

# **Luukampojen proteiini-analyysi**

Turun keski- ja uuden ajan luukampojen materiaalien lajitunnistus

Alina Korte

Pro gradu -tutkielma

Historian ja arkeologian tutkinto-ohjelma, arkeologia

Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos

Humanistinen tiedekunta

Turun yliopisto

Huhtikuu 2024

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu

Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä

Pro gradu -tutkielma

## **Historian ja arkeologian tutkinto-ohjelma, arkeologia**

**Alina Korte**

### **Luukampojen proteiini-analyysi. Turun keski- ja uuden ajan luukampojen materiaalien lajitunnistus**

**Sivumäärät:** 68 sivua, 21 liitesivua.

Ihmiset ovat käyttäneet eläinten luista ja sarvista tehtyjä kampoja Pohjois-Euroopassa kivikaudelta lähtien. Pronssi- ja rautakaudella kammot olivat yleisiä hauta-antimia. Kampoja on löytynyt keski- ja uuden ajan aikaisista kaupunkikerroksista Pohjoismaiden lisäksi runsaasti esimerkiksi Englannista ja Venäjältä. Pohjois-Euroopassa kampoja tehtiin rautakaudella paljolti porojen ja hirvien sarvista. Keskiajalle tultaessa kampojen tyyli muuttuivat ja niiden materiaali vaihtui pääasiassa karjasta saataviin luihin.

Luonnontieteelliset menetelmät ovat kiinteä osa arkeologista tutkimusta. Proteiinit ovat yksi elämän perusrakennusaineista, joista kollageeni on hyvin pitkään ihmisen ja eläinten luissa säilyvä proteiini. Proteiinien pitkän säilyvyysajan takia teknologian kehitys on mahdollistanut niiden käytön lajitunnistuksessa arkeologiassa. Tämä on hyödyllistä työstettyjä luuesineitä tutkittaessa, sillä lajia ei aina voida päätellä luun muodosta ja koosta.

Tutkimuksessa suoritettiin lajiantalyysi kymmenelle Turun kaupunkialueen kaivauksissa löytyneelle keski- ja uuden ajan aikaiselle luukammalle. Kammot olivat Turun museokeskuksen ja Aboa Vetusmuseon kokoelmista. Analyysi suoritettiin käyttäen proteomiikka-analyysia, ja näytteiden valmistelu tapahtui ZooMS SOP-menetelmää noudattamalla Turun biotiedekeskuksen laboratoriossa. Kukin 10–25 mg kokoinen luunäyte kävi läpi kemiallisen valmistelun massaspektrometri-tunnistusta varten. Analyysissa tunnistettiin luun uniikkeja proteiineja, joiden perusteella kamman todennäköisin eläinlaji voidaan tulkita. Analyysissa onnistuttiin saamaan tulokset kahdesta yksiosaisesta luukammasta sekä kuudesta moniosaisen kamman piikki- tai tukilistaosasta. Suurin osa onnistuneista näytteistä selvitetiin tunnistettujen kollageeni 2-proteiiniketjujen perusteella.

Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, onko luukampojen materiaalina käytetty suurimaksi osaksi naudan luita? Kuten aikaisemmissa luuesineiden tutkimuksissa on tullut ilmi, naudan luita on ollut helposti saatavilla olevaa ja suosittua esineiden valmistusmateriaalia. Tutkimuksen päämääränä oli myös selvittää, onko Turusta löytyneiden moniosaisen kaksoiskampojen osia tehty eri eläimistä, kuten ulkomaisten tutkimusten tulokset esittävät. Tarkoituksena oli lisäksi pohtia, mitä edellä mainitut analyysitulokset voivat kertoa Turun käsityöläisyydestä ja kammantekijöistä.

Analyysitulosten perusteella naudan luut ovat oletusten mukaisesti määrällisesti edustetuin materiaali luukammoissa. Lisäksi tulosten perusteella voidaan todeta, että Turun Tuomiokirkkotorilta löytyneen kamman materiaaleissa on yhdistelty sekä naudan että hevosen luita. Tästä voidaan päätellä, että hevosen luita on käytetty luuluinten lisäksi myös muiden luuesineiden tekoon vaikka suhtautuminen hevosen lihan syöntiin ja kuolleen hevosen ruhon käsittelyyn on ollut kielteinen. Hevosen jalkaluut ovat naudan luiden ohella kuitenkin erittäin sopivia luukampojen valmistukseen. Analyysista saatuja tuloksia tarkastellaan käsityöläisyyden näkökulmasta, ja lisäksi pohditaan kammantekijöiden toimintaa Turussa.

Turusta löytyneiden luo- ja sarvikampojen tutkimusta voi tulevaisuudessa jatkaa niin kampojen materiaalien kuin lajien selvityksellä. Sarvikampojen tunnistaminen Turun aineiston joukosta toisi tärkeää tietoa materiaalien jakautumisesta, ja niiden radiohiiliajoittaminen toisi mahdollisuuden kampojen ja niistä naapurimaissa luotujen typologisten mallien väliseen vertailuun.

**Avainsanat:** *esinetutkimus, hevonen, kammantekijä, karja, keskiaika, käsityö, luita, luuesine, luukampa, massaspektrometri, nauta, proteiinit, proteomiikka, Turku, uusi aika*

# Sisällysluettelo

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	<b>5</b>
1.1	Taustaa ja kammat Pohjois-Euroopassa	5
1.2	Luukammat Suomen arkeologisessa aineistossa	6
1.3	Terminologia ja kampsyytyypit	9
1.4	Tutkimuskysymykset	10
<b>2</b>	<b>Tutkimushistoria ja -kirjallisuus</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Aineisto</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Tutkimusmenetelmät</b>	<b>20</b>
4.1	Proteomiikka	20
4.2	Analyysin päävaiheet	21
<b>5</b>	<b>Näytteenkäsittely ja analyysiprosessi</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Analyysitulokset</b>	<b>29</b>
6.1	Tulokset	29
6.2	Analyysitulosten luotettavuus ja ongelmat	34
<b>7</b>	<b>Tulosten tulkinta</b>	<b>36</b>
7.1	Naudan luiden osuus	37
7.2	Yhdistelmäkampanojen materiaalit	39
7.3	Ammattilaisen työstämä kampa?	43
7.4	Materiaalien hankinta	47
7.5	Luu- ja sarvimateriaalia maakerroksista	51
7.6	Luuta vai sarvea?	55
<b>8.</b>	<b>Johtopäätökset ja yhteenveto</b>	<b>59</b>
	<b>Lähteet</b>	<b>63</b>
	<b>Liitteet</b>	<b>68</b>
	Liite 1. Kampanojen kuvat ja tiedot	68
	Liite 2. Tulosraportti	78



# 1 Johdanto

## 1.1 Taustaa ja kammot Pohjois-Euroopassa

Eläinten luista ja sarvista käsityönä tehdyt kammot ovat kuuluneet Pohjois-Euroopassa ja Suomen alueella ihmisten käyttöesineisiin jo kivikaudella. Kampa on yleinen hautalöytö pronssi- ja rautakauden kalmistoista. Vaikka kammoilla on ollut arkinen rooli ihmisten elämässä, on esitetty, että niillä olisi mahdollisesti ollut myös rituaalisia ja sosiaalisia merkityksiä. Kamppojen tyyli muutokset kertovat myös ajankuvan muutoksesta. Viikinkiajalta on Pohjois-Euroopasta säilynyt monia kamppoja ja kamppojen fragmentteja sekä ruumishautauksissa että polttohautauksissa. Yleisimmäksi kamppatyypiksi 1300-luvun Pohjois-Euroopassa nousivat kaksipuoleiset kammot, joissa oli kaksi erilaista piikkiriviä, toinen tiheämmillä ja toinen harvemmillä piikeillä. Keskiaikaisissa kaupungeissa niin Ruotsin valtakunnassa kuin myös Keski-Euroopan isoissa kaupungeissa ihmiset asuivat tiiviimmin ja isoimmista joukoissa, joten esimerkiksi juuri täit levisivät nopeammin. Uuden kamppatyypin tarkoituksena oli helpottaa tiheämmällä piikkirivillä täiden harjaamista hiuksista ja näin ollen omasta hygieniasta huolehtimista. Kammoilla on pidetty huolta myös viiksistä ja parrasta (Rijkelijkhuizen 2011: 197). Hiuksiin ja kamppamiseen on liittynyt myös erilaisia uskomuksia ja rituaaleja eri kulttuureissa ympäri maailman.

Keskiajalla Ruotsin valtakunnassa pukeutumiseen liittivät erilaiset huivit, huput ja päähineet. Kammoilla saatettiin harjata hiuksia sekä tehdä kamppauksia ja pitää niitä kasassa. Tiedetään myös, että avioliiton solmivasta parista mies saattoi antaa kihlautuneelle naiselle lahjaksi hiuskamman. Naimisiin mentyään vaimo peitti hiuksensa hunnun alle, joten kamppaa voidaan pitää intiiminä lahjana tulevalle puolisolle. Muista kammoista poiketen pitkäpiikkiset, yhdestä pitkästä eläimen jalkaluusta tehdyt kammot on pitkään liitetty kontekstillisesti kankaan kudontaan ja käsityöhön, eikä hiusten harjaamiseen. Tämä käsitys on kuitenkin viime vuosina alkanut muuttua (Rijkelijkhuizen 2011: 202). Varhaisen rautakauden ruumishaudoista Länsi-Skandinaviasta on löydetty useita soikeapäisiä kamppoja naisten haudoista päiden alapuolelta. On ehdotettu, että kamppoja olisi käytetty yhdessä sarviluisten neulojen kanssa kamppauksen kiinnipitäjinä ja samalla koristeina. (Ambrosiani 1981: 13). Viikinkiajalla kammoille saattoi olla oma luusta tai sarvesta tehty kotelo. Tällaisia on löydetty esimerkiksi Birkasta miehille kuuluneista haudoista (Ambrosiani 1981: 14). Joissakin koteloissa oli läpireikä vyöhön ripustamista varten. Haudoista löydetty kammot ovat usein todella taidokkaasti tehtyjä, ja niiden tekemiseen on ammattilaisella kammantekijälläkin mennyt aikaa (Karlin 1909: 118). Siksi kamppojen laittaminen hautaan kertoo, että niitä todella pidettiin olennaisina esineinä tuonpuoleiseen siirtyessä.

Ruotsissa luusta ja sarvesta tehtyjä kampoja on löytynyt runsaasti niin rautakauden kuin keskiajankin asuinpaikoilta. Tällaisia kohteita ovat muun muassa Birka, Skara ja Lödöse. Virosta luu- ja sarvikampoja on löytynyt keskiaikaisista linnoista, Tallinnan keskiaikaisesta kaupungista ja sen rajalle sijoittuvasta esikaupunkialueesta, sekä rautakauden konteksteista, kuten Salmen venehautauksesta ja Rougen asuinpaikalta (esim. Luik 1998, 2008, 2016).

Kampojen teko on ollut tarkkaa käsityötä ja yleensä niiden teosta vastasivat luuesineisiin perehtyneet käsityöläiset tai kiertävät kammantekijät (esim. Amrosiani 1981, Mikkelsen 1998). Kampojen materiaaleina esihistoriallisella ajalla on käytetty enimmäkseen sarvea ja historiallisella ajalla puolestaan luuta, mutta tarkkaa rajaa näiden vaihtuvuuden välille ei voida vetää. Sarven ja luun käyttö käsityössä on kuitenkin ollut myös rinnakkaista, ja voi riippua myös paikasta ja eri materiaalien saatavuudesta.

## 1.2 Luukammat Suomen arkeologisessa aineistossa

Suomesta luu- ja sarvikampoja on löytynyt keski- ja uuden ajan kaupungeista<sup>1</sup> sekä Etelä-Suomen alueelta rautakauden hautauksista, kuten esimerkiksi Liedon Vanhalinnan Aittamäen polttokenttäkalmistosta. Suomesta tunnettuja rautakautisia kampoja on Tiina Solevan (1999) pro gradu -tutkielman mukaan ollut noin 40 kappaletta, ja yhtensä hänen työssään on luukampoja Museoviraston ja Turun museokeskuksen aineistoista 189 kappaletta. Kampoja on tehty myös puusta, mutta Suomessa näiden säilyvyys on huono maaperän happamuuden takia.

Turun kaupungin alueelta löydettyjen kampojen määrä on 42 kappaletta. Vaikka Suomen kampaalöydöt lähimpiin naapurimaihin verrattuna ovat varsin vähäiset, Turun 42 kampa käsittävä aineisto on kuitenkin suhteellisen kattava ja monipuolinen, ja monille kammoille löytyy typologisia vastineita sekä Ruotsin että Viron kampa-aineistosta. Turusta löytyneiden kampojen joukossa on sekä kokonaisia kampoja että pieniä kampafragmentteja. Kandidaatintutkielmasani (2021) etsin Turusta löytyneille luu- ja sarvikammoille vastineet niin ruotsalaisesta kuin

---

<sup>1</sup> Suomen alueella keskiajan katsotaan alkaneen vuodesta 1150 ja jatkuneen aina 1500-luvun alkupuolelle asti (Länsi-Suomen alueella). Turku oli yksi Ruotsin valtakunnan suurimmista kaupungeista, ja sinne asettui keskiajan kuluessa Saksasta ja Baltiasta kotoisin olevia porvareita. Turku oli Suomen alueen taloudellinen, kirkollinen ja hallinnollinen keskus. Keskiajalla Turun kaupunkialueeseen muodostui neljä korttelia; Kirkkokortteli, Luostarikortteli, Mätäjärven kortteli sekä joen länsipuolella sijainnut Aninkaisten kortteli. Uuden ajan (1520–1800-luvun alku) kuluessa asutus levisi muun muassa Aninkaisten korttelin ympärille ja nykyisen kauppatorin alueelle, mutta myös joen itäpuolella Vartiovuorenmäelle, jonne muodostui 1700-luvun lopulla työläisten asuin-kortteli.

virolaisesta typologiasta, ja käytän näitä typologisia luokituksia avuksi myös tässä tutkielmassa. Suomessa ei ole luotu luo- ja sarvikammoille omaa typologiaa, sillä kampilöydöt ovat verrattain vähäisiä (Seppänen 2012: 111). Eri maissa luotuja typologioita on saatettu aina muokata tarpeen mukaan ja tutkijasta riippuen. Moniosaisilla kaksoiskammoilla on usein oma typologiansa eri maissa, kuten esimerkiksi Baltiassa. Lisäksi suurikokoisilla kaupunkikaivausalueilla saattaa olla oma löytöjen perusteella tehty kampsylogiansa (Smirnova 2005: 250).

Kampojen päätyyppinä on viisi: yksiosaiset yksipuoleiset kammot, moniosaiset yksipuoleiset kammot, yksiosaiset kaksoiskammot ja moniosaiset kaksoiskammot. Neljän perustyyppin lisäksi viides kampsyppi, pitkäpiikkiset kammot, on jätetty yleensä tutkimuksen ulkopuolelle, koska niiden käyttötarkoituksen on arveltu olleen kankaankudonnassa, ei hiusten harjaamisessa. Päätyypit pystytään järjestämään kronologiseen järjestykseen, mutta mallien vaihtuminen ei ole nopeaa ja äkkinäistä, vaan erityyppisiä kampoja on tehty ja käytetty rinnakkain. Kampojen rakenteelliset ja koristeelliset muutokset kertovat tyylien ja mallien kulkeutumisesta, niiden käytön suosioista eri alueilla. Kampojen tyyli- ja koristelukaiverrukset ovat muuttuneet muotivirtojen mukana.

Turkulaisessa kampa-aineistossa on monipuolinen variaatio erityyppisiä kampoja. Kammoille on helposti löydettävissä vastineita varsinkin Heidi Luikin (1998) luomasta yksityiskohtaisesta typologiasta, pois lukien pienet fragmentit, joiden kampsyppiä ei voida ainakaan tarkasti tunnistaa. Turun keskustan alueelta löytyneissä kammoissa on edustettuna monipuolisesti ulkomaisien esimerkkien mukaiset päätyypit sekä useita Luikin typologian alatyyppejä. Joukossa on kuitenkin myös kampoja, joita ei voi suoraan luokitella kuuluvaksi vain yhteen alatyypiryhmään, vaan kammun rakenteelliset ominaisuudet ja esimerkiksi päätylautojen muoto sopivat usean eri ryhmän kampoihin samaan aikaan.

Keski- ja uuden ajan aikaisista kaupunkikaivausaineistoista on Suomessa löytynyt runsaasti luuaineistoa, minkä joukossa saattaa olla tunnistamattomia kampafragmentteja. Varsinkin moniosaiset kammot saattavat rikkoontua moneen osaan niittien antaessa periksi. On myös mahdollista, että kammun osia ja fragmentteja on luetteloitu aikanaan pelkistetyllä tunnisteella ”luuesine”.

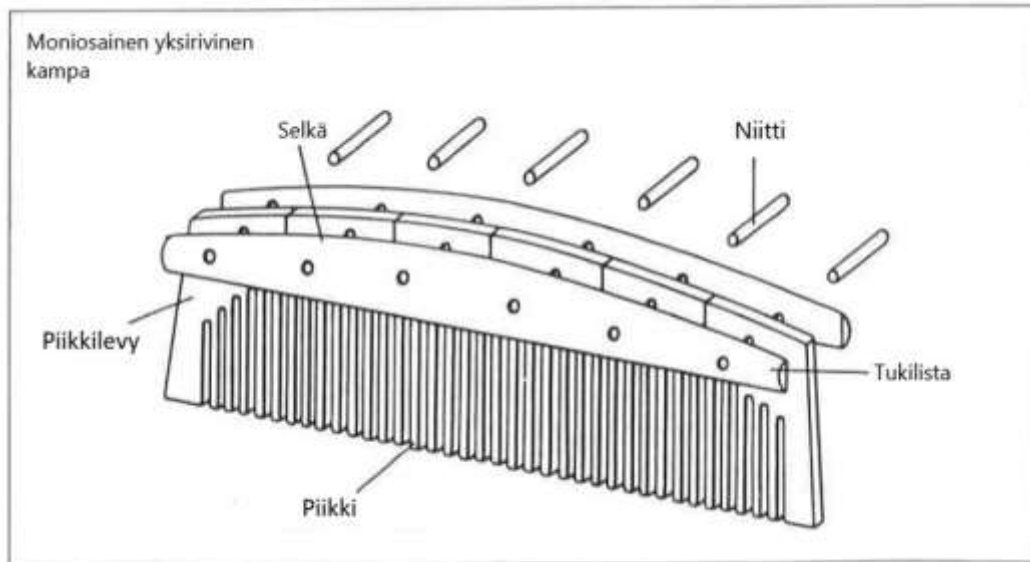
Käytän tässä tutkielmassa termiä luukampa, sillä kaikki tutkielman aineiston kammot on arvion mukaan tehty nimenomaan luusta. Sarvikampojen tunnistaminen luuaineiston joukosta voi olla kuitenkin haastavaa, ja aineiston materiaaliarvio perustuu kampojen ulkonäölliseen arvioon. Tarkastelen kuitenkin yhdessä luo- ja sarvikampojen historiaa ja aikaisempia tutkimuksia. Otan

myös sarvesta tehdyt kammot osaksi työtä antaessani esimerkkejä muualta Euroopasta löytyneistä kammoista ja niiden materiaaleista. Aineiston kammot edustavat 1300–1700-lukujen kampa-tyyppejä (ks. typologiset ajoitukset liite 1). Kampoja ei ole ajoitettu, vaan aikarajaus perustuu typologiseen luokitteluun ja naapurimaiden malleihin. Vaikka moniosainen kaksoiskampa TMK12794:25 ajoittuisi ruotsalaisten ja virolaisten typologiamallien perusteella parhaiten 1300–1400-luvuille, kyseistä kampa-tyyppiä on voitu tehdä myös esimerkiksi 1600-luvun lopulla. Moniosaiset yksiriviset kammot ajoitetaan yleensä viikinkiaikaisiksi ja Turun kaupunkiarkeologisesta kampa-aineistosta tämän tyyppiset kammot puuttuvatkin kokonaan.

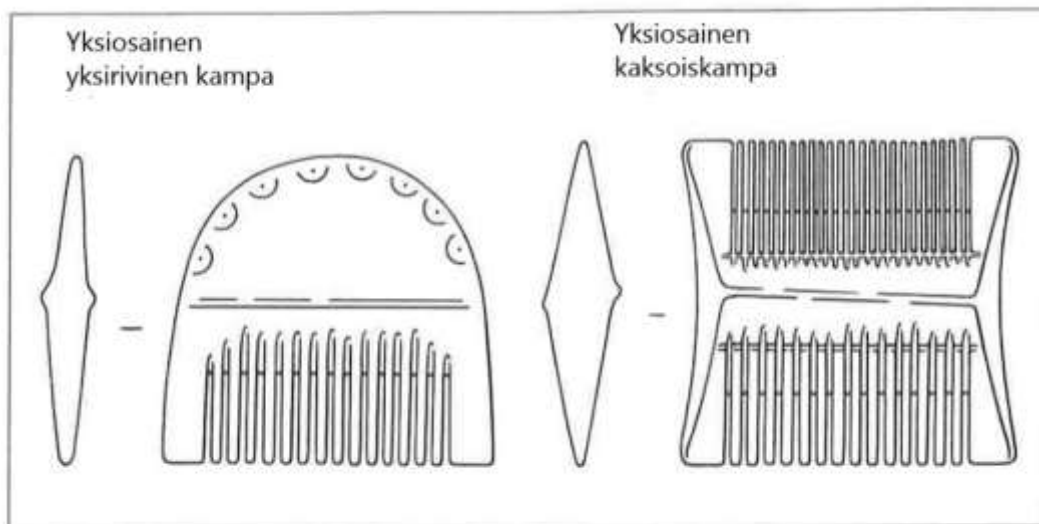
Tärkeä seikka, joka täytyy huomioda englanninkielisiä lähteitä ja tutkimuksia lukiessa, on se kuinka suomen kielen sana *sarvi* kääntyy englanniksi. Asiaa on hyvä avata, sillä luu- ja sarvikammoista puhutaan usein yhdessä lähes kaikissa lähteissä. Suomen kielessä sana *sarvi* tarkoittaa yleisesti kaikkien eläinten sarvia, riippumatta siitä ovatko ne mitä ainesta ja millaisia muodoiltaan. Englannin kielen sana *horn* tarkoittaa keratiinista, sarviluusta ja sarveistupesta koostuvia yksimuotoisia sarvia. Tällaisia sarvia on muun muassa lampailla, vuohilla ja naudoilla. Sana *antler* kuvaa taas tiivistä, pelkästä luuaineksesta koostuvia haarautuvia sarvia, jollaisia on esimerkiksi poroilla ja hirvillä. Porot ja hirvet myös pudottavat sarvensa joka vuosi, ja kasvattavat tilalle uudet. Tulen tekstissä täsmentämään suluissa kumpaa sarvimateriaalia tarkoitan.

### 1.3 Terminologia ja kampa tyypit

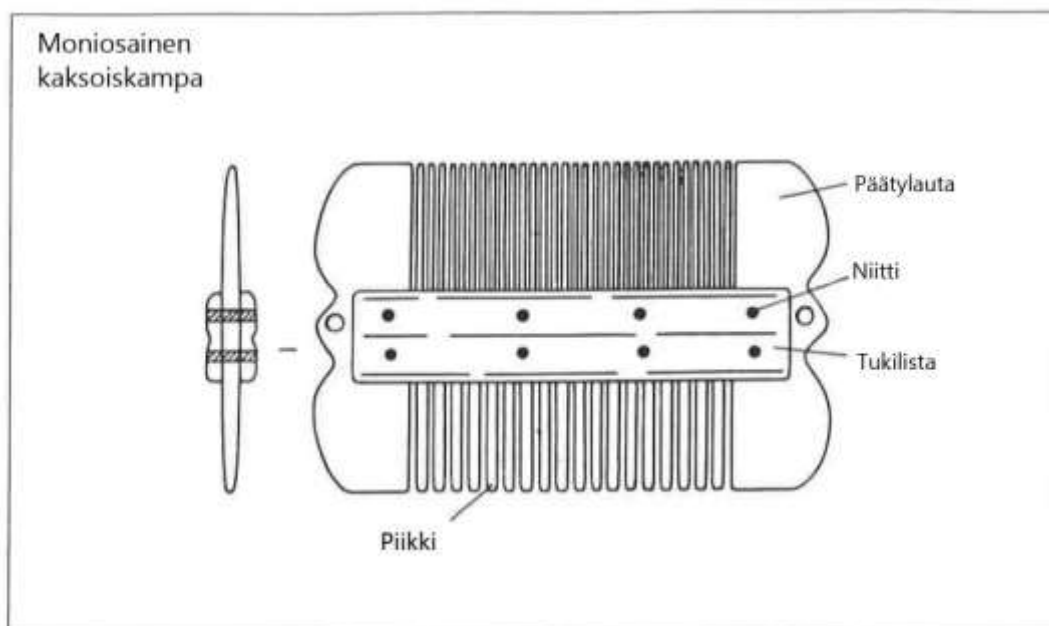
Kampon terminologiakuvat kirjoittajan kandidaattitutkielmasta. Kuvat Kristina Ambrosiani, suomenkieliset termit kirjoittajan tekemät.



Kuva 1. Moniosaisen yksirivisen kamman osat (Ambrosiani 1981: 95, kuva 48).



Kuva 2. Yksiosaisten kampon päätyyppimallit (Ambrosiani 1981: 95, kuva 47).



Kuva 3. Moniosaisen kaksoiskamman osat (Ambrosiani 1981: 95, kuva 48).

#### 1.4 Tutkimuskysymykset

Tarkoituksena on suorittaa Turun kaupungin alueelta löydettyjen keskiaikaisten luukampojen materiaalien lajitunnistus ja vertailla saatuja tuloksia ulkomaisiin tutkimuksiin sekä tarkastella aineistossa esiintyneitä variaatioita. Lisäksi tarkastellaan eläinlajien historiaa ja hyödyntämistä keskiajan ja uuden ajan Turussa vertaillen aineistoa muun muassa muihin Pohjoismaihin. Tarkastelen myös turkulaisten kammantekijöiden historiaa ja pohdin luuntyöstön olosuhteita keski- ja uudella ajalla.

Tutkimuskysymykset liittyvät kampojen materiaaleihin ja eri eläinlajien käyttöön sekä käsityöläisyyteen. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

1. Onko naudan luiden yleisyys luuesineiden materiaalina sekä ruokaeläimenä havaittavissa myös luukammoissa?
2. Onko aineiston joukossa kampoja, joissa eri eläinlajeja olisi yhdistelty moniosaisen kamman materiaaleina?
3. Mitä johtopäätöksiä saaduista tuloksista voidaan tehdä turkulaisesta käsityöläisyydestä ja luuntyöstöstä keski- ja uudella ajalla? Mitä seikkoja voidaan mahdollisesti yhdistää juuri kammantekijöihin?

Suomalaisen eläinhistorian sekä Pohjoismaissa tehtyjen tutkimusten perusteella hypoteesina on, että valtaosa kammoista tai kampojen osista on tehty naudan luista. Naudan jalkojen luut ovat tiedettävästi olleet paljon käytettyjä ja helposti työstettäviä luuesineiden tekoon (Tourunen 2003: 372). Nautoja on myös olleet hyvin runsaslukuisesti niin maaseudulla kuin kaupungeissa keski- ja uudella ajalla.

Nauta on arkeologisissa kaupunkiaineistoissa hyvin runsaasti edustettu ollut eläinlaji. Naudan rooli maatalouden kehityksessä on ollut suuri, sillä naudasta saatavien hyödykkeiden lisäksi naudoista saatava lanta on ollut elintärkeää viljelyksille. Kruununveroja maksettiin myös voilla aina keskiajalta lähtien (Bläuer 2015: 63).

Moniosaisten eli monesta eri osasta koottujen kampojen kohdalla on tarkoituksena selvittää, ovatko kampojen osat tehty samasta eläinlajista? Hypoteesina on, että moniosaisten kampojen piikkiosat ja tukilistat olisi joissakin kammoissa tehty eri eläinlajeista. Esimerkiksi Tanskassa tehdyssä keskiaikaisten kampojen analyysitutkimuksessa on löydetty kampoja, joissa moniosaisten kampojen eri osat ovat paljastuneet eri eläinlajeista tehdyiksi. Tutkimuksessa (Brandt et al. 2018) analysoitiin kaksikymmentä 1200–1400 luvun kaupunkikerroksista löytynyttä esinettä käyttäen ZooMS-analyysia. Analyysissa monet moniosaisen tukilistat oli tehty naudan luusta, mutta piikkiosia oli tehty niin sian, hevosen kuin valaankin luusta (2018: 147). Hypoteesina on, että vaikka tämän tutkielman kammat eivät välttämättä kaikki ole juuri keskiaikaisia vaan myös uuden ajan aikaisia, voisi Turusta löytyneiden kampojen joukosta löytyä myös eri lajeja yhdisteleviä kampoja.

Historiallisen ajan eläimistä ja karjankasvatuksesta kertovat kirjalliset lähteet, mutta myös arkeologiset löydöt. Kirjalliset tiedot ja fyysiset löydöt täydentävät toisiaan ja näin ollen eläinlajien historiaa. Mitä siis saadut analyysitulokset voivat kertoa käsityöläisten hyödyntämistä materiaaleista ja mahdollisista kammantekijöistä sekä luuntyöstäjistä?

Käsittelen kaikkia kolmea tutkimuskysymystä erikseen luvussa 7. Loppuluvussa 8 teen tutkielman yhteenvedon sekä johtopäätökset. Pohdin proteiini-analyysien mahdollisuuksia ja tulevaisuutta, sekä niiden tarpeellisuutta arkeologiassa. Tutkielman liitteistä löytyy aineistona käytettyjen kampojen kuvat ja niiden kontekstittiedot, analyysin tulosraportti sekä analyysivalmisteluun käytetyt laboratorio-ohjeet.

Löytöjen vertailu esimerkiksi historiallisen ajan tunkioiden luumateriaalin sekä rautakautisten asuinpakkojen löytömateriaalien välillä kertoo eläinten hyödyntämisen muutoksista ja ihmisten

ravinnon koostumuksesta. Koska materiaallinen ja kirjallinen aineisto tukevat ja täydentävät toisiaan, voi luukampojen lajiantalyysista saatava tieto vahvistaa entisestään tietoja Turussa harjoitetusta käsityöläisyydestä, mahdollisista luuntyöstäjistä keski- ja uudella ajalla sekä eläinten hyödyntämisestä.

Kokonaisia tai osittain säilyneitä palamattomia luita löytyy eniten kaupunkien arkeologisista kerrostumista. Turun alueen kaupunkikaivauksissa on löytynyt runsaasti niin teuras- kuin syöntijäteluita mutta myös luuesineiden työstöstä kertovia jättepaloja. Kokonaisista luista tai niiden osista on mahdollista määrittää eläinlaji, sen ikä, koko, mahdolliset sairaudet ja luussa näkyvät jäljet. Työstetyistä luuesineistä näiden tietojen päättely on mahdotonta, koska luu ei ole enää alkuperäisessä muodossaan. Kampoja päältä päin tarkastellessa voidaan kiinnittää huomiota niiden kokoon ja materiaalin ulkonäköön. Luonnontieteellisillä menetelmillä päästään kiinni tietoon, jota ei paljaalla silmällä tutkittaessa saada selville.

## 2 Tutkimushistoria ja -kirjallisuus

Suomessa luuesineisiin keskittynyt tutkimus on ollut vähäistä, mutta ne ovat saaneet viime vuosikymmenten aikana enemmän huomiota osakseen. Luuesineitä on usein tutkittu yhtenä kokonaisuutena, ja harvemmin tutkimukset ja julkaisut keskittyvät tiettyyn luuesineryhmään. Anne-Mari Halosen (2007), Mari Koskisen (2004) ja Hannu Poutiaisen (1999) Turun yliopistossa tehtyjen pro gradu -tutkielmien aineistoissa on mukana muutamia luukampoja. Poutiainen käsittelee Vanhan Suurtorin luulöytöjä ja -esineitä, Halonen Åbo Akademin tontin kaivausten luu- ja sarviesineitä, ja Koskinen Aboa Vetus -museon kaivausten luuesineitä. Nämä pro gradu -tutkielmat ovat keskittyneet tiettyjen kaivausten luu- ja sarviesinelöytöihin ja niiden tyyppeihin. Helsingin yliopistossa FM Tiina Soleva (1999) on tutkinut pro gradu -tutkielmassaan suomalaisia luukampoja ja niiden vastineita ulkomaisista kammoista. Lisäksi Eva-Kristiina Joukio (1998) on esitellyt proseminarityössään esimerkkejä keskiaikaisista kammoista Turusta.

Karjan ja kotieläinten historiaa Suomessa on tutkinut dosentti arkeo-osteologi Auli Bläuer (o.s. Tourunen). Hän on tutkinut Turussa historiallisella ajalla vallinneita eläinten merkityksiä ja niiden pitoa kaupungissa, sekä läpikäynyt sekä Åbo Akademin sekä Aboa Vetus-museon kaivauksilta löytynyttä luumateriaalia. Bläuerin vuonna 2002 valmistunut pro gradu -tutkielma keskittyi Åbo Akademin tontin kaivausten eläinluulöytöihin ja niiden lajien identifioimiseen fragmentti- ja luuelementtimääritelmillä. Väitöskirjassaan vuonna 2008 Bläuer tutki eläimiä urbaanissa ympäristössä Turun kaupungissa keski- ja uudella ajalla eläinluulöytöjen perusteella. Vuonna 2015 ilmestyneessä teoksessa *Voita, villaa ja vetoeläimiä: karjan ja karjanhoidon varhainen historia* Bläuer keskittyy Suomessa yleisten kotieläinten ja karjan historiaan.

Venäläisistä tutkijoista arkeologi Lyubov Smirnova (2005) on tehnyt kattavan tutkimuksen Novgorodista löytyneistä keskiaikaisista luu- ja sarvikammoista, näiden typologisesta luokittelusta, koristelun mukaan tehtävästä jaottelusta ja kampojen materiaaleista. Hän vertailee Novgorodin aineistoa Norjan Trondheimin ja Saksan Schleiswigin kaupungeista löytyneisiin aineistoihin.

Tohtori Steven Ashby Yorkin yliopiston arkeologian laitokselta on tutkinut eläinarkeologiaa ja kampoja sekä niiden kulkeutumista varsinkin Britannian ja Skandinavian välillä viikinkiajalla. Hän julkaisut vuonna 2011 teoksen koskien Pohjois –Euroopan keskiaikaista kammanvalmistusta otsikolla *An atlas of medieval combs from Northern Europe*.

Tallinnan yliopiston vanhempi tutkija ja yliopiston kokoelmavastaavana toiminut Heidi Luik on käsitellyt Virosta löytyneitä kampoja sekä luu- ja sarviesineitä monista näkökulmista. Lisäksi hän on tehnyt paljon yhteistyötä monien baltialaisten, pohjoismaalaisten ja brittiläisten tutkijoiden kanssa eri artikkelijulkaisuissa. Luik on tehnyt myös Virosta löytyneistä luu- ja sarvikammoista yksityiskohtaisen typologisen lajittelumallin (1998). Hän käsittelee julkaisuissaan mahdollisia virolaisissa luu- ja sarvikammoissa nähtäviä korjailujen jälkiä, Virosta löytyneitä viikinkiaikaisia kampoja, pronssiajan sarviesineitä sekä Viljandin linnasta löytyneitä työstettyjä ja työstämättömiä luita.

Pohjoismaissa on tutkittu ja julkaistu artikkeleita varsinkin viikinkiajan ja keskiajan luu- ja sarvikampoja koskien. Julkaisuja on tehty niin kampojen lajiantalyseista, kampakamateriaalien paikallisuudesta kuin myös kulkevista kammantekijöistä ja heidän työnsä jättämistä jäljistä. Britanniassa useat kampoihin liittyvät julkaisut liittyvät roomalaisaikaisiin tai viikinkiaikaisiin kampoihin ja viikinkien vaikutteisiin arkeologisessa kampa-aineistossa.

Ruotsalaiset arkeologit Birgitta Broberg ja Margareta Hasselmo ovat julkaisseet vuonna 1981 teoksen, joka käsittelee ruotsalaisia luu- ja sarvikampoja, sekä heidän luomaansa kampakamateriaalilogiaa. Ruotsalaisista tutkijoista myös Kristina Ambrosiani (1981) on tehnyt julkaisuja koskien ruotsalaisten viikinkiaikaisten kampojen työstämisestä ja kauppareiteistä. Lundin yliopiston tutkijana toiminut arkeologi Sjoerd van Riel on 2019 ilmestyneessä Lundin yliopiston kokoelma-artikkelissaan tarkastellut luukampoja kaupan ja paikallisen käsityön näkökulmasta. Keski- ja keskiaikaisen Skaran eläinluita ja niiden määriä on tutkinut ruotsalainen arkeologi Maria Vretemark vuonna 1997 ilmestyneessä väitöskirjassaan *Från ben till boskap*. Väitöskirjassaan Vretemark on tutkinut ja identifioinut Ruotsissa keskiaikaisen Skaran kaupungin kaivauksilta löytynyttä luuaineistoa.

Norjalaisen arkeologi Axel Christophersenin 1980-luvulla julkaistu väitöskirja käsittelee Lundin kaupungin kaivauksilta löytynyttä keskiaikaista kampakamateriaalia sekä niiden työstöjätteitä. Christophersen oli ensimmäinen henkilö, joka kävi lähes kaikki kaivausten luumateriaalit järjestelmällisesti läpi ja analysoi tekemiään havaintoja materiaaleista ja kampakamateriaalivalmistuksesta.

Arkeologi Marloes Rijkeljkhuizen (2011) on julkaissut Hollannista löytyneitä keski- ja uuden ajan aikaisia luu- ja sarvikampoja koskevan teoksen sekä artikkeleita eri kokoelmateoksissa, esimerkiksi luu- ja sarvikäsityöläisyydestä kertovassa julkaisussa nimeltään *Written in bones* (2011).

Kuten olen todennut kandidaattitutkielmassani, luu- ja sarvikammat ovat varsin vähän tutkittu aihe. Monet kampoja käsittelevistä julkaisuista ja typologiota tarkastelevista teoksista ovat jo monta kymmentä vuotta vanhoja, joten voidaan olettaa, että uusia kampoja on tämän jälkeen löytynyt. Viikinkiajan kampilöydöt<sup>2</sup> niin Skandinaviasta kuin Brittein saarilta näyttävät kuitenkin erottuvan kampa-aiheisten tutkimusten joukosta. Viime vuosikymmeninä kiinnostus luuesineitä kohtaan on kuitenkin kasvanut, mutta on vielä varsin vähäisellä tasolla, ja esimerkiksi perusteellisemmat tutkimukset ovat vielä harvassa.

Arkeologisille luu- ja sarviesineille tehtävistä proteiinianalyyseistä ei juurikaan löydy tietoa Fennoskandiasta tai Baltiasta. Useiden kaivauskohteiden kampilöydöt tai luun- ja sarventyöstöön liittyvät jätteet on kuitenkin luokiteltu ja jaettu luuhun ja sarveen.<sup>3</sup> Parhaimmat kampoja koskevat proteiinitutkimukset ja tieteelliset artikkelit on tehty Britanniassa, Tanskassa (Brandt et al. 2018) ja Hollannissa. Esimerkiksi Britanniassa joukko tutkijoita (von Holstein et al. 2014) ovat julkaisseet tutkimusartikkelinsa *Searching for Scandinavians in pre-Viking Scotland: molecular fingerprinting of Early Medieval combs*, jossa he selvittivät luu- ja sarvikampojen lajit käyttäen ZooMS-analyysia. Lisäksi luuesineille on tehty proteiinianalyyskejä muun muassa Australiassa alkuperäisväestön esineistä (Multari et al. 2023).

---

<sup>2</sup> Syksyllä 2023 Norjan Stavangerin yliopistolla järjestetyssä Fryske Akademy:n (Royal Netherlands Academy of Arts & Sciences) konferenssissa pidettiin esitelmä viikinkiajan kammanteosta ja kaupasta pohjanmerellä otsikolla *Frisian combs? Comb-making and the dynamics of North Sea trade in the early Viking age*. Esitelmän pitivät tohtori Steven Ashby Yorkin yliopistosta sekä Fryske Academyn tohtori Nellke Ijssennagger-van der Pluijm. Otsikolla viitataan friisiläiseen kulttuuriin Pohjanmeren rannoilla Alankomaiden, Tanskan ja Saksan alueella.

<sup>3</sup> Mainitsemisen arvoinen erikoinen kampilöytö on vuonna 2023 Englannissa Cambridgen läheisyydessä valtatie A14 parannuksiin liittyvien kaivauksilta vuosien 2016–2018 aikana löytyneiden esineiden joukosta tunnistettu ihmisen pääkallosta tehty kampafragmentti. Kampa ajoittuu Brittein saarten rautakaudelle eli 750 eaa. – 43 jkr. Tutkijoiden mukaan kyseinen kampa on voinut toimia amulettina ja rituaalisena esineenä pikemminkin kuin hiuskampana. (BBC 28.2.2023).

### 3 Aineisto

Tutkielman aineistoksi valikoitui kymmenen eri tyyppistä kampaa, joiden löytöpaikat sijaitsivat Turun kaupunkialueella ja linnassa. Kampojen löytöpaikkojen joukossa ovat esimerkiksi Turun linnan vankipiha, Tuomiokirkkotori, Åbo Akademin ja Vanha Suurtori. Iso osa kammoista keskittyi siis Tuomiokirkkotorin ja Vanhan Suurtorin läheisyyteen. Valitussa aineistossa on neljä yksiosaista kampaa ja kuusi moniosaista kampaa (ks. termistö kuvat luku 1.4).

Aineistoon pyrittiin valitsemaan ulkonäöllisesti luukammaksi tulkittavia kampoja, sekä kampoja, jotka edustivat tyyllillisesti keski- ja uudelle ajalle luokiteltavia. Aineiston ulkopuolelle jätettiin muun muassa muutamat Turun linnasta löytyneet kammot, jotka edustivat selvästi modernimpaa kampsuun tyyppiä 1800–1900-luvuilta. Tutkimuksen rajauksen kannalta valikoidut ja konservaattorin hyväksymät kammot muodostivat resursseihin nähden sopivan kokoisen ja löytöpaikoiltaan vaihtelevan kokonaisuuden. Konservaattorin näkemys vaikutti myös aineistoon ehdotettujen kampojen määrään, sillä täysin ehjät kammot rajattiin heti pois vaihtoehdoista. Ehjät kammot haluttiin pitää koskemattomina, joten aineiston valita tehtiin rikkinäisten kampojen ja kampafragmenttien joukosta. Näytteet oli helpoin ottaa esimerkiksi katkenneen tukilistan päästä, jolloin kamman ulkonäkö ei juurikaan kärsinyt. Kammoista neljä on yksiosaisia eli yhdestä luupalasta työstettyjä, ja loput kuusi moniosaisia kampoja, eli monesta eri osasta yhteen niiteillä liitettynä.

Turun 42 kampaan kattavan aineiston joukossa on muutamia erottuvia löytökeskittymiä; Turun linna, Hämeenkatu 17 ja Åbo Akademin tontti. Turun linnasta kampoja on löytynyt kolmesta eri paikasta. huoneesta numero 31, vankipihalta sekä esilinnan pyöreästä tornista. Lisäksi Turun museokeskuksen aineistossa on yksi kampa, jonka löytöpaikaksi on kirjattu vain Turun linna. Työn aineiston joukossa on mukana kampoja näistä kaikista löytökeskittymistä.

Taulukko 1 Tutkimuksen aineisto

Analyysiin valittu aineisto. Kampojen kokoelma numerot, niiden löytöpaikat sekä kampsuun tyyppi.

Kokoelmanumero	Löytöpaikka	Kampsuun tyyppi
TMK21502:402	Turun linnan vankipiha	Moniosainen kaksoiskampa
TMK12794:25	Hämeenkatu 17	Moniosainen kaksoiskampa
TMK12794:26	Hämeenkatu 17	Moniosainen kaksoiskampa
TMK22367:LU2157:001	Tuomiokirkkotori	Moniosainen kaksoiskampa
TMK18831:687	Vähä-Hämeenkatu 13	Yksiosainen kaksoiskampa
KM4034:31	Hämeenkatu 17	Moniosainen kaksoiskampa

Kokoelmanumero	Löytöpaikka	Kampatyyppi
TMK21816:LU86	Åbo Akademi	Yksiosainen kaksoiskampa
TMK20315:1084	Vanha Suurtori	Moniosainen kaksoiskampa
TMK21163:136	Rettigin autotalli	Moniosainen kaksoiskampa
KM4034:33	Hämeenkatu 17	Yksiosainen kaksoiskampa

Kampa TMK21502:402 on löytynyt Turun linnan vankipihalta, joka sijoittuu meren puoleiselle pitkälle sivulle linnan kaakkoispuolelle, missä on nykypäivänä kaupunkipuutarha ja vanha hirsiaitta. Vankipiha -nimitys tulee sen vankien ulkoilupihakäytöstä vuosien 1700–1800-luvuilla. Ennen tätä piha tunnettiin 1500-luvulla pajapihana siellä sijainneiden sepän pajojen mukaan (Järvinen & Nieminen 2019: 46).

Kammat KM4034:33 (kuva 4.), KM4034:31, TMK12794:25 ja TMK12794:26 ovat löytyneet kampilöytökeskittymästä osoitteesta Hämeenkatu 17. Paikalta on löytynyt yhteensä kymmenen kampa, joista kolme valikoitui osaksi tämän tutkimuksen aineistoa edellä mainituin perustein. Paikka on Turun linnan jälkeen toiseksi suurin löytökeskittymä Turun kampojen joukossa. Kymmenen löytynyttä kampa näin rajatulta alueelta tuskin on vain tunkioon aikojen saatossa heitetyistä rikkoontuneista kammoista koostuva, elleivät kammat tai kampafragmentit ole jo työstössä rikkoontuneita ja hylättyjä. Kyseinen paikka erottuu kahdesta muusta Turun kampilöytökeskittymästä koristeellisten ja suurikokoisten kampojen takia.

Kampa TMK21816:LU86 on löytynyt Åbo Akademin tontin kaivauksilta vuonna 1998. Tontti on keskiajalla rajautunut lännessä Kirkkokorttelin rakennuksiin ja idässä Tuomiokirkon takana sijainneeseen Mätäjärven kortteliin. Kampojen lisäksi tontilta on löytynyt runsaasti eri eläimille kuuluvaa luumateriaalia sekä karjasuojan jäänteet. TMK20315:1084 on pieni moniosaisen kamman fragmentti, joka on löytynyt Vanhalla Suurtorilta. Kammassa on jäljellä piikkiosaa sekä puolipyöreää tukilistaa. TMK22367:LU2157:001 on Tuomiokirkkotorilta löytynyt hyvin säilynyt koristeellinen kampa.

Kampoja ei ole ajoitettu, vaan käyttöaika-arvio perustuu typologiseen vertailuun ja yhden kamman tapauksessa dosentti Liisa Seppäsen ajoitukseen Anne-Mari Halosen pro gradu -tutkielmaa (2007) varten. Seppänen on ajoittanut kamman TMK21816:LU86:98 1300-luvun lopusta 1400-luvun alkuun ajoittuvalle välille.

Aineiston rajaus on tehty kandidaattitutkielmassani (2021) tehdyn typologisen vertailun perusteella. Typologiaan mallia ja vastaavuuksia on käytetty ruotsalaisten arkeologien Birgitta

Brobergin ja Margareta Hasselmon (1981) sekä virolaisen arkeologi Heidi Luikin (1998) kampatypologioista. Olen yrittänyt rajata kampojen käyttöaikaa niiden löytökontekstin ja Suomen naapurimaiden typologisten mallien perusteella, mutta varmuus kampojen iästä saataisiin vasta radiohiiliajoituksella. Vaikka kampojen tyylit ja erilaiset mallit ovat vaihdelleet rautakaudelta myöhäis-keskiaikaan ja uuden ajan alkuun, on niiden käyttöaikakin voinut vaihdella runsaasti. Tämän seikan vuoksi puhuttelen tutkielman aineiston kampoja keski- ja uuden ajan aikaisina, sillä erilaisia kampatyyplejä on voitu käyttää myös samaan aikaan ja arvioidun käyttöajankohdan ulkopuolella. Esimerkiksi myöhäis-keskiajan ja uuden ajan taitteeseen tyylillisesti sopivia, Yhdysvaltojen itärannikolla sijaitsevasta Jamestownista löytyneitä kampoja on ajoitettu 1600-luvun alkuun (Jamestown rediscovery 2024).

Aineiston valintaan ja rajaukseen vaikutti paljon myös se, että mihin kamppoihin saatiin Turun museokeskuksen konservaattorin näytteenottolupa. Kävimme konservaattori Maarit Hirvilammen kanssa kammat läpi ja pyrimme luokittelemaan paljaalla silmällä kamman sopivuutta sekä sen materiaalia; tarkoitus oli keskittyä juuri luukamppoihin. Lisäksi kävin itsenäisesti valitut kammat läpi niitä ruotsalaisiin ja virolaisiin typologiamalleihin verraten ja pyrin arvioimaan kammoille ajoitusarvion. Jokainen näyte oli noin 20–30 mg luuta.



Kuva 4. Kamppa KM4034:33. Näytteenottokohdat ympyröity punaisella. Kuva: Alina Korte.

Kuvat aineiston kaikista kammoista sekä niiden koko- ja kontekstitiedot löytyvät työn liitteistä (liite 1).

## 4 Tutkimusmenetelmät

### 4.1 Proteomiikka

Tutkimusmenetelmänä lajinmäärityksessä käytettiin proteomiikka-analyysia (engl. proteomics). Proteomiikka on luonnontieteellinen analyysi, jossa tutkitaan ja pyritään tunnistamaan proteomeja, eli proteiiniryhmiä. Proteomit ovat organismissa tuotettuja proteiinien sarjoja. Proteiinit ovat yksi elämän perusrakennusaineista ja esimerkiksi ihmisessä proteomit muuttuvat ja vaihtelevat eri solujen välillä. Proteiinit taas puolestaan koostuvat aminohapoista, mutta kaikkia esimerkiksi ihmisen kehossa esiintyviä aminohappoja ei käytetä proteiinien rakentamiseen, vaan siihen tehtävään erikoistuu vain noin 20 erilaista aminohappoa. Proteiineissa aminohapot kiinnittyvät toisiinsa peptidisidosten avulla.

Proteomiikka on molekyylibiologian analyysimuoto, ja se on yleinen ja luonnontieteessä jo pitkään tunnettu menetelmä. Viimeisen kymmenen vuoden aikana luonnontieteelliset analyysitekniologiat ovat kehittyneet paljon, mikä on mahdollistanut mm. muinais-dna:n tutkimisen entistä tarkemmin. Lääketieteessä proteomiikalla on pystytty tunnistamaan useita eri proteiineja kerrallaan, mikä avannut uusia mahdollisuuksia muun muassa syöpäsolujen tutkimuksessa (Alsa-gaby 2019: 1). Tässä tutkielmassa proteomiikka-analyysissa pyritään tunnistamaan luun eri proteiineja, kuten kollageenia. Tanskalaisessa esimerkkitutkimuksessa (Brandt et al. 2018) käytettiin ZooMS-analyysia, jossa keskitytään vain tyyppin 1-kollageeniproteiinien tunnistamiseen (2018: 139).

Yksi yleisin nisäkkäiden luissa esiintyvistä proteiineista on kollageeni. Se säilyy luussa todella hyvin ja pitkiä aikoja, minkä vuoksi se on oivallinen, kun selvitetään arkeologisten esineiden materiaalia ja eläinlajia. Luiden lisäksi kollageenia esiintyy muun muassa hampaissa ja ihossa. Kollageenin hyvän ja pitkäikäisen säilyvyyden taustalla on sen rakenteen kolmoiskierre (engl. the triple helix).

Säilynyttä kollageenia on pystytty tunnistamaan esimerkiksi *Tyrannosaurus rexin* luista sekä pleistoseenikauden (2,6 milj.- 11 500 vuotta sitten) hevosen luista (Hendy et al. 2020: 40). Kollageeni on myös DNA:ta vahvempaa, joten DNA:n eristämisen epäonnistuttua, joistakin näytteistä on saatu silti kollageenia eristetyksi (Hendy et al. 2020: 40). Kollageenin ja DNA:n välinen suhde säilyvyyden kannalta on vielä vähemmän tunnettu aihe. Esimerkiksi artikkelissa *Searching for Scandinavians in pre-Viking Scotland: molecular fingerprinting of Early Medieval combs*, todetaan ZooMS ja DNA analyysien teon rinnakkain samoista näytteistä

osoittaneen, että ZooMS sai aikaan enemmän onnistuneita tuloksia kuin DNA-analyysi (von Holstein et al. 2014: 5).

Päädyin tekemään analyysit proteomiikka analyysillä keskusteltuani sähköpostitse tutkija Georges Kazanin ja vanhemman tutkijan Mirva Pääkkösen kanssa. Olen keväällä 2020 päässyt tutustumaan luunäytteiden analyysin valmisteluun. Tällöin kävimme läpi ja harjoittelimme proteomiikka -analyysin näytteidenvalmisteluprosessia Kazanin kanssa ja Kråkströmin ohjeistuksessa Turun biotiedekeskuksen Metabolomics -laboratoriossa. Tämän tutkielman laboratorio-työssä valvojanani toimi jälleen Kråkström, ja näytteiden valmistelu suoritettiin samassa laboratoriossa.

Päädyin myös tekemään näytteiden valmisteluprosessin itse mielenkiinnosta kyseiseen analyysiin, kampojen tutkimukseen sekä myös kustannuksellisista syistä. Analyysikustannukset olivat alhaisemmat, kun suoritin valmistelun itse, enkä ostanut sitä palveluna laboratoriolta. Tällöin maksettavaksi jäi vain varsinainen analyysi sekä mahdolliset tarvittavat aineet. Loppujen lopuksi ainoa kustannuksia aiheuttanut aine oli trypsiini. Muut tarvittavat aineet sain käyttööni Kazanin vuonna 2020 ZooMS -analyysikokeluja varten hankkimista aineista.

## 4.2 Analyysin päävaiheet

Proteomiikka-analyysissä on yleensä 4 päävaihetta; näytteiden valmistelu, proteiinien erottaminen (nestekromatografiolla tai geelielektrofooresilla), peptidimassan mittaus massaspektrometrilla (MS) sekä MS spektrien vertailu proteiinitietokannan teoreettisiin spektreihin. Näistä vain ensimmäinen vaihe on laboratoriossa käsin tehtävä vaihe, jonka tein näytteille tätä tutkielmaa varten. Muut kohdat tehdään laitteilla ja laboratorion henkilökunnan toimesta.

Näytteiden valmistelu eli proteiinien uutto on kolmepäiväinen prosessi. Päivien välille jätettävä aika riippuu näytteiden koostumuksesta. Luun palaset vaativat enemmän aikaa pehmentyä ensimmäisen päivän käsittelyn jälkeen kuin luujauhe.

Nestekromatografiaa (LC) käytetään vähentämään proteomien vaikeaselkoisuutta eli kierteisyyttä pilkkomalla sitä pienempiin osiin, joten ne ovat massaspektrometrille helpommin luettavassa muodossa. Tässä analyysissä kohta kaksi, proteiinien erottaminen, tehtiin trypsiinin avulla eli entsyymaattinen pilkkominen, jonka jälkeen peptidit erotetaan nestekromatografiolla.

Massaspektrometristä saatu data identifioitiin Proteome Discoverer 3.1 -tietokoneohjelmalla. Näytteistä saatuja vastaavia proteiineja etsittiin kustomoidusta proteiinitietokannasta

(SwissProt version 2023\_5), joka etsi kollageeni -proteiinisekvenssejä ja vertaili niitä saatuihin tuloksiin.

Yhtenä analyysivaiheena tunnetaan myös näytteen ionisaatio, josta löytyy eri mukaelmia näytteen tyypistä riippuen (Hendy et al. 2020: 42). Tyypillinen proteiininäytteiden ionisoinnissa käytetty analyysilaitte on MALDI (Matrix-assisted laser desorption/ionization). Maldi-TOF laitetta käytetään Suomessa lääketieteessä esimerkiksi nopeaan taudinaiheuttajabakteerien tunnistamiseen (Harju & Grönroos 2020). Ionisaatiota käytetään analyysissa, jotta proteiineista saadaan positiivisesti varautuneita kationeita. Ionisaatiokammiossa näytteitä pidetään tyhjiössä jotta ilmasiirteiset molekyylit eivät kontaminoi näytteitä. Näytteiden tulkinnan kannalta ionisaatiovaihe on tärkeä, sillä massaspektrometrit toimivat yleensä joko negatiivisesti varautuneilla tai positiivisesti varautuneilla ioneilla, joiden valinta suoritetaan ennen analyysia.

Massaspektrometrianalyysin valmisteluvaiheessa käytetään peptidi ketjut/fragmentit hajottavaa entsyymiä, usein trypsiiniä. Joissakin proteiineissa voi olla jopa yli 5000 erilaista aminohappoa, joten niiden hajottaminen helpottaa niiden tunnistamista ja lukemista, sillä massaspektrometri ei välttämättä kykene niiden kaikkien lukemiseen. Nestekromatografiaa käytetään yleensä tämän jälkeen, jotta hajotetut peptidit erottautuvat ja pysyvät erillään (Hendy et al. 2020: 41). Tämän kaltainen vaihe sisältyy myös omaan näytteidenvalmisteluprosessiini, joka esitellään seuraavassa luvussa.

Massaspektrometrianalyysi voi olla suurikustannuksinen, sillä siihen tarvitaan paljon erilaisia kemiallisia aineita sekä eri laitteita näytteiden valmistelussa. Tärkeää on myös huomata se, että massaspektrometrianalyysi on tuhoava analyysi, eli näyte tuhoutuu. Näytteiden puhtaus on myös olennainen seikka, jos halutaan maksimoida saatujen tulosten luotettavuus. Tämän huomasi myös itse analyysiprosessin aikana ja palaan aiheeseen myöhemmin kappaleessa 6.2.

## 5 Näytteenkäsittely ja analyysiprosessi

Luunäytteiden otto tapahtui konservaattori Hirvilammen toimesta Turun museokeskuksella (kuva 7.). Näytteet otettiin kammoista Hirvilammen hyväksi katsomista kohdista. Yksiosaisista kammoista näyte otettiin aina katkenneesta piikistä, ja moniosaisista kammoista otettiin kaksi näytettä, sekä piikistä että katkenneen tukilistan päästä. Näytteenottoaikat ovat kammoissa mahdollisimman huomaamattomissa kohdissa, josta kampa on siis valmiiksi jo rikki tai kulunut. Näytteet otettiin myös kampojen luettelonumeropuolelta, jolloin toinen puoli jäi koskemattomaksi kampojen näyttelykäyttöä ajatellen.

KM-tunnuksellisista kahdesta kammasta laadittiin näytteenoton dokumentointi, joka toimitettiin Aboa Vetus-museolle, mistä kammot lainattiin näytteenottoa varten. TMK-tunnuksellisten kampojen näytteenotosta laadittiin dokumentointi sekä kaikista kammoista otettiin kuvat ennen ja jälkeen näytteenoton. Museokeskuksen käyttämään MIP-tietokantaan kirjattiin tehdyt toimenpiteet kunkin kamman tietoihin.

Suosittelava luujauhemäärä proteiinianalyysiä varten on noin 10–30 mg näytettä kohti, riippuen siitä onko näyte luujauhetta vai luusiruja. Otetut näytteet olivat luupaloja, mutta ennen analyysia jauhoin ne laboratoriossa morttelissa ennen jokaisen punnitusta eppendorf -koeputkeen. Näytteen muodolla on vaikutusta sen käsittelyaikaan ja tekeytymiseen. Myös näytteiden valmisteluprosessiin kuuluvien kolmen päivän välinen aika riippuu siitä, onko näyte kokonaan luujauhetta vai pieniä paloja. Palat vaativat enemmän aikaa pehmentyäkseen ensimmäisen valmistelupäivän jälkeen, jolloin ne jätetään suolahappoon demineralisoitumaan. Aikaa tähän voi mennä yhden päivän ja kahden viikon väliltä. Jos näytteitä on mahdollista tarkistaa päivien kuluessa, niistä näkee luun pehmeiden, eli jolloin se on valmis jatkokäsittelyyn. Mortteli pestiin ja desinfioitiin jokaisen näytteen jauhamisen jälkeen kontaminaation estämiseksi.



Kuva 5. Näytteenottotilanne. Kamman TMK22367:LU2157:001 piikistä ollaan sahaamassa noin 20 mg painoista palaa. Kuva: Alina Korte.

Näytteiden käsittely ja testaus suoritettiin Turun biotiedekeskuksen Metabolomics -laboratoriossa. Suoritin näytteiden valmistelun Kråkströmin valvonnassa. Hän neuvoi minua tarvikkeiden ja tarvittavien aineiden löytämisessä sekä vastasi kysymyksiini koskien protokollaohjeita. Protokollaohjeet näytteidenvalmisteluun sain Kråkströmiltä, ja ne olivat yhtä työvaihetta lukuun ottamatta samat ohjeet kuin vuoden 2020 laboratorioharjoittelussa. Uutta oli päivän kaksi aikana tehtävä vaihe, jossa näytteisiin lisättiin kahta reagenttia (engl. alkylaton reagent & reducing reagent) auttamaan proteiinien määrittämistä ja eristämistä. Nämä aineet siis auttavat proteomijoukon auki pysymistä analyysin aikana, jotta peptidit olisivat siitä helpommin tunnistettavissa ja erotettavissa. Näytteidenkäsittelyssä käytettiin ZooMS SOP protocol- ohjetta. Kyseisen ohjeen näytteiden valmisteluprosessi käy yleisesti proteiini-analyysiprosesseihin, kuten nimensä mukaisesti ZooMS- analyysiin, mutta myös proteomiikka-analyysiin.

Seuraavaksi olen tiivistänyt näytteiden valmisteluprosessin kulun pääpiirteet. Viralliset yksityiskohtaiset ohjeet löytyvät työn liitteistä (ks. liite 2).

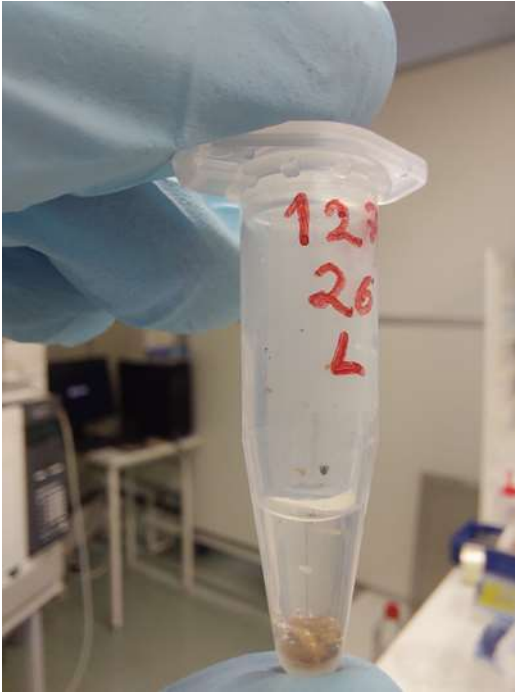
1.päivä.

Kammoista otetut luupalat jauhettiin laboratoriossa morttelissa kuivajäässä pidon jälkeen. Mortteli desinfioitiin ja pestiin jokaisen näytteen välissä kontaminoitumisen estämiseksi. Osa näytteistä hajosi paremmin luujauheeksi, osa jäi pienemmiksi luusiruiksi. Jokainen näyte mitattiin eppendorf-näyteputkeen (kuva 6.). Näytteiden paino vaihteli 10.4 mg – 26.4 mg:n välillä. Eppendorf-putket ovat muovisia koeputkia kiinteällä kannella, joiden tilavuus oli 5 mL. Jokainen näyteputki merkattiin näyte-esineen kokoelmanumerolla, ja putkien järjestys kirjattiin ylös. Näyteputkiin laitettiin 250 millimoolia suolahappoa (hydrochloric acid =HCl), ja ne jätettiin jääkaappiin 4 °C asteeseen (kuva 7).

Ennen toista käsittelypäivää näytteiden demineralisaation eli happokäsittelyn vaihe tarkastettiin Kråkströmin johdosta viikko ensimmäisen käsittelypäivän jälkeen. Tällöin hän totesi, että osa näytteistä vaatisi vielä aikaa tekeytyä, jotta luuaines olisi mahdollisimman pehmeää. Kuten aikaisemmin mainittu, osa näytteistä oli isompina luusiruina, ja osa jauheena. Isommat luusirut vaativat enemmän aikaa demineralisoitua ennen toiseen vaiheeseen ryhtymistä. Toinen käsittelypäivä pidettiin siis tasan kahden viikon kuluttua ensimmäisestä päivästä, milloin laboratorio-työtä päästiin jatkamaan.



Kuva 6. Jauhetun luunäytteen mittaaminen eppendorf-koeputkeen vaa'alla. Kuva: Alina Korte.



Kuva 7. Näytteidenvalmistelun ensimmäisen päivän lopussa eppendorf-koeputken pohjalla oleva luujauhe jäi kahden viikon ajaksi suolahappoon. Kuva: Alina Korte.

## Päivä 2.

Toisena valmistelupäivänä näytteitä pyöritettiin sentrifuugissa kolme minuuttia, jonka jälkeen edellisenä päivänä koeputkiin laitettu suolahappo saatiin pois. Tämän jälkeen näytteet huuhdeltiin kaksi kertaa lisäämällä niihin ammoniunbikarbonaattia ja pyörittämällä välillä niitä sentrifuugissa. Sentrifuugi sai liikkeellään aikaan sen, että luumassa laskeutui koeputken pohjalle, jolloin neste sen ympäriltä saatiin helposti pipetillä pois koskematta itse näytteeseen. Näytteiden pH tarkastettiin ennen seuraavaa vaihetta, sillä näytteisiin jäänyt suolahappo (HCl) olisi voinut olla haitaksi näytteen analyysille tulevien vaiheiden jälkeen.

Seuraavassa vaiheessa näytteisiin lisättiin ammoniumbikarbonaattia, jonka jälkeen niitä lämmitettiin 67 °C asteessa. Tämän vaiheen jälkeen luuaines ja neste erotettiin eri koeputkiin, ja työskentely jatkui luusta uutetun nesteen kanssa. Näytteisiin lisättiin kahta reagenttia (engl. reduction & alkylation reagent) ja tämän jälkeen 50 millimoolia tätä nestettä jokaisesta näytteestä, sekä 1 millimooli trypsiiniä siirrettiin uusiin koeputkiin. Tämän jälkeen näytteet jätettiin yöksi 37 °C asteeseen.

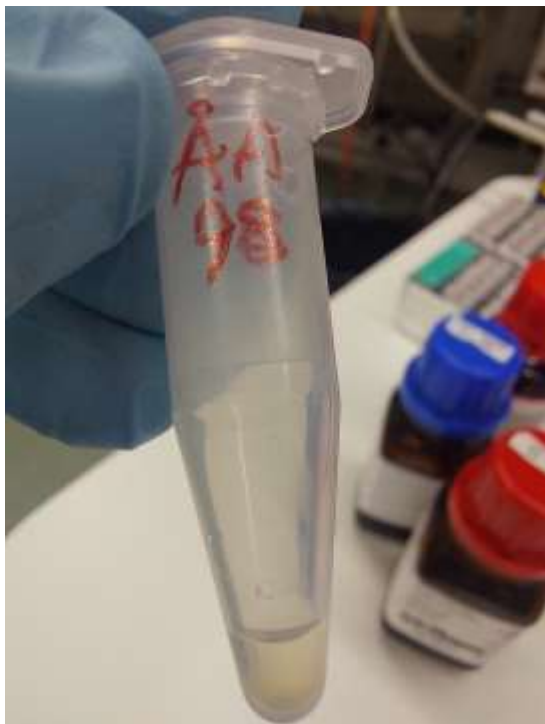
Päivä 3.

Kolmantena päivänä näytteitä pyöritettiin minuutin ajan sentrifuugissa, jonka jälkeen niihin lisättiin trifluorietikkahappoa. Tätä seurasi analyysin viimeinen osuus, jossa varsinainen analysoitava uute erotettiin koeputken nesteestä käyttäen erikoispiipettikärkiä ja nelivaiheista näytteen huuhtelua ja pesua.

Näytteiden valmisteluprosessin lopuksi näytteet jäivät eppendorf-putkiin liuoksessa (kuva 9), joka sisälsi 50 % asetonitriiliä sekä 0,1 % muurahaishappoa. Luovutin näytteet analyysilomakkeen kera laboratorion henkilökunnalle, joka suoritti varsinaisen analyysin tammikuun alussa 2024.



Kuva 8. Työpöytänäkömää ennen viimeistä vaihetta. Sinisessä telineessä erikoispiipettikärjet näytteen huuhtomista ja peptidien eristämistä varten. Kuva: Alina Korte.



Kuva 9. Lopullinen analysoitava peptidinäyteliuos eppendorf-putkessa. Kuva: Alina Korte.

Varsinainen analyysi tapahtui LC-ESI-MS/MS-analyysillä. Omien näytteideni vertailu tietokantaan tapahtui Mascot- hakukoneella kustomoiduista proteiini tietokannan tiedoista. Näytteiden analysointi tapahtui niille antamassani numerojärjestyksessä, missä suoritin myös näytteiden valmisteluvaiheet.

Näytteet valmisteltiin ZooMS-näytteiden valmisteluohjeilla, sillä se oli jo ennestään tuttu prosessi sekä minulle sekä Kråkströmille. Vaihtoehtona näytteiden valmistelulle oli *Universal Sample Preparation Method for Proteome* -protokolla, mutta päädyin tekemään tämän jo ennalta tutun ZooMS SOP -protokollan mukaan.

## 6 Analyysitulokset

### 6.1 Tulokset

Sain analyysitulokset laboratorioilta tammikuussa 2024. Analyysiraportin Turun biotiedekeskukselta on luonut erikoistutkija Mirva Pääkkönen, jonka kanssa neuvottelin suunnitellessani analyysin toteuttamista. Pääkkönen on koonnut analyysiraporttiin tiedot analyysin kulusta ja sen välineistä. Seitsemästä näytteestä yhdeksästä ei ole pystytty määrittämään eläinlajeja tunnistettujen proteiinien vähyyden vuoksi. Lopuista kahdeksasta näytteestä saatiin selville tarpeeksi tunnistettuja proteiineja, jotta laji voitiin tulkita. Näiden kahdeksan näytteen tunnistettujen proteiinien määrä oli paljon korkeampi, joten tuloksia voidaan pitää luotettavina. Palaan myöhemmissä luvuissa pohtimaan yhdeksän tuloksen epäonnistumisen syitä sekä onnistuneiden tulosten luotettavuutta.

Proteiinianalyysistä saadut onnistuneet tulokset on koottu taulukkoon 2. Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on kamman kokoelmanumero, sekä moniosaisten kampojen kohdalla joko merkintä *piikki* tai *tukilista*, kuvaamaan moniosaisten kampojen eri osia. Laji-sarakkeessa on lajin tieteellinen eli latinankielinen nimi: *bos taurus* tarkoittaa nautaa ja *equus* sp. kavieräntä, eli hevosta, seepraan tai aasia. Proteiini-sarake kertoo proteiinityypin, jollaista näytteestä tunnistettiin eniten (uniikit proteiinit). Analyysissä tunnistetut uniikit proteiinit ovat proteiineja, joita esiintyy vain kyseisen eläinlajin proteiinien joukossa. Esimerkiksi 15 uniikkia proteiinia naudasta tarkoittaa, että näitä 15:sta proteiinia on vain naudoilla. Viimeisessä sarakkeessa on jokaisen kamman löytöpaikka.

Taulukon kaksi ensimmäistä kampa eli TMK21816:LU86:98 ja TMK18831:687 ovat yksiosaisia kaksoiskampoja, eli ne on tehty yhdestä luulevystä. Niissä on kaksi piikkiriviä eri sivuilla, toinen kapeampi ja toinen leveämpi. Loput kammoista ovat moniosaisista kaksoiskammoista, joko niiden tukilistasta tai piikistä. Neljä viimeistä riviä ovat siis kaksi moniosaista kaksoiskampaa, joista on onnistuneet näytteet sekä piikistä että tukilistasta.

#### Taulukko 2 Analyysin tulokset

Kahdeksan onnistuneen näytteen tulokset, sekä eniten jokaisesta näytteestä tunnistettu proteiini.

Kampa	Laji (tieteellinen nimi)	Proteiini	Löytöpaikka
TMK21816:LU86:98	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Äbo Akademi
TMK18831:687	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Vähä-Hämeenkatu 13

TMK20315:1084 Piikki	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Vanha Suurtori
TMK21163:136 Tukilista	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Rettigin autotalli
TMK 21502:402 Piikki	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Turun linnan vankipiha
TMK 21502:402 Tukilista	Bos Taurus	Collagen alpha-2 (I) chain	Turun linnan vankipiha
TMK 22367:LU215:001 Piikki	Bos Taurus	Collagen alpha-1 (I) chain	Tuomiokirkkotori
TMK 22367:LU215:001 Tukilista	Equus sp.	Collagen alpha-2 (I) chain (fragment)	Tuomiokirkkotori

Helmikuun alussa 2024 kävin Pääkkösen kanssa biotiedekeskuksella läpi näytteiden analyysin, kromatografiat ja kustakin näytteestä tunnistetut proteiinit. Dataa käsiteltiin ja tarkasteltiin kahdella eri tietokoneohjelmalla: ProteomeDiscoverer -ohjelmalla tehtiin tietokantahaut, ja Free-Style -ohjelmalla tarkastellaan kromatografioita. Kromatografialla tarkoitetaan näytteestä massaspektrometri-analyysin erotusmenetelmää, josta saadaan tietokoneohjelmalla tarkasteltava ionisaatiokäyrä.

Pääkkönen on kirjannut jokaisen onnistuneen näytteen kohdalle eläinlajin, joka tunnistettujen, eli uniikkien proteiinien perusteella on todennäköisin. Lajitunnistus katsotaan tuloksista uniikkien proteiinien perusteella.

Osassa näytteistä on nähtävissä pieni kontaminaatio ihmisestä. Kontaminaatio ei ole analyysiprosessia häiritsevää tekijää, vaan näkyy tunnistettujen proteiinien listassa muutamana tunnistettuna osamana analyysissä. Yhdeksän näytteen tuloksen saantia häirinnyt yhdiste on ollut jokin muu tekijä.

Tunnistettujen proteiinien listassa näkyy monia eri eläinlajeja, joista on tunnistettu yksi tai muutama proteiini. Esimerkiksi näytteen numero 14 (TMK21502:402 P) tuloksissa nähtävä yksi uniikki proteiini kotihiirestä (*mus musculus*), ei tarkoita että kampa olisi tehty sen luista. Rottien, hiirten ja koirien tunnistetut proteiinit voivat viitata siihen että ne ovat pureskelleet luuta.

Samasta näytteestä on tunnistettu myös yksi uniikki proteiini virtahevosta (*hippopotamus amphibius*). Tämä johtuu hakukoneiden toimintatavasta: mikäli kone ei löydä ”oikeaa” todennäköisimmälle lajille kuuluvaa proteiinia, se etsii seuraavaksi parhaimman vaihtoehdon

tietokannasta (pisin proteiinisekvenssi), eli toisen eläimen, jolla on samaa proteiinia. Näitä kutsutaan vääriksi positiivisiksi. (Pääkkönen, 9.4.2024). Näiden väärin positiivisten ilmeneminen on Pääkkösen mukaan hyvin yleistä, ja niitä esiintyy lähes poikkeuksetta kaikissa proteiininäytteissä. Todennäköisin laji on kuitenkin helposti nähtävissä tuloslistan kärkipäässä olevista unikeista proteiineista. Kuvassa 10. nähdään näytteestä 17 tunnistettuja proteiineja. Kahdella ensimmäisellä rivillä on tunnistettu 14 kavioläimen (*Equus sp.*) proteiinia, ja 9 hevosen (*Equus caballus*) proteiinia.

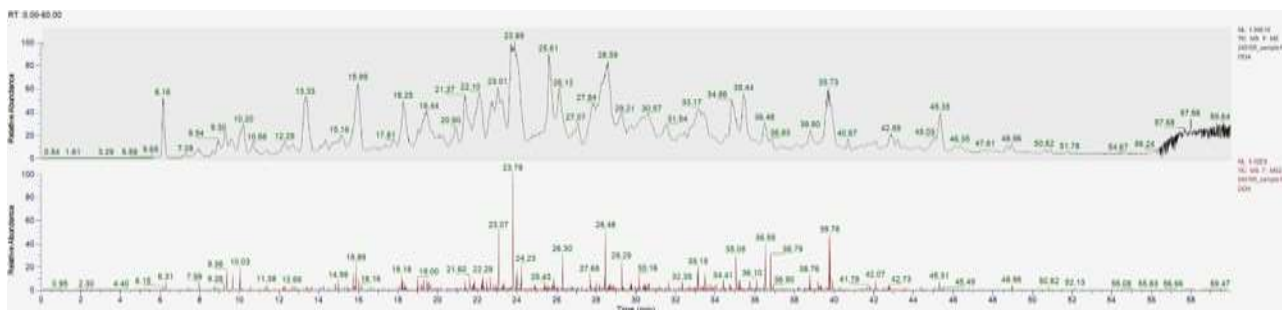
Accession	Description	Coverage [%]	#		# Unique		MW [kDa]	Score Mascot	Modifications
			Peptides	# PSMs	Peptides	# AAs			
2	COHJP0 Collagen alpha-2(I) chain (Fragment) O5=Equus sp OX=46122 GN=COL1A2 PE=1 SV=1	82	57	292	14	912	80,8	5735	Oxidation
3	O46403 Biglycan O5=Equus caballus OX=9796 GN=BGN PE=2 SV=1	26	9	15	9	372	41,9	423	Deamidate
4	P05997 Collagen alpha-2(V) chain O5=Homo sapiens OX=9606 GN=COL5A2 PE=1 SV=1	5	9	10	7	1499	144,8	203	Deamidate
5	COHJN8 Collagen alpha-2(I) chain (Fragment) O5=Tapirus terrestris OX=9801 GN=CO	50	45	245	6	910	81,7	4923	Oxidation
6	COHJN3 Collagen alpha-1(I) chain (Fragment) O5=Dryopteropus afer OX=9818 GN=CO	59	51	421	5	987	87,6	5699	Oxidation
7	COHJP1 Collagen alpha-1(I) chain (Fragment) O5=Cyclopes didactylus OX=84074 GN=	60	42	276	5	847	75,2	4891	Oxidation
8	Q01149 Collagen alpha-2(I) chain O5=Mus musculus OX=10090 GN=Col1a2 PE=1 SV=1	24	28	101	5	1372	129,5	1709	Oxidation
9	COHJN9 Collagen alpha-1(I) chain (Fragment) O5=Equus sp OX=46122 GN=COL1A1 PE=1 SV=1	82	62	618	4	895	79,2	9667	Oxidation
10	P02454 Collagen alpha-1(I) chain O5=Rattus norvegicus OX=10116 GN=Col1a1 PE=1 SV=1	42	50	363	4	1453	137,9	6393	Oxidation
11	Q9X5J7 Collagen alpha-1(I) chain O5=Canis lupus familiaris OX=9615 GN=COL1A1 PE=1 SV=1	57	76	636	4	1460	138,7	8717	Oxidation
12	COHJP8 Collagen alpha-2(I) chain (Fragment) O5=Taxodon sp OX=1563122 GN=COL1A1 PE=1 SV=1	57	38	171	4	908	81,1	3096	Oxidation
13	P36955 Pigment epithelium-derived factor O5=Homo sapiens OX=9606 GN=SERPINF1 PE=1 SV=1	15	4	5	4	418	46,3	167	Oxidation
14	COHJN7 Collagen alpha-1(I) chain (Fragment) O5=Tapirus terrestris OX=9801 GN=CO	83	77	643	3	963	85,6	9321	Oxidation
15	P02457 Collagen alpha-1(I) chain O5=Gallus gallus OX=9031 GN=COL1A1 PE=1 SV=3	25	27	169	3	1453	137,7	2953	Oxidation
16	P85154 Collagen alpha-2(I) chain O5=Mammuth americanus OX=39053 PE=1 SV=3	29	25	133	3	1040	93,1	1621	Oxidation
17	COHJP7 Collagen alpha-1(I) chain (Fragment) O5=Taxodon sp OX=1563122 GN=COL1A1 PE=1 SV=1	65	62	519	3	982	87,1	8293	Oxidation
18	O15335 Chondroadherin O5=Homo sapiens OX=9606 GN=CHAD PE=1 SV=2	29	5	20	3	359	40,5	144	Deamidate
19	COHJ10 Collagen alpha-2(I) chain (Fragment) O5=Glyptodon sp. (strain SLP-2019) OX=10090 GN=COL1A2 PE=1 SV=2	33	27	98	2	933	83,3	1766	Oxidation
20	P02465 Collagen alpha-2(I) chain O5=Bos taurus OX=9913 GN=COL1A2 PE=1 SV=2	28	36	175	2	1364	129	3072	Oxidation
21	COHJP3 Collagen alpha-2(I) chain (Fragment) O5=Cyclopes didactylus OX=84074 GN=	30	17	25	1	838	74,0	601	Oxidation

Kuva 10. puolet näytteen 17 tunnistettujen proteiinien listasta. Onnistuneesta näytteestä tunnistetaan useita proteiineja, mutta osa niistä on "väärä oikeita".

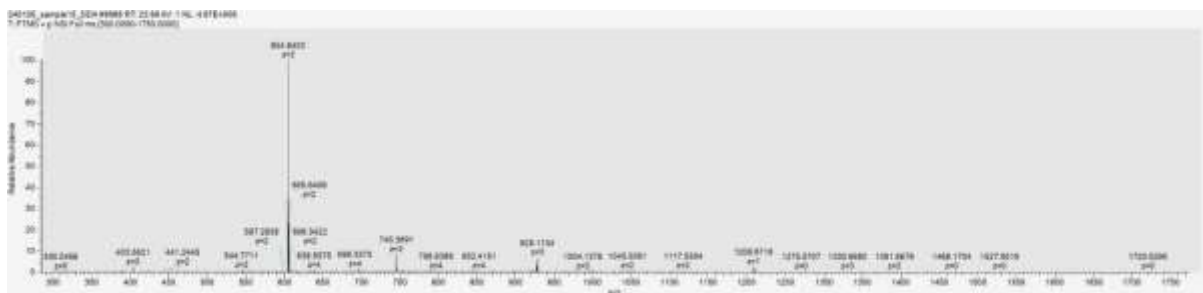
Kamman TMK21502:402 (näyte 15) tukilistan ionisaatiokäyrä on hyvin onnistuneen näytteen käyrä (kuva 11). Jokainen piikki kuvaa tunnistettuja ionisoituneita peptidejä. Luku piikin kärjessä merkkää minutteja, jolloin kyseiset peptidipiikit on tunnistettu. Lähikuvassa (kuva 12) käyrän piikkien kärjissä olevat luvut ilmaisevat ionien varausastetta, joka on peptideillä usein 2–3, joskus 4–6. Numero 1 tarkoittaa varautumatonta ionia, jolloin kyse on kontaminaatiosta, ei peptidistä (Pääkkönen 9.4.2024).

Näytteiden joukossa oli myös muutamia kampanäytteitä, joiden tulokset eivät olleet yhtä hyvälaatuisia kuin esimerkiksi näyte 15, mutta eivät ole myöskään täysin epäonnistuneita. Esimerkkinä kamman TMK21502:402 piikkinäyte (näyte 14): ionisaatiokäyrä lähtee nousemaan alusta alkaen ja massaspektrometri löytää useita hyviä peptidejä eli käyrällä kuvattavia piikkejä ja nousuja (kuva 13). Noin puolessa välissä näytteen analyysiä käyrä kuitenkin sukeltaa nopeasti alas eikä nouse enää piikeiksi. Pääkkösen mukaan käyrä kuvaa hyvin selkeästi sitä, että hyvän alun jälkeen jokin yhdiste alkaa häiritä analyysiä eivätkä peptidit eivät pääse ionisoitumaan,

jolloin tulos ei ole täydellinen. Pääkkösen mukaan häiriö on syntynyt tunnistamattomasta kontaminaatiosta eli yhdisteestä näytteissä. Kyseisen näytteen numero 14:n (TMK21502:402 piikki) kohdalla puoliksi onnistunut ionisaatio on kuitenkin riittävä, ja tunnistettujen peptidien pohjalta voidaan sanoa, että luu on hyvin todennäköisesti naudasta.



Kuva 11. Kromatografia/ Ionisaatiokäyrä näytteestä numero 15 eli kamman TMK21502:402 tukilistasta. Käyrästä nähdään että näyte on hyvin onnistunut.



Kuva 12. Lähikuva näytteen numero 15 ionisaatiokäyrästä kohdasta. Korkean piikin päässä numero kaksi tarkoittaa hyvälaatuisten varautuneiden ionien määrää.

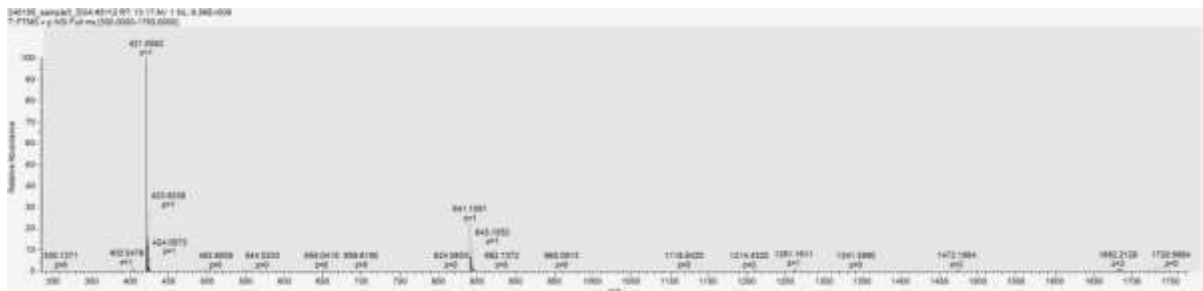


Kuva 13. Ionisaatiokäyrä kammasta numero 14 eli kamman TMK21502:402 piikistä. Käyrä sukeltaa alas puolessa välissä analyysin kulkua, kun häiriötekijä alkaa ilmenemään. Käyrällä olevat luvut kuvaavat aikaa, kuinka monen minuutin kuluttua peptidi on tunnistettu. Kokonaisuudessaan näytteen läpivaihtoon on kulunut hieman vajaa tunti.

Yhdeksän näytteen analyysi epäonnistui, jolloin niiden todennäköistä eläinlajia ei pystytty selvittämään. Vain muutamien uniikkien proteiinien tunnistuksella tulos on hyvin epävarma. Esimerkkinä kamman KM4034:33:n (näyte 3) analyysitulokset (kuvat 14 & 15), jotka on kirjattu tuloksettomaksi. Tarkastelemalla kyseisen näytteen ionisaatiokäyrää, nähdään että ionisaatio ei ole onnistunut, sillä käyrä ei ikään kuin pysty nousemaan ylemmäs mikä tarkoittaisi tunnistettuja proteiineja. Epäonnistuneissa näytteissä näyttäisi olevan jokin yhdiste, joka häiritsee näytteen tunnistamista.



Kuva 14. Ionisaatiokäyrä näytteestä 3 eli kammasta 4034:33 (yksiosainen kampa). Käyrä ei nouse missään vaiheessa kunnolla kuin hetkellisesti muutamassa kohtaa.



Kuva 15. Lähikuva näytteen 3 ionisaatiokäyrästä.

Moni onnistuneiden näytteiden lajitunnistus tehtiin collagen alpha 2-ketjusta. Uniikkien proteiinien joukossa oli siis kaikista eniten proteiinia, jota esiintyy vain nautojen proteiiniketjussa ja viimeisen näytteen kohdalla karioeläinten proteiinien joukossa. Ihmisellä kollageenia on esimerkiksi kynsissä, luissa ja ihossa. Lisäksi kamman TMK22367:2157:001 piikkinäyte tunnistettiin collagen alpha-1 (I)-ketjusta, ja saman kamman tukilistan näyte collagen alpha-2 (I)-ketjun fragmentista.

Suurin osa Novgorodin keskiaikaisista kammoista on tehty sarvesta (engl. antler), peräti 86,2 % (Smirnova 2005: 10), mikä on päinvastaista kuin Turussa. Novgorodin aineistossa luusta ja sarvesta tehtyjen kampojen osuus vaihtelee ajan mittaan 1100–1400-lukujen välisenä aikana radikaalisti. Prosentuaalisesti luukampoja on 1200-luvun lopusta 1300-luvun keskivaiheille paljolti yli puolet löydetyistä kammoista. Eri materiaaleista yhdistettyjä kampoja on löydetty eniten 1300-luvun alun kerrostumista, 9 kappaletta (Smirnova 2005: 294, taulukko 80).

Smirnovan mukaan eri lajien tunnistaminen sarviesineistä paljaalla silmällä on erittäin vaikeaa, ja huomioon pitää ottaa esineen väri, pinnan tekstuuri, esineen muoto ja koko (2005: 11). Hänen mukaansa varsinkin viikinkiajan ja varhaiskeskiajan yksipuolisten kaksoiskampojen materiaalien tunnistaminen olisi hyvin merkittävää (: 10). Esimerkiksi Tanskasta löydetyistä sarvikammoista on tunnistettu paikallista saksanhirveä, mutta osa kammoista on tehty poron sarvista, jota ei Tanskassa luontaisesti esiinny. Sarvimateriaali tai kampa on siis tuontitavaraa, mikä tuo uutta aspektia luo- ja sarviesineiden raaka-ainekauppaan viikinkiajalla.

Kaikilla nautakarjaroduilla ei ole sarvia, mutta Suomessa keskiajalla olleilla nautalajeilla niin härillä, sonneilla ja lehmillä oli sarvet. Nykyään on myös nautarotuja, joilla ei ole sarvia ollenkaan, kuten Skotlannista peräisin oleva Aberdeen Angus-rotu. Naudan sarvet (engl. horn) ovat sarviluusta ja keratiinista muodostuneita, joten niissä on usein vaaleita, läpikuultavia kohtia. Oman aineistoni kammoissa ei tämänkaltaista läpikuultavuutta näkynyt, mikä indikoi niiden olevan juuri luuta. Koska kahdeksasta kammasta seitsemän paljastui analyysissä naudaksi, voidaan pitää todennäköisenä materiaalina juuri naudän luita. Kahdeksas analyysinäyte paljastui hevosen luuksi.

## 6.2 Analyysitulosten luotettavuus ja ongelmat

Näytteiden epäonnistuminen on mielenkiintoinen seikka, jota tulee pohtia varsinkin tulevia tutkimuksia ja niiden tekijöitä silmällä pitäen. Miten tulevissa tutkimuksissa saadaan useampi näyte onnistumaan ja mitä ottaa sitä varten huomioon? Arkeologisissa tutkimuksissa ja kairauksilla otetaan usein monenlaisia näytteitä kuten ajoitus- ja maanäytteitä. Joskus useampi analyysiin toimitettu näyte syystä tai toisesta epäonnistuu, ja siksi näytteitä otetaan useita ja mieluummin liikaa kuin liian vähän.

On mahdollista, että kammoissa itsessään olisi jokin konservoinnissa käytetty yhdiste, joka pääsi vaikuttamaan tuloksiin. Kammassa TMK22367:LU2157:001 oli huomattava, selkeä konservoinnissa laitettu lakkakerros (Paraloid B72), jota puhdistimme Hirvilammen kanssa pois asetonilla. Tämän kampanäytteen tulokset tulivat hyväkuntoisina, joten näytteen puhdistus selvästi onnistui. Laboratoriossa käytetyt astiat olivat steriilejä, joten niiden kautta yhdiste tuskin on epäonnistuneita näytteitä kontaminoinut. Edellä mainittuihin yksityiskohtiin ja kontaminaatiomahdollisuuksiin kiinnittäisin ensi kerralla vielä enemmän huomiota tämän tyyppisiä analyyseja tehdessä. Seitsemästätoista näytteestä kuitenkin kahdeksan onnistui tuottamaan haluttuja ja luotettavuudeltaan hyviä tuloksia, joten analyysillä pystyttiin saavuttamaan haluttua uutta tietoa.

En voi myöskään sulkea pois sitä seikkaa, että vaikka seurasin ohjeita ja toimin laboratoriossa ohjaajan alaisuudessa, jokin virhe on voinut tapahtua. Olen päässyt harjoittelemaan kyseistä analyysitekniikkaa ennen itsenäisesti tehtyjä näytteidenvalmisteluja kerran, ja tämän tutkielman prosessin ja laboratoriovaiheen toteutus oli uuden oppimista kuitenkin valvotuissa ja ohjeistetuissa olosuhteissa.

Mikäli tekisin kyseistä proteiinianalyysia uudelleen, kiinnittäisin enemmän huomiota näytteiden puhdistukseen, varsinkin silloin kun kyseessä ovat mahdollisesti konservoinnissa käsitellyt luuesineet eivätkä esimerkiksi teurasjäteluut.

Merkittävä huomio on se, että tiedustellessani Paraloid B72 -pinnoitteen vaikutuksesta, sain tietää, että kyseisen aineen toimivuudesta proteiinianalyysiin ei juurikaan ollut tietoa. Päätimme konservaattori Hirvilammen kanssa puhdistaa näytepalan heti kammasta irrotuksen jälkeen asetonilla. Näin ollen voidaan sanoa, että asetonipuhdistus Paraloid B72:lla käsiteltyihin luuesineisiin on toimiva. Kamman TMK22367:LU2157:001 tulokset olivat onnistuneita ja luotettavia, ja osoittivat haluttua variaatiota tuloksiin tunnistetulla hevosen proteiineilla.

## 7 Tulosten tulkinta

Keskiaikaisista kaupunkikerroksista saatavat luuaineistot ovat usein runsaita ja hyvin säilyneitä. Kaupunkimainen tiheä asutus on muodostanut paksut ja kosteat maakerrokset, joissa luut säilyvät hyvin (Tourunen 2003: 371). Palamaton luu ei yleensä hyvin Suomen happamassa maaperässä, ja arkeologisissa aineistoissa palamaton luuaines alkaa yleistyä vasta rautakauden lopulta alkaen (Bläuer 2015: 14). Turussa säilyneet keskiaikaiset luut ja tunkiokasat antavat paljon merkittävää tietoa esimerkiksi karjan ja muiden eläinten historiasta sekä ihmisten lihan- kulutuksesta. Kaivauksilta löytynyt luuaines on pitkälti jälkiä eläinten teurastuksesta ja syöntijätteestä, mutta mukaan mahtuu myös käsityöläisten käyttämiä luita ja työstöjätettä (Bläuer 2015: 14–15).

Nykypäivänä karjaa kasvatetaan pääasiassa kaukana suurten kaupunkien keskustoista ja taajama-alueista, mutta keskiajalta pitkälle uuden ajan aikaan ja teollistumisen alkuun karjaa pidettiin myös kaupungeissa. Veroluetteloista saatavat tiedot hevosten määrästä Turussa keski- ja uuden ajan aikana vaihtelevat valtavasti (Tornberg 1973: 177). Hevosten määrä on voinut vaihdella myös yhteiskunnallisten olojen myötä. Uudella ajalla Ruotsin valtakunnan käymät pitkät sodat ja muut konfliktit ovat voineet verottaa hevosten määrää, kun niitä on tarvittu sotilaiden ratsuina. Koko karjatalouden keskeisin eläin oli kuitenkin nauta (Bläuer 2015: 63).

Kirjallisten lähteiden mukaan esimerkiksi Oulussa 1600-luvulla kaupunkilaiset viljelivät pihhoillaan sekä pitivät karjaa (Kivikoski & Grandberg 1971: 184). Tämä pätee myös muihin kaupunkiin, kuten Turkuun. Nautojen määrä 1600-luvun Turussa vaihtelee hieman alle sadan ja hieman yli 400 yksilön välillä (Ranta 1975: 868). Turun linnalta ja sen latokartanoista on voitu tuoda karjaa kaupunkiin teurastettavaksi. Kaupungeissa teurastuksesta, ruuanlaitosta ja käsityöiden teosta syntyvä jäte päätyi usein samaan paikkaan (Tourunen 2008: 128). Bläuer (2015: 47) listaa kolme eri syytä karjankasvatukselle, kuten lihan ja maidon ohella karjasta saatava nahka, villa ja lanta. Hän mainitsee myös karjasta saatavat sarvet, minkä tyyppisiä sarviluusta ja sarveistupesta koostuvia onttoja sarvia ei luonnonvaraisilla eläimillä Suomessa ole (2015: 48). Naudat olivat 1600-luvun kaupungissa edustettuna mitä suurimmissa määrin, joten materiaalia luuesineisiin, kuten kamppoihin tarvittaessa naudan luita on ollut tarjolla. Lisäksi naudan jalkaluut sekä sarvet olivat malliltaan sopivia kamppojen ja muiden esineiden tekoon. Yleisesti kaikkien isojen ungulaattien eli kaviokyntisten eläinten (kavioeläimet, sorkkaeläimet & valaat) suurikokoisimmat luut ovat hyviä niin esineiden kuin juuri kamppojen tekoon. Luunappeihin ja helmiin on usein käytetty ohuempia ja latteampia luita kuten lapoja.

Luukammat ovat vain yksi esineryhmä kaikkien luuesineiden joukossa, mutta niiden käyttö on ollut mahdollisesti muita luuesineitä intiimimpää. Luuhuilit taas ovat voineet olla vain yhden ihmisen käytössä, mutta usein niiden käyttö oli kuitenkin julkista, sillä musiikilla viihdytettiin useimpia ihmisiä. Luusta ja sarvesta tehdyt nopat ja pelinappulat olivat myös monien eri ihmisten käyttämiä esineitä, kun taas kampa mielletään henkilökohtaisena. Kampoja saatettiin keski- ja uudella ajalla antaa häälahjaksi, ja hiusten rituaaliseen kampaamiseen liitettiin uskomuksia. Kampoja on löytynyt paljon pronssi- ja rautakauden hautauksista, joten niillä on ollut tärkeä asema esineenä, jos niiden sijoittaminen mukaan tuonpuoleiseen on koettu tarpeelliseksi. Ambrosianin (1981:14) mukaan viikinkiaikaisia kampoja ei Birkan hautausten perusteella ole pidetty hiuskoristeina tai kampauksien kiinnipitäjänä haudatessa, vaan useimpien haudoista löytyneiden kampojen sijoittuminen lantion alueelle viittaisi siihen, että niitä on säilytetty vyöhön kiinnitettävässä pussissa tai narussa. 1000-luvulle ajoittuvista kerroksista Novgorodista on löytynyt kaksi vyötäisille kiinnitettävää nahkaista kampapussia (Smirnova 2005: 106). Toisesta pussista löydettiin myös täysin ehjä yksiosainen kaksoiskampa. Kammoilla on voitu myös tehdä kampauksia ja käyttää kampa siinä kiinnipitäjänä.

Todella monessa Turusta löytyneissä kaksoiskammoissa toinen piikkirivi on huomattavasti tiheämpi, mikä viittaa niiden käyttöön henkilökohtaisen hygienian huollossa täikampana hiusten harjaamisen lisäksi. Rautakaudella yleisin kampamalli oli yksirivinen kampa, ja täiden poistoa varten tehty tiheämpi piikkirivistö ilmenee vasta keskiajan kammoissa. Keskiajalla väestönkasvun ja kaupunkien perustamisen myötä erilaiset luteet ja täit ovat varmasti alkaneet lisääntyä, joten kampojen tyyli muutoksella on vastattu kasvaneisiin käyttötarpeisiin.

## 7.1 Naudan luiden osuus

Tutkimuksen hypoteesi naudan luiden dominoivuudesta osui oikeaan, vaikka otanta jäi toivotua pienemmäksi näytteiden epäonnistumisen takia. Naudan yleisyys ei ole yllättävä vaan oletettu tulos. Kahdeksasta näytteestä seitsemän tulkittiin analyysissä naudan luuksi. Näin ollen tulos tukee historiallisen ajan kirjallisten lähteiden antamaa kuvaa siitä, että nauta oli hyvin yleinen kotieläin ja niiden luita on hyödynnetty moneen esineeseen sekä niiden lihaa ruuaksi.

Samalla tulos näyttää realistiselta Turun kaupungin alueelta tehtyjen arkeologisten luulöytöjen valossa. Luulöytöjen joukossa on paljon tunkioista löytyneitä jäteluita sekä myös luiden työstössä pois heitettyjä naudan jalkojen luiden päätyosia eli nivelpäitä, joita on pidetty merkkeinä

juuri kammanteosta. Uuden ajan Turun kaupunkielämästä ja eläinten teurastuksesta kertovat myös muun muassa Kauppatorin laidalta vuosien 2018–2021 kaivauksien aikana löytyneet parinkymmenen teurastetun naudan luut. Luiden löytöpaikka sijoittuu nykyisen Yliopistonkadun puolelle torista, Ortodoksikirkon seinustalle. Luut löytyivät ojaan sijoitettuna ja niiden arvelaan ajoittuvan 1700-luvulle (Lehtola, Johanna, YLE uutiset 21.7.2022).

Yleisimmät naudan luut, joita käytettiin kampojen tekoon, olivat kämmenluut (*metacarpal*) ja jalkapöydänluut (*metatarsal*). Molempia luita on naudalla kaksi kappaletta kutakin. Kyseiset luut sijaitsevat naudan ruumiin alaosassa jaloissa, jotka yleensä leikattiin teurastuksen yhteydessä pois jotta kehon lihaisimpiin osiin päästiin käsiksi. Jalan luut olivat siis helposti saatavissa olevia, vähälihaisia osia, jolloin luu saatiin helposti irti työstöä varten (Vretemark 1997b: 205). Vaikka naudan jalat ovat vähälihaisia ruhon osia, on niitä saatettu kuitenkin käyttää ruuanvalmistuksessa (Tourunen 2003: 371).

Nautakarja on lukumäärällisesti runsain mitoin edustettuna kirjallisissa lähteissä ja arkeologisessa aineistossa niin keskiajan kuin uuden ajan Turussa (Tourunen 2007: 46). Tourunen mainitsee myös, että Åbo Akademin (1998) ja Aboa Vetus -museon tontin (1990-luvun alku) kaivausten luulöytöjen joukossa ei juurikaan ollut hevosen, hirven tai poron luita (2007: 44). Nautakarjan luut ovat todennäköisesti tonttien asukkaiden itse pihapiirissään teurastamien nautojen luita, sillä niiden joukossa on kokonaisten nautojen luurankoja, joista puuttuisi osia mikäli teurastus olisi tapahtunut kaupungin ulkopuolella (Tourunen 2007: 44). Kaupungissa nautakarja toimi tärkeänä maidontuottajana, ja lisäksi niistä saatiin lantaa pelloille. Maidosta tehtävä voi toimia arvokkaana kauppatavarana sekä veronmaksun välineenä. Yhtälailta karjasta saatiin myös raakamateriaalia nahka-, luo- ja sarvitöihin (Tourunen 2007: 46). Naudan liha oli tärkeä ravinnonlähde sekä urbaanissa kaupunkiympäristössä että maaseudulla.

Åbo Akademin tontilta 1998 löytyneiden rakennusjäänteiden välistä yksikköä M504 on arveltu karjapihaksi (Tourunen 2002: 12). Turun kaupungin alueelta löytyneistä rakennusten jäänteistä monien on tulkittu olevan karjasuojien jäänteitä niistä tehtyjen löytöjen perusteella (Bläuer 2015: 62). Åbo Akademin tontilta löytyi kuusi kampaa, joista yksi, kampa TMK21816:LU86:98 on mukana tämän työn aineistossa.

Tourunen (2002: 38) kertoo pro gradu -tutkielmassaan naudan olevan tutkimansa Åbo Akademin tontin keskiaikaisten kerrostumien yleisin laji. Toiseksi suurin ryhmä on lampaat (*Ovis aries*) sekä vuohet (*Capra hircus*). Lampaiden ja vuohtien luut ovat liian pieniä kammantekoon, mutta pienistä luista on voinut saada muihin luuesineisiin tarvittavaa materiaalia, kuten

nappeihin ja noppiin. Vuohen sarvet taas ovat luusta ja keratiinista koostuvaa materiaa, joka on onttoa ja kevyttä, joten sen käyttöä on siksi voitu välttää. Ne olisivat naudän ja lampaiden sarvien ohella käyneet mieluummin juomasarviksi (Tourunen 2003: 371). Kampaan tai sen osiin tarvittavaa leveämpää luuta saatiin paremmin naudoista.

## 7.2 Yhdistelmäkampojen materiaalit

Vaikka analyysin otanta onnistuneissa näytteissä oli toivottua pienempi, löytyi niiden joukosta toivottu tulos. Toisena tutkimuskysymyksenä oli, löytyykö analysoitavien kampojen joukosta moniosaisia kampoja, joissa eri eläinlajeja olisi yhdistelty?

Kamman TMK22367:2157:001 (näyte 17) tukilistasta otettu näyte paljasti luun alkuperän kavioeläimeen (*Equus* sp). Kampa on löytynyt Tuomikirkkotorin kaivauksissa (2005–2006) ja se on lähes kokonaan säilynyt moniosainen kaksoiskampa. Kamman päätylaudat ovat ulospäin kaarevat ja sen tukilistat on koristeltu häränsilmäkuvioin (kuva 16).

Kamman tukilistasta tunnistettiin 14 kappaletta kavioeläimen (*Equus* sp.) suvun uniikkeja proteiineja. Toiseksi eniten tuloksissa uniikkeja proteiineja on tunnistettu hevosesta (*Equus caballus*). Tulosta voidaan siis pitää hyvin luotettavana, koska suurimmat uniikkien peptidien määrät viittaavat molemmat kavioeläimeen ja hevoseen. *Equus* sp.-nimiseen hevoseläinten suku käsittää kavioeläimistä hevosen, aasin ja seepran. Seepra voi pitää erittäin epätodennäköisenä sen kaukaisen esiintymisalueen takia. Ensimmäiset aasit Suomeen ovat taas tulleet vasta 1900-luvun puolella, ja yleistyneet vasta viimeisten vuosikymmenten aikana. Käsittelen tulosta siis kaikista todennäköisempänä vaihtoehtona eli hevosen luuna.

Kyseisen kamman piikkiosasta otettu näyte oli laadultaan hieman heikompi, ja siitä tunnistettujen proteiinien määrä oli matalampi kuin listasta otetun näytteen. Voidaan silti todeta että kyseisen kamman piikkiosat on todennäköisesti tehty naudän luusta, sillä kolme eniten tunnistettua uniikkia proteiinia ovat naudasta. Näin voidaan rajata pois se mahdollisuus, että kampa olisi tehty kokonaan hevosen luusta.



Kuva 16. Kampa TMM22367:LU2157:001. Kuva: Alina Korte.

Kavioeläimen eli todennäköisen hevosen proteiinien esiintyminen on kiinnostava vaihtelu, mutta oletuksen mukaisesti nauta on dominoivin laji analyysituloksissa. Lähtöhypoteesina toimi esimerkki tanskalaisesta kampojen analyysituloksesta (Brandt et al. 2018), jonka perusteella Odensen kaupungista löytyneiden keskiaikaisten kampojen joukosta pystyttiin tunnistamaan eri eläinlajien luita moniosaisista kammoista. Kyseissä tutkimuksessa tunnistettiin hevosen luusta tehty piikkiosat kammasta, jonka tukilistat olivat nautaa (Brandt et al. 2018: 147). Osien materiaalit ovat siis päinvastoin kuin tämän tutkimuksen yhdistelmäkammassa. Tämän perusteella hevosen luita ei ole valikoitu käytettäväksi ainoastaan tietyn kamman osan valistamiseen, vaan niitä on käytetty niin piikkeihin kuin tukilistaan. Hevosen luut ovat kuitenkin naudan luiden ja toisten isojen ungulaattien ohella erittäin sopivaa esineiden työstämateriaalia.

Vaikka naudan luun yleisyys tuloksissa oli tutkimushypoteesin mukaista ja odotettavaa, on kavioeläimen esiintyminen aineistossa mielenkiintoinen variaatio. Tämä tulos vahvisti toisen tutkimuskysymyksen, sillä Suomesta löytyy nyt todistetusti kampa, jossa eri eläinlajien luita on yhdistelty yhteen kampaan. Tulevaisuudessa voisi olla tilaa myös moniosaisien kampojen tarkastelulle eri materiaalien yhdistelmän näkökulmasta, kuten mahdollinen luun ja sarven yhdistely samassa kammassa.

Vähäisen teurastuksen takia hevosen luita on ollut vähemmän ja harvemmin saatavissa kuin naudan luita. Hevosen luut ovat vankkarakenteisempia kuin naudan luut ja niissä on enemmän sileää leveää pintaa, joten hevosen luut ovat voineet olla jopa halutumpia luuesineiden työstöä varten kuin naudan luut (Vretemark 1997b: 206).

Hevosen luita löytyy myöhäisrautakauden tunkiojätteiden joukosta hyvin usein, mutta ne muuttuvat keskiajan ja uuden ajan asuinpaikkojen löytöjen joukossa harvinaisemmiksi. Tällöin luut ovat usein joko hevosen jalkaluita tai kalloja. Bläuerin mukaan näin ollen vahvistuu kuva siitä, että hevosen lihan hyödyntämiseen on kristinuskossa suhtauduttu negatiivisesti, kuten kirjallisista lähteistä tiedetään. (Bläuer 2020: 107–108)

Koska hevosen lihaa ei syöty, hyödynnettiin niistä vain jouhet, luut ja nahka (Bläuer 2015: 72). Hevosen lihan epäpuhtauskäsite liittyy historiallisen ajan alkuun ja katolisen kirkon kieltoon koskien hevosen lihan syöntiä. Uskonpuhdistuksen myötä katolisen kirkon kiellot hevosen lihan syömisestä jätettiin, mutta uskomukset elivät vielä protestanttisella ajalla (Bläuer et al. 2022: 88). Bläuerin (2015: 72) mukaan kielteinen suhtautuminen kuolleisiin hevosiin jatkui uudella ajalla protestanttisen kirkon valta-ajalla ja näkyi ihmisissä jopa inhona hevosta ja sen lihaa kohtaan.

Koska kuollutta hevosta pidettiin epäpuhtaana eläimenä, hävitettiin niiden ruhot yleensä kaupunkialueen ulkopuolelle (Bläuer 2015: 67). Hevosten sijasta vetohärkiä käytettiin paljon peltotöihin Länsi-Suomen alueella historiallisella ajalla, mutta kaikkialla Suomessa hevosta on käytetty sekä matkustamiseen että peltotöihin (Bläuer 2015: 67). Hevonen on ollut kotieläimistä ja karjasta kaikkein arvostetuin ja kallein eläin, mutta suhtautuminen kuolleeseen hevoseen on ollut taas aivan toisenlainen. Epäpuhtaus ja saastaisuus ei rajoittunut vain itse hevosen ruhoon vaan myös ihmisiin, jotka niitä teurastivat, kuten rakkarit. Joidenkin väitteiden mukaan jopa teurastajien käyttämät astiat rikottiin käytön jälkeen (Bläuer 2015: 82). Keski- ja uuden ajan asuinpaikoilta löytyneistä hevosen luista suurin osa näyttää olevan sinne muualta tuotuja, joko rituaalisiksi rakennuskätköiksi tai luuesineiden valmistamista varten (Bläuer et al. 2022: 98). Hevosen saastaisuus ulottui siis myös pelkän hevosen ruhon ulkopuolelle, kuolleita eläimiä käsitelleisiin ihmisiin, mutta sen luita on kuitenkin käytetty esineiden tekoon. Saastaisuuskäsite saattoi siis kattaa hevosen lihan ja sen käytön, mutta luut olivat varsinkin työstämisen jälkeen puhtaana pidettyä materiaalia.

Ruotsin keskiaikaisissa kaupunkiaineistoissa ei ole merkkejä hevosen lihan syönnistä (Vretemark 1997a: 144). Vretemark (1997a) esittää, että hevosen lihaa olisi syöty kuitenkin jonkin

verran Ruotsin valtakunnassa keskiajalla, mutta ei kaupungeissa vaan maaseudulla. Hänen mukaansa kaupungeissa hevosen lihan kuluttaminen niin, että kukaan ei olisi huomannut, oli todella vaikeaa, mutta maaseudulla huomattavasti helpompaa. Ruotsissa esimerkiksi Skaran ja Lundin kaltaisissa suurissa hiippakunnissa ja niiden kaupunkialueilla hevosen lihan kulutus olisi voinut tuoda tietynlaisen leiman koko yhteisölle, joten sosiaalinen paine on voinut myös vaikuttaa asiaan. Vanhat tavat ovat myös voineet olla niin sanotusti ”tiukassa”, ja maaseudun talollisen mielestä ollut vain tuhlausta, jos hyvä liha jätettiin käyttämättä. Hevosen lihan käytöstä on merkkejä muun muassa Skånesta, Öölannista ja Upplandista, sekä muista maista esimerkiksi Puolasta ja Unkarista 1100–1200-luvulta. (Vretemark 1997a: 144–145)

Muutos hevosen luiden käytössä on nähtävissä Skaran aineistojen joukossa. 1200-luvun jälkeen hevosen luita esiintyy enemmissä määrin juuri kammanvalmistukseen liittyvien luujätteiden joukossa (Vretemark 1990: 142). Ruotsin Skaran löytökerroksissa hirven sarvet toimivat pääasiallisena kammanvalmistusmateriaalina 1200-luvulle asti, minkä jälkeen hevosen ja naudan luut alkavat korvata sarven valmistusmateriaalina. (Vretemark 1990: 151) Ruotsin kaupungeista esimerkiksi Kungahällasta, Skarasta ja Lödösestä on löytynyt runsaasti luuntyöstöön liittyvää jätettä sekä luuesineitä. Kungahällan luuaineiston joukosta on tunnistettu vain kaksi hevosen luuta.

Tourusen (2002: 39) mukaan Åbo Akademin tontilta löytyneet hevosen luut on kuuluneet määrällisesti alle yhdelle hevoselle eli luut olivat vain osia yhden hevosen ruhosta. Muusta luuaineistosta poiketen hevoselle kuuluneet luut eli kallon ja jalkojen osat ovat ruhon vähälihaisista osista. Kuten tuli jo tässä luvussa ilmi, tämä oli hyvin tyypillistä, sillä hevosen lihaa ei syöty ja ne teurastettiin usein kaupungin ulkopuolella niihin liitetyn saastaisuuden takia. Koska tontilta ei löytynyt kuin hevosen kallon ja jalkojen osia, on ne tuotu tontille muualta, tai sitten muu ruho on viety tontilta pois. Tiedossa kuitenkin on, että hevosia harvemmin teurastettiin kaupungeissa. Hyvin mahdollinen skenaario on, että hevosen jalkojen luut on voitu tuoda kaupunkiin sen ulkopuolelta luuesineiden valmistamista varten. Keski- ja uudelle ajalle ajoittuvista hevosen luista hyvin suuri osa liittyy luuesineiden tekoon (Bläuer 2015: 72).

Luuesineistä esimerkiksi luuluistimiin tarvittavia suorja ja sileitä luita saatiin parhaiten tehtyä joko hevosen tai naudan jalkapöydän- ja kämmenluista (Bläuer 2015: 98). Hevosen jalan luissa on sileitä ja suuria pintoja, jotka tekevät niistä oivallisia esimerkiksi juuri luuluistinten tekoon (Bläuer 2015: 72). Luuluistimia on löytynyt myös Kauppatorin kaivauksilta 1600–1800-luvuille ajoittuvilta tonteilta, joten ne eivät ajoitu pelkästään keskiaikaan (Uotila et al. 2022: 96,

kuvateksti). Heidi Luikin (2000: 132) mukaan kymmenestä Virosta löytyneestä luuluistimesta yhdeksän on tehty hevosen luusta. Birkan luuluistimista taas 79 % on tehty naudän luista, ja vain 21 % hevosen luista. Sigtunassa taas 39 % on tehty naudasta ja jopa 61 % hevosesta (Edberg & Karlsson 2016: 8–9). Turun kauppatorin kaivauksilta löytyi lähes kokonainen hevosen luuranko kaivoon sijoitettuna (Uotila et al. 2022: 53). Hevoselta puuttui toisen etujalan alaosa kokonaan, mikä on mielenkiintoinen seikka, sillä se on voitu ottaa talteen juuri luuesineen tekoa varten. Luuluistimiin olisi tarvittu molempien etujalkojen luut joten luuta on voitu ottaa talteen vain sen hetkiseen tarpeeseen, ei varastoon.

### 7.3 Ammatilaisen työstämä kampa?

Kolmantena tutkimuskysymyksenäni oli, mitä edellä käsitellyt tulokset voivat kertoa käsityöläisyydestä ja luuntyöstöstä Turussa, ja tukevatko ne kirjallisten lähteiden tietoja? Käsittelen näitä teemoja seuraavissa alaluvuissa.

Turusta tunnetaan kirjallisten lähteiden perusteella 32 eri käsityöläisammattia ja 162 niiden tekijää vuosien 1200–1570 väliltä (Kallioinen 2002: 215). Ammattikuntia perustettiin Turkuun 1620-luvulla, mutta ne olivat yleisiä jo 1100-luvun Keski-Euroopassa (Kallioinen 2002: 2020). Mahdollisesti syy tälle voi olla, että esimerkiksi Tukholmaan verrattuna tiedetään Turusta vähemmän käsityöläisiä ja käsityöläisyyden merkitys on ollut vähäisempi (Kallioinen 2000: 219). Norjassa kammantekijät on mainittu kaupungin lainsäädännössä vuonna 1282, ja Ruotsissa heidät mainitaan ensimmäisen kerran 1600-luvun lopulla (Ambrosiani 1981: 162).

Turussa on vuosien 1200–1570 välillä työskennellyt muun muassa monia räätäleitä, suutareita, seppiä, kultaseppiä ja muurarimestareita (Kallioinen 2000: 217). Maaseudun talonpojat sekä myös suurin osa kaupunkilaisista olivat omavaraisia, joten käsityötuotteiden kysyntä on voinut jäädä pieneksi (Kallioinen 2002: 219). ”Kaikki viittaa siihen, että Turku todella oli enemmän kauppa- kuin käsityökaupunki”, Kallioinen tiivistää (2002: 220). Koska saman alan käsityöläisiä oli Turussa suhteessa Tukholmaan ja Tallinnaan hyvin vähän, ei tarvetta ammattikunnille tunnettu. Tukholmaa lukuun ottamatta Ruotsin valtakunnan kaupunkien ammattikuntalaitos oli pitkään varsin kehittymätön.

Turun käsityöläisiä koskevissa kirjallisissa lähteissä kammantekijästä ei löydy merkintää kuin vasta 1700-luvulta (Poutiainen 1999: 115, Ranta 1975: 170–171). Voidaan olettaa että 1700-luvulle tultaessa Turussa on kampoja kuitenkin tehty. Tämän tutkielman aineistoa ei ole

ajoitettu kuin typologian perusteella, mutta Turun kampalöytöjen joukossa on monia tyyllisesti keskiaikaan ajoittuvia kampoja. Vaikka samankaltaisia kampoja olisi valmistettu ja käytetty vielä uudella ajalla, antaa löytökonteksti myös viitteitä esineen ajoituksesta. Ovatko kampoja tehneet siis kiertävät kammantekijät ja luuntyöstäjät, vai onko jokin muu käsityöläinen tehnyt oman ammattinsa ohella silloin tällöin kampoja? Esineiden löytökonteksteja ja muiden luulöytöjen perusteella voidaan mielestäni sanoa, että kampoja on Turussa tehty mutta pienessä mittakaavassa. Ennen varsinaisia kammantekijöitä tai edes vakiintuneita luuntyöstäjiä on mahdollista, että kampoja ovat valmistaneet sopivia työkaluja omistaneet yleiskäsityöläiset tai/ja kiertävät kammantekijät (Ambrosiani 1981: 40–41). Luuntyöstäjä on varmasti saanut hankittua Turun työskennelleiltä nahkureilta ja teurastajilta luita ja sarvia käyttöön.

Dosentti Kari Uotilan (2003: 154) mukaan 1550-luvulla Juhana Herttuan asuessa Turun linnassa on myös merkkejä käsityöläisten työskentelystä siellä. Uotila (2003: 154) sanoo: ”Hyvin usein esimerkiksi käsityöläisten kerrotaan työskennelleen linnassa, mutta voi ajatella, että käsityöläiset ovat siirtyneet työskentelemään myös kaupunkiin tai että osa linnan tuotteista on tehty kaupungissa”. Voisiko tämä päteä myös luuntyöläisiin? Uotila (2003: 155) mainitsee ammattikäsityöläisten voineen haluta asettua mieluummin kaupunkiin perheineen kuin linnaan rauhattomien sotilaiden joukkoon.

Turun keskustan arkeologisissa kaupunkikaivauksissa on löytynyt luuntyöstämisen jälkiä. Nau-dan jalkapöydän nivelpäitä on löytynyt esimerkiksi nykyisen Aboa Vetus & Ars Nova-museon tontin kaivauksilta. Mitään varmuutta turkulaisesta kammantekijästä tai luuntyöstäjästä keskiajalta ei ole. Turussa mahdollisesti kampoja tehnyt käsityöläinen on voinut tehdä myös muita luu- ja puutöitä. Kammantekemiseen tarvittavat välineet olivat kuitenkin erikoistuneen käsityöläisen välineitä. Hjalmar Appelgren toteaa vuonna 1902 ilmestyneessä *Maanalainen Turku* -teoksessaan, että nykyisen raatihuoneen ja Rettigin tonteilta olisi vuoden 1901 kaivauksissa löytynyt runsaasti luuesineitä, kuten ”monta lajia kampoja” (Appelgren 1902: 18). Hänen mukaansa paikalla olisi myös voitu mahdollisesti todeta olleen luuntyöstäjän tai kammantekijän versta, mikäli parempia huomioita olisi kaivausten jatkuessa tehty.

Mikäli Appelgrenin havaitsemalla paikalla Aboa Vetuksen tontilla olisi ollut joskus kammantekijän versta, löytyneiden kampojen sekä kirjallisten lähteiden perusteella tämä voisi olla vasta myöhäiskeskialla ja uuden ajan alussa. Kaivausten puutteellisen dokumentoinnin takia on kuitenkin nyt hyvin hankala selvittää kuinka paljon ja paksusti luuntyöstöjätettä on paikalla ollut ja mitkä jätteistä voisivat kertoa juuri kammanteosta?

Turussa käsityöläisyyden merkitys ja käsityöläisyyttä harjoittavien ihmisten määrä oli verrattain pieni esimerkiksi Tukholmaan verrattuna. Tukholman kaltaisessa valtakunnan pääkaupungissa oli myös enemmän asukkaita, markkinoita ja suhteita esimerkiksi kammantekijälle. Tukholmassa eri aloja edustavia ammattikuntia keskiajalla oli 13 tai 14. (Kallioinen 2002: 220–221). Tallinnalla taas oli suuri taloudellinen merkitys Turulle ja koko Suomenlahden alueelle. Tätä tukivat myös useat tiedetyt sukulaisuussuhteet Tallinnan ja Turun porvareiden välillä (Kallioinen 2002: 171). Kuten Suomessa, ei luuntyöstäjistä löydy Viron ja Tallinnan kirjallisissa lähteissä merkintöjä keskiajalta (Luik 2016: 182). Luuntyöstöjätettä on löytynyt vielä vähemmän Tallinnan keskiaikaisen kaupungin muurien sisäpuolen kaivauksissa, mutta suuremmissa määrin keskiaikaisista linnoista, kuten Viljandin ritarilinnasta ja Otepään linnasta.

Appelgrenin mainitsema luuntyöstöjäte Aboa Vetuksen tontilla voisi liittyä myös kiertävän kammantekijän työstöpaikkaan. Appelgren (1902: 18) mainitsee että löydöt viittaisivat kammantekijän verstaaseen, eli jäte on selvästi ollut luokiteltavissa juuri kammantyöstöjätteeksi. Ajatusta Turussa käyneistä kiertävistä kammantekijöistä tukee mielestäni useat seikat, kuten vähäinen kysyntä, luuntyöstäjien puuttuminen kirjallisista lähteistä, sekä työstöjätteen satunnaisuus.

Kristina Ambrosiani (1981: 9) näkee kammatt statusesineinä, jotka eivät olleet kotona itse tehtyjä vaan aina ammattimaisen luuntyöstäjän tekemiä. Kammatt saattoivat olla joko ”massatuotettuja” tai kamman tilanneelle ihmiselle tehtyjä, mahdollisesti tyyllisesti tai koristeellisesti kustomoituja ostajan haluamien ominaisuuksien perusteella (Smirnova 2005: 9). Luikin mukaan (2005: 84–87) puutöihin käytetyt työvälineet olivat usein samoja, joita käytettiin sarven ja luun työstöön. Kammanteon ja luuntyöstön välineinä käytettiin erilaisia viiloja ja sahoja. Näiden kaltaisia metalliesineitä tuotiin muun muassa Bruggesta, Flanderista, Länsi-Saksasta ja Englannista (Kivikoski & Gardberg 1971: 294). Kamvoja on siis voinut tehdä puuseppänä työskennellyt henkilö muiden töidensä ohessa, tai kaupunkilainen omilla työkaluillaan omaan tarpeeseensa. Maaseudun omavaraiset talonpojat ovat hyvin voineet kattaa oman tarpeensa omilla puutyövälineillään tekemillään luuntyöstötuotteilla, ja mahdollisesti myydä muutamia itse tekemiään kamvoja markkinoilla.

Kirsi Vainio-Korhosen kokoaman taulukon mukaan Turussa on vuonna 1754 ollut yksi kammantekijän oppipoika, ja itse kammantekijämestari oli kuollut helmikuussa 1754. Vuoden 1755 henkikirjoissa ei ole mainintaa kammantekijästä, kisällistä kuin oppipojastakaan (Vainio-

Korhonen 1998: 200). Henkikirjalähteiden mukaan vuonna 1800 kammantekijämestareita on Turussa ollut yksi ja kisällejä kolme - oppipojista ei ole mainintaa (Vainio-Korhonen 1998: 199). Asukkaita yhtä kammantekijää vasten on tällöin ollut 2 368. Näiden määrien perusteella voidaan todeta, että kammantekijän ammattikunnan puuttuminen ei ole mitenkään tavatonta, kun heitä edusti kaupungissa vain yhden mestarin verstaas. Sama pätee napintekijöihin, joita on vuonna 1755 Turussa ollut yksi mestari ja yksi oppipoika, ja 1800-luvulla vain yksi mestari. (Vainio-Korhonen 1998: 141) Vainio-Korhonen (1998: 139–140) kutsuu kammantekijöitä monen muun ammatin lomassa ”köyhien” alojen ammattilaisiksi, joissa entinen mestari oli useimmin kisällin oma isä tai appi. Tämä voisi liittyä kammantekijän käyttämiin materiaaleihin, jotka olivat helposti saatavaa ja halpaa raaka-ainetta toisin kuin hopea- ja kultaseppien työstämät materiaalit.

Irja Sahlbergin (1962: 37) mukaan Turun ensimmäisenä kammantekijänä tunnetaan 1700-luvulla toiminut Sven Nordling. Sahlberg (1989: 37) kuvaa häntä ammatistaan huolimatta erittäin köyhäksi, kaupungilta ja muilta ihmisiltä rahaa elämiseen lainanneelta ihmiseltä. Hän on luutöiden lisäksi lähteiden mukaan valmistanut kruunulle ruutisarvia (Sahlberg 1989: 37). Myös kammantekijän asemaa kaupungissa Sahlberg kuvaa vaatimattomaksi. Nordlingin seuraajaksi eli kampamestariksi nousi hänen vävynsä Anders Nystedt vuonna 1757. Vaikka Turussa ei ollut kammantekijöiden ammattikuntaa missään vaiheessa, vuonna 1780 Nystedin mainitaan kuuluneen ja työskennelleen ”Tukholman kammantekijäin ammattikuntajärjestyksessä” (Sahlberg 1989: 38). 1700-luvun lopulla Nystedin poika, nimeltään myös Anders, perusti työverstaansa Luostarikortteli 128:aan. 1800-luvulla Sahlbergin (1989: 38) mukaan Turussa toimi kaksi kammantekijää. Lähteiden mukaan Anders Nystedin ja Turun sorvarien välillä oli myös riitaa siitä, kuka sai hyödyntää ensimmäisenä sarvet omiin töihinsä (1989: 38). 1800-luvun puolestavälistä on maininta, että kammantekijämestariksi haluavan kisällin piti mestarikokeessaan valmistaa vääräkampa, laskukampa sekä pitkäkampa (1989: 40). Pitkäkammalla tarkoitetaan todennäköisesti pitkäpiikkistä kampa, joita on Turusta löytynyt vain yksi (KM4034:30), kaksi muuta nimitystä jäivät minulle tuntemattomiksi.

Turun viimeinen ammattikuntalaitoksen oppien mukaan käynyt kampamaakari oli Emil Ahlrot, joka aloitti oppipoikana vuonna 1886. Hän sanoo: ”Me porasimme nappeja sarventähteistä ja myimme niitä kulkukauppiaille, kun tulivat kamvoja ostamaan” (Sahlberg 1989: 42). Ahlrot erikoistui omien sanojensa mukaan juuri kaksoiskampojen tekemiseen, mitä kutsuttiin myös täikammoiksi kuvaukseen sopivasti niiden toisen tiheän piikkirivin mukaan (1989: 46–

47). Tämän perusteella 1800-luvulla kampoja myytiin siis suoraan kammantekijän verstaalta, ja lisäksi Turussa valmistettuja kampoja on myyty maaseudulla kulkukauppiaiden toimesta.

Ahlrotin mukaan mestari Blomqvist käyttivät kaksoiskampoihin kotimaisia sarvia, mutta joskus työstettävänä oli myös kauppias Åkermanilta ostettuja puhvelin sarvia. Puhvelin sarvista saatiin hänen mukaansa kaunis, musta kampa, joka oli hintansa arvoinen (Sahlberg 1989: 47).

Mitä enemmän sarvi- ja luumateriaalien suhdetta ja niiden käyttöajankohtia tutkii, tulee huomanneeksi, ettei niiden välisen käytön muutoksen raja ole niin selkeä kuin joidenkin kirjallisten lähteiden perusteella voisi olettaa. Rautakaudelta keskiaikaan siirryttäessä sarvet vaihtuivat kuitenkin suurimmaksi osaksi luun käyttöön, mutta sarvea on silti pidetty sen rinnalla hienompana ja arvokkaampana kampamateriaalina. Esimerkiksi puhvelin sarvesta tehty kampa ei ole saatavuutensa eikä hintansakaan takia ollut kaikkien ihmisten ostettavissa. Kyseinen kampa on voinut toimia esimerkiksi lahjana, joka on tilattu tekijältä henkilökohtaisesti.

Sahlbergin lukemien maistraatin pöytäkirjojen mukaan Anders Nystedt olisi työstänyt kampoja myös vientiin, vuonna 1816 jopa 375 tusinaa. Mikäli tämä pitää paikkaansa, Nystedtin valmistamalla kammoilla olisi riittänyt suurta kysyntää ja markkinoita Turun ulkopuolellakin. Kyseisen kampamäärän valmistamiseen olisi kulunut paljon aikaa sekä materiaalia, mutta myös taannut elannon.

#### **7.4 Materiaalien hankinta**

Kampojen kysyntä on saattanut rautakaudella ja keskiajalla olla satunnaista, joten kammantekijöiden ei ole kannattanut vakiintua tiettyyn paikkaan. Siksi kammantekijät kiersivät kauppa- paikkojen ja markkinapaikkojen välillä, ja tehden kampoja paikan päällä ihmisten luonnosta keräämistä sarvista. Nahkaverstaisten perustamisen jälkeen kammantekijöillä oli uusi, paikalleen vakiintunut materiaalin tulonlähde: sarvet (engl. horn). Tämä helpotti myös heidän työnsä paikalleen asettumista (Ambrosiani 1981: 162). Ambrosiani esittää, että myöhäisrautakauden ja varhaiskeskiajan kasvaneeseen kysyntään ei olisi riittänyt enää vain talvisin kerätty sarvimateriaali, joten kaupunkien nahkaverstaista ja teurastuksesta saatava sarvimateriaali olisi toiminut korvikkeena.

Mikäli tämä pitää paikkaansa, ei samaa voida suoraan sanoa toteutuneen Suomen alueella. Kuten sanottu, Suomen kampakysyntä on luultavasti ollut hyvin pientä uudelle ajalle asti, ja

maaseudun talonpojat ja ehkä myös kaupunkilaisista osa on tuottanut kampansa itse. Pudotettujen ja luonnosta kerättyjen sarvien käytön vaihtuminen karjasta saataviin sarviin ei myöskään näy Turun kampa-aineistossa. Vaikka joukossa on sarvesta tehtyjä kampoja (silmämääräisesti huomattuja), on suurin osa aineistosta silti luuta. Vaikuttaa siis siltä, että Turussa mahdolliset kiertävät kammantekijät ovat työstäneet pääasiassa luuta keskiajalla. Täytyy myös huomioida, että kiertävät kammantekijät ovat voineet tehdä myös muita luu- ja sarviesineitä kuin kampoja.

Toisaalta juuri kampoja pidetään ammattitaitoa vaativina esineinä, joiden teko jätettiin mieluusti niihin erikoistuneelle käsityöläiselle. Luisia nappeja ja helmiä on voitu tehdä myös halutessaan itse. Esimerkiksi Hedebystä löydettyjen jättemateriaalien perusteella paikalla olisi tehty noin 15 kampa vuodessa (Ambrosiani 1981: 41).

Luu tai sarvi ei itsessään ole arvokasta raaka-ainetta, toisin kuin esimerkiksi työkalujen metalli tai seppien työstämä hopea. Poikkeuksena voidaan pitää harvinaisempia tuontimateriaaleja, kuten norsunluuta. Konczewskan (2011: 305) mukaan luu- ja sarviesineiden tekijän ammatillisen arvon määritti hänen valmistamansa esineet, ei se mitä materiaalia hän käytti, joten kammantekijät käyttivätkin niin luuta, sarvimateriaaleja ja puuta töissään.

Kaakkois-Virosta ja Tallinnan Rougen esihistorialliselta asuinpaikalta on löytynyt useita sarvista tehtyjä kampariipuksia, joiden käytön Luik arvelee jatkuneen piikkien katkettua (Luik 2008: 155–156). Esine on ollut kantajalleen tärkeä esine siitä huolimatta että käyttötarkoitus on muuttunut kammasta pelkäksi riipukseksi. Suomessa Museoviraston aineistoista löytyy hyvin samantyyppinen, rautakautiseksi ajoitettu metallista valmistettu kampariipus (KM335: 213).

Yksittäisiä Turusta löytyneitä luuntyöstöpaikkoja ennen merkintää pysyvästä kammantekijästä voisi selittää kausittaisina, kiertävän luuntyöstäjän jätteinä, tai paikallisten käsityöläisten verstaiden paikkoina, joissa ei- ammatillinen luuntyöstäjä on tehnyt muiden töidensä ohessa kampoja tarvittaessa. Kammanteko oli kuitenkin tarkkaa käsityötä ja niiden tekoon tarvittiin monia erikoistyökaluja, joten ehkä kammanteko jätettiin mieluummin suutarin tai muun käsityöläisen tehtäväksi. Varhais- ja sydänkeskiajan Turussa kysyntä kammoille saattoi olla niin pientä, että vakituista kammantekijää ei ole tarvittu. Kampoja on voitu myös tuoda Turkuun kauppatavarana, joko kiertävän kampoja valmistavan käsityöläisen toimesta tai kauppiaan aloitteesta.

Tallinnan Tartu maantee 1:n ja Roosikrantsi -katu numero 9/11:a luu- ja sarvityöstöjätteet kertovat esineiden teosta, mutta määrällisesti eivät Luikin (2016) mukaan tue näkemystä

vakituudesta luuntyöstöstä. Sen sijaan hän arvelee Tartu maantee 1:n alueelta löytyneen talon jäänteiden olleen mahdollisesti taverna tai majatalo. Ajatusta tukevat myös tontilta löydetty ajanviettoon liittyvät esineet, huilut, pelinappulat ja nopat, mutta myös astianpalat. Pääteiden risteyksessä sijainnut majatalo sen sijaan olisi Luikin (2016: 183) mukaan voinut olla otollinen paikka kiertävän luuntyöstäjän paikaksi. Tämä vahvistaa omaa käsitystäni siitä, että Turussa ei ole todennäköisesti myöskään ollut vakituista luuntyöstäjää tai kammantekijää ennen uuden ajan alkupuolta, jolloin ensimmäiset kirjalliset lähteet on kirjoitettu. Tallinnan kokouksessa hansakaupungissakin luutöiden tekeminen on mahdollisesti jätetty kiertäville luuntyöstäjille. Myös Novgorodin kampa-aineiston perusteella suurin osa kammoista olisi tehty kaupungin ulkopuolella ennen 1100-lukua (Smirnova 2005: 315). Tällöin vain pieni osa kammoista olisi tehty paikallisesti ja muut olisivat kulkeutuneet uudisasukkaiden ja yksilöiden mukana sekä matkamuistoina tai lahjoina kaupunkiin kulkeutuneet kammot (2005: 315). 900-luvun puoleen väliin ajoittuvista maakerroksista löytyi vain yksi sarviluun työstämisestä kertova paikka, joka vaikuttaa olleen kausittain käytetty verstaas. Kuten jo on tullut ilmi, samankaltaista kausittaista kampojen – ja luuntyöstöä on tulkittu harjoitetun ympäri Pohjois-Eurooppaa.

Mahdollisesti Turussa kiertäneet kammantekijät olisivat käyttäneet joko paikallisia saatavilla olevia materiaaleja, kuten naudan luita tai työstäneet kampoja mukanaan kuljettamista materiaaleista. Mahdollisesti kiertävä luuntyöstäjä olisi myös voinut kaupata Turussa edellisessä paikassaan tekemiä, myymättömäksi jääneitä kampoja.

Ehkä turkulaisten tarpeet täyttäviin sarvi- ja luuesineisiin löytyi tarvittavat määrät materiaalia kaupungista, ei työstäjien tarvinnut lähteä materiaalin saantia varten keräämään sarvia kaupungin ulkopuolelta. Mahdollisesti kaupungissa jo valmiina metsästyksen jäljiltä olevat, talteen otetut hirvensarvet olisivat kelvanneet materiaaliksi kyllä. Poutiaisen (1999: 30, taulukko 5) kokoaman taulukon mukaan Vanhan Suurtorin vuosien 1986–1988 aikana tehtyjen kaivausten luulöydöistä on tunnistettu vain yksi hirvieläimen luun kappale.

Kiertävien kammantekijöiden työkalut olivat helposti mukana kuljettavia, ja paljolti samoja työkaluja kuin puutöiden tekoon tarvittavat (Luik 2005: 84–87, 100–101.) Vaikka omatekoisiakin kampoja on voinut olla, on ammattilaisen tekemiä kampoja selvästi tehty eri puolilla Baltiaa ja Pohjois-Eurooppaa niin viikinkiajan kauppapaikoilla, keskiajan linnoissa ja uuden ajan kaupungeissa. Myöhemmin ammattimaisia kampoja tekevien paikalleen asettuminen

kaupunkiin tarjosi käyttöön myös uusia, mukana kantamiseen sopimattomia työkaluja kuten sorvi.

Keskiajan Turussa kammantekijän tai luuntyöstäjän tarve ei ole ollut jatkuvaa, joten kampoja on voitu tehdä itse, niitä on voitu ostaa kiertäviltä kammantekijöiltä, tai on voitu ostaa maahan tuotuja kampoja. Anne-Mari Halonen (2007: 28) toteaa pro gradu -tutkielmassaan, että ”lie-neekin todennäköistä, että kaupungin luuesineiden tarve tyydytettiin kotitarvetuotannon, kaupan ja kiertävien käsityöläisten toimesta.” Luuesineiden kotitarvetuotantoon on voitu käyttää muiden pois heittämiä luita. Useimmat tuontitavaraksi luokiteltavat kammat Virossa, Ruotsissa ja Novgorodissa on tunnistettu norsunluuksi. Turkuun ammattimaisesti tuotettuja kampoja ja luuesineitä olisi voitu tuoda esimerkiksi Tukholmasta tai Virosta.

Turun keskiajan maakerrosten löytöjen perusteella on välillä vaikea tulkita ovatko luu- ja nahkajätteet merkkejä kotitarvetuotannosta vai massatuotetuista käsityöläistuotteista. Skandinaaviassa luukäsityöläisten verstaiden paikoilta löytyneistä työstöjätteistä on voitu päätellä niiden käyttöikä. Pienimuotoiset kotitarveteollisuuden työstöjätteet voivat pitää sisällään myös myyntiin tehdyistä esineistä, varsinkin jos luukäsityöläisyyttä on harjoitettu pienimuotoisesti vain tarpeen tullen.

Kammantekijöiden rooli ja asema yhteiskunnassa tuntuu olevan aikasidonnainen ja hieman ristiriitainen. Rautakaudella sarvesta kampoja taidokkaasti työstävät kiertävät kammantekijät olivat arvostettuja ja odotettuja käsityöläisiä Pohjois-Euroopan kauppaja markkinapaikoille. Keskiajalla yksityiskohtaisesti koristeltuja ja taidokkaasti muotoiltuja kampoja tekivät selvästi niihin ja muihin luuesineisiin erikoistuneet kammantekijät tai luuntyöstäjät. Kuitenkin puutyökaluilla jokainen, joka halusi, saattoi tehdä itselleen kamman, ja maaseudun talonpoikien arvellaankin olleen omavaraisia. Kammanvalmistuksen osaava talonpoika on voinut itse myydä tekemiään kampoja kaupungin markkinoilla. Luun- ja sarventyöstöä ei todennäköisesti arvostettu yhtä paljon kuin esimerkiksi kaupungin kulta- tai hopeaseppiä. Luu raaka-aineena oli myös halpaa, nykyiseen muoviin verrattavissa olevaa yleisesti käytettyä materiaalia. Eri lähteistä riippuen kammantekijää keski- ja uudella ajalla ei ole pidetty käsityöammateista kaikkein arvostetuimpana, ja työkalut omistava saattoi itse tehdä kampansa kotona. Kuitenkin luuntyöstäjien esineillä, kuten kammoilla on pidetty huolta täiden poistosta, niihin on tehty onnea tuovaa häränsilmäkoristelua, ja ne ovat kuuluneet jokapäiväiseen arkeen, mutta myös juhlaan häälahjojen muodossa.

Vaikka kampa olisi ammattilaisen tekemä, sitä olisi myöhemmin voitu muokata tai korjata kotioiloissa. Smirnovan (2005: 305) mukaan Novgorodista on myös löydetty keskiaikaisia kampoja, joissa voisi mahdollisesti olla merkkejä korjauksesta. Muutamissa kammoissa esimerkiksi päätylautojen eroavaisuudet ja jäljet voisivat kieliä korjauksesta. Lisäksi muutamien kampojen arvellaan todennäköisesti olevan korjattuja, mutta asiasta ei ole täyttä varmuutta. Moniosaisesta kaksirivisestä kammasta muokattiin mahdollisesti yksirivinen kampa, mikäli toisen puolen piikit sattuiivat kaikki katkeamaan. Tämän tyyppisiä kampoja on löytynyt vain yksi Novgorodista. (Smirnova 2005: 305)

## 7.5 Luu- ja sarvimateriaalia maakerroksista

Aboa Vetus-museon alueelta on 1300-luvulle ajoittuvasta kerroksesta löytynyt neljä naudan jalkaluiden nivelpäätä (KM95032:LU1057,;LU1784,;LU1883 &:LU2129), sekä yhdeksän luuesineen työstön jätetalaksi luokiteltua palaa (Koskinen 2004: 38, 76). Aboa Vetuksen luu- ja sarviesineistä 10,3 % oli tehty sarvesta. Mari Koskisen (2004: 77) pro gradu-tutkielmassaan tekemän laskelman mukaan Aboa Vetus-museon tontin kaivauksilta vuosina 1992–1995 löytyneet sahatut nivelpäät voisivat olla jätetaloja kahdeksan tai kymmenen kamman teosta. Tontilta löytyi lisäksi kolme litteää luulevyä, jotka voivat olla jäänteitä nappien, helmien tai pelinappuloiden valmistuksesta. Nivelpäistä poiketen luulevyistä yksi ajoittuu Turun paloa edeltäneeseen aikaan ja kaksi muuta 1600-luvun puoltaväliä vanhemmiksi (Koskinen 2004: 38).

Mätäjärven korttelin kaivauksissa löytyneiden luiden perusteella paikkaa on käytetty sekä ruoka- että teurasjätteen kaatopaikkana (Vuorisalo & Virtanen 1989: 226). Aineiston joukossa on paljon sarvijätettä; 1450–1520 välille ajoittuvista jätteistä niiden osuus on jopa 40 % (1989: 225). Vuorisalo ja Virtanen (1989: 226) arvelevat sarvijätteen mahdollisesti liittyvän käsityöteollisuuteen. Hevosen luiden puuttuminen aineistosta on heidän mukaansa merkki siitä, että hevosta ei käytetty edes käsitöiden raaka-aineena, mutta tämä tiedetään nykyään vääräksi tiedoksi.

Aboa Vetuksen tontin, Hämeenkatu 17 ja Mätäjärven työstöjätteet kertovat Turkulaisesta käsityöläisyydestä keskiajalla ja uudella ajalla. Aboa Vetukselta löytyneet nivelpäädtyt voivat hyvin olla jälkiä kertaluontoisesta tai satunnaisesta kamman tai luuesineiden työstöstä, kun taas luulevyt ajoittuvat hieman nuorempaan vaiheeseen. Hämeenkatu 17:sta löytyneet kymmenen kampa eivät yksittäin kerro kammantekijän tai luuntyöstäjän verstaasta, vaan sen sijaan siitä

syntynyt työstöjäte toisi varmuutta käsityön harjoittamisesta. Zerpen (1989: 42) mukaan valmiita kampoja ei juuri tavata kammanvalmistuspaikoilla.

Kuten Smirnova (2005) totesi, Novgorodista on löydetty kampoja, missä luu- ja sarvimateriaalia on yhdistelty yhteen moniosaiseen kampaan. Ambrosianin (1981: 52, 54 & 98–102) mukaan viikinkiajalta keskiajan alkuun välisenä aikana materiaaleja on yhdistelty Ruotsista löytyneissä kammoissa. Koska sarvi oli kovempaa materiaalia kuin luu, saatettiin moniossaisten kampojen piikkiosat sekä tukilistat tehdä sarviluusta ja vain päätylaudat karjan luusta. Sen lisäksi, että keskiajalle tultaessa ainakin osa Pohjois-Euroopassa kierteistä kammantekijöistä ryhtyi vakituisiksi luuntyöstäjiksi kaupunkeihin, ja pääsivät näin käsiksi helpommin kaupungin karjasta saataviin materiaaleihin, on sarvesta luuhun siirtymisessä voinut olla kyse myös ympäristön olosuhteista. Christophersen (1980: 160) sanoo keskiajan alussa hirvien ja peurojen elinympäristöjen luontotyypeissä eli biotoopeissa tapahtuneen muutoksia, jotka vaikuttivat eläinten vähenemiseen. Tämä luonnonvaraisten sarvieläinten väheneminen yhdessä kaupunkien tarjoaman kysynnän lisäksi ajoi luuntyöstäjät ja kammantekijät etsimään toisia raaka-aineen saanti tapoja (Christophersen 1980: 160). Näiden seikkojen lisäksi luu heikompana kampamateriaalina merkitsi niiden helppoa rikkoontumista, mikä taas toi kammantekijälle lisää työtä ja tienestiä. Materiaalien muutoksen syihin on voinut liittyä lakisäädökset, jotka määräsivät peurojen olevan vain kuninkaallista riistaa.

Trondheimin Folkebibliotekstomtenin alueelta tunnetaan yli 20 000 luun ja sarviluun työstöön liittyvää jätetalaa sekä esimerkiksi hieman yli 1300 puolivalmista kampa sekä yli tuha muuta luu- ja sarviesinettä kuten neuloja ja noppia. Löydöt ajoittuvat vuosien 1150–1350 välille (Mikkelsen 1994: 155). Tønsbergin ”Storgate 24/26”:sta on löydetty 1100-luvun lopulta 1200-luvun jälkipuoliskolle ajoittuvat 49 kampa ja kampakotelo. Kaikki määritetyt kammat tehtiin poronsarvista mutta pitkähampainen kampa karjan luusta (Mikkelsen 1994: 157).

Oslon alueelta on löydetty useista kaivauskohteista runsaita määriä poronsarvijätettä sekä valmiita kampoja, kamman osia, kampakoteloita sekä muita luu- ja sarviesineitä. Useimpien kohteiden löydöt voidaan ajoittaa 1000–1300-luvuille. Esimerkiksi osoitteesta St. Halvardsgate 2–4 on löytynyt 1100-luvun lopulta 1200-luvun alkuun ajoittuva, varmana kammantekijän verssaana pidetty paikka. Löytöaineistossa on poronsarvijätettä, puolivalmiita kamman osia sekä kampakotelo. (Mikkelsen 1994: 156)

Mikkelsenin (1994: 156) mukaan sarviluun käyttö kampojen ja muiden esineiden työstäminen sarviluusta on ollut hallitsevaa 1300-luvulle asti, jonka jälkeen karjan luut ovat korvanneet

sarven raaka-aineena. Yhtenä syynä muutokseen Mikkelsen (1994: 163) toteaa, että väestönkasvun ja lihan kulutuksen kasvun seurauksena keskiajan kaupungeissa riitti helposti saatavaa raaka-ainetta luuesineiden tekoon.

Bergenissä keskiajan kampa- ja sarvituotannon raaka-aineena toimivat pääasiassa poronsarviin (Mikkelsen 1994: 157). Tämä vaikuttaa päinvastaiselta kuin Turussa, jossa karjan luut näyttävät olevan kampo- ja sarvituotannon pääasiallinen raaka-aine. Vaikka tutkimuksen analyysiotanta jäi haluttua pienemmäksi, ei näiden kampo- ja sarvituotannon joukossa kuitenkaan näyttänyt olevan sarvesta valmistettuja kampo- ja sarvituotteita. Jos sarvikammat olisivat Turun kampa-aineistossa isosti edustettuna, olisi niitä luultavasti osunut tämänkin tutkimuksen otantaan mukaan. Monen esimerkin mukaan varhaiskeskiajan kampa- ja sarvituotantoa ovat hallinneet poron tai hirvensarvet, joita ei tämän tutkimuksen otannassa ilmennyt. Tämän tutkimuksen kampa- ja sarvituotannon typologisen vertailun perusteella varhaisintaan 1300-luvulle, jolloin esimerkiksi Mikkelsenin (1994: 156) mukaan kampa- ja sarvituotuksessa on muutenkin siirrytty käyttämään pääasiassa karjan luita. Vretemarkin (1997: 151) mukaan Skaran luuaineistoissa hirven sarvet ovat vallalla 1200-luvun alkuun asti, jonka jälkeen naudan ja hevosen luut korvaavat ne löytökerrostumissa ja kammanteon raaka-aineena.

Kaikki luun- ja sarvituotannosta kertovat jätteet eivät kerro valmiista tuotteista. Usein jätteen seasta löytyy puoliksi työstettyjä esineitä, jotka on heitetty pois työstämisessä tapahtuneen virheen takia (Ambrosiani 1981: 155). Luuesineet, kuten kammat ovat yleensä päätyneet rikkoututtuaan tai ihmisen hukattua ne maakerrokseen tai tunkiojätteen sekaan (Bläuer 2015: 19).

Kammanteko näyttyy hyvin sesonkiluonteisena työnä esimerkiksi Ribessä ja Hedebyssä, joista löytyneiden jätteiden perusteella luun- ja sarvituotanto on ollut vaiheissa tapahtuvaa ja pienimuotoista, ei jatkuvaa. Ambrosiani esittää, että viikinkiajalla kiertävät kammantekijät kulkivat eri kauppapaikkojen ja varhaisten kaupunkien välillä ja työstivät kampo- ja sarvituotantoa paikalla saatavista raaka-aineista markkinoiden aikaan. Hän esittää, että talven aikana kerättyjä, eläinten pudottamia sarvia olisi varastoitu kammantekijän saapumista varten (Ambrosiani 1981: 157–158). Näin ollen työstöjätettä ei pääse kerääntymään samaan kohtaan vuosien kerrostumaa, sillä markkinapaikalla kammantekijä on voinut joka vuosi olla eri kohdassa. Kiertävien kammantekijöiden on ajateltu myös selittävän ympäri Pohjois-Eurooppaa kammoissa ilmenevät samankaltaiset piirteet.

Samalta Rougen esihistorialliselta asuinpaikalta paikalta on löydetty myös moniosainen yksirivinen kampa, jotka yleensä ajoittuvat rautakauden lopulle. Kampa on kuitenkin muista samantyyppisistä poiketen puolta pienempi, ja Luik on tulkinnut katkenneeksi kammaksi, joka on

korjattu pienemmäksi kammaksi (Luik 2008: 154–155). Korjattuja kampoja on Rougen ja Tallinnan kaupunkikaivausten lisäksi tunnistettu myös Novgorodin keskiaikaisesta kaupungin alueen materiaaleista (Smirnova 2005: 106).

Tartu maantee 1:n ja Roosikrantsi-kadun 9/11 kaivausten luuesineiden lajeiksi paljastui tutkimuksissa nauta, sika, lammas/vuohi ja hirvi. Norsunluuta löydettiin muutamia kappaleita. (Luik 2016: 181) Luik (2016: 181) mainitsee tässä yhteydessä, että on mahdollista että silloin tällöin olisi käytetty myös hevosen luita luuesineiden valmistamiseen. Molemmilta edellä mainituilta kaivauspaikoilta löytyi keskiajalle ajoittuvaa sarven työstöjätettä sekä sarviesineitä, muttei muita hirvien luurangon osia. Luik (2016: 182) pitää mahdollisena, että sarvet ovat tuotu paikalle esineiden raakamateriaaliksi luuntyöstäjien toimesta. Huomioitavaa on myös, että kyseiset sarvikammat ja työstöjäte ajoittuvat keskiaikaan.

Rannan mukaan Turkuun tuotiin 1600–1720-luvuilla paljon vasikoita, lehmiiä, hevosia sekä sikoja teurastettavaksi (1975: 244). Eläimistä saadut nahat ja vuodat vietiin laivoilla ulkomaille. Ulkomaankaupassa nahat ja vuodat olivat merkittävää kauppavaranaa, ja Turku toimi näiden päävientisatamana (Ranta 1975: 265). Tämän perusteella Turussa on uudella ajalla riittänyt teurastetusta karjasta saatavaa luo- ja sarvimateriaalia käsityöhön. Mahdollisten luuntyöläisten on ollut helppoa hankkia työstömateriaalia, ja tarvittaessa jopa runsain mitoin varastoonsa. Aina-kaan tässä tilanteessa luonnonvaraisten eläinten sarvien kerääminen olisi vaatinut paljon enemmän työtä ja aikaa, jotta koossa olisi materiaalia monien esineiden tekemiseen. Uudelle ajalla luuntyöstö ja kammanteko näyttää jo olleen paikalleen vakiintunutta toimintaa, mutta myös kiertäviä luuntyöläisiä on silti voinut liikkua. Turussa teurastettujen vuota- ja nahkaeläinten luut ovat voineet hyvin päätyä samaan jäteläjänsä sekaisin. Luuesineen työstäjä on voinut saada tai ostaa haluamansa määrän luita tai valikoinut ne itse. Tällöin niin nautojen, sikojen kuin hevostenkin luita on voitu ottaa materiaaliksi, koska niiden kaikkien kuitenkin tiedettiin sopivan ominaisuuksiltaan luuesineiden työstöön.

Turun kampa-aineiston joukosta on mahdollista päätellä, mitkä kammoista olisi mahdollisesti tehty kotikäsitöinä. Suuret ja koristeelliset moniosaiset kammat ovat vaatineet enemmän työ-aikaa kuin yksiosaiset kammat. Muutamat pienikokoiset yksiosaiset kammat eivät näytä niin viimeistellyiltä ja huolella tehdyiltä kuin taas osa isommista moniosaisista kammoista. Vinot kyljet ja epätasälliset piikit voivat kertoa kuitenkin kamman käytöstä eivätkä tekijän epäammattimaisuudesta.

Viljandin linnan alueelta on löydetty sekä hirven sarviesineitä että saksanhirven sarvista työstettyjä esinefragmentteja (Haak et al. 2012: 311). Työstämättömän aineksen joukosta löytyi kuitenkin vain muutama hirven tai saksanhirven luu. Suurin osa linnan alueelta löytyneistä esineistä on tehty juuri sarviluusta (engl. antler), ja vain 10 % on luuesineitä. Artikkelissa todetaan myös, että valtaosa sarviluista on saatu pudonneita sarvia keräämällä, ei metsästyksen sivutuotteena. (Haak et al. 2012: 311) Todennäköisiä tuontitavaroita edustavat norsunluinen kampa sekä pelinappula. Löydöt ajoittuvat keskiajalta 1800-luvulle.

Viron Viljandin linnasta on löytynyt vain muutamia kampoja, joiden joukossa on kaksi norsunluusta tehtyä kampa. Mielenkiintoista kuitenkin on, että kammantyöstöjätteeksi luokiteltava aines puuttuu linnasta kokonaan. Muuhun luuntyöstöön yhdistettävää jätettä sen sijaan löytyy linnan kaakkoisosasta. Kampoja ja työstöjätettä on löytynyt linnan ympäriltä ja Viljandin kaupungista (Haak et al. 2012: 319, 321).

## 7.6 Luuta vai sarvea?

Tärkeä huomioitava seikka tutkielmani aineistosta on se, että kaikki aineiston kammat vaikuttavat ulkonäöllisesti olevan luuta eivätkä sarvea. Muita Pohjoismaisia keskiaikaisia kaupunkoja ja niiden arkeologiaa tarkasteltaessa voi huomata, että näissä sarvikampojen määrä on paljon suurempi. Toisaalta Suomesta ja Turusta löytyneet luukammat ovat verrattain vähän tutkittu aihe ja esineryhmä, joten voidaan pitää mahdollisena että aineistoissa on sekä tunnistamattomia kampoja sekä mahdollisesti myös vääräksi materiaaliksi luetteloituja kampoja. Väärin luetteloituja kampoja on myöhemmin huomattu museoiden kokoelmista ympäri Eurooppaa, kuten aikaisemmin tuli ilmi Smirnovan (2005) tutkimuksessa. Turusta löytyneiden kampojen joukosta on ulkonäöstä tunnistettavia sarvikampoja, joiden monivärisyys ja läpikuultavuus ovat selviä sarvimateriaalin piirteitä (esim. TMK12791:44). Turusta ei kuitenkaan ainakaan vielä tunneta kohteita, joista luun ja sarven työstöjätettä olisi löytynyt yhtä runsaita kerroksia kuin esimerkiksi Ruotsin keskiaikaisista kaupungeista.

Luu kamman materiaalina oli heikompaa kuin sarvi (eng. antler). Kampoja täytyi siis tuottaa enemmän, kun kampojen teossa siirryttiin luumateriaaliin keskiajan myötä. En itse näe mahdollisena, että Turun kampoja olisi myös korjattu. Varsinkin moniosaisista kammoista olisi ollut mahdollista vaihtaa van tietty rikki mennyt osa kuten yksi pala piikkirivistöstä. Tällöin uusi osa olisi voinut olla toisen eläinlajin luusta, jos kyseinen luu on ollut ensimmäisenä

tarjolla korjausta varten ja uuden osan tekoon. Monien ympäri Eurooppaa olevien eri kaivaus- ja tutkimusalueiden löytöjen perusteella voidaan sanoa, että valtaosa kammoista ennemminkin hukkui kuin heitettiin tarkoituksellisesti pois (Smirnova 2005: 9). Näin ollen niiden löytöpaikat voivat usein kertoa paljonkin siitä, missä kampoja käytettiin ja minne ne vahingossa hukkuivat (Smirnova 2005: 9).

Novgorodin 506:n sarvi- ja luukampojen joukosta on tunnistettu 286 sarvikampaa, 189 luukampaa sekä 30 kampaa, joissa sarvi ja luumateriaalia on yhdistelty (Smirnova 2005: 293). Niiden vähäinen määrä pelkkiin luu- ja sarvikampoihin verrattuna kertoo, että yleisemmin kampa tehtiin vain yhdestä materiaalista. Voiko tämä päteä myös eläinlajien yhdistelyyn? Tutkielman aineisto on todettu luukammoiksi ulkoisen tarkastelun perusteella, mutta en näe mahdottomana, että jossakin Turusta löytyneistä kammoista olisi yhdistelty luuta ja sarvea. Kuitenkin pidän tätä epätodennäköisenä, sillä luu oli kampojen pääasiallinen materiaali keskiajalta lähtien. Sarviluusta tehtyjä kampoja voi ja onkin todennäköisesti aineiston joukossa, mutta eri materiaalien yhdistelyn tutkiminen riittäisi aiheeksi toiseen tutkielmaan. Novgorodin kampa-aineistojen joukossa ei ole ainakaan Smirnovan (2005: 10) tekemän kampa tutkimuksen julkaisuvuoteen asti tavattu yhtäkään esimerkiksi nautojen tai vuohien sarvista (engl. horn) tehtyjä kampoja. Porojen ja hirvien luumateriaalia olevat sarvet ovat kuitenkin edustettuna suurissa määrin (engl. antler).

Venäjän alueella Novgorodin kampojen materiaalien jakautumisessa on huomattavissa ajallista vaihtelua. Sarvi- ja luuosia yhdisteleviä kampoja löytyy eniten 1100-luvun alusta 1200-luvun alkuun ja taas uudelleen 1300-luvun alussa (Smirnova 2005: 294). Kampojen joukossa on muun muassa kampoja, joiden piikkiosat ovat tehty mursun syöksyhampaista ja päätylaudat sarvesta (2005: 294).

Valtaosassa Viron keskiaikaisissa kohteissa, kuten Lihulan linnassa ja virolaisissa kaupungeissa on käytetty esineiden teossa enemmän luuta kuin sarvea. Poikkeuksia löytyy esimerkiksi Otepään ja Viljandin linnoista, joissa hirven sarvea näyttää hyödynnetyn taas paljon enemmän kuin luuta. Vaihtelua sarven ja luun käytössä on siis ollut runsaasti suhteellisen pienenkin alueen sisällä. (Haak et al. 2012: 327–328)

Alankomaissa keskiajan yleisimmät kampa tyypit ovat olleet moniosaiset kammot sekä pitkäpiikkiset kammot (Rijkelijkhuizen 2011: 197). Pitkäpiikkisten kampojen yleisyys arkeologisissa aineistoissa riippuu paljon valtiosta ja alueesta. Turusta pitkäpiikkisiä kampoja tunnetaan vain yksi, joka eroaa huomattavasti Alankomaiden löydöistä. Rijkelijkhuizen (2011: 198)

mainitsee, että koska kampsytopologiat ovat aluekohtaisia, ei Skandinaviassa luotuja typologioita pysty soveltamaan Alankomaalisiin luo- ja sarvikampoihin.

Turun kampojen materiaalien ja lajien määritys tulevaisuudessa toisi mahdollisesti lisäksi näkökulmaa kampojen raakamateriaalien tai valmiiden kampojen tuotiin. Sahlbergin julkaisun perusteella puhvelin sarvia on tuotu uudella ajalla pienissä määrin Turkuun kammantyöstäjän materiaaliksi. Rijkelijkhuizen (2011: 201) mukaan Alankomaissa norsun luusta valmistettujen kampojen kulta-aika on alkanut 1500-luvulla, kun järjestelmällinen norsunluukauppa on aloitettu.

Samankaltaiset piirteet varsinkin moniosaisissa kammoissa ympäri Pohjois-Eurooppaa voi selittyä esimerkiksi kaupankäynnin tai lahjojen vaihdannan kautta (Rijkelijkhuizen 2011: 204). Näiden tapojen kautta uudet kampsytyylit ovat voineet kulkeutua kauas alkuperäiseltä paikaltaan, ja toiset kammantekijät ovat saattaneet tehdä kopioita muualta tuoduista kammoista.

Tämän tutkielman aineiston kammot luokiteltiin silmämääräisesti luukammoiksi, ja tulosten mukaan seitsemän näytettä onnistuneesta kahdeksasta näytteestä on nautaa. Naudan sarvet ovat keratiinista sarvimateriaalia (engl. horn), jossa usein nähdään värimuutoksia ja läpikuultavuutta. En havainnut aineiston kammoissa kyseisiä ominaisuuksia, joten pidän hyvin todennäköisenä, että kaikkia onnistuneet näytteet ovat juuri luukammoista, eikä aineiston joukkoon ole sattunut sarvikampojä. Uskon kuitenkin, että Turusta löytyneiden kampojen joukossa voi olla tunnistamattomia, luonnonvaraisten eläinten sarvista tehtyjä kampoja (engl. antler). Sarvihuusta ja sarveistupesta koostuvan sarvimateriaalin ja luun erottaminen toisistaan voi olla hyvin paljon haastavampaa kuin keratiinisten sarvien tunnistaminen (Rijkelijkhuizen 2011: 203).

Varsinkin huonosti säilyneiden luo- ja sarvimateriaalien tunnistaminen voi olla kuitenkin hankalaa, ja väärin tunnistettuja löytöjä onkin raportoitu ympäri Eurooppaa viikinkiaikaisten ja keskiaikaisten kampojen tutkimuksessa (Smirnova 2005: 10). Smirnovan (2005: 10) mukaan yleisin tehty virhe Venäläisten museoiden esineluetteloissa on kampojen identifioiminen suoraan ”luukammaksi”. Uudelleen tutkittuna esineiden joukosta on paljastunut useita sarvesta tai norsunluusta tehtyjä kampoja. Samantapaisia virheitä on tapahtunut myös muualla Euroopan museoissa, joissa norsunluu on esimerkiksi luetteloitu luuksi tai jopa puuksi (2005: 10). Novgorodin moniosaisista kammoista vain 30 kappaletta eli 1,3 % on eri materiaalien yhdistelmiä, eli sarven ja luun, luun ja norsunluun tai sarven ja norsunluun yhdistelmiä (Smirnova 2005: 10).

Kaupunkikaivauksissa löytyneiden työstöjätteiden perusteella Turussa olisi harjoitettu enemmän luiden kuin sarviluiden työstämistä. Valtaosa löydettyistä jättepaloista, kuten nautan luiden nivelpäädyt viittaavat juuri karjan ja nautojen hyödyntämiseen käsityössä. Täytyy silti huomioida että luujätteen seassa on voinut olla myös sarviluun kappaleita, mutta löytö on kirjattu luuntyöstöjätteeksi.

Hirvien luusta tehtyjä esineitä on tunnistettu Turusta vain muutamia, mutta hirven sarvien pajoja on löytynyt enemmän. Tukholman ja Turun arkeologisista kaupunkikerroksia vertaamalla voidaan kuitenkin todeta, että Tukholmasta on löytynyt paljon enemmän hirven luita kuin Turusta (Tourunen 2008: 113–114). Täytyy muistaa että sarvimateriaalit eivät kerro vain kamanteosta, vaan yleisesti sarviesineiden työstämisestä. Ero Tukholman ja Turun luujätteiden välillä on kuitenkin huomattava. Voisi olettaa, että kuolleesta hirvestä olisi otettu talteen sekä luut että sarvet, ja näin ollen Tukholman korkeampi hirvenluiden määrä korreloisi esineiden ja myös kampojen materiaaleja. Turusta löytyneet vähäiset luo- ja sarviesineiden työstöjätteet jäävät todella vähäisiksi, jos niitä verrataan esimerkiksi Ruotsin keskiaikaisista kaupungeista löydettyihin, monia tuhansia työstöpaloja sisältäviin aineistoihin.

Pienempien eläinten, kuten lampaiden jalkaluista on saatettu tehdä helpommin muokattavia esineitä kuten luuhuiluja (esim. Tallinna, Tartu maantee 1). Luikin (2016: 181) mukaan Tartu maantee 1:n kaivauksilta löytynyt, uudelle ajalle ajoittuva yksiosainen kaksoiskampa on tehty sarvesta. Kyseisen kamman kuvaa katsottaessa, näkee sen sävystä ja pienestä läpikuultavuudesta että kampa todellakin on sarvea. Turusta löytyneitä kampoja läpikäyneenä tiedän sanoa, että myös aineistossa on sarvesta tehtyjä kampoja, jotka ovat malliltaan ja ulkonäöltään hyvin samankaltaisia kuin naapurimaista löydetyt sarvikammat. Esimerkiksi Turun linnasta löytynyt kampa TMK12791:44 muistuttaa hyvin paljon Tallinnasta löytynyttä kampa (ks. Luik 2016: 183, kuva 8, esine 3). Huomioitavaa on myös, että kyseinen kampa ajoittuisi Luikin mukaan keskiajan ja uuden ajan vaihteeseen, mutta muiden naapurimaiden (esim. Ruotsi) typologisia malleja seuraamalla kampsyöppi ajoitetaan yleisesti keskiajan alkuun. Eri kampsyöppejä on käytetty niiden ”kulta-ajan” ulkopuolella, ja varhaiskeskiajalla vallinnutta kampsyöppiä voitu valmistaa myöhemminkin. Tämän seikan takia en rajaa omaa tutkimusaineistoani keskiaikaan, vaikka ne typologisesti sinne ajoittuisivatkin. Kampojen kontekstin tarkastelu antaa kuitenkin typologian ohella varmuutta kampojen ajoittumiseen.

## 8. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tutkielman tavoitteena oli suorittaa itse proteomiikka-analyysi kymmenelle luukammalle eli harjoitella analyysin valmistelumenetelmän tekoa sekä tuottaa täysin uutta tietoa Turusta löytyneistä luukammoista. Suomesta löytyneistä luu- ja sarvikammoista ei ole aikaisemmin tehty vastaavia analyyseja, joten tavoitteena oli myös tuoda kyseisen analyysin mahdollisuudet esille. Tutkimuksen otannasta ei lopulta analyysin suorituksen jälkeen tullut halutun kokoinen, mutta onnistuneiden näytteiden tuloksilla pystyttiin silti saamaan vastaus tutkimuskysymyksiin. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli, voisiko naudän luiden runsas käyttö esineiden materiaalina toteutua myös kammoissa. Tämä oletus osoittautuikin täysin oikeaksi aineistossa. Kahdeksasta onnistuneesta näytteestä seitsemän oli nautaa. Toinen tutkimuskysymys oli, onko turkulaisessa aineistossa kampoja, joissa eri eläinlajeja olisi yhdistelty moniosaisissa kammoissa, kuten ulkomaiset esimerkit ovat osoittaneet mahdolliseksi?

Näyte 17 eli kamman TMK22367:2157:001 tukilista osoittautui kavioläimen luuksi, ja tarkemmin hyvin varmaksi hevosen luuksi. Kyseinen näyte oli moniosaisen kamman tukilistasta otettu näyte, ja kamman piikkiosan luu paljastui naudän luuksi. Kolmantena tutkimuskysymyksenä haluttiin tietää, mitä edellä mainitut tulokset voivat kertoa Turussa työskennelleistä käsityöläisistä? Mitä kampojen löytöpaikat ja kontekstit yhdessä kirjallisten lähteiden kanssa kertovat luuntyöstöstä ja mahdollisista keskiajan ja uuden ajan kammantekijöistä? Kielteiset näkemykset hevosen lihan kulutusta ja inho kuolleen hevosen ruhoa kohtaan ei näytä vaikuttaneen hevosten luiden hyödyntämiseen. Hevosen jalkaluut olivat naudän jalkaluiden ohella erittäin sopivia luuesineiden ja luuluistinten tekoon. Hevosen luita ei kuitenkaan löydy paljon Turun kaupunkikaivausten luuaineistoista, joten hevosen luun hyödyntäminen kammanteossa on mielenkiintoinen variaatio. Turussa mahdollisesti keskiajalla olleet, luu- ja sarviesineitä tehneet sekatyöläiset tai kiertävät kammantekijät ovat saaneet helposti luumateriaalia käytettäväkseen kaupungista. Uudella ajalla kammantekijät ovat saaneet ostettua luuta nahkureilta ja teurastajilta. Lisäksi on voitu työstää sarvikampoja ja -esineitä, sillä sarvea arvostettiin enemmän materiaalina kuin luuta.

Analyysissä onnistuttiin saamaan tulos myös kammasta, joka oli konservoitu Paraloid B72-lakalla, minkä vaikutus proteiinien tunnistukseen oli ennen analyysiä epävarmaa. Näytteen puhdistus asetonilla osoittautui riittäväksi, sillä siitä tunnistettiin hyvänlaatuinen määrä uniikkeja proteiineja. Tulevaisuudessa vastaavia analyysejä tehdessä kiinnittäisin huomiota

mahdollisiin konservoinnissa tehtyihin käsittelyihin ja näytteen puhdistukseen. Asetoni näyttää sopivan luun puhdistukseen proteiinianalyysia varten, eikä aiheuttanut häiriöitä analyysissä.

Tulevaisuudessa uusia kampoja, kampafragmentteja tai muita luuesineitä voisi olla tunnistettavissa lisää eri kaivausten suurista luuaineistoista. Seppäsen (2012) mukaan esimerkiksi pelkästään Åbo Akademin tontin kaivauksilta löytyi yli 6000 kg luuaineistoa, joka vuoden 2012 väitöskirjan mukaan oli vielä suurimmaksi osaksi läpikäymättä. Samankaltaisia läpikäymättömiä luuaineistoja on hyvin todennäköisesti enemmänkin niin Turussa kuin Suomessa muuallakin arkeologisten löytöaineistojen joukossa. Luuesineet ovat kuitenkin jääneet vähemmälle huomiolle, osaksi juuri suurien luuaineistojen läpikäymiseen tarvittavan ajan puutteen vuoksi. Tulevaisuudessa kampoihin keskittyvissä tutkimuksissa voisi mukaan tarkasteltavaksi ottaa esimerkiksi luuneulat.

Teknologian kehittyessä entisestään tulemme varmasti saamaan käyttöömmä vielä parempia ja esineisiin täysin kajoamattomia analyysimenetelmiä. ZooMS-analyysien yhteydessä on jo saatu tuloksia analysoimalla esimerkiksi muovipussia, jossa esine on ollut ja sen pintaan tarttunutta luujauhetta (Martisius et al. 2020: 8). Tulevaisuudessa teknologian ja luonnontieteiden kehitys voi johtaa myös yhä pienempiin ja yksinkertaisimpiin laitteisiin, joka voisi pitkälle vietyinä mahdollistaa lajianalyysin teon jo kenttävaiheessa.

Tärkeää olisi myös keskittyä tunnistamaan analyysiprosessin mahdollisia ongelmakohtia. Niiden tunnistaminen ja dokumentointi on tärkeää tarkkuutta vaativien prosessivaiheiden onnistumisen mahdollistamiseksi myös opiskelijaprojekteissa. Tässä tutkielmassa näytteiden valmistelu tehtiin käyttäen ZooMS SOP -protokollaa, mutta vastaavissa projekteissa tulevaisuudessa voisi käyttää myös *Universal Sample Preparation Method for Proteome* -näytteenvalmistelu-protokollaa, joka on myös todettu proteiininäytteille sopivaksi ja toimivaksi.

Sarvi- ja luuesineitä tarkastellaan ja tutkitaan yleensä yhtenä esineryhmänä, mutta olisiko tulevaisuudessa myös enemmän tilaa eri materiaalien omille tutkimuksille? Kampojen tapauksessa sarvi- ja luukammoilla on Pohjois-Euroopassa kuitenkin pääasialliset käyttöajankohdat ja tyypologiat, mutta tietenkin poikkeuksia löytyy. Sarvikampojen määrän lasku keskiajalle tullessa ja luumateriaalin kasvu on huomattava muutos kampamateriaalien käytössä. Käsityön vakiintuminen kaupunkiin oli helpompaa materiaalien saannin kannalta. Kiertävät luuntyöstäjät käyttivät sekä paikallisia että mukana kuljettamiaan raaka-aineita.

Suomessa luu- ja sarvikammoille ei ole tehty omaa typologiaa, eikä luukampojen proteiinitunnistuksia ei ole aikaisemmin tehty. En pidä mahdottomana sitä, etteikö Suomessakin sarvesta tehtyjä kampoja olisi kirjattu löytöluetteloihin ja tietokantoihin virheellisesti luukampoina. Turun ja muiden naapurimaiden keskiaikaisia kampoja silmämääräisesti vertaillaessa nousee esille se, että Turun kampa-aineistossa on nykytietojen mukaan erikoisesti vain muutamia sarvikampoja. Novgorodin aineistoissa vielä keskiajalla suuri osa löytyneistä kammoista on tehty sarvesta. Miksi siis Turussa sarvikampoja on vain muutama yli 40 kamman aineistossa? Tässä tapauksessa nousee esille myös ajoituskysymys. Kun vertailen keskiaikaisen kaupungin aineistoa muihin, voi olla, että osaa kammoista on käytetty vielä uudella ajalla. Sarvikampojen puuttuminen on silti huomattavaa muiden Pohjoismaiden, Baltian ja Venäjän aineistoon verrattaessa. Toisaalta Virossa tehtyjen löytöjen perusteella sarviesineiden ja -kampojen työstöä on harjoitettu esimerkiksi vielä keskiajan jälkeen Tallinnan esikaupunkialueella (Luik 2016: 183).

Mielenkiintoista olisi myös tutkia, onko Turussa sekä yleisestikin Suomessa olevien aineistojen joukossa väärin luetteloituja kampoja? Materiaalin ja eläinlajin tunnistus toisi tähän vastauksia. Niin ikään kampojen ja myös muiden keski- ja uuden ajan aikaisten luuesineiden lajiantalyysin tekeminen toisi kaupunkiarkeologiseen tutkimukseen uutta tietoa. Mielenkiintoista olisi tulevaisuudessa myös päästä testaamaan muita luuesineitä, mutta myös tarkastella typologisessa mielessä luu- ja sarvikampoja Turun ulkopuolelta. Mielestäni olisi tutkimuksellisesti olennaista niin ikään tutkia lähemmin Turusta löytyneiden kampojen materiaaleja ja eläinlajeja. Tarkempi materiaalien analyysi ja tarkempi identifiointi toisi lisää vastauksia sarvi- ja luumateriaalien jakautumisessa, ja näin parantaa vertailumahdollisuuksia Pohjoismaiden, Baltian ja Venäjän kampa-aineistoihin. Olen todennut tätä tutkielmaa sekä kampa-aineista kandidaattitutkielmaa tehdessäni, että Turun kampa-aineiston joukossa on ulkonäöllisten piirteiden perusteella sarvikammoiksi luokiteltavia kampoja, mutta sarvikamman pinta ja väritys saattaa olla hyvin vaikea erottaa. Osa sarvikammoiksi luokiteltavista, Turun linnasta löytyneet kammat, ovat tyyliältään selvästi modernimpia, luultavasti 1800–1900-luvuilta.

Jatkotutkimuksen kannalta olisi olennaista kampojen lajiantalyysien lisäksi määrittää myös niiden materiaalit. Näin saataisiin selville Turun kampojen materiaali jakauma luun ja sarven käytön suhteen. Useissa kaupunkikaivauskohteissa, esimerkiksi Virossa ja Ruotsissa on kampojen materiaalit pystytty määrittämään tarkoin, jolloin luun ja sarven keskinäinen jakauma pystytään ilmoittamaan niin lukumäärällisesti kuin prosentuaalisesti. Samalla saataisiin varmuutta siihen, ovatko sarvikammat Turun aineistossa niin harvassa kuin tällä hetkellä on tiedossa, vai onko

sarvimateriaalia vain todella vaikea havaita aineistosta? Onko sarvikampojen joukossa myös luonnonvaraisten eläinten sarvimateriaalia?

Toinen mahdollinen tutkimusaspekti olisi kampojen ajoittaminen radiohiiliajoituksella. Tämä mahdollistaisi tarkkojen ajoitusten vertailun typologisten mallien vastaavuuteen, ja siihen, ajoittuuko selvästi keskiaikaiseksi tyyllisesti mielletty kampa uuteen aikaan. Ajoituksia voisi vertailla moniin naapurimaiden aineistoihin myös tyyllisten yksityiskohtien ja koristelujen näkökulmasta. Turun kampakeskittymissä ja työstöjätelöydöissä on myös mahdollista kiinnostavaa tutkimusaspektia. Mätäjärven korttelista löytyneistä sarvijätteistä ja Vanhan Suurtorin läheisyydessä tehtyjen kaivausten aineistoista voisi pystyä analysoimaan mahdollisia työstettyjä esineitä ja niiden lukumäärää, kuten Koskinen (2004) on laskenut työstöjätteen perusteella kampamääriä. Turun luu- ja sarvikampojen tutkimuksen tulevaisuudessa riittää uutta näkökulmaa ja potentiaalia vielä moneen tutkimukseen ja uusiin analyyseihin.

## Lähteet

### Käytetyt lyhenteet

TMK= Turun museokeskus

KM = Kansallismuseo

### Arkistolähteet

Turun museokeskuksen arkisto

### Julkaisemattomat lähteet

Halonen, Anne-Mari 2007. Luu- ja sarviesineitä historiallisen ajan Turussa. Åbo Akademin tontin kaivauksen esineistöä esineen elämä-teorian kautta tarkasteltuna. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, arkeologian oppiaine.

Korte, Alina 2021. Turun keski- ja uuden ajan sarvi- ja luukammat. Typologinen luokittelu ja kampa esineenä. Kandidaatintutkielma. Turun yliopisto, arkeologian oppiaine.

Koskinen, Mari 2004. Historiallisen ajan luuesineet. Luuesineistä, luumateriaalin työstämisestä, käsityöläisistä ja käsityöläisyydestä Aboa Vetus-museon löytöjen valossa. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, arkeologian oppiaine.

Poutiainen, Hannu 1999. Eläinten luita ja luuesineitä Turun Vanhan Suurtorin kaivauksilta. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, arkeologian oppiaine.

Seppänen, Liisa 2012. Rakentaminen ja kaupunkikuvan muutokset keskiajan Turussa- Erityistarkastelussa Åbo Akademin päärakennuksen tontin arkeologinen aineisto. Akateeminen väitöskirja. Turun yliopisto. Turku.

Tourunen, Auli 2002. Karjanhoito keskiajan Turussa. Arkeo-osteologinen analyysi Åbo Akademin tontin eläinluuaineistosta. Pro gradu -tutkielma. Turun yliopisto, arkeologian oppiaine.

### Kirjallisuus

Ambrosiani, Kristina 1981. *Viking age combs, comb making and comb makers in the light of finds from Birka and Ribe*. Stockholm studies in archaeology II. Stockholm.

Appelgren, Hjalmar 1902. *Maanalainen Turku*. Turun suomalainen kirjapaino- ja sanomalehti-O.Y. Turku.

- Brandt, Luise Ørsted & Haase, Kristine & Collins, Matthew J. 2018. Species identification using ZooMS, with reference to the exploitation of animal resources in the medieval town of Odense. *Danish journal of archaeology*. Volume 7, issue 2: 139–153.
- Broberg, Birgitta & Hasselmo, Margaret 1981. *Keramik, kammar och skor från 7 medeltida städer*. Fyndstudie. Medeltidsstaden, 30. Riksantikvarieämbetet, rapport. Stockholm.
- Bläuer, Auli 2015. *Voita, villaa ja vetoeläimiä. Karjan ja karjanhoidon varhainen historia Suomessa*. Karhunhammas 17. Arkeologia, Turun yliopisto. Kurikka.
- Bläuer, Auli 2020. Eläinten historia luunsirpaleissa. Arkeologisen luututkimuksen näkökulma ihmisen ja eläinten suhteeseen menneisyydessä. Räsänen, Tuomas & Schuurman, Noora (toim.) *Kanssakulkijat- Monilajisten kohtaamisten jäljillä*. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura. Turenki: 99–112.
- Bläuer, Auli & Hukantaival, Sonja & Kantanen, Juha 2022. The Materiality of the Horse in Iron Age and Historical Finland as observed in Zooarchaeological and Folk-Belief Material. *Cheiron: The International Journal of Equine and Equestrian History*. Vol. 1, Issue 1/2022: 82–121.
- Christophersen, Axel 1980. *Håndverket i forandring-studier i horn- og beinhåndverkets udvikling i Lund C:A 1000-1350*. Acta archaeologica Lundensia. Series in 4, No 13. Akateeminen väitöskirja. Studentlitteratur ab, Lund.
- Edberg, Rune & Karlsson, Johnny 2016. Bone skates and young people in Birka and Sigtuna. *Fornvännen. Journal of Swedish antiquarian research*. Royal Swedish Academy of Letters: 7–16.
- Haak, Arvi & Rannamäe, Eve & Luik, Heidi & Maldre, Liina 2012. Worked and unworked bone from the Viljandi castle of the bone order (13<sup>th</sup>-16<sup>th</sup> centuries). *Lietuvos archeologija*, 38: 295–338.
- Hendy, Jessica & van Doorn, Nieke & Collins, Matthew (2020). Proteomics. Richards, M.P. & Britton K. (toim.) *Archaeological Science: An Introduction*. Cambridge: Cambridge University Press: 35–69.
- Järvinen, Kari & Nieminen, Merja 2019. *Turun linna /pihat ja ulkoalueet*. Rakennushistoriaselvitys. Arkkitehdit SAFA. Helsinki.
- Kallioinen, Mika 2000. *Kauppias, kaupunki, kruunu: Turun porvariyhteisö ja talouden organisaatio varhaiskeskiajalta 1570-luvulle*. Suomalaisen Kirjallisuuden Seura 59.
- Karlin, Georg 1909. *Kammens typologi och historia*. Fornvännen. Meddelanden från K. Vitterhets, historie och antikvitets akademien. Årgång 4. Kungliga Vitterhets historie och antikvitetsakademien, Stockholm.

- Kivikoski, Ella, Gardberg, C.J. 1971. *Turun kaupungin historia. Kivikaudesta vuoteen 1366*. Oy Lounaisrannikko. Turku.
- Konczewska, Magdalena 2011. Bone, horn and antler working in medieval Wrocław. Baron, Justyna & Kufel Diakowska, Bernadeta (toim.) *Written in bones. Studies on technological and social contexts of past faunal skeletal remains*. Uniwersytet Wrocławski, Instytut Archeologii: 305–312.
- Luik, Heidi 1998. *Muinais- ja keskaegased luukammid Eestis*. Muinaisaja teadus 6. Tallinn.
- Luik, Heidi 2000. Luust uisud eesti arheoloogilises leiumaterjalis. *Estonian Journal of archaeology*. Vol 4, issue 2: 129–150.
- Luik, Heidi 2008. Could broken bone combs have had new lives? *Estonian Journal of Archaeology*. Vol 12, issue 2: 152–162.
- Luik, Heidi 2016. Bone working in the suburbs of medieval and early modern Tallinn, Estonia. Selena Vitezović (toim.) *Close to Bone: Current works in Bone Technology*. Institute of Archaeology. Belgrade: 178–187.
- Mikkelsen, Egil 1994. *Fangstprodukter i vikingtidens og middelalderens økonomi. Organiseringen av massefangst av villrein i Dovre*. Universitetets Oldsaksamlings Skrifter Ny rekke nr.18. Oslo.
- Multari, Dylan H. & Sullivan, Geraldine J. & Hartley, Mary & Power, Ronika K. & Haynes, Paul A. 2023. *Species identification of early colonial bone artefacts excavated from Pymont, Australia, by mass spectrometric identification of collagen peptides*. *Journal of archaeological science, reports* 47.
- Ranta, Raimo 1975. *Turun kaupungin historia 1600–1721*. Nide I. Oy Lounaisrannikko, Turku.
- Rijkelijkhuizen, Marloes 2011. Dutch medieval bone and antler combs. Baron, Justyna & Kufel Diakowska, Bernadeta (toim.) *Written in bones. Studies on technological and social contexts of past faunal skeletal remains*. Uniwersytet Wrocławski, Instytut Archeologii: 197–206.
- Sahlberg, Irja 1962. *Turkulaisista kammantekijöistä ja heidän työstään*. Turun kaupungin historiallinen museo, vuosijulkaisu 1960–1961. Turun sanomalehti ja kirjapaino osakeyhtiö, Turku: 37–60.
- Smirnova, Lyubov 2005. *Comb-Making in Medieval Novgorod (950–1450). An industry in transition*. BAR International Series 1369. England.
- Tourunen, Auli 2003. Eläinten luita kaupunkikerroksista – esimerkkejä arkeo-osteologisista tutkimusmetodeista. Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemältä*.

- Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*. Archaeologia Medii Aevi Finlandia IX. Suomen keskiajan arkeologian seura. Hansaprint Oy. Turku: 371–382.
- Tourunen, Auli 2007. Cattle in medieval and post-medieval Turku. Immonen, Visa & Lempiäinen, Mia & Rosendahl Ulrika (toim.) *Hortus novus. Fresh approaches to medieval archaeology in Finland*. Archaeologia Medii Aevi Finlandiae XIV. Saarijärvi: 43–51.
- Tourunen, Auli 2008. *Animals in urban context. A Zooarchaeological study of the Medieval and Post-Medieval town of Turku*. Annales universitatis Turkuensis. Sarja- Ser B osa- Tom. 308. Academic dissertation. Turun yliopisto: Turku.
- Uotila, Kari 2003. Turun linna ja sen kaupunki. Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemältä*. *Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*. Archaeologia Medii Aevi Finlandia IX. Suomen keskiajan arkeologian seura. Hansaprint Oy, Turku: 153–160.
- Uotila, Kari & Haggren, Georg & Carpelan, Maria & Helamaa, Maija (toim.) 2021. *Uuden Torin kantilla 1650–1827 vol. 1: Turun Kauppatorin arkeologiset tutkimukset vuosina 2018–2021*. Kåkenhus nro 4.
- Vainio-Korhonen, Kirsi 1998. *Käsin tehty- miehelle ammatti, naiselle ansion lähde. Käsiyö- tuotannon rakenteet ja strategiat esiteollisessa Turussa Ruotsin ajan lopulla*. Histori- allisia tutkimuksia 200. Suomen historiallinen seura. Hakapaino Oy, Helsinki.
- Von Holstein, Isabella CC. & Ashby, Steven P. & van Doorn, Nienke L. & Sachs, Stacie M. & Buckley Michael & Meiri, Meirav & Barnes, Ian & Brundle, Anne & Collins, Matt- hew J. 2014. Searching for Scandinavians in pre-Viking Scotland: molecular finger- printing of Early Medieval combs. *Journal of Archaeological Science* 41: 1–6.
- Vretemark, Maria 1990. *Medeltida kammakerier i Skara – en råvaruanalys*. Västergötlands Fornminnesförenings tidskrift 1989–1990: 133–144.
- Vretemark, Maria 1997a. *Från ben till boskap- kosthåll och djurhållning med utgångspunkt i medeltida benmaterial från Skara*. Del 1. Skrifter från Läns museet Skara nr 25, Nossebro.
- Vretemark, Maria 1997b. Raw materials and urban comb manufacturing in medieval Scandi- navia. *Anthropozoologica*. No 25/26: 201–206.
- Vuorisalo, Timo & Virtanen, Tapio 1989. Mätäjärven luulöydöt. Kostet, Juhani & Pihlman Aki (toim.) *Turun Mätäjärvi*. Turun maakuntamuseo. Raportteja 10: 222–229.
- Zerpe, Leif 1989. Ett kammakeri i Visby. *Arkeologi i Sverige*. Riksantikvarieämbetet och sta- tens historiska museer. Rapport RAÄ 1998: 37–52.

## Verkkolähteet

BBC news, 28.2.2023. *Comb made from human skull found among A14 artefacts*. Online newspaper.

<https://www.bbc.com/news/uk-england-cambridgeshire-64797376> (Haettu 11.12.2023)

Jamestown rediscovery 2024. *Comb*. Jamestown Rediscovery Foundation.

<https://historicjamestowne.org/collections/artifacts/comb/> (Haettu 3.4.2024)

Lehtola, Johanna 21.7.2022. *Turun kauppatorin alta paljastui poikkeuksellinen pala historiaa – kasoittain naudanluita siistissä rivissä*.

<https://yle.fi/a/3-12534368> (Haettu 12.3.2024)

Martisius, Naomi L. & Welker, Frido & Dogandžić, Tamara & Grote, Mark N. & Rendu, William & Sinet-Mathiot, Virginie & Arndt Wilcke, Arndt & Mcpherron, Shannon J. P. & Soressi, Marie & Steele, Teresa E. 2020. Non-destructive ZooMS identification reveals strategic bone tool raw material selection by Neandertals. *Scientific Reports*.  
[https://www.researchgate.net/publication/341237138\\_Non-destructive\\_ZooMS\\_identification\\_reveals\\_strategic\\_bone\\_tool\\_raw\\_material\\_selection\\_by\\_Neandertals](https://www.researchgate.net/publication/341237138_Non-destructive_ZooMS_identification_reveals_strategic_bone_tool_raw_material_selection_by_Neandertals)  
(Haettu 30.4.2024)

## Henkilökohtaiset tiedonannot

Mirva Pääkkönen 2023 & 2024. Erikoistutkija, Turun tiedekeskus. Sähköpostiviestit 8.1.2024 ja 9.4.2024, sekä keskustelu 10.2.2024.

Auli Bläuer 2024. Dosentti, Humanistinen tiedekunta. Turun yliopisto. Sähköpostiviesti 13.2.2024.

## Liitteet

### Liite 1. Kampojen kuvat ja tiedot

Aineiston kampojen kuvat, kontekstittiedot sekä ajoitusarvio typologisten mallien perusteella. Kampoja on verrattu Heidi Luikin (1998) sekä Birgitta Brobergin ja Margareta Hasselmon (1981) kampsytopologioihin. Kampojen tiedot poimittu kandidaattitutkielmastani (Korte 2021). Olen arvioinut muutamalle kammalle typologisen vastineen uudelleen, joten tiedot eroavat kandidaattitutkielmani tiedoista. Kaikki kuvat: Alina Korte.



KM4034:33 Hämeenkatu 17

Pituus 5,3 cm ja leveys 4,2 cm. Brobergin ja Hasselmon tyyppiä 2. Luikin typologiassa vastaa tyyppiä 1a tai b, jotka ajoittuvat 1100–1300-luvuille.



KM4034:31 Hämeenkatu 17

Pituus 6,5 cm ja leveys 3,4 cm. Vastaa eniten Brobergin ja Hasselmon mallia 6b, sekä Luikin tyyppiä 2d. Ajoitus 1400-luvulle.



TMK21163:136      Rettigin autotalli

Pituus noin 8 cm ja leveys 4,5 cm. Vastaa eniten Luikin tyypittelyssä 2e tai 6a. Ajoitus joko 1350–1400-luku tai 1350–1500-luku. Brobergin ja Hasselmon typologian mukaan vastaa tyyppiä 4 tai 8.



TMK20315:1084 Vanha Suurtori

Koko 3,9 cm x 3,4 cm. Pienen kokonsa vuoksi typologista mallia on mahdoton päätellä.



TMK22367:LU2157:001 Tuomiokirkkotori

Kamman pituus 10,5 cm ja leveys 5,5 cm. Vastaa Brobergin ja Hasselmon tyyppiä 6a. Luikin typologiassa lähin vastine olisi 2d, joka ajoittuu 1400-luvulle.



TMK18831:687 Vähä-Hämeenkatu 13

Kamman pituus 4 cm ja leveys 4,6 cm. Vastaa Brobergin ja Hasselmon tyyppiä 3, ja Luikin tyyppiä 3a, eli 1400–1600 luvuille.



TMK21816:LU86:98 Åbo Akademi

Kamman pituus 7,5 cm ja leveys tiheäpiikkisessä päässä 6,9 cm. Vastaa eniten Brobergin ja Hasselmon tyyppiä 3. Luikin tyypittelyssä vastaa ryhmää 2c, joka on ajoittanut tyyppin 1200–1400-luvuille. Liisa Seppänen on ajoittanut kamman 1300-luvun lopun ja 1400-luvun alun välille Anne-Mari Halosen (2007) pro gradu-tutkielmassa.



TMK12794:25 Hämeenkatu 17

Pituus 6 cm ja leveys 4,3 cm. Vastaa Luikin typologian tyyppiä 2e ja ajoittuisi tämän mukaan 1350–1400-luvuille. Brobergin ja Hasselmon tyypittelyssä vastaa mallia 4.



TMK12794:26 Hämeenkatu 17

Pituus 15,7 cm ja leveys 5,8 cm. Ei täysin vastaavaa mallia, Luikin typologiasta lähimpänä mallia 6a tai b, jotka ajoittuvat 1300-luvun keskivaiheilta 1500-luvun loppuun. Brobergin ja Hasselmon tyypittelyssä vastaa mallia 8.



TMK21502:402 Turun linnan vankipiha

Katkelman pituus 4,7 cm ja leveys 4,4 cm. Vastaa Luikin 2b tyyppiä, joka ajoittuu 1300–1400-luvuille. Luikin mallissa myös samanlaista koristekuviointia. Brobergin ja Hasselmon tyyppittelyssä vastaa mallia 4.

## Liite 2. Tulokset

### Sample Analysis Report

#### Summary

Altogether 17 samples from archaeological bone combs had been prepared by the customer (by using ZooMS SOP protocol), and were analyzed by LC-ESI-MS/MS using a Q Exactive HF mass spectrometer at Turku Proteomics Facility. Database searches were performed by Mascot search engine against custom-made collagen protein database.

#### Sample preparation and sample analysis order

The samples had been prepared by the customer by using ZooMS SOP protocol (in peptide elution step trifluoroacetic acid had been replaced with formic acid). The customer delivered the peptide samples in 50% acetonitrile and 0.1% formic acid. Samples were dried in SpeedVac vacuum concentrator (Thermo Scientific) to dryness.

The dried peptide samples were dissolved with 20 µl of 0.1% formic acid. Peptide concentration was determined using NanoDrop spectrophotometer (Thermo Scientific) and 300 ng of peptides from each sample was injected to the LC-MS/MS analysis. Wash and blank runs were submitted before each sample to reduce potential carry-over of peptides. The samples were analyzed in the following order:

Sample 1 21816:86:98

Sample 2 18831:687

Sample 3 4034:33

Sample 4 20315:1084 P

Sample 5 20315:1084 L

Sample 6 22163:136 P

Sample 7 22163:136 L

Sample 8 4034:31 P

Sample 9 4034:31 L

Sample 10 12794:25 P

Sample 11 12794:25 L

Sample 12 12794:26 P

Sample 13 12794:26 L

Sample 14 21502:402 P

Sample 15 21502:402 L

Sample 16 22367:2157:001 P

Sample 17 22367:2157:001 L

#### LC-ESI-MS/MS Analysis

The LC-ESI-MS/MS analyses were performed on a nanoflow HPLC system (Easy-nLC1000, Thermo Fisher Scientific) coupled to the Q Exactive HF mass spectrometer (Thermo Fisher Scientific, Bremen, Germany) equipped with a nano-electrospray ionization source. Peptides were first loaded on a trapping column and subsequently separated inline on a 15 cm C18 column (75  $\mu\text{m}$  x 15 cm, ReproSilPur 3  $\mu\text{m}$  120 Å C18-AQ, Dr. Maisch HPLC GmbH, Ammerbuch-Entringen, Germany). The mobile phase consisted of water with 0.1% formic acid (solvent A) or acetonitrile/water (80:20 (v/v)) with 0.1% formic acid (solvent B). Peptides were eluted with following gradient: from 5% to 21% of solvent B in 28 min, from 21% to 36% of solvent B in 22 min, from 36% to 100% of solvent B in 5 min, followed by 5 min at 100% of solvent B.

MS data was acquired automatically by using Thermo Xcalibur 4.1 software (Thermo Fisher Scientific). A data dependent acquisition method consisted of an Orbitrap MS survey scan at mass range 300– 1750  $m/z$  followed by HCD fragmentation for 20 most intense peptide ions in each scan cycle.

#### Data Analysis

Raw data files were searched for protein identification using Proteome Discoverer 3.1 software (Thermo Scientific) connected to an in-house server running the Mascot 2.8.3 software (Matrix Science). Database searches were performed against custom-made protein database containing collagen protein sequences for vertebrata (SwissProt, version 2023\_5).

The following database search parameters were used:

Enzyme:	Trypsin
Static modifications:	Carbamidomethyl (C)* *) Peptides were alkylated with iodoacetamide
Variable modifications:	Oxidation (M) <sup>1)</sup> , Deamidated (NQ), Glu->pyro-Glu (N-term E), Gln->pyro-Glu (N-term Q), hydroxylation (P)
Peptide Mass Tolerance:	± 10 ppm
Fragment Mass Tolerance:	± 0.02 Da
Max Missed Cleavages:	2
Instrument type:	ESI-TRAP (y-, b- and a-ions were searched)

<sup>1)</sup> Methionine oxidation is a common modification, which occurs during the sample processing and is therefore normally included in the search parameters.

## Validation of peptides

A Fixed Value PSM Validator was used as a PSM validator in Proteome Discoverer. Validation was based on Mascot expectation value:

*Expectation value  $\leq 0.01$  => High confidence PSM*

*Expectation value  $\leq 0.05$  => Medium confidence PSM*

## Filtering and validation of data

Only medium and high confidence peptides were included into the results.

Protein hits were sorted according to a number of unique peptide hits in descending order i.e. proteins with the most unique peptide hits were on the top of the list.

Species, which had the highest number of identified unique peptides were chosen as the most probable candidates in the sample.

## Results

Results from ProteomeDiscoverer were exported as excel files. All identified proteins and species are listed in the result excel sheets. Protein hits were sorted according to a number of unique peptide hits in descending order i.e. proteins with the most unique peptide hits are on the top of the tables. The hits with the highest number of unique peptides are considered as the most probable candidate species.

Identified peptide sequences usually cover only part of a theoretical protein sequence. If species specific areas in a protein sequence are not identified, differences between closely related proteins cannot be distinguished. In order to achieve high confident species identification, peptides need to be identified from unique protein sequence areas. The more unique peptides are identified for a certain protein/species, the higher is identification confidence.

Precise identification of species was impossible for some samples (samples 3, 5, 6, 8, 9, 10, 11,12, and 13), because it appears that either sample preparation or the sample itself was not optimal for mass spectrometry analysis.

All identifications in this analysis are based on database search. In general, species or proteins, which are not in the database, cannot be identified. All identified proteins have been listed in the result excel sheets.

Columns in Excel tables:

AAs	The length of the protein sequence in amino acids
Accession	Protein accession number in the SwissProt database
Coverage	Sequence coverage of the matched peptides of the total protein sequence in the database
MW	Mass of the protein in the database (not experimental)
PSMs	Displays the total number of identified peptide sequences (peptide spectrum matches) for the protein, including those redundantly identified.
Score	In Mascot, the ions score for an MS/MS match is based on the calculated probability, P, that the observed match between the experimental data and the database sequence is a random event. The reported score is $-10\log(P)$ . The protein score is derived from the ions scores. For a search that contains a small number of queries, the protein score is the sum of the highest ions score for each distinct sequence. Search algorithm CHIMERYs uses accurate peptide property predictions using the deep learning-based INFERYs framework. CHIMERYs tries to best explain the experimental spectrum with the fewest peptides required, deconvoluting the potentially chimeric experimental spectrum into multiple peptide spectral matches. In this process, CHIMERYs calculates a multitude of intensity-based scores which are subsequently sent to Percolator for the false discovery rate calculation. Subsequently, results are then downloaded back to Proteome Discoverer as a list of PSMs.

Peptides Displays the number of distinct peptide sequences in the protein group.

Unique Peptides Displays the number of peptide sequences unique to a protein group.

Top candidate proteins and organisms for samples 1–17:

Sample 1 21816:86:98

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 2 18831:687:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 3 4034:33:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 4 20315:1084 P:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 5 20315:1084 L:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 6 22163:136 P:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 7 22163:136 L:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 8 4034:31 P:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 9 4034:31 L:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 10 12794:25 P:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 11 12794:25 L:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 12 12794:26 P:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 13 12794:26 L:

Inconclusive. The chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins were low. Based on chromatography and database search results, it seems that sample quality was poor.

Sample 14 21502:402 P:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 15 21502:402 L:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02465	Collagen alpha-2(I) chain	Bos taurus

Sample 16 22367:2157:001 P:

Inconclusive, but likely the species is *Bos taurus*. Number of identified peptides for protein P02453 Collagen alpha-1(I) chain was low. In addition, chromatography showed no typical peaks for peptides and number of identified proteins was low

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
P02453	Collagen alpha-1(I) chain	Bos taurus

Sample 17 22367:2157:001 L:

Protein accession	Protein name	Scientific name of the organism
C0HJP0	Collagen alpha-2(I) chain (Fragment)	Equus sp.

### Liite 3. ZooMS SOP -protokollan ohjeet

#### Day one

equipment needed:

- 100 mL volumetric flask
- small (e.g. 50 mL) beaker
- 10 mL measuring cylinder
- 100 mL glass bottle
- glass funnel
- Glass pipettes
- water
- concentrated HCl
- 1 eppendorf tube per sample
- Glass funnel

#### 0.6M Hydrochloric acid (HCl)

In a 100 mL volumetric flask, add at least 50 mL water. Add 5 mL concentrated HCl: Pour a few mL HCl into a small beaker. Pour the HCl from the beaker into a small measuring cylinder. Use a glass pipette to add the last few drops. Slowly pour the acid into the measuring cylinder (NEVER POUR WATER INTO CONCENTRATED ACID). Add water until the total volume is 100 mL. Transfer the HCl solution into a labelled glass bottle and store at 4°C. The HCl left in the beaker can be poured back into the storage bottle with the concentrated acid.

#### **1.0 Weighing out the sample**

**1.** Weigh 10-30mg of bone chips or 10-15mg bone powder into an eppendorf tube. Record the weight.

#### **2.0a Acid demineralisation (destructive)**

**2.1a** Add 250µL of 0.6M HCl to the sample(s) and place the eppendorf(s) in the fridge at 4°C. Leave until demineralisation can be seen – this may take from 1 day to 2 weeks. Less time will be needed for bone powders (overnight/weekend).

**Day two**

equipment needed:

Ammonium hydroxide 1M  
 Small beaker  
 storage vial  
 waste container  
 2 eppendorf tube per sample  
 Ammonium bicarbonate  
 pH paper  
 trypsin and resuspension buffer

AmBIC: Ammonium bicarbonate buffer (50 mM)

Buffer made up in UHQ water and pH adjusted to 8.0 using Ammonium Hydroxide 1M.

In a 10 mL vial, add 39.53mg ammonium bicarbonate ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ , also called ammonium hydrogen carbonate). Add 10 mL water. Add a drop of ammonium hydroxide 1M, check pH. Repeat until pH is 8.0.

Trypsin solution.

Trypsin which is bought in freeze dried (stored at  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ) is resuspended in 50 $\mu\text{l}$  of re-suspension buffer.

Reducing reagent

Dissolve 30 mg of Dithiothreitol (DTT) in 1.0 ml of 25 mM ammonium bicarbonate solution to make 200 mM DTT.

Alkylating reagent

Dissolve 36 mg (0.036 g) of iodoacetamide (IAA) in 1.0 ml of 25 mM ammonium bicarbonate solution to make 200 mM.

**2.2a** Centrifuge the sample for 3 minutes, 12 rpm to settle the bone to the base of the eppendorf tube. Remove the acid, trying not to disturb the sample. Add 200 $\mu\text{L}$  of 50mM ammonium bicarbonate solution ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) pH 8.0 (AmBic), vortex briefly and centrifuge for one minute. Rinse the samples another two times in this way. Test the pH using pH strips. Any remaining HCl will change the pH of AmBic buffer. This should be pH8. Remove the final AmBic rinse (this rinse can be discarded).

**3.0 Gelatine extraction**

3.1 Add 100 $\mu\text{L}$  of AmBic to each sample. Incubate for one hour at  $65\text{ }^\circ\text{C}$ . Transfer the supernatant to a second eppendorf. *If the original sample needs to be stored, freeze sample at  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ .*

***Reduction and alkylation: HOX! volumes are calculated for volume of 100  $\mu\text{l}$ .***

1. Add 5  $\mu\text{l}$  of Reducing Reagent and mix the sample by gentle vortex. Reduce the mixture for 1 hour at room temperature or in an oven at  $37\text{ }^\circ\text{C}$ .

3. Add 20  $\mu\text{l}$  of Alkylating Reagent and alkylate for 1 hour at room temperature in the dark (you can use aluminum foil to cover up the sample).
4. Add 20  $\mu\text{l}$  of Reducing Reagent to consume any leftover alkylating agent (so the trypsin is not alkylated).

#### **4.0 Trypsin digestion**

- 4.1 To a third eppendorf add 50  $\mu\text{L}$  of supernatant and 1  $\mu\text{L}$  of trypsin solution. Incubate sample overnight in a heating block at 37°C (approx. 12-18 hours).

**Day three**

equipment needed:

TFA

Formic acid

water

acetonitrile

4 eppendorf tubes per sample

C18S ZipTip

pipettes

storage vials

**0.5 % TFA**

Dilute 10 uL TFA in 2 mL water

**Washing solution.**

0.1% TFA and UHQ water

For 10ml, add 10µl of TFA to 10ml of UHQ water. Transfer 500 uL to one eppendorf tube per sample

**Conditioning solution.** (Used for both ZipