutkimusta. *Johdatus arkeologiaan*, s. 342–345. Toim. P. Halinen, V. Immonen, M. Lavento, T. Mikola, A. Siiriäinen & P. Uino. Gaudeamus.

Wallius, A., 2019. Pienillä viljanjyvillä on kerrottavaa: Suomessa ryhdyttiin viljelemään maata jo viisi vuosituhatta sitten. < <https://yle.fi/a/3-10700030> >

Zerboni, A., Brandolini, F., Carrer, F. & Mariani, G.S., 2022. Special Issue Information. *Sustainability* 2022, 14, Special Issue: Archaeology of sustainability and sustainable archaeology. Toim. A. Zerboni, F. Brandolini, F. Carrer, G.S. Mariani. ISSN 2071-1050.

#### Sähköpostit:

Gemsjäger-Ziehaus, 2023. Information to freeze drying blocks. Sähköposti 24.3.2023.

Crawshaw, A. 2024. Freeze drying sediment and microplastics. Sähköposti 29.2.2024.

Chaumat, G. 2024. Questions about freeze-drying soil samples or similar material. Sähköposti 18.1.2024.

Långsjö, S. 2024. Kysymyksiä maanäytteistä. 3.12.2024.

Kirkinen 2025b. Alustavia tuloksia. Sähköposti 23.2.2025.

Nyman, J.E. 2025. Kaivausraportti opinnäytetyötä varten. Sähköposti 27.2.2025.

Tjellden, A.K. 2024. Vacuum freeze drying of sediment cores. Sähköposti 18.1.2024.

Turner-Walker, G. 2024. Questions about freeze-drying soil samples or similar material. Sähköposti 17.1.2024.

Peacock, E. 2024. Questions about freeze drying soil samples for a Master's thesis. Sähköposti 30.11.2024.

#### Raportit:

Pesonen, P. 2025a. Rautalampi Korsunlahti, Muinaisjäännösrekisteritunnus 1000004992: Kivikautisen asuinpaikan ja keskiaikaisen raudanvalmistuspaikan koekaivaus 20.–22.5.2024. Tutkimusraportti. Museovirasto.

Pesonen, P. 2025b. Loviisa Sarvilahti pohjoisranta (mj-tunnus 1000045513): Rautakautisen kalmiston tai kätkön koekaivaus 27.–30.8.2024. Tutkimusraportti. Museovirasto.

Pesonen, P. 2025c. Lieto Kylärynkö (mj-tunnus 1000052073): Rautakautisen kätkön koekaivaus 2.–5.9.2024. Tutkimusraportti. Museovirasto.

Väisänen, T., 2025. Vironniemen Helsingin vanha asemakaava-alue (1000006099), Säätöalo: Kaupunkiarkeologinen kaivaus ja valvonta 2023–2024. Tutkimusraportti. Museovirasto.

## Liitteet

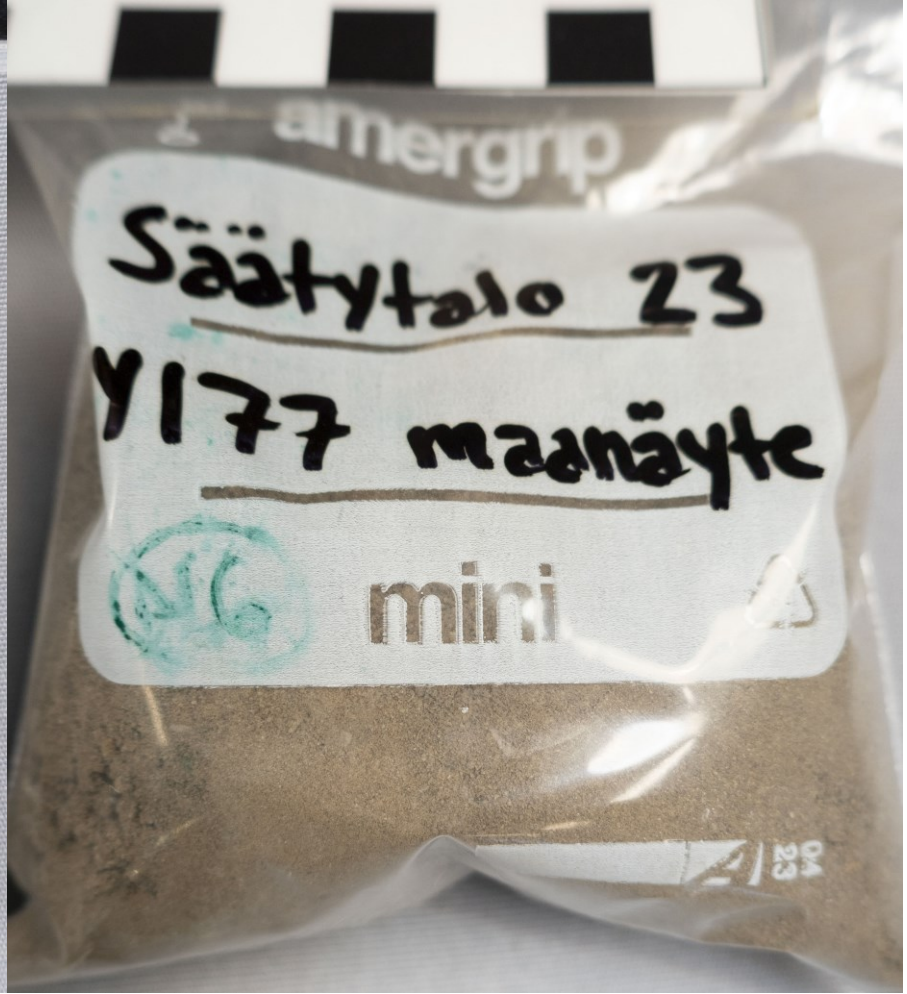
### Liite 1 Kysely arkeologeille

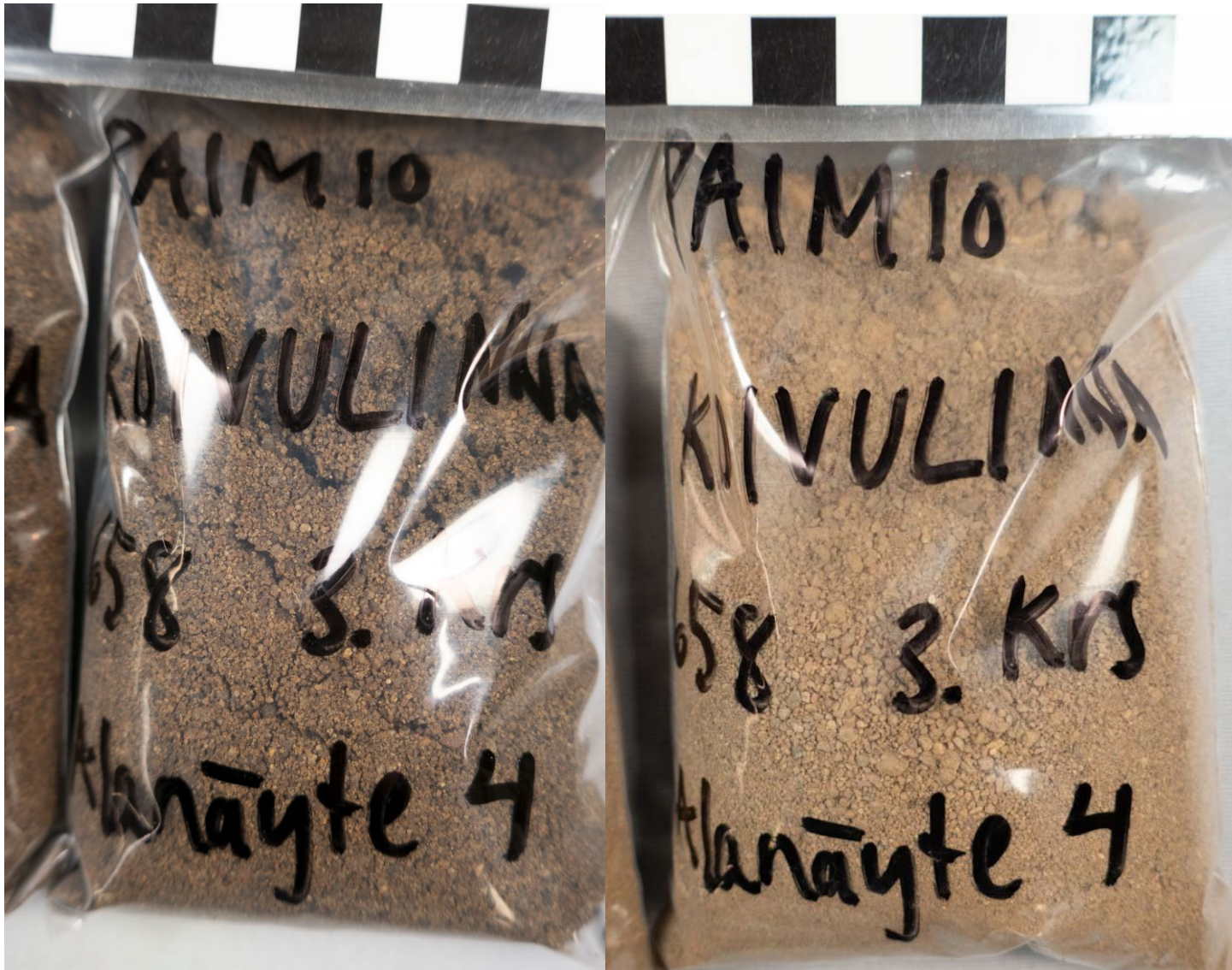
- Missä arkeologian alan organisaatioissa olet työskennellyt? (Monivalinta)
  - Museovirasto
  - Alueellinen vastuumuseo
  - Museo
  - Yliopisto
  - Yritys
  - Järjestö tai säätiö
  - Muu (kerro halutessasi tarkemmin alla)
- Työurasi pituus arkeologian alalla (vaihtoehdot 5 vuoden välein)
- Millaisia analyysseja varten olet kerännyt arkeologisia maanäytteitä?
- Kuinka olet säilyttänyt arkeologisia maanäytteitä keräämisen ja analyysiin toimittamisen välisenä aikana?
  - Miksi olet valinnut kyseiset säilytystavat?
  - Mitä hyviä/huonoja puolia olet tässä tavassa havainnut?
- Kuinka pian keskimäärin näytteet on saatu analyysiin?
- Onko näytteille toteutettavan analyysin tyyppi vaikuttanut säilytystapaan?
- Ovatko käyttämäsi säilytystavat muuttuneet työurasi aikana?
- Muita huomioita aiheeseen liittyen?

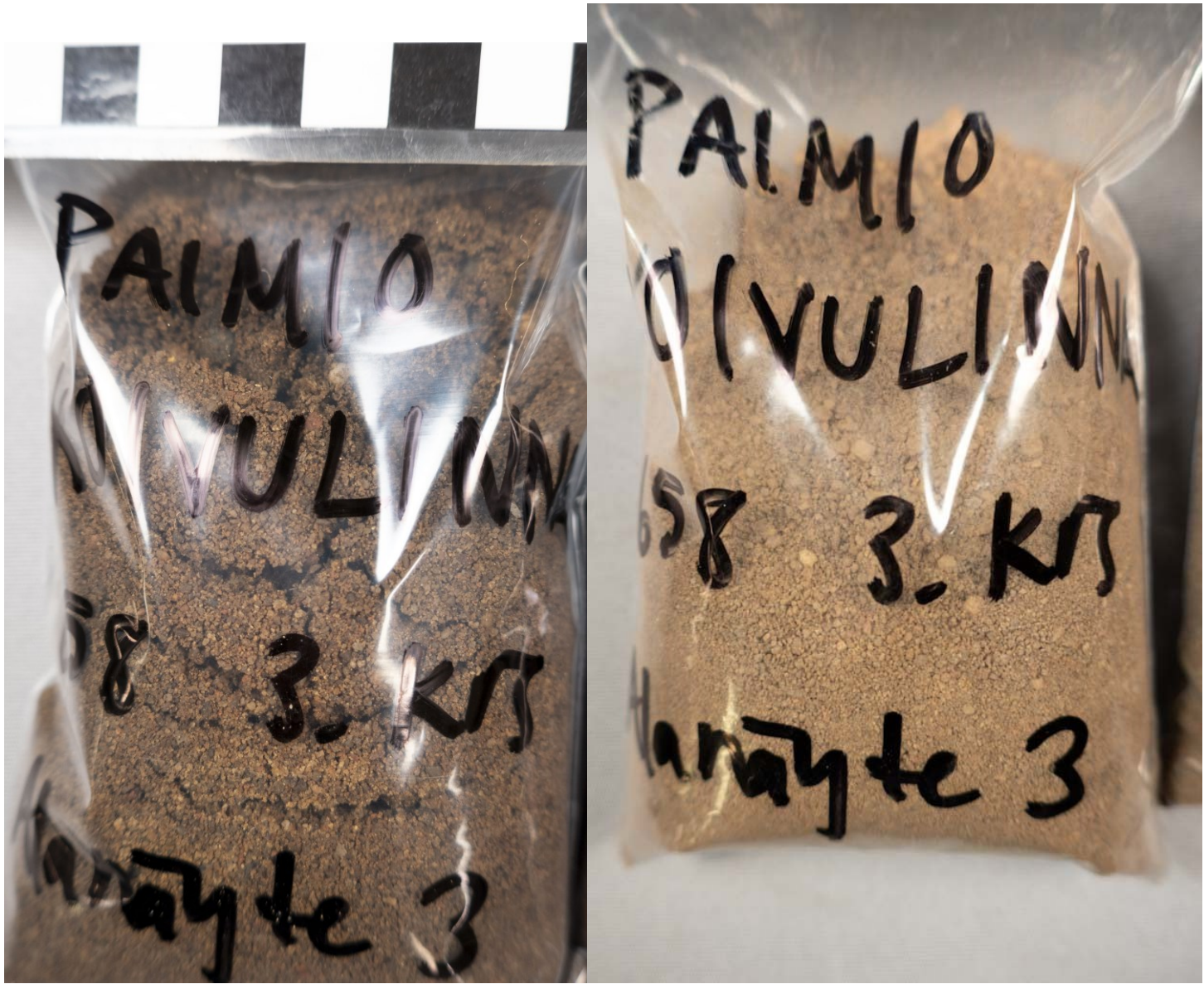
Liite 2 Näytteiden kuvat

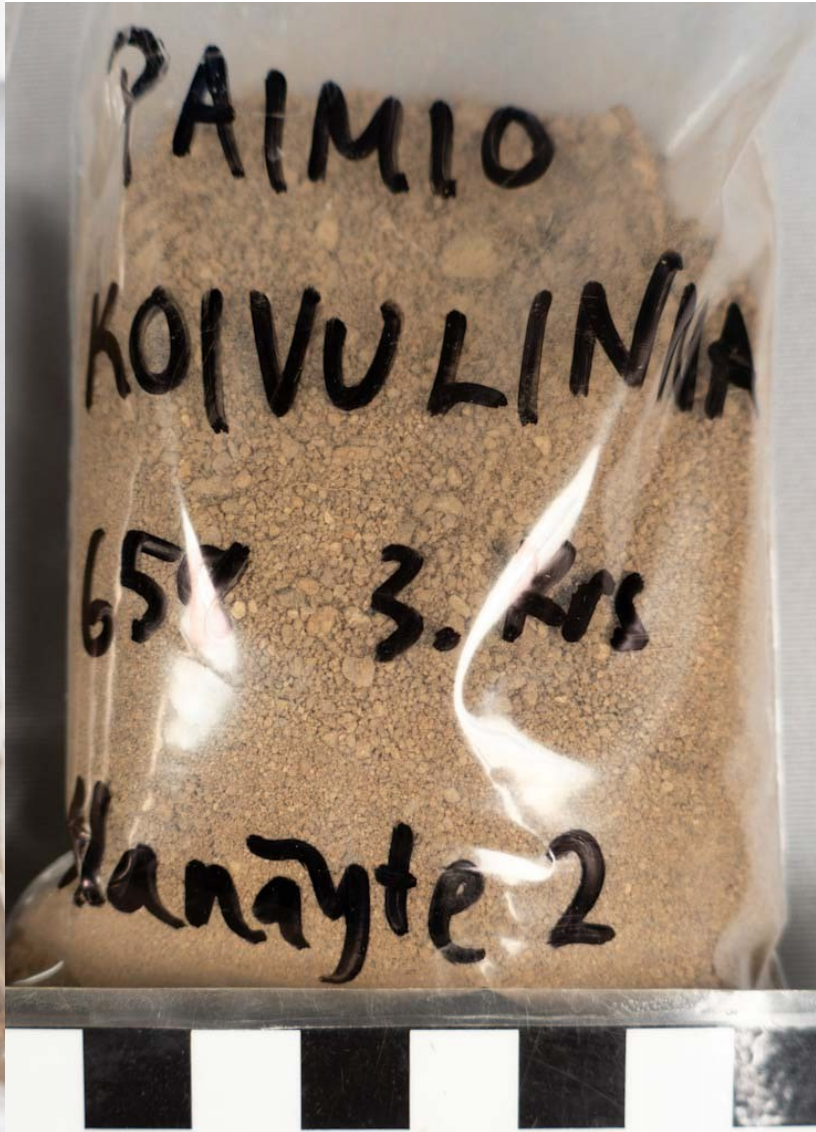
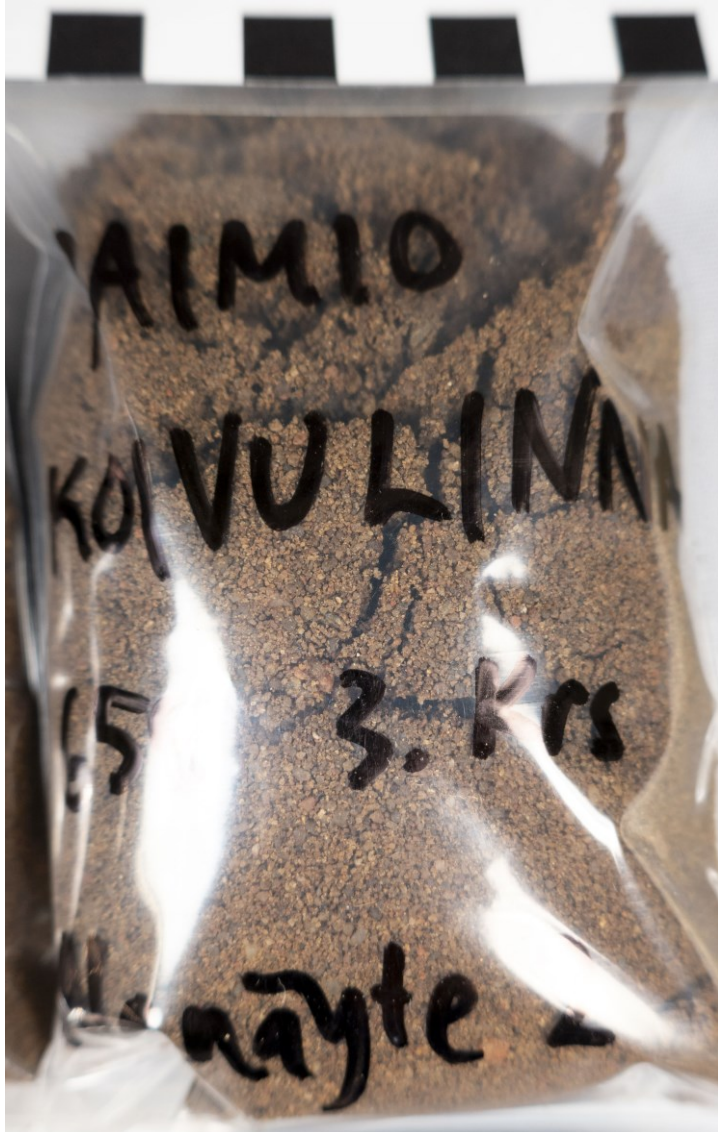


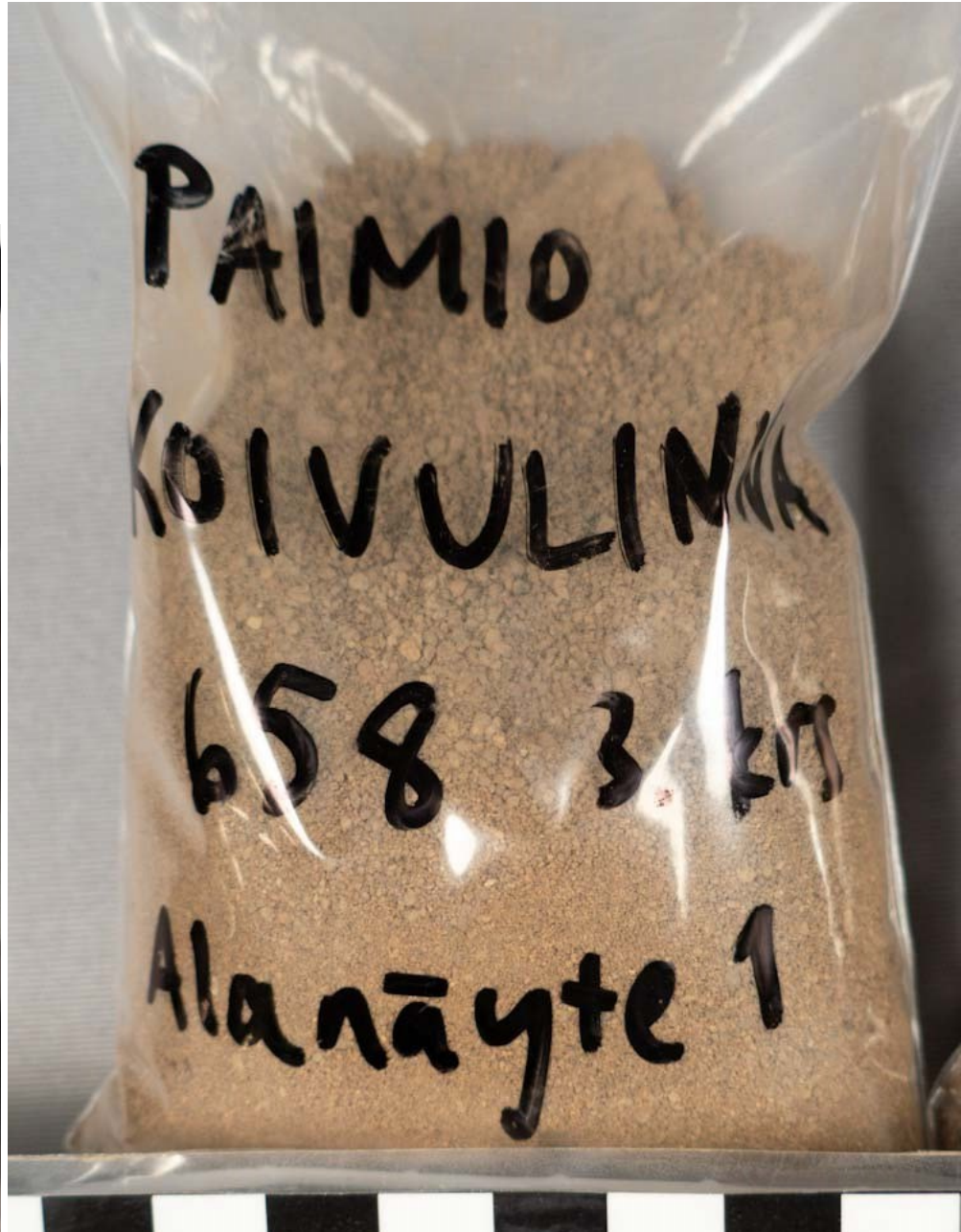
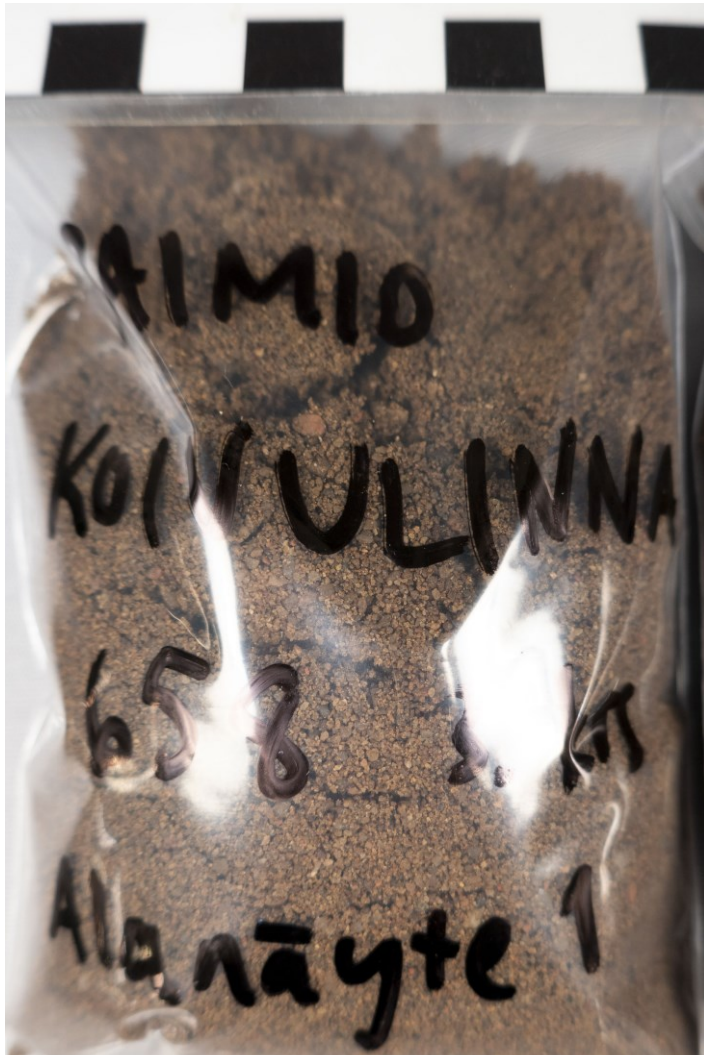


