

**MORFOLOGIA JA OSTEOMETRIA SEKOITTUNEIDEN
LUUAINESTOJEN ANALYYSIMENETELMINÄ**

Maria Södö

Oulun yliopisto

Humanistinen tiedekunta

Arkeologian kandidaatintutkielma

24.3.2021

Ohjaaja: Heli Maijanen

Opponentti: Elena Maskulin

SISÄLLYSLUETTELO

JOHDANTO.....	3
1.SEKOITTUNEIDEN LUUAINEISTOJEN TUTKIMUSMENETELMISTÄ.....	5
1.1. Sekoittuneet luuaineistot ja sekoittuneiden aineistojen tunnistaminen	5
1.2. Sekoittuneiden luuaineistojen analyysi	5
2. TUTKIMUSAINEISTO JA ANALYYSIMENETELMÄT	8
3. AINEISTON TARKASTELU	10
3.1. Aineiston luiden morfologinen tarkastelu	10
3.2. Aineiston luiden osteometrinen tarkastelu	14
4. PÄÄTELMÄT.....	18
PÄÄTÄNTÖ	18
BIBLIOGRAFIA.....	19

JOHDANTO

Arkeologit löytävät toisinaan kenttätutkimustensa aikana ihmisjäännöksiä, vaikka Suomessa luulöytöjä ei yleensä esiinny yli tuhat vuotta vanhoissa kohteissa; Suomen happaman maaperän vuoksi luut maatuvat nopeasti¹, ja tästä syystä löydetty luuaineistot ovat usein huonokuntoisia. Luuaineistoa voidaan tutkia osteologian eli luututkimuksen avulla². Osteologisen tutkimuksen tavoitteena on yleensä määrittellä yksilöiden sukupuoli, ikä, terveydentila ja fyysinen aktiiviteetti³. Näiden tietojen avulla arkeologien on mahdollista tehdä päätelmiä menneisyyden yhteisöjen rakenteesta ja yhteisöjen terveydentilasta, ravinnosta sekä muuttoliikkeistä⁴. Hautauskäytännöt kertovat myös sosiaalisista ilmiöistä. Tämän vuoksi osteologinen tutkimus voi tarjota merkittäviä tietoja yhteisön sosiokulttuurisesta dynamiikasta.⁵

Sekoittunut luuaineisto vaikeuttaa osteologista tutkimusta. Sekoittunut luuaineisto tarkoittaa useamman kuin yhden yksilön luiden sekoittumista samassa kontekstissa⁶. Sekoittuneen luuaineiston kanssa työskentely on työlästä⁷ varsinkin silloin, kun luut ovat fragmentaarisia ja jäännöksiä on paljon⁸. Siksi tutkijan tulisi pystyä valitsemaan ne tutkimusmenetelmät, jotka ovat mahdollista toteuttaa osteologiseen tutkimukseen varatun ajan ja budjetin rajoissa, mutta samalla tuottaa luotettavaa ja käyttökelpoista tietoa aineistosta. Sekoittuneen luuaineiston analysointimenetelmät vaihtelevat tutkimuskysymysten perusteella⁹. Arkeologisessa kontekstissa, jossa henkilöiden tunnistaminen ei ole yksi sekoittuneen luuaineiston analyysin tavoitteista, löytyneiden luiden lajittelu ja luotettavat arviot yksilöiden lukumäärästä nousevat tutkimuksen keskiöön.¹⁰

Tutkielmani tavoitteena on arvioida kahden arkeo-osteologisen tutkimusmenetelmän, morfologian ja osteometrian, käytettävyyttä tarkastelemassani sekoittuneen luuaineiston analyysissä. Morfologialla tarkoitetaan luiden muotoa sekä yksityiskohtia ja osteometrialla luiden mittoja¹¹. Valitsin kyseiset menetelmät, koska ne ovat edullisia menetelmiä eivätkä vaadi eri-

¹ Haggrén 2009: 2.

² Tieteen termipankki 19.4.2021: Nimitys: osteologia. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:osteologia>

³ Junno & Niinimäki 2011: 92.

⁴ Heikkilä 2011: 94, 97.

⁵ Bertsatos & Chocalopoulou 2019: 253.

⁶ Osterholtz 2018.

⁷ Naji et al. 2014: 53.

⁸ Beck & Smith 2019: 832.

⁹ Naji et al. 2014: 53.

¹⁰ Adams & Byrd 2014: ix.

¹¹ White & Folkens 2005: 2, 424.

koista laitteistoa. Arkeologisissa tutkimuksissa osteologiselle analyysille ei yleensä ole varattu kovin suuria tutkimusresursseja¹².

Aineiston luut ovat peräisin Iin vanhan Haminan kesän 2009 kaivauksilla löydetystä luukuopasta. Luukuoppa sijaitsi Iin vanhan Haminan keskiaikaisen hautausmaan alueella, joka on ollut käytössä todennäköisesti 1400- ja 1500-luvuilla, mahdollisesti myös 1600-luvulla.¹³ Luukuoppien löytyminen hautausmaakaivausten yhteydessä ei ole sinänsä tavatonta¹⁴. Pitkään ja toistuvassa käytössä olleissa hautausmaissa sekoittuneet luuaineistot ovat tyypillisesti vain osittain säilyneitä¹⁵: Uusia hautakuoppia kaivettaessa vastaan tulleet luut on kerätty keskitetysti talteen, jonka jälkeen niitä on säilytetty väliaikaisesti kirkkomaan rakennuksissa. Lopulta luut on haudattu säilytystilojen loputtua yhteiseen kuoppaan kirkkomaan alueelle.¹⁶ Tämä on mahdollisesti ollut myös Iin vanhan Haminan luukuopan syntytapana¹⁷. Luukuopan luut eroavat muista sekoittuneista luuaineistoista, koska ne eivät enää sijaitse alkuperäisessä kontekstissaan, joten kaivausten aikana saatuja sijaintitietoja ei voida käyttää luukuopan luiden analyysissä.

Analyysissäni on otos olkaluun, reisiluun ja sääriluun luista. Luita on yhteensä 103. Valitsin nämä luut, koska olka-, reisi- ja sääriluu ovat ihmisluurangon suurimmat luut, joten ne ovat usein parhaiten säilyneitä arkeologisissa konteksteissa. Tarkasteltavia morfologisia piirteitä¹⁸ on yhteensä 34 ja osteometriä standardimittoja¹⁹ on yhteensä 17. Aineistosta on tutkittu aiemmin vainajien biologista profiilia sekä patologioita.²⁰

Tutkielmani keskittyy metodien käytettävyyden arviointiin melko huonosti säilyneessä suomalaisessa aineistossa, josta Iin luukuopan luut ovat esimerkkinä. Tutkielmani ei suoraan tuo lisätietoa Iin vanhan Haminan luuaineistosta, mutta aineisto mallintaa kuitenkin hyvin sitä tilannetta, jonka arkeologi voisi työssään kohdata. Koska molemmat valituista metodeista painottavat luiden hyvää säilyvyyttä, luiden kunto määrittelee metodien tarkkuuden ja luotettavuuden sekoittuneen luuaineiston analyysissä.

¹² Junno & Niinimäki 2011: 92.

¹³ Kallio-Seppä 2010: 6, 33.

¹⁴ Luukuoppia on löytynyt Iin vanhan Haminan kaivausten lisäksi esimerkiksi myös Oulun tuomiokirkon (Kehusma: 1996), Lappeenrannan kirkon (Salo: 2007) ja Pälkäneen rauniokirkon (Moilanen: 2013) kaivauksilta.

¹⁵ Bertsatos & Chocalopoulou 2019: 253.

¹⁶ Korpi & Kallio-Seppä 2011: 62.

¹⁷ Kallio-Seppä 2010: 33.

¹⁸ Valitsin tarkasteluun sellaiset piirteet, jotka muodostavat luiden selkeimmät tuntomerkit White & Folkens (2005) *The Human Bone Manual* -teosta mukaillen.

¹⁹ Buikstra & Ubelaker 1994 ja Langley et al. 2016. mukaisesti.

²⁰ Heikkilä 2011: 97–107; Vilka & Niinimäki 2011: 108–118; Kortelainen, Holappa & Niinimäki 2011: 127–133.

1. SEKOITTUNEIDEN LUUAINEISTOJEN TUTKIMUSMENETELMISTÄ

1.1. Sekoittuneet luuaineistot ja sekoittuneiden aineistojen tunnistaminen

Sekoittuneita luuaineistoja syntyy pääosin kolmella tavalla: 1) Aineisto on syntynyt alueella, joka on ollut pitkäaikaisessa käytössä. Esimerkiksi hautausmaat ovat tällaisia alueita. Pitkäaikaisessa käytössä olevat sekoittuneet luuaineistot ovat tyypillisesti syntyneet hautausmaata käyttäneen yhteisön toiminnasta. Eniten sekoittunutta luuaineistoa on syntynyt silloin, kun alkuperäisiltä hautapaikoilta on kerätty luita yhteen ja ne on haudattu uudelleen sekundaariseen hautapaikkaan. Näissä aineistoissa ei yleensä ole pienempiä luelementtejä, kuten käsien ja jalkojen luita, sillä niitä ei ole otettu mukaan alkuperäiseltä paikalta. 2) Aineisto on syntynyt yhden tapahtuman aikana. Nämä aineistot ovat yleensä joukkohautoja, jotka ovat muodostuneet esimerkiksi tautien, sodankäynnin tai uhrauksen vuoksi. Näissä haudoissa yksilöiden sekoittuminen riippuu tafonomisista prosesseista²¹ ja siitä, onko vainajat haudattu arkuissa. 3) Luita sekoittuu tahattomasti myös kentällä ja laboratorioissa analyysin tai säilyttämisen aikana.²² Kaivauksilla työskentelevä osteologi eli luututkija sekä huolellinen kaivausdokumentointi voivat estää tai ainakin vähentää luiden sekoittumista²³.

Sekoittuneesta luuaineistosta kertovat seuraavat seikat: 1) Aineistossa on kaksi samaa luuta samalta puolelta, esimerkiksi kaksi oikean puolen olkaluuta. 2) Aineiston luut ovat keskenään eri-ikäisiltä yksilöiltä. Aineistossa on esimerkiksi lapsen ja aikuisen luita. 3) Aineiston luissa on suuria koko- ja muotoeroja. 4) Sekoittuneesta aineistosta kertovat myös luiden mitasuhteiden selvä vääristyminen. Esimerkiksi olkaluun pituus ei voi olla reisiluun pituutta pidempi. 5) Luut ovat selvästi kuuluneet vastakkaiselle sukupuolelle. Toisinaan nämä erot tulevat selvästi esiin, kun tarkastellaan esimerkiksi lonkka- ja reisiluita. 6) Osassa luissa voi myös olla selviä merkkejä siitä, että luut ovat peräisin toisesta populaatiosta.²⁴

1.2. Sekoittuneiden luuaineistojen analyysi

Luiden analyysi alkaa inventoinnilla, jossa dokumentoidaan, mitkä luut ja luiden osat ovat paikalla sekä kummalta puolelta luut ovat peräisin²⁵. Vaikka sekoittuneen luuaineiston analyysimenetelmät vaihtelevat tutkimuskysymysten perusteella, sekoittuneesta luuaineistosta

²¹ Tafonomiset prosessit tarkoittavat yksilön jäänteiden maatumisprosessia ja siihen vaikuttavista ympäristö- ja kulttuuritekijöistä (Osterholtz 2018: 1).

²² Osterholtz 2018: 1.

²³ Tuller & Hofmeister 2014: 8–9.

²⁴ Schaefer 2014: 123.

²⁵ Ubelaker 2014: 3–4.

määritellään yleensä yksilöiden vähimmäismäärä MNI (eng. *Minimum Number of Individuals*) ja demografia eli sukupuoli- ja ikäjakauma.²⁶ Minimiyksilömäärä saadaan lajittelemalla samat luut omiksi ryhmikseen ja ottamalla suurimman ryhmän suurin kappalemäärä yksilömäärän arvioksi²⁷. Luiden piirteiden silmämääräinen tarkastelu, luuparien yhteensovitus ja nivelpintojen vertailu sekä luiden mittaaminen ovat usein käytettyjä menetelmiä sekoittuneiden luuaineistojen lajittelemisessa ja eri yksilöiden luiden tunnistamisessa²⁸.

Sekoittuneiden luuaineistojen luiden morfologinen lajittelu perustuu luiden koon ja muodon silmämääräiseen tarkasteluun. Morfologisen tutkimuksen avulla voidaan arvioida luuston molemmipuolisten elementtien samanlaisuutta, sekä sitä, kuuluvatko vierekkäiset tai nivELYvät luu samalle yksilölle. Luiden pareja etsitään vertailemalla esimerkiksi reisiluun oikeaa ja vasenta puolta toisiinsa. Toisiinsa nivELYvien luiden, kuten reisiluun ja lonkkaluun, kuulumista samalle yksilölle voidaan arvioida sovittamalla luiden nivelpintoja toisiinsa. Jos kaksi toisiinsa nivELYvää luuta eivät nivELY kovin hyvin toistensa kanssa, voidaan olettaa, etteivät ne kuulu samalle yksilölle. Luiden nivELYmisen arvioiminen onnistuu parhaiten luista, joiden nivelet ovat hyvin istuvia. Näitä liitoksia löytyy esimerkiksi kyynärpäästä, nikamista, lonkasta ja polvesta. Olkaluun ja lapaluun nivELYmistä on puolestaan vaikeampi arvioida, koska luiden nivELYminen näiden luiden välillä ei ole kovin tiukka.²⁹

Poissulkeminen on hyödyllinen metodi luiden morfologisessa lajittelessa, kun visuaalinen parin vertailu ja artikulaatiosovituksen tekniikat on käytetty³⁰. Tämä menetelmä toimii erityisen hyvin sekoittuneen luuaineiston lajittelessa, kun yksilömäärä on tiedossa³¹. Poissulkemisprosessissa luiden päällekkäisyys eli niin kutsutut tuplaluut oikealla tai vasemmalla puolella kertovat siitä, että luiden on oltava peräisin kahdelta henkilöltä. Tämä menetelmä toimii hyvin myös irtonikamien lajittelessa, sillä ylimääräisten nikamien tunnistaminen on helppoa. Luuston ikä auttaa poissulkemisessa, sillä kasvuiässä olevan yksilön luut on helppo erotella aikuisten luista.³² Myös geometrinen morfometria on yksi mahdollisuus sekoittuneiden luuaineistojen lajittelessa. Geometrisen morfometrian menetelmä tuottaa 3D-skannauksen avulla jokaisesta luusta koordinaattidatan. Luista saatu data syötetään ohjelmistoon, joka laskee tilastollisen todennäköisyyden sille, kuuluvatko luut samalle yksilölle. Tämä menetelmä

²⁶ Naji et al. 2014: 53.

²⁷ Konigsberg & Adams 2014: 197.

²⁸ Tuller & Hofmeister 2014: 21.

²⁹ L'Abbé 2005: 202.

³⁰ L'Abbé 2005: 202.

³¹ Byrd & LeGarde 2014: 167.

³² L'Abbé 2005: 202.

vaatii tosin digitointilaitteiston ja edellyttää tilastollista analyysiä varten suunnitellun ohjelmiston.³³

Morfologia on hyvä menetelmä sekoittuneiden luuaineistojen analyysissä erityisesti silloin, kun kyseessä on pieni joukko sekoittuneita yksilöitä. Morfologiaan perustuvat menetelmät ovat nopeita, edullisia sekä helppoja ja ne eivät tuhoa tutkittavaa luuaineistoa.³⁴ Morfoloogisen analyysin tulokseen ja tarkkuuteen vaikuttavat luita tutkivan osteologin kokemus ja käytössä olevien dokumentoitujen vertailuaineistojen³⁵ saatavuus. Suomesta ei juuri löydy luukokoelmia, joten Suomessa tehtävässä osteologisessa tutkimuksessa hyödynnetään pitkälti ulkomaisia vertailuaineistoja esimerkiksi yksilön iän, sukupuolen ja pituuden määrittelyssä³⁶. Vertailuaineistoja tarvitaan, koska ihmispopulaatioiden välillä ja myös populaation sisällä luiden mittasuhteissa ja leveydessä on paljon vaihtelua. Mittasuhteet vaihtelevat sukupuolen ja -polvien välillä, ja yksilön sairaudet ja saatu ravinto vaikuttavat myös luiden koon.³⁷

Osteometrian avulla osteologi voi arvioida luiden mittoja hyödyntäen, ovatko luut samalta yksilöltä. Osteometrinen lajittelu voidaan jakaa kolmeen päämuotoon: 1) molemminpuolisten luiden pariliitokseen, 2) vierekkäisten luiden yhdistämiseen ja 3) luiden koon vertailemiseen. Nämä osteometriset vertailumallit käyvät myös fragmentaarisiin aineistoihin, sillä mittoja otetaan useista luun kohdista.³⁸ Osteometrinen lajittelu hyödyntää tilastollisia menetelmiä, ja se tukee silmämääräistä arviointia³⁹. Eri luiden vertailumallit perustuvat mittojen summien logaritmiin, joka sijoitetaan vertailuaineistosta tehtyyn regressiokaavaan. Vasemman ja oikean puolen luiden yhdistämiseen kehitetyt vertailumallit korostavat luiden osteometrista kokoa. Tässä menetelmässä hyödynnetään luun pituus- ja ympärysmittaa lukuisissa kohdissa. Artikulaatiossa olevien luiden mallit lasketaan toisiinsa liittyvien osien kokoerojen avulla. Esimerkiksi reisiluun pään suurinta halkaisijaa verrataan lonkkamaljan suurimpaan halkaisijaan.⁴⁰ OsteoSort⁴¹ on tietokoneohjelma, joka on kehitetty sekoittuneen luuaineiston

³³ Fancourt et al. 2021: 3.

³⁴ Fancourt et al. 2021: 2.

³⁵ Vertailuaineistot ovat dokumentoituja luukokoelmia, jotka sijaitsevat ympäri maailmaa. Luukokoelmat ovat peräisin esimerkiksi hautausmailta, ruumishuoneilta sekä anatomian tai forensisen antropologian tutkimuslaitoksilta. Osteologi pääsee tutustumaan moniin kokoelmista ilmaiseksi tai käyttömaksua vastaan. (Maijanen 2021: Dokumentoidut luukokoelmat forensisen antropologian tietolähteinä. Kalmistopiiri. <https://kalmistopiiri.fi/2021/02/07/dokumentoidut-luukokoelmat-forensisen-antropologian-tietolahteina/>)

³⁶ Maijanen 7.2.2021:Dokumentoidut luukokoelmat forensisen antropologian tietolähteinä. Kalmistopiiri. <https://kalmistopiiri.fi/2021/02/07/dokumentoidut-luukokoelmat-forensisen-antropologian-tietolahteina/>

³⁷ Kortelainen, Holappa & Niinimäki 2011. 127.

³⁸ Bertsatos & Chocalopoulou 2019: 253.

³⁹ Byrd & LeGarde 2014: 168.

⁴⁰ Byrd & LeGarde 2014: 172, 174, 176.

analyysiin. OsteoSort-ohjelmaan syötetään luiden mittoja, joita ohjelma vertaa modernien amerikkalaisten luukokoelmien vertailuaineistoon. Ohjelman avulla voidaan etsiä oikean ja vasemman puolen luupareja ja artikuloivia luita sekä tarkastella tilastollista todennäköisyyttä sille, ovatko yksittäiset pitkät luut peräisin samasta yksilöstä.⁴²

Osteometrisen analyysin tehokkuus perustuu tutkittavan aineiston ja vertailuaineiston soveltamiskelpoisuuteen. Arkeologisessa tutkimuksessa vertailutietokannan luominen on usein hankalaa pienten otoskokojen vuoksi, ja mahdottomaksi se muuttuu silloin, kun jäännökset ovat sekoittuneet.⁴³ Osteometrinen menetelmä on niiden objektiivisuudessa: analyysiohjelma laskee todennäköisyyden vertailuaineiston perusteella sille, ovatko luiden mitat tarpeeksi samanlaisia ollakseen samasta yksilöstä. Tutkija tekee kuitenkin vielä lopullisen päätöksen katsomalla luita ja luiden morfologisia piirteitä tarkemmin.⁴⁴

2. TUTKIMUSAINIESTO JA ANALYYSIMENETELMÄT

Iin kunta sijaitsee Pohjois-Pohjanmaan maakunnassa Perämeren rannalla. Museovirasto suoritti kesällä 2009 arkeologisia kaivauksia Iin vanhan Haminan (ks. Kuva 1) alueella. Kaivaukset paljastivat keskiajalla käytössä olleen kirkon ja kirkon hautausmaan. Kaivausten yhteydessä dokumentoitiin ainakin 290 vainajan jäännökset. Alueelta löytyi myös irtoluita sisältä-



Kuva 1. Ii ja Iin vanha Hamina. Kuviin on merkitty kaivausten sijainti.

Karttapohjat ovat Paikkatietoikkunasta.

⁴¹OsteoSort on sekoittuneen luuaineiston analyysiin kehitetty ohjelma. Ohjelma on osoitteessa www.osteosort.net.

⁴²Lynch 2018: Osteosort. User Manual. www.osteosort.net.

⁴³Bertsatos & Chocalopoulou 2019: 253.

⁴⁴Fancourt et al. 2021: 2.

nyt luukuoppa.⁴⁵ Iin vanhan Haminan luukuopan luut ovat eri aikana eläneistä ja kuolleista yksilöistä, jotka on haudattu Iin vanhan Haminan hautausmaalle. Luukuopan syntyvaiheessa on suoritettu jonkinlaista valintaa⁴⁶, sillä kuopassa olevat luut olivat pääosin kalloja sekä pitkien raajojen luita⁴⁷. Luut olivat kuopassa irrallaan, eivätkä ne muodostaneet suljetun populaation kokonaisuutta. Suurin osa luista oli aikuisten luita. Luukuoppa oli noin puoli metriä syvä, muodoltaan pyöreä ja halkaisijaltaan 1,9 metriä. Luukuopassa olevat luut olivat säilyneet yksittäisten hautojen vainajien luita paremmin. Kallon luiden perusteella luukuopan minimiyksilömäärä on noin 160 yksilöä.⁴⁸ Kuopasta löytyneet luut on ryhmitelty kaivausten jälkitöiden aikana pahvilaatikoihin luutyypeittäin. Luukuopasta löytynyttä luuaineistoa säilytetään Oulun yliopiston Arkeologian oppiaineen laboratoriossa.⁴⁹

Analyysin kohteeksi valitsin olka-, reisi- ja sääriluista kustakin satunnaisen laatikkotoksen. Luiden määrä laatikossa riippuu luun koosta: mitä pienempikokoinen luu on kyseessä, sitä enemmän luita mahtuu yhteen laatikkoon. On mahdollista, että laatikoita on voitu muodostaa jälkitöiden jälkeen luutyypin lisäksi myös luiden kunnan perusteella. Tutkielmasani en kuitenkaan analysoi luita vaan arvioin kahden eri sekoittuneen luuaineiston analyysimenetelmien käytettävyyttä. Tästä johtuen aineiston edustavuus ei nouse tutkielmani onnistumisen kynnyksymykseksi. Kuvassa 2 on esimerkki aineistosta.



Kuva 2: Esimerkki aineiston luista. Kuva Maria Södö.

⁴⁵ Kallio-Seppä 2011: 6, 12, 14–15.

⁴⁶ Heikkilä 2011: 98.

⁴⁷ Korpi & Kallio-Seppä 2011: 61.

⁴⁸ Korpi & Kallio-Seppä 2011: 61.

⁴⁹ Kallio-Seppä 2010: 20.

Aloitin luuaineiston analyysin erottelemalla aineistosta tarkempaan tarkasteluun otettavan luuaineuksen. Tarkasteluun otin luut, joissa oli jäljellä vartta sekä vähintään kolmannes luun päästä. Tällä menetelmällä aineistoni ulkopuolelle rajautuivat ne luut, joissa oli jäljellä pelkästään luiden litistyneitä tai rapautuneita varren kappaleita tai rapautuneita päiden kappaleita. Olkaluista hylkäsin 12 varren ja 21 pään kappaletta, reisiluista kaksi varren kappaletta ja yhden pään kappaleen sekä sääriluista 72 varren ja 19 pään kappaletta. Rajasin tarkastelun ulkopuolelle myös yhden kasvuiässä olevalle yksilölle kuuluneen sääriluun. Luun ollessa kehitysvaiheessa, luun piirteet eivät ole täysin kehittyneet ja kaikkien tarkastelemiemi mittojen ottaminen ei ole mahdollista. Lähempään tarkasteluun valikoitui tällä menetelmällä 69 olkaluuta, 13 reisiluuta ja 21 sääriluuta.

Seuraavaksi tarkastelin luista valitsemiani morfologisia piirteitä. Tarkasteltavat morfologiset piirteet olen esitellyt tarkemmin luvussa kolme. Valitsin tarkasteluun sellaiset piirteet, jotka muodostavat luiden selkeimmät tuntomerkit. Morfologisten piirteiden valinnan apuna hyödynsin Whiten ja Folkensin (2005) *The Human Bone Manual* -teosta. Aineiston analyysin aikana jaottelin luiden morfologiset piirteet seuraavasti: 1) piirteistä pystyy tekemään tarkkoja havaintoja, 2) piirteistä on mahdollista tehdä jonkinlaisia havaintoja tai 3) piirteistä ei voida tehdä havaintoja.

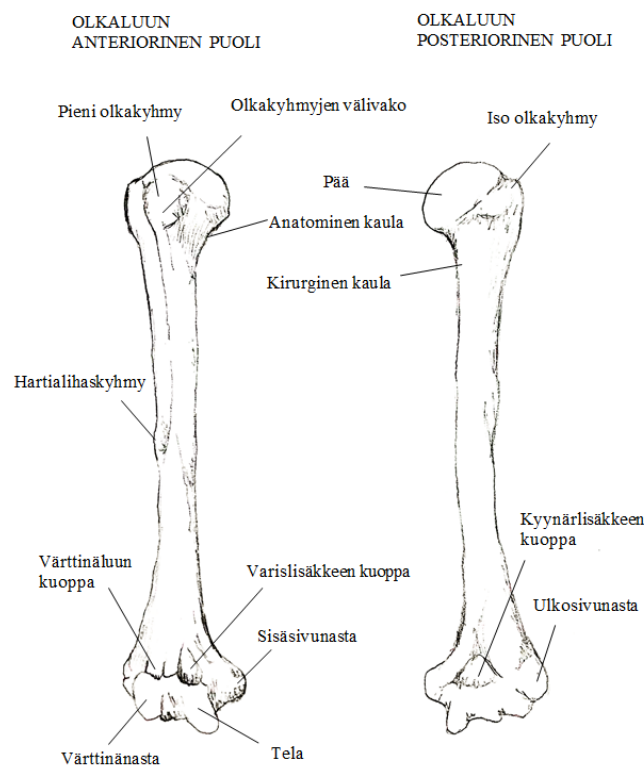
Luiden morfologisen havainnoinnin jälkeen tarkastelin luista myös sitä, kuinka monta tarvittavaa standardimittaa⁵⁰ luista pystyttäisiin ottamaan erilaisten tilastollisten lähestymistapojen hyödyntämistä varten. Tarkasteltavat osteometriset mitat olen esitellyt tarkemmin luvussa kolme. Aineiston analyysin aikana jaottelin luiden mitat seuraavasti: mitan ottaminen on mahdollista, mitan arviointi on mahdollista, tai mitan ottaminen ei ole mahdollista.

3. AINEISTON TARKASTELU

3.1. Aineiston luiden morfologinen tarkastelu

Sivun 11 kuvassa (Kuva 3) olen esittänyt olkaluusta tarkasteltavat morfologiset piirteet. Kuten kuvasta huomaa, tarkasteltavia piirteitä on yhteensä 14. Piirteet keskittyvät luun päihin. Varsinkin luun distaalipäässä sijaitsee paljon olkaluusta tarkkailtavia piirteitä.

⁵⁰ Buikstra & Ubelaker 1994; Langley et al. 2016.



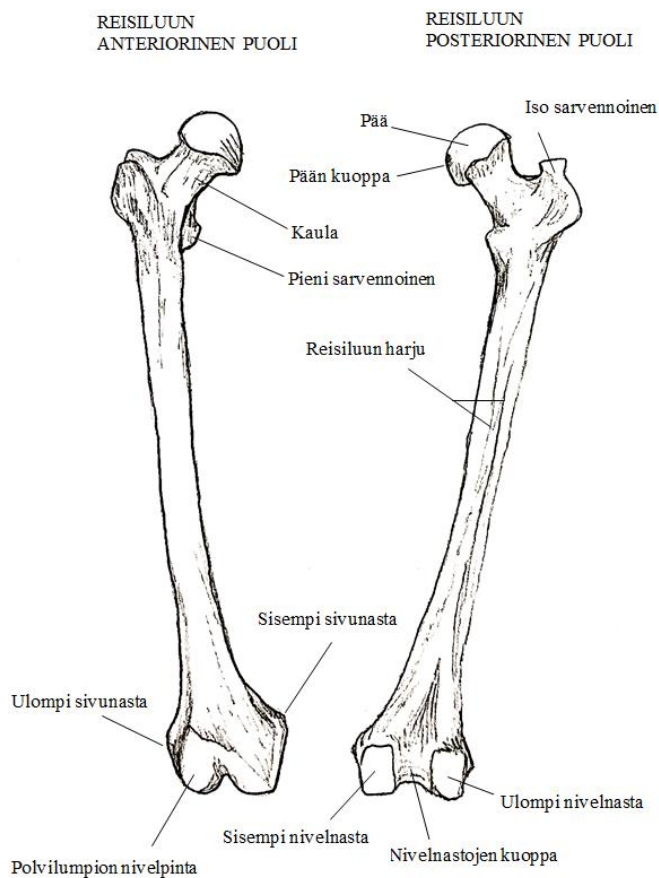
Kuva 3: Olkaluusta tarkasteltavat piirteet. Kuva Maria Södö.

Olen kerännyt sivulla 12 olevaan taulukkoon (Taulukko 1) tiedot olkaluun piirteiden esiintymisestä tarkastelemassani aineistossa. Kuten taulukosta yksi huomaa, parhaiten säilynyt piirre on luun varressa oleva hartialihaskahmy. Myös luun distaalipään kyynärlisäkkeen ja varislisäkkeen kuoppa ovat yleisesti aineistossa hyvin säilyneitä piirteitä. Huonoiten säilyneimmät olkaluun piirteet sijaitsevat aineiston luiden proksimaalipäässä. Näitä piirteitä ovat iso- ja pieni olkakahmy, olkaluun pää sekä anatominen että kirurginen kaula. Olkaluun distaalipään piirteistä voi tehdä muutamissa tapauksissa jonkinlaisia huomioita.

Sivun 12 kuvassa (Kuva 4) olen esittänyt aineiston reisiluista tarkasteltavat piirteet. Tarkasteltavia piirteitä on yhteensä 12. Olkaluun tapaan suurin osa tarkasteltavista piirteistä sijaitsee luiden päissä. Reisiluussa erityisesti distaalipään morfologian tarkastelu tuo paljon tietoa luusta. Sivun 13 taulukkoon (Taulukko 2) olen koonnut tarkasteltavien piirteiden esiintymisen aineistossa. Taulukosta kaksi huomaa, että reisiluun piirteistä parhaiten ovat säilyneet reisiluun proksimaalipäässä pään kuoppa ja reisiluun kaula. Reisiluun distaalipäässä parhaiten ovat säilyneet polvilumpion nivelpinta ja nivelnastojen kuoppa. Reisiluun päästä, reisiluun harjusta ja polvilumpion nivelpinnasta voi tehdä aineiston luista jonkinlaisia huomioita. Huonoiten säilyneitä piirteitä aineistossa ovat distaalipään nivel- ja sivunastat.

Taulukko 1: Olkaluusta tarkasteltavien piirteiden esiintyminen aineistossa.

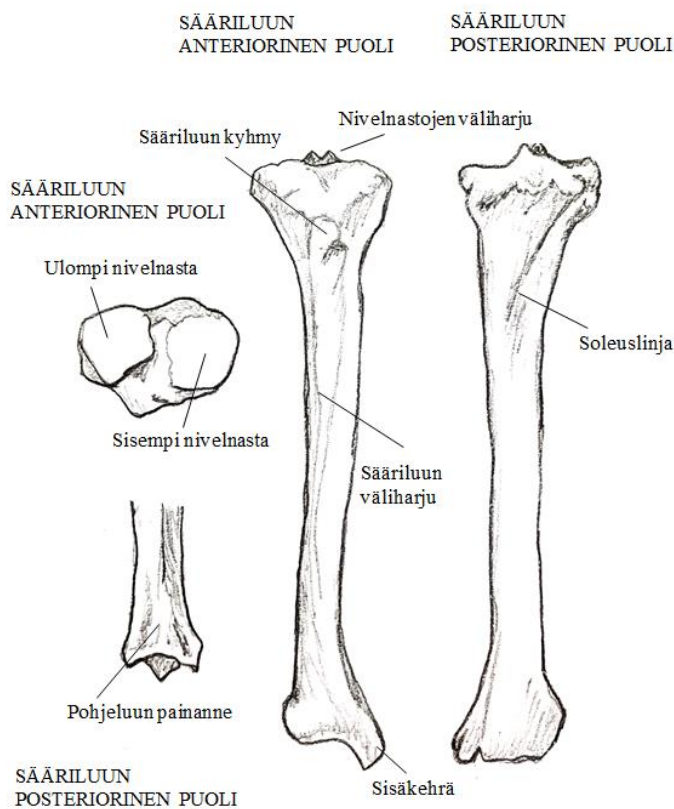
OLKALUU: 69 kpl	Piirteestä voi tehdä tarkkoja havaintoja	Piirteestä voi tehdä havaintoja	Piirteestä ei voi tehdä havaintoja
Piirre	%	%	%
Pää	1,4 %	10,1 %	88,5 %
Iso olkakyhmy	1,4 %	5,8 %	92,8 %
Pieni olkakyhmy	10,1 %	2,8 %	87,1 %
Anatominen kaula	11,5 %	1,4 %	87,1 %
Kirurginen kaula	13,1 %	2,8 %	84,1 %
Olkakyhmyjen välivako	11,5 %	2,8 %	85,7 %
Hartialihaskyhy	59,4 %	27,5 %	13,1 %
Kyynärlisäkkeen kuoppa	44,9 %	21,8 %	33,3 %
Varislisäkkeen kuoppa	43,5 %	20,3 %	36,2 %
Värttinäluun kuoppa	21,8 %	18,8 %	59,4 %
Sisäsivunasta	7,2 %	31,9 %	60,9 %
Ulkosivunasta	10,1 %	11,5 %	78,4 %
Tela	13,1 %	27,5 %	59,4 %
Värttinänasta	8,7 %	20,3 %	71,0 %



Kuva 4: Reisiluusta tarkasteltavat piirteet. Kuva Maria Södö.

Taulukko 2: Reisiluusta tarkasteltavien piirteiden esiintyminen aineistossa.

REISILUU: 13 kpl	Piirteestä voi tehdä tarkkoja havaintoja	Piirteestä voi tehdä havaintoja	Piirteestä ei voi tehdä havaintoja
Piirre	%	%	%
Pää	7,7 %	61,5 %	30,8 %
Pään kuoppa	53,8 %	15,4 %	30,8 %
Kaula	53,8 %	30,8 %	15,4 %
Iso sarvennoinen	30,8 %	23,1 %	46,1 %
Pieni sarvennoinen	30,8 %	38,4 %	30,8 %
Reisiluun harju	38,4 %	61,6 %	0,0 %
Sisempi sivunasta	7,7 %	7,7 %	84,6 %
Ulompi sivunasta	0,0 %	7,7 %	92,3 %
Sisempi nivelnasta	7,7 %	7,7 %	84,6 %
Ulompi nivelnasta	7,7 %	30,8 %	61,5 %
Nivelnastojen kuoppa	76,9 %	23,1 %	0,0 %
Polvilumpion nivelpinta	46,15 %	46,15 %	7,7 %



Kuva 5: Saäriluusta tarkasteltavat piirteet. Kuva Maria Södö

Sivun 13 kuvassa (Kuva 5) olen esittänyt sääriluusta tarkasteltavat piirteet, joita on yhteensä kahdeksan kappaletta. Olka- ja reisiluun tapaan suurin osa sääriluista tarkasteltavista piirteistä sijaitsee luun päissä. Erityisesti sääriluun proksimaalipään säilyminen on tärkeää, jotta luusta voitaisiin tehdä mahdollisimman paljon morfologisia huomioita. Olen kerännyt taulukoon kolme yhteen tarkasteltavien piirteiden esiintymisen aineistossa. Kuten taulukosta kolme huomaa, sääriluun piirteistä parhaiten ovat säilyneet varren soleuslinja ja sääriluun väliharju. Sääriluun distaalipään sisäkehrästä pystyy noin puolesta aineiston luista tekemään jonkinlaisia havaintoja. Aineiston huonoiten säilyneet piirteet ovat proksimaalipään sääriluun kyhmy, ulompi ja sisempi nivelnasta ja nivelnastojen väliharju. Distaalipäästä tarkasteltavat piirteet eli pohjeluun painanne ja sisäkehrä olivat aineistossa huonosti säilyneitä piirteitä.

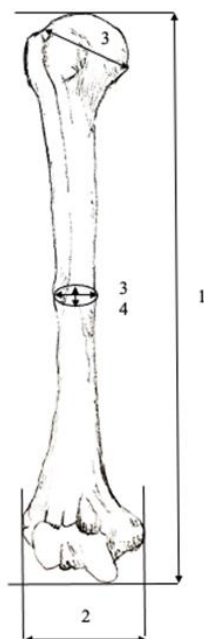
Taulukko 3: Sääriluusta tarkasteltavien piirteiden esiintyminen aineistossa.

SÄÄRILUU: 21 kpl	Piirteestä voi tehdä tarkkoja havaintoja	Piirteestä voi tehdä havaintoja	Piirteestä ei voi tehdä havaintoja
Piirre	%	%	%
Nivelnastojen väliharju	19,0 %	28,6 %	52,4 %
Sääriluun kyhmy	9,5 %	33,3 %	57,2 %
Soleuslinja	57,2 %	19,0 %	23,8 %
Sääriluun väliharju	47,6 %	28,6 %	23,8 %
Sisäkehrä	0,0 %	57,1 %	42,9 %
Pohjeluun painanne	9,5 %	33,3 %	57,2 %
Sisempi nivelnasta	28,6 %	28,6 %	42,8 %
Ulompi nivelnasta	4,8 %	38,1 %	57,1 %

3.2. Aineiston luiden osteometrinen tarkastelu

Sivun 15 kuvassa (Kuva 6) olen esitellyt olkaluusta tarkasteltavat mitat. Kuten kuvasta huomaa, tarkasteltavia mittoja on yhteensä 5. Olen koonnut sivun 15 taulukkoon (Taulukko 4) olkaluista tarkasteltavien mittojen esiintymisen aineistossa. Kuten taulukosta neljä voi havaita, tarkastelussa olevat olkaluut ovat varsin huonokuntoisia. Yleensä varsi säilyy hyvin pitkissä luissa, mutta vain 24,6 prosentista tarkastelemistani olkaluista pystyttäisiin ottamaan luun varren keskikohdan halkaisijan mittoja. Muutamasta aineiston luusta pystyy antamaan jonkinlaisia arvioituja mittoja olkaluun distaalipäästä. Olkaluiden tärkeiden mittojen eli olkaluun maksimimitan ja pään halkaisijan ottaminen on mahdollista vain muutaman luun kohdalla.

OLKALUUN
ANTERIORINEN PUOLI



1. Maksimipituus
2. Leveys sivunastojen kohdalta
3. Vertikaalinen pään halkaisija
4. Maksimihalkaisija luun varren keskikohdasta
5. Minimihalkaisija luun varren keskikohdasta

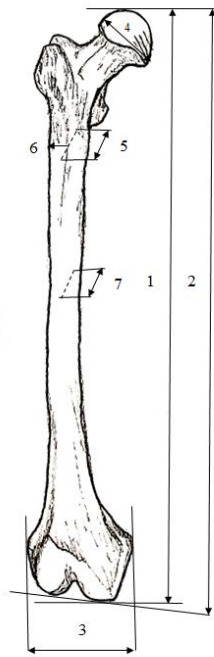
Kuva 6: Olkaluusta tarkasteltavat mitat. Kuva Maria Södö.

Taulukko 4: Olkaluista tarkasteltavien mittojen esiintyminen aineistossa.

OLKALUU: 69 kpl	Mitan ottaminen on mahdollista	Mitan arviointi on mahdollista	Mitan ottaminen ei ole mahdollista
Mitta	%	%	%
Maksimipituus	4,4 %	2,8 %	92,8 %
Leveys sivunastojen kohdalta	10,1 %	13,1 %	76,8 %
Vertikaalinen pään halkaisija	1,4 %	5,8 %	92,8 %
Maksimihalkaisija luun varren keskikohdasta	24,6 %	4,4 %	71,0 %
Minimihalkaisija luun varren keskikohdasta	24,6 %	4,4 %	71,0 %

Sivun 16 kuvassa (Kuva 7) olen esitellyt reisiluusta otettavat mitat. Tarkasteltavia mittoja on yhteensä seitsemän. Sivun 16 taulukossa (Taulukko 5) on yhteenveto tarkastelemistani reisiluista. Kuten taulukosta viisi näkee, reisiluut ovat varreltaan hyväkuntoisia, sillä kolme mittoista pystyttäisiin ottamaan kaikista luista. Eniten reisiluut ovat vaurioituneet luiden päistä. Reisiluun leveyttä nivelnastojen kohdalta pystyttäisiin ottamaan vain yhdestä luusta. Reisiluun pituuksia sekä pään halkaisijasta olisi mahdollista antaa arvioituja mittoja.

REISILUUN
ANTERIORINEN PUOLI



1. Maksimipituus
2. Pituus
3. Leveys sivunastojen kohdalta
4. Maksimi pään halkaisija
5. Varren halkaisija sarvennoisen alta (etu-taka-suuntainen)
6. Varren halkaisija sarvennoisen alta (sisä-sivu-suuntainen)
7. Luun varren halkaisija varren keskikohdasta (etu-taka-suuntainen)

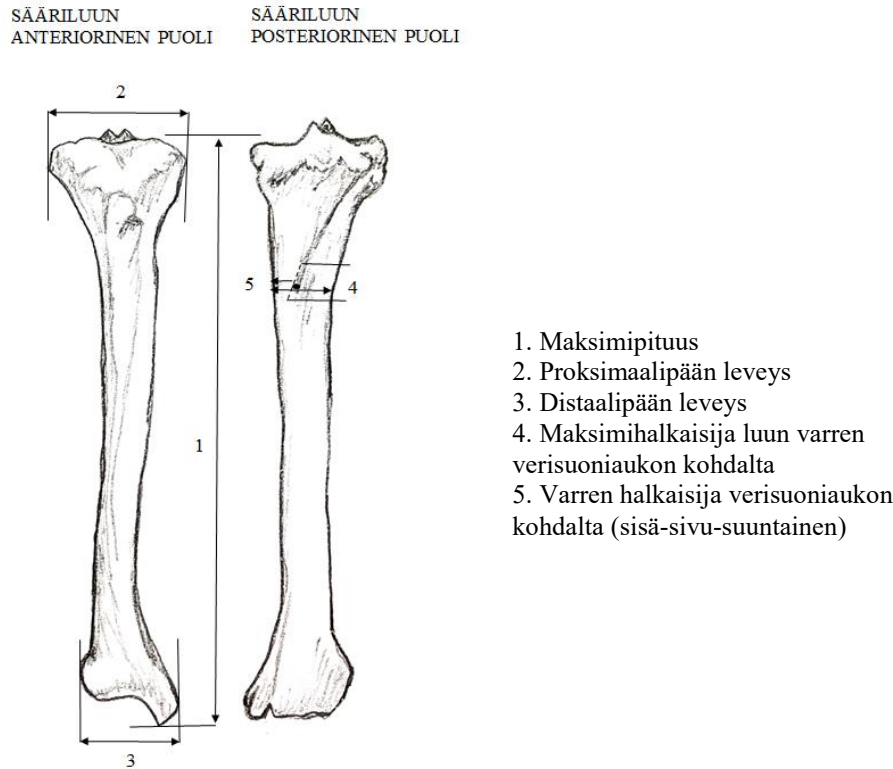
Kuva 7: Reisiluusta tarkasteltavat mitat. Kuva Maria Södö.

Taulukko 5: Reisiluista tarkasteltavien mittojen esiintyminen aineistossa.

REISILUU: 13 kpl	Mitan ottaminen on mahdollista	Mitan arviointi on mahdollista	Mitan ottaminen ei ole mahdollista
Mitta	%	%	%
Maksimipituus	7,7 %	53,8 %	38,5 %
Pituus	0,0 %	38,5 %	61,5 %
Leveys nivelnastojen kohdalta	7,7 %	0,0 %	92,3 %
Maksimi pään halkaisija	7,7 %	53,8 %	38,5 %
Varren halkaisija sarvennoisen alta (etu-taka-suuntainen)	100,0 %	0,0 %	0,0 %
Varren halkaisija sarvennoisen alta (sisä-sivu-suuntainen)	100,0 %	0,0 %	0,0 %
Luun varren halkaisija varren keskikohdasta (etu-taka-suuntainen)	100,0 %	0,0 %	0,0 %

Sivun 17 kuvassa (Kuva 8) olen esitellyt sääriluista tarkasteltavat mitat. Mittoja on yhteensä viisi, ja ne keskittyvät sääriluun proksimaalipäähän. Sivun 17 taulukoon (Taulukko 6) olen koonnut tarkastelun tulokset. Taulukosta kuusi havaitsee, että tarkastelussa olevat sääriluut ovat melko huonokuntoisia. Esimerkiksi sääriluiden maksimipituuden ja luiden päiden leveysien ottaminen on paria tapausta lukuun ottamatta mahdotonta. Sääriluun varren halkaisija

pystyttäisiin ottamaan tai ainakin arvioimaan suurimmasta osasta tarkasteltavista luista. Sääri-
luun proksimaalipään leveyttä ei voisi ottaa yhdestäkään aineiston sääri-
luista.



Kuva 8: Reisiluusta tarkasteltavat mitat. Kuva Maria Södö.

Taulukko 6: Sääri-
luista tarkasteltavien mittojen esiintyminen aineistossa.

SÄÄRILUU: 21 kpl	Mitan ottaminen on mahdollista	Mitan arviointi on mahdollista	Mitan ottaminen ei ole mahdollista
Mitta	%	%	%
Maksimipituus	4,8 %	0,0 %	95,2 %
Proksimaalipään leveys	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Distaalipään leveys	9,5 %	23,8 %	66,7 %
Maksimihalkaisija luun varren verisuoniaukon kohdalta	38,1 %	33,3 %	28,6 %
Varren halkaisija verisuoniaukon kohdalta (sisä-sivu-suuntainen)	38,1 %	33,3 %	28,6 %

4. PÄÄTELMÄT

Aineiston luista reisi- ja sääriluut ovat säilyneet olkaluita paremmin. Tulos ei ole yllättävä, sillä alaraajojen pitkät luut ovat käden pitkiä luita kookkaampia ja siten ne säilyvät paremmin arkeologisissa kohteissa. Tästä syystä morfologinen ja osteometrinen analyysi onnistuisi kaikista parhaiten aineiston reisi- ja sääriluista. Tarkastelemistani luista parhaiten ovat säilyneet luiden varret. Koska pääosa luiden morfologisista piirteistä sijaitsee luiden päissä, luiden morfologian tarkastelu ei ole kovin toimiva analyysimenetelmä tässä aineistossa. Pitkien luiden tärkeimpinä osteometrisinä mittoina voidaan pitää luiden kokonaispituutta, luiden päiden leveyttä ja halkaisijaa. Koska tarkastelemieni pitkien luiden päät ovat säilyneet huonosti, näiden mittojen ottaminen ei monessa tapauksessa ole mahdollista. Niinpä myös osteometrinen mittojen avulla tapahtuva aineiston lajittelu olisi hyvin hankalaa. Näiden havaintojen perusteella aineiston analyysi morfologisten piirteiden tai osteometrinen mittojen avulla ei toisi kovin luotettavaa ja toimivaa tutkimusmenetelmää Iin vanhan Haminan luukuopan sekoittuneen luuaineiston lajitteluun.

PÄÄTÄNTÖ

Tutkielmani tavoitteena oli arvioida, kuinka hyvin sekoittuneen luuaineiston morfologiset ja osteometriset analyysimenetelmät soveltuisivat yhden arkeologisen kohteen luulöydösten analyysiin. Tutkimusaineistonani käytin Iin vanhan Haminan luukuopan luita. Tarkempaan tarkasteluun valitsin otoksen luukuopasta löytyneistä olka-, reisi- ja sääriluista. Tarkastelin yhteensä 103 luuta. Valitsin tarkasteluun luiden tärkeimmät morfologiset piirteet, joita on yhteensä 34 kappaletta. Luista tarkasteltavat osteometriset mitat ovat osteologisen tutkimuksen standardimittoja. Tarkasteltavia mittoja on yhteensä 17. Aineiston luiden tarkastelu paljasti, että luut ovat huonosti säilyneitä. Koska molemmat sekoittuneen luuaineiston analyysimenetelmät perustuvat luiden kuntoon, sekoittuneen luuaineiston lajittelu morfologisten ja osteometrinen menetelmien avulla ei toisi tarkastelemalleni aineistolle kovin tarkkoja ja luotettavia tuloksia. Tutkielmani johtopäätöksenä on, että morfologian ja osteometrian tutkimusmenetelmät toimivat hyvin säilyneessä aineistossa, mutta suomalaisessa huonosti säilyneessä luuaineistossa sekoittuneen luuaineiston analyysi voi olla lähes mahdotonta näillä menetelmillä. Tarkastelemaani aineistoa voisi tutkia vielä esimerkiksi geometrisen morfometrian avulla. Tällä menetelmällä esimerkiksi luuparien löytäminen aineiston luista voisi olla hyvin mahdollista.

BIBLIOGRAFIA

Tutkimuskirjallisuus

- Bertsatos, A. & Chocalopoulou, M-E. 2019: Validation study of osteometric techniques for sorting commingled human skeletal remains in archaeological samples. *International Journal of Osteoarchaeology* vol. 29 (2): 253–259.
- Beck, J. & Smith, H.B. 2019: Don't throw the baby teeth out with the bathwater. Estimating subadult age using tooth wear in commingled archaeological assemblages. *International Journal of Osteoarchaeology* vol. 29 (5): 831–842.
- Buikstra, J.E. & Ubelaker, D.H. 1994: *Standards for data collection from human skeletal remains*. Arkansas Archeological Survey Research Series no 44.: Fayetteville.
- Byrd, J.E. & LeGarde, C.B. 2014: Osteometric Sorting. Bradley J.A. & John E.B. (eds.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 167–191. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Fancourt, Hayley S.M., Lynch, Jeffrey J., Byrd, J.E. & Stephan, Carl N. 2021: Next-generation osteometric sorting: Using 3D shape, elliptical Fourier analysis, and Hausdorff distance to optimize osteological pair-matching. *Journal of Forensic Sciences*. Epub February 2021.
- Haggrén, G. 2009: Arvaamattoman arvokkaat luut. *Suomen keskiajan arkeologian seura*. 2/2009: 2.
- Heikkilä, T. 2011: Luukuoppa-aineiston paleopatologinen tarkastelu. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 97–105. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- Junno, J.-A. & Niinimäki, S. 2011: Osteologia eli luututkimus. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 92–94. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- Kallio-Seppä, T. 2010: *Iin Haminan Yläkadun kunnostustyöt. Hautausmaan arkeologinen koe- ja pelastuskaivaus (25.5.–3.7.2009) sekä seuranta (elo-syyskuu 2009)*. Tutkimusraportti. Museovirasto, rakennushistorian osasto: Helsinki.
- Kallio-Seppä, T. 2011: Kenttätutkimusprojektin vaiheista. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 12–17. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- Kehusmaa, A. 1996: *Oulun tuomiokirkon kaivaukset 1996. Kaivauskertomus*. Tutkimusraportti. Oulun seurakuntayhtymä: Oulu.
- Konigsberg, L.W. & Adams, B.J. 2014: Estimating the Number of Individuals Represented by Commingled Human Remains. A Critical Evaluation of Methods. Bradley, J.A. & Byrd, J.E. (eds.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 193–220. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Korpi, H.-K. & Kallio-Seppä, T. 2011: Vainajien hautaustavoista. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 54–69. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- Kortelainen, T., Holappa, M. & Niinimäki, S. 2011: Paino- ja pituusarvioita. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 127–133. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- L'Abbe', E.N. 2005: A case of commingled remains from rural South Africa. *Forensic Science International* vol. 151 (2–3): 201–206.

- Langley, N.R., Jantz, L.M., Ousley, S.D., Jantz, R.L. & Milner, G. 2016: *Data Collection Procedures for Forensic Skeletal Material 2.0*. The University of Tennessee and Lincoln Memorial University: Tennessee.
- Lynch, J. 2018: *Osteosort. User Manual*. www.Osteosort.net (17.3.2020).
- Maijanen, H. 2021: Dokumentoidut luukokoelmat forensisen antropologian tietolähteinä. Kalmistopiiri. <https://kalmistopiiri.fi/2021/02/07/dokumentoidut-luukokoelmat-forensisen-antropologian-tietolahteina/> (18.3.2021).
- Moilanen, U. 2013: *Pälkäne, Rauniokirkko. Koekaivaus sähkökaapelin suunnitellulla linjalla 17.–20.6.2013*. Tutkimusraportti. Pälkäneen Vanhankirkon Suojeluyhdistys ry: Pälkäne.
- Naji S., de Becdelièvre, C., Djouad, S., Duday H., Aurélie, A. & Rottier, S. 2014: Recovery Methods for Cremated Commingled Remains. Analysis and Interpretation of Small Fragments Using a Bioarchaeological Approach. Adams, B.J. & Byrd, J.E. (eds.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 33–56. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Osterholtz, A.J. 2018: Commingled Human Remains. *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*. Wiley-Blackwell: New Jersey.
- Salo, K. 2007: *Lappeenranta, Pallon ortodoksihautausmaa. Hautausmaa-alueen arkeologisen koekaivaus*. Tutkimusraportti. Museovirasto, rakennushistorian osasto: Helsinki.
- Schaefer, M. 2014: A Practical Method for Detecting Commingled Remains Using Epiphyseal Union. Adams, B.J. & Byrd John E. (toim.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 123–144. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Tieteen termipankki 2021: Nimitys: osteologia. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:osteologia> (9.2.2021).
- Tuller, H. & Hofmeister, U. 2014: Spatial Analysis of Mass Grave Mapping Data to Assist in the Reassociation of Disarticulated and Commingled Human Remains. Adams, B.J. & Byrd, J.E. (toim.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 8–26. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Ubelaker, D.H. 2014: Commingling Analysis. Historical and Methodological Perspectives. Adams, B.J. & Byrd, J.E. (toim.), *Commingled Human Remains: Methods in Recovery, Analysis, and Identification*: 1–7. Elsevier Academic Press: Oxford.
- Vilkama, R. & Niinimäki, S. 2011: Hammasterveys – Suu täynnä elämän jälkiä. Kallio-Seppä, T., Ikäheimo, J. & Paavola, K. (toim.), *Iin vanhan Haminan kirkko ja hautausmaa. Arkeologisia tutkimuksia*: 127–133. Waasa Graphics Oy: Vaasa.
- White, T.D. & Folkens, P.A. 2005: *The Human Bone Manual*. Elsevier Academic Press: Burlington.