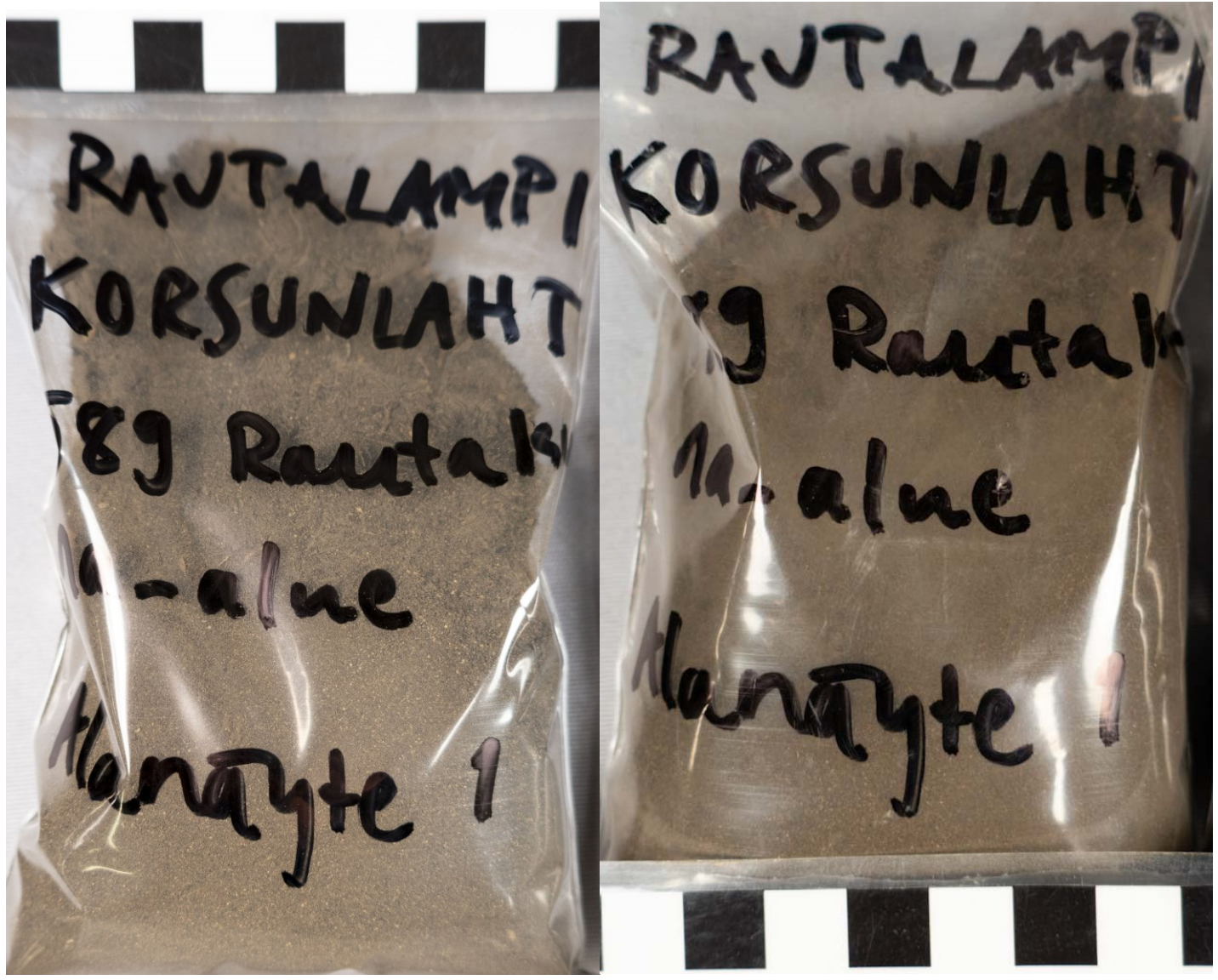


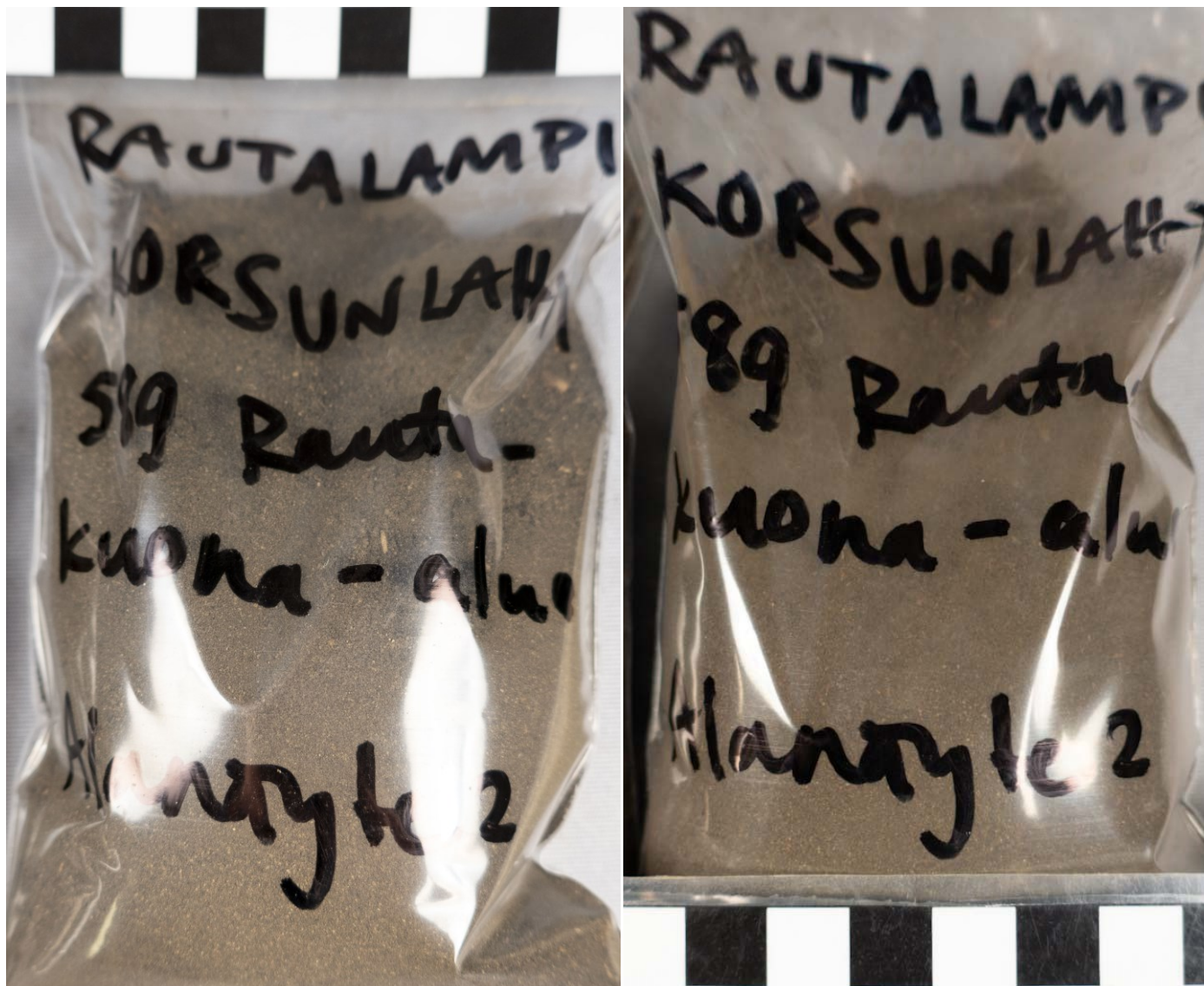


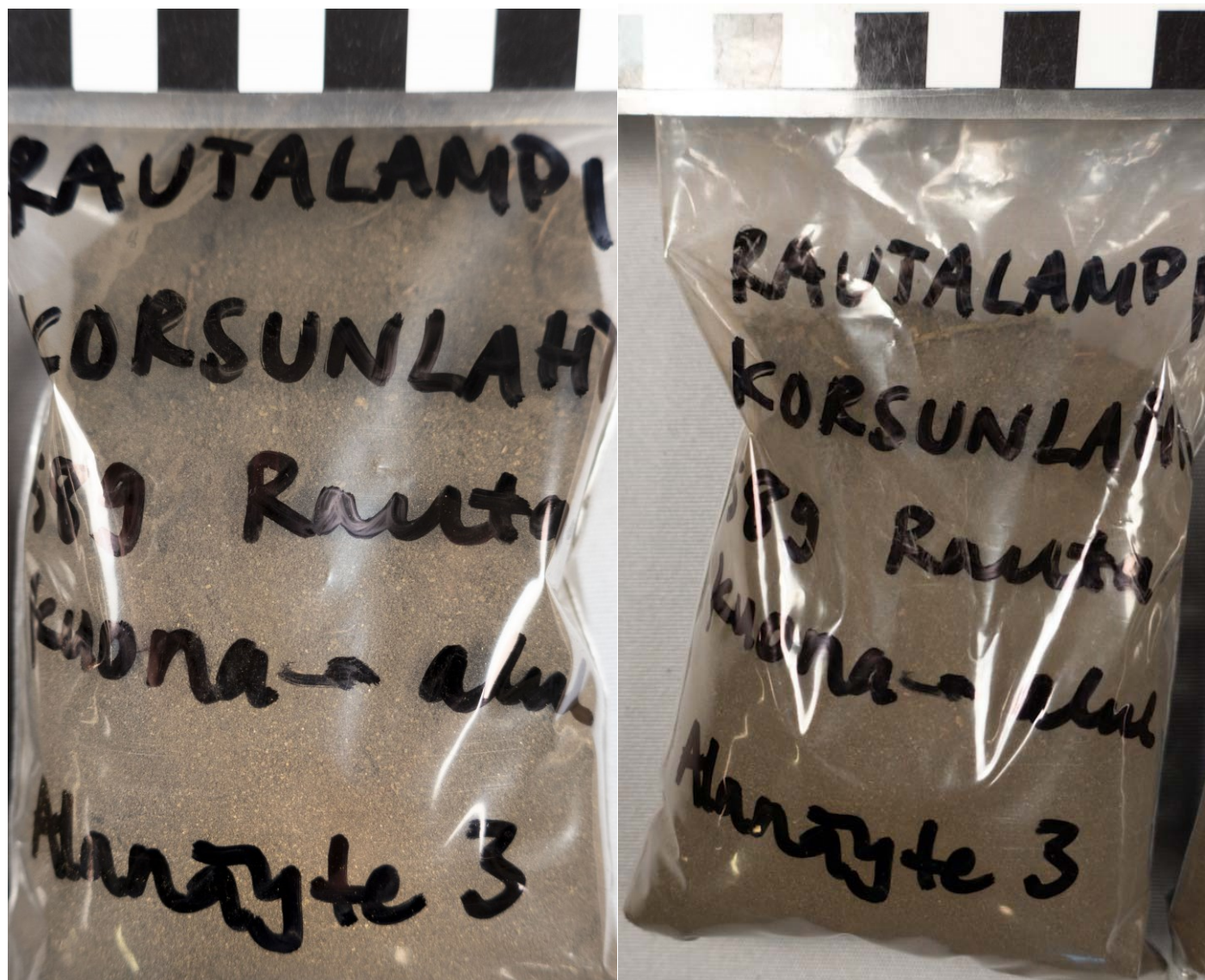






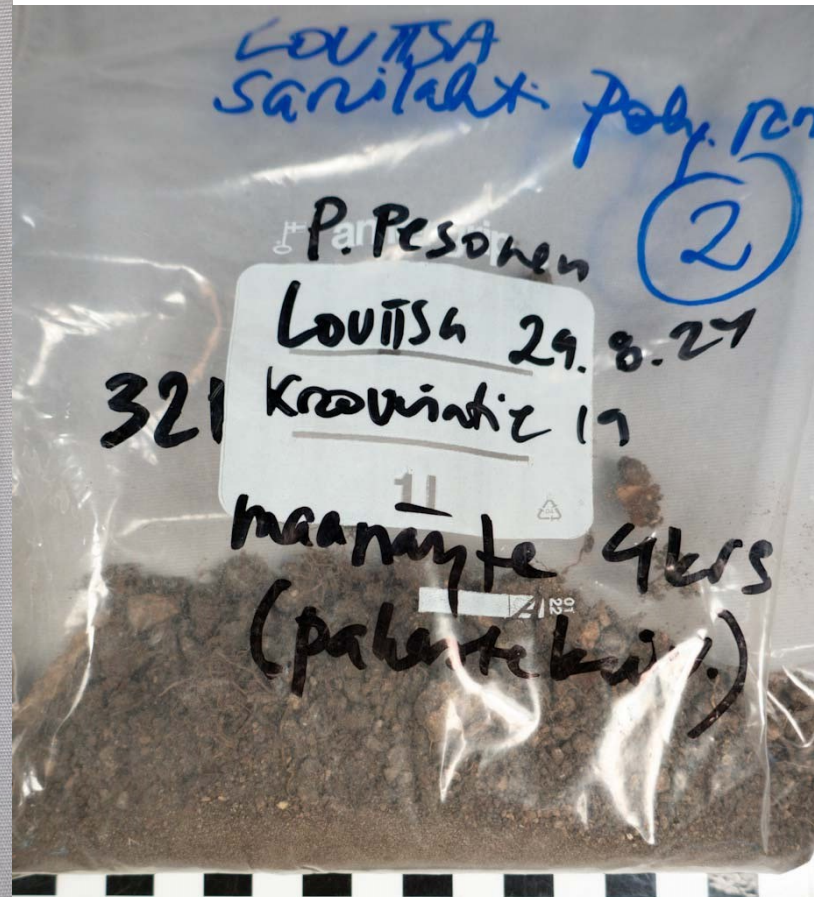
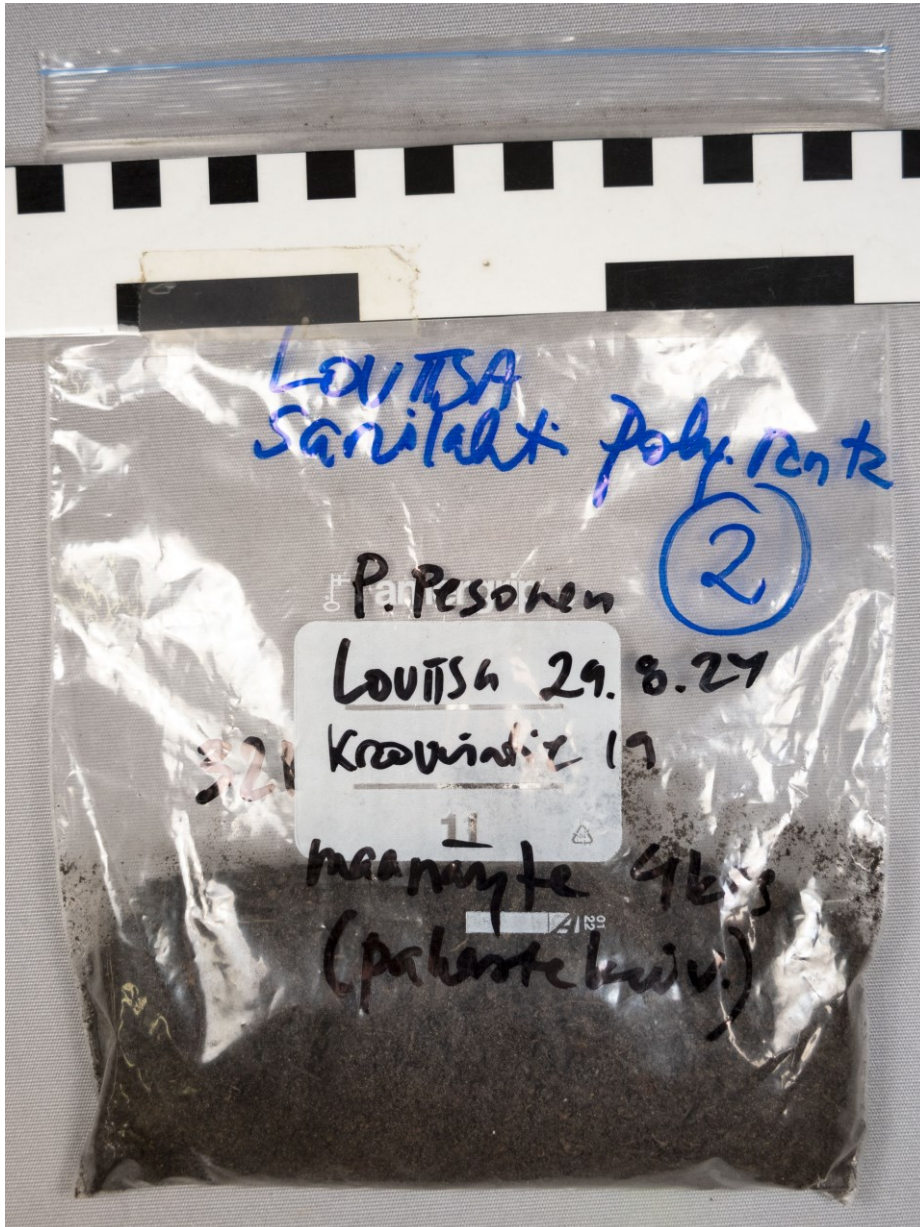


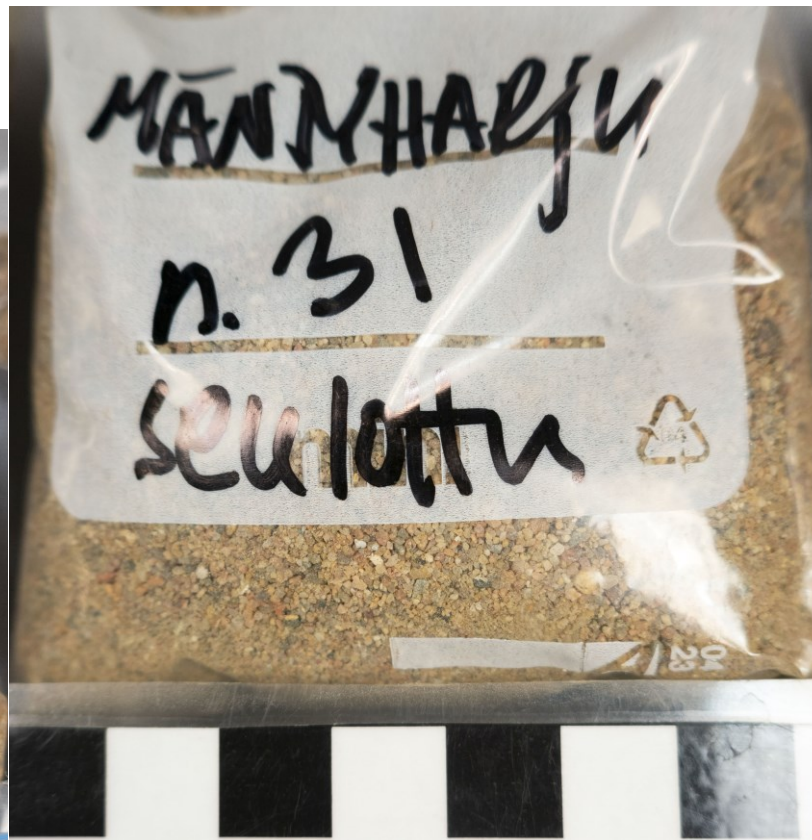
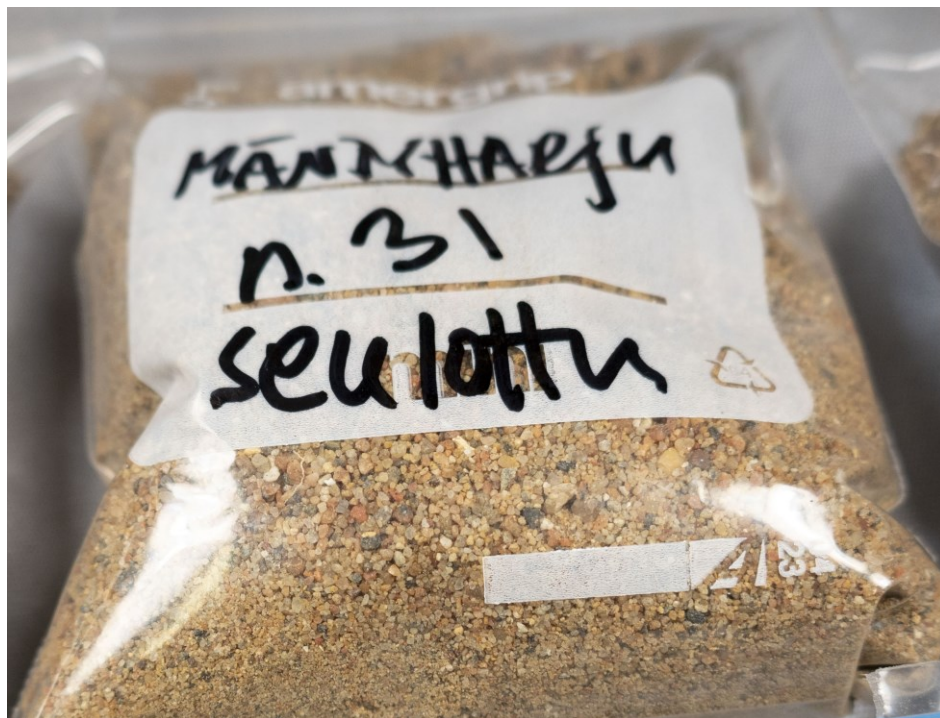


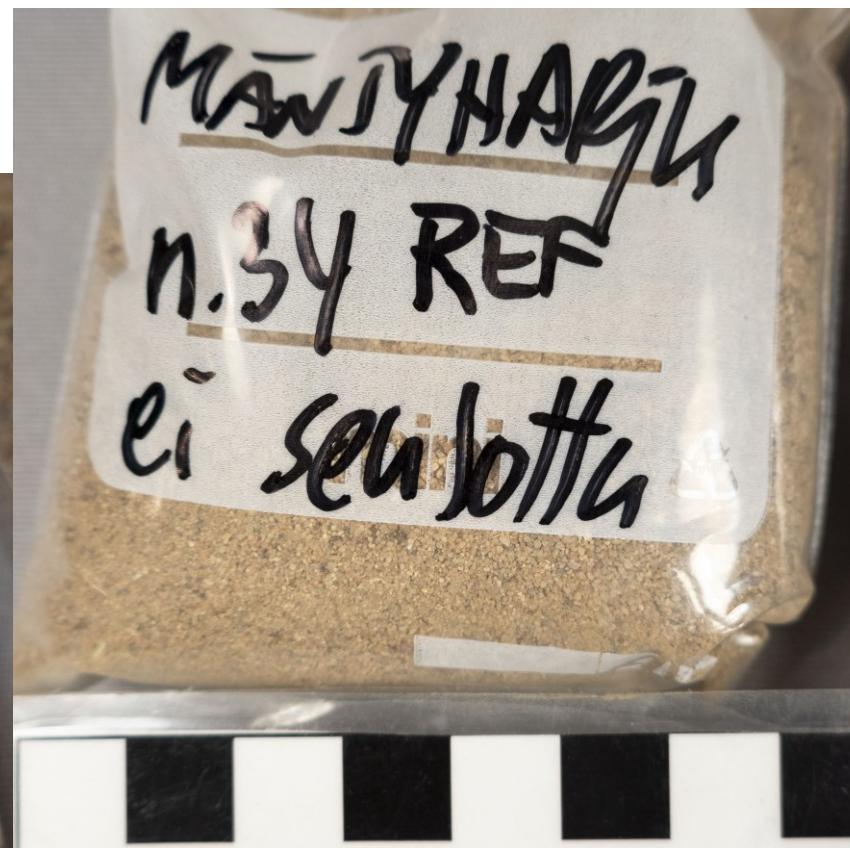
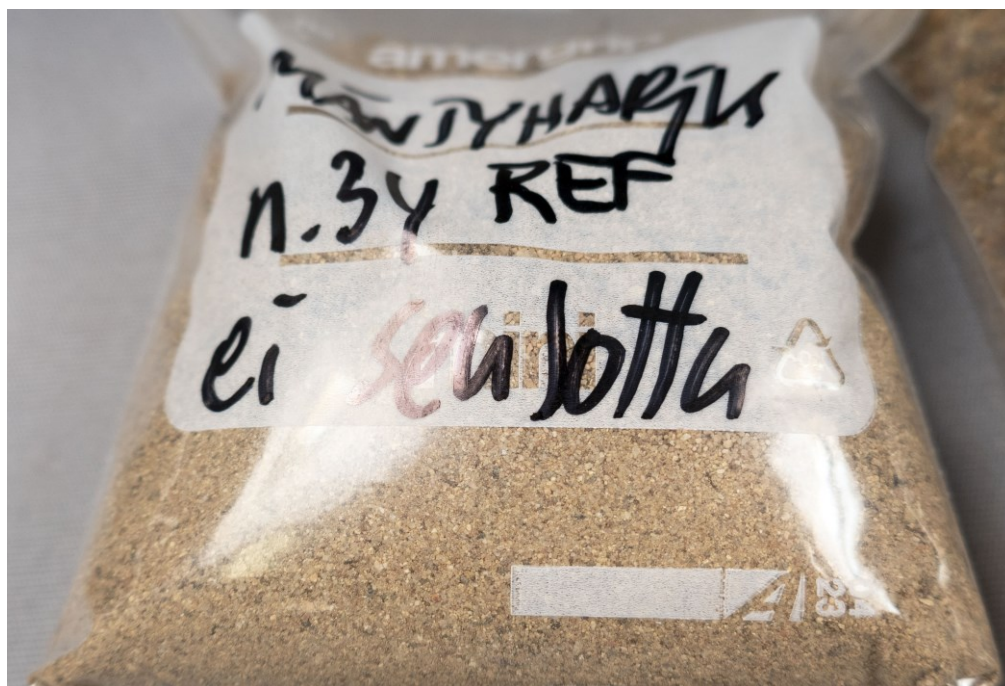


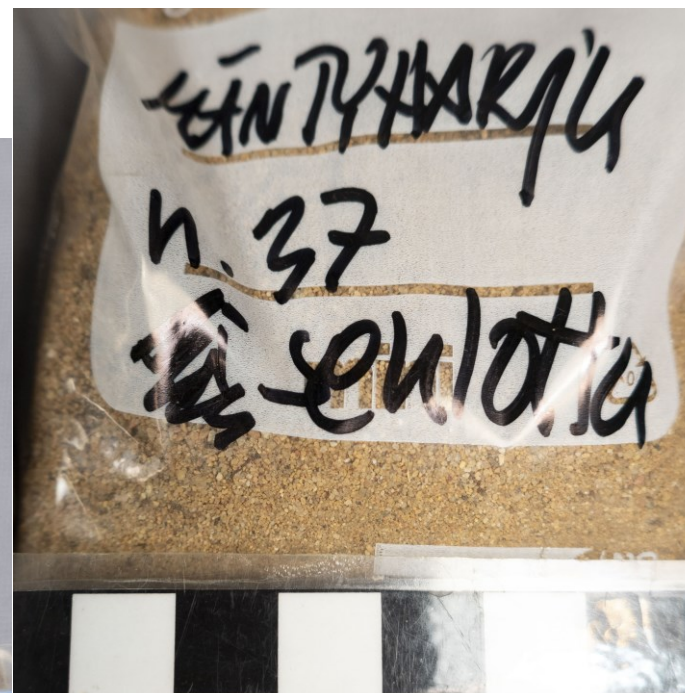
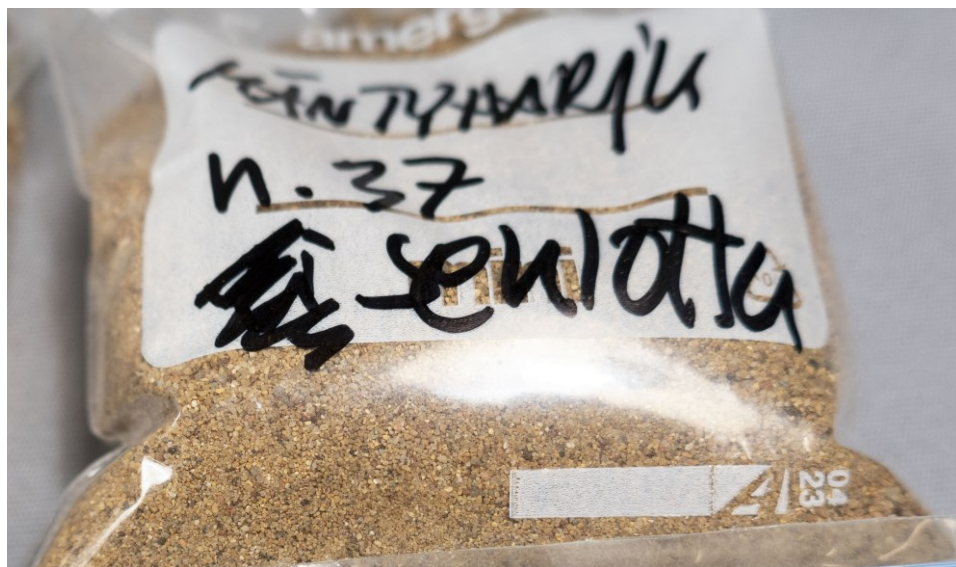


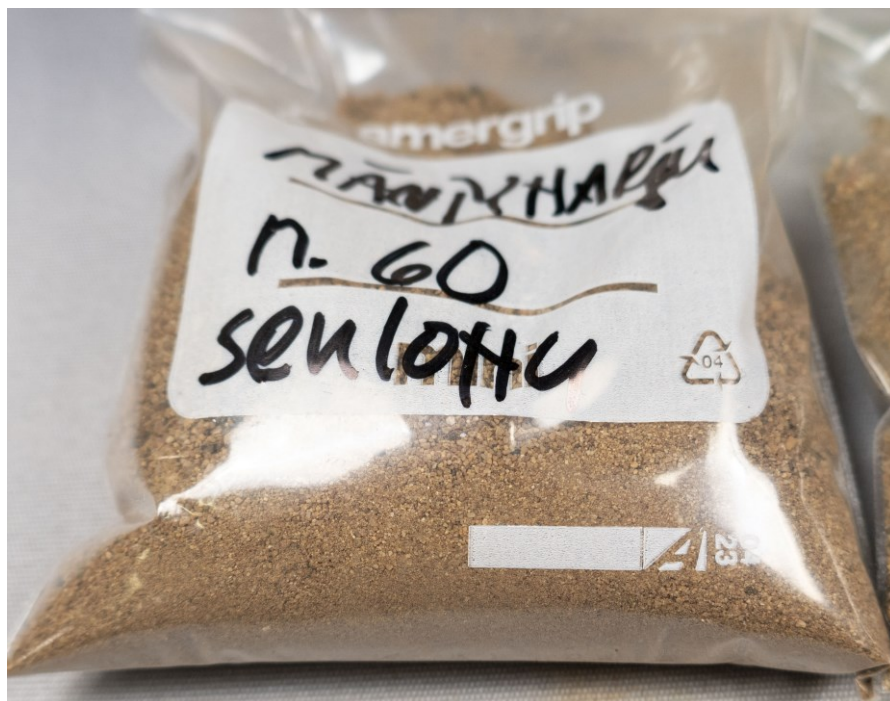


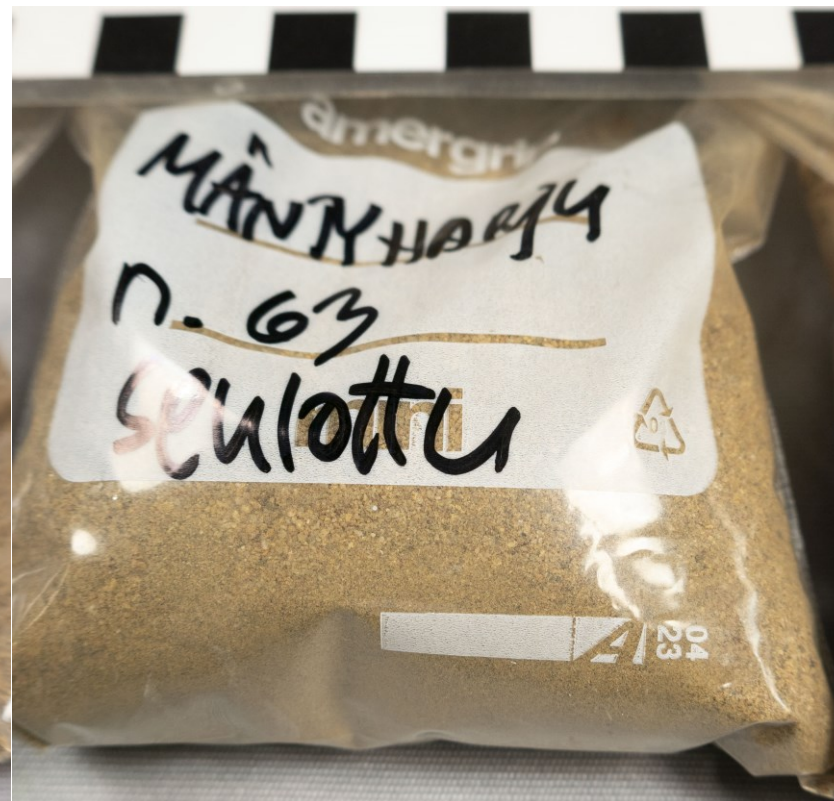
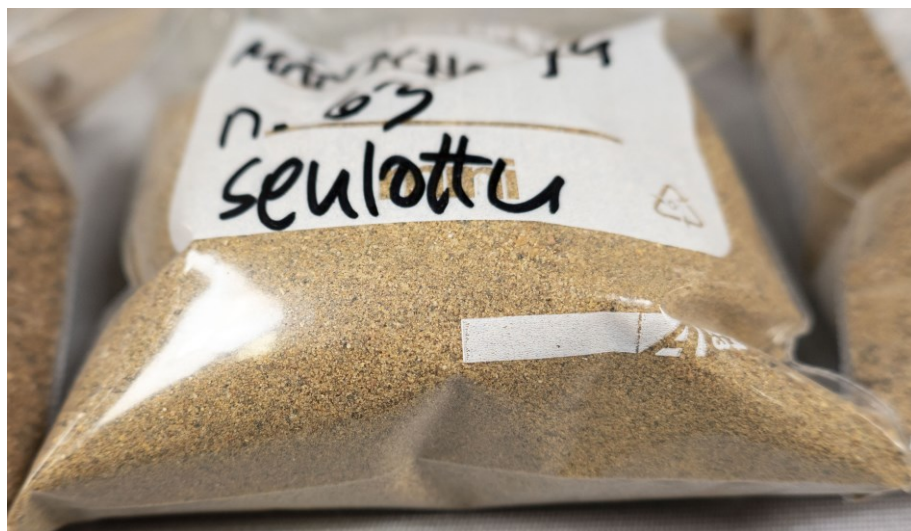


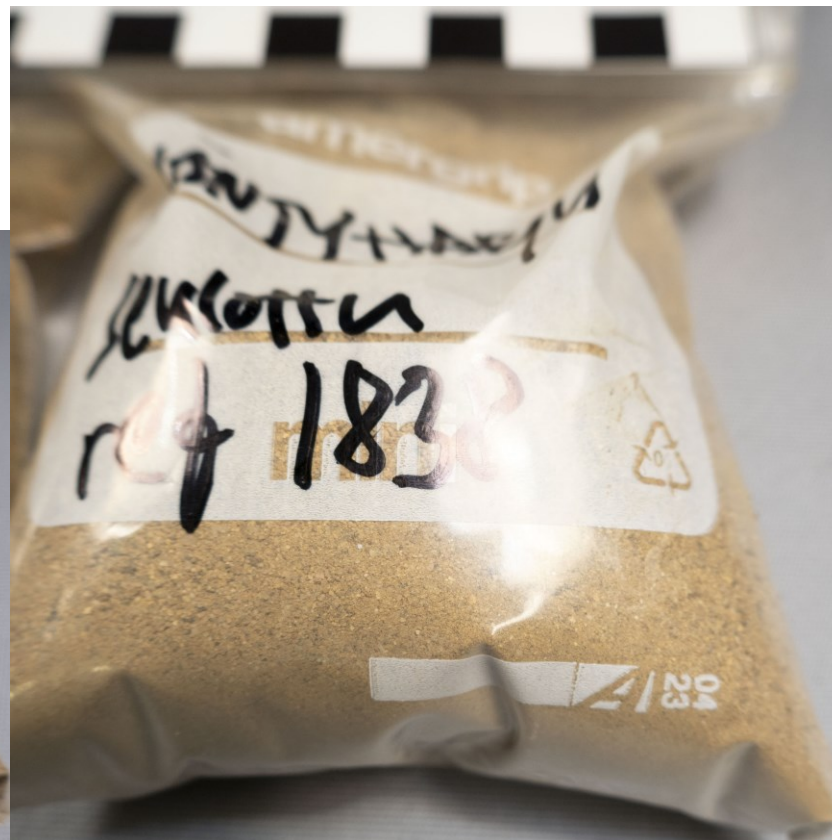
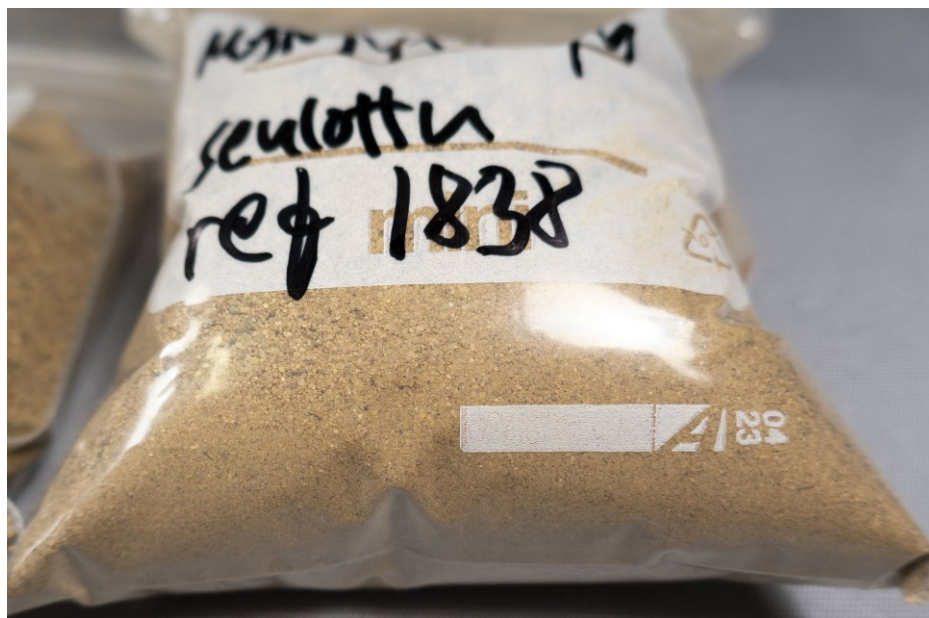












## Liite 3 Maanäyteanalyysin tulokset

Id-nro	Kohde	Selite	Paino [g]	Kuvaus	pH	Karvat ja kuidut
<b>Kosteat alanäytteet</b>						
286	Lieto Kylä- rynkö	3. krs	192	Tummaa/mustaa humuspitoista/orgaanista ainesta sisältävää maata, mukana joitain kiviä. Heinäkasvien fytoliitteja, hyönteisten osia	4.81	2 karvaa
321	Loviisa Sarvilahti	4. krs	148	Tummaa/mustaa erittäin humuspitoista maata, hiiltä, juurenkappaleita, hyönteisten osia	4.35	1 karva
31	Mäntyharju		180	Karkeahkoa vaaleaa hiekkaa, pieniä kiviä	5.17	Ei kuituja
37	Mäntyharju		191	Vaaleaa hienojakoista hiekkaa. Pieniä luujyviä. Siivilöitäessä erittäin runsaasti orgaanista kasviainestaainesta, joka jäi kokonaisuudessaan 0.125 seulaan. Erittäin runsaasti sienirihmoja, hieman pvl. Onko läheltä maanpintaa?	5:56	5 karvaa (mukana olett. modernia kontaminaatiota)
60	Mäntyharju		204	Ruskeaa hienoa hiekkaa, pieniä kiviä, yksittäisiä hiiliä. Paljon orgaanista ainesta.	5:04	Ei kuituja
63	Mäntyharju		239	Vaaleaa hienoa hiekkaa, pieniä kiviä, yksittäisiä hiilen paloja. Siivilöitäessä jonkin verran orgaanista kasviainesta, paljon sienirihmoja. 1-3 pvl.	5:20	Ei kuituja
658	Paimio Koi- vulinna	3. krs	444	Tummanruskeaa hiekkaa, mineraalipitoista, joukossa kiviä. Runsaasti kasvisolukkoa, hiusjuuria / itiörihmoja	5:11	1 barbule
589	Rautalampi Korsunlahti	3.krs 1	500	Tummanharmaata hienojakoista hiekkaa. Hiiltä, juurenkappaleita	5:43	Ei kuituja

y168	Helsinki Säätytalo	23	114	Tummanharmaata maa-ainesta, täynnä puuainesta, mikroskopoitaessa täynnä kasvisolukkoa. Hiiltä, hyönteisten osia	5.60	Ei kuituja
y171	Helsinki Säätytalo		110	Tummanharmaata maa-ainesta, erittäin runsaasti puupaloja, kasvinosia, neulasia, hiiltä ja tuhkaa.	6:45	Ei kuituja
y177	Helsinki Säätytalo		183	Tummanharmaata maa-ainesta, erittäin runsaasti puusilppua / purua, kasvinosia. Mikroskopoitaessa täynnä kasvisolukkoa ja runsaasti hyönteistenosia	4:19	2 karvaa
<b>Pakastekuivatut näytteet:</b>						
286	Lieto Kylä- rynkö	3. krs korujen alta	117			10 karvaa, 38 pvl- kuitua, 1 barbule
321	Loviisa Sarvilahti	4. krs	124			3 tekstiilikuitua, 1 barbule
37	Mäntyharju	seulottu	195			5 pvl-kuitua
658	Paimio Koi- vulinna	3. krs, alanäyte 1	290			Ei kuituja

Y168	Helsinki Säätytalo	23, N1	80			Ei kuituja
Y171	Helsinki Säätytalo	23	119			Ei kuituja
Y177	Helsinki Säätytalo	23	119	Erittäin runsaasti kuivaa puusilppua / purua--> vaikea tutkia		1 barbule, 2 karvaa

Näyte id	Kohde	Märkä/kuiva	Kuitu id	Tunnistus	Kuvaus
286	Lieto Kylärynkö	Märkä	K1	Tunnistamaton nisäkäs	Vaaleanruskea, medullaton, suomurakenne tyyppiä figureless waved / sketched. Halk. 21,9 µm, pit. 0,5 mm.
			K2	Lammas (villa)	Ruskea, medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 27,1 µm, pit. 1,0 mm.
		Kuiva	K1	Bovidae / Lammas (villa)	Vaalea, medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 19,9 µm, pit. 1,9 mm.

	K2	Lammas (villa)	Värjätty punainen, medullaton, suomurakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 26,5 µm, pit. 0,5 mm.
	K3	Tunnistamaton nisäkäs	Ruskea, medulla tubular, medullary index 0.49, suomurakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 52,6 µm, pit. 1,0 mm.
	K4	Puuvillakuitu	Osin punasävyinen puuvillakuitu.
	K5	Puuvillakuitu	Vihreä puuvillakuitu.
	K6	Puuvillakuitu	Sininen puuvillakuitu.
	K7	Tunnistamaton nisäkäs	Ruskea huonokuntoinen karva, tyhjä medullakanava, medullary index 0,53, suomurakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 43,8 µm, pit. 0,9 mm.
	K8	Tunnistamaton nisäkäs?	Vaalea erittäin huonokuntoinen karva (?), ei medullaa, suomurakenne ei havaittavissa. Halk. 40 µm, pit. 1,2 mm.
	K9	Puuvillakuitu	Kaksi puuvillakuitua, punainen ja sininen.

					Vaaleanruskea, voimakkaasti oheneva karvan pää, ohut katkeileva medulla / medullaton. Halk. 11,9 µm, pit. 1 mm.
			K10	Tunnistamaton nisäkäs	
			K11	Puuvillakuitu	Sininen puuvillakuitu.
			K12	Varpuslintu	Höytysäde, noodit mustat, noodien välit värittömät. Pit. 0,5 mm.
			K13	Tunnistamaton nisäkäs	Vaalean ruskea, medullaton, suomurakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 31,5 µm, pit. 0,7 mm.
			K14	Lammas (villa)	Medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 12,3 µm, pit. 1,1 mm.
			K15	Lammas (villa)	Medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 21,3 µm, pit. 1,2 mm.
			K16	Tunnistamaton nisäkäs	Ruskea karva, medullaton, suomurakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 20,8 µm, pit. 0,6 mm.
			Näytteessä yht. 38 pvl-kuitua		
321	Loviisa Sarvilahti	Märkä			Ruskea päällikarva, medullaton, suomurakenne figureless waved. Halk. 27,7 µm, pit. 0,7 mm.
		Kuiva	K1	Puuvillakuitu	Kellertävä puuvillakuitu

			K2	Puuvillakuitu	Sininen puuvillakuitu.
			K3	Kanalintu	Höytysäde, noodit rengasmaiset. Pit. 0,3 mm.
			K4	Tekstilikuitu	Anilliininpunainen tekstilikuitu, mahd. tekokuitu.
37	Mäntyharju	Märkä	K1	Tunnistamaton nisäkäs / kissa	Aluskarva, medulla nummiform uniseriäl. Halk. 16,6 µm, pit. 2,2 mm.
			K2	Tunnistamaton nisäkäs	Karvan juuriosa, medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 23 µm, pit. 0,8 mm.
			K3	Tunnistamaton nisäkäs / hyönteisen osa	Hyvin ohut karva, medullaton, suomurakenne coronal. Pit. 0,9 mm.
			K4	Päästäislaji	Aluskarva, medulla ohut tubular, suomurakenne elongated petal. Halk. 10,5 µm, pit. 1,2 mm.
			K5	Tunnistamaton nisäkäs	Vaalea karva, medullaton, suo- murakenne vaivoin havaittavissa. Halk. 19,7 µm, pit. 3,2 mm.
		Kuiva	K1	Puuvillakuitu	Sinertävä puuvillakuitu
			K2	Puuvillakuitu	Turkoosi puuvillakuitu
Näytteessä yht. 5 pvl-kuitua					
658	Paimio Koivulinna	Märkä	K1	Tunnistamaton lintu	Höytysäde, noodit väkäselliset. Pit. 0,4 mm.

y177	Helsinki Säätytalo	Märkä	K1	Tunnistamaton nisäkäs	Medullan kohdalta kahtia revennyt karva, suomurakenne mosaic. Pit. 1,1 mm.
			K2	Lammas (villa)	Ruskea karva, medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 21,3 µm, pit. 1,3 mm.
		Kuiva	K1	Tunnistamaton lintu	Höytysäteen kärkiosa. Pit. 0,4 mm.
			K2	Tunnistamaton nisäkäs	Ruskea karva, medullakanava tuhoutunut, suomurakenne mosaic. Halk. 36 µm, pit. 2,3 mm.
			K3	Lammas (villa)?	Ruskea karva, tummaa pigmentointia. Medullaton, suomurakenne mosaic. Halk. 18,6 µm, pit. 1 mm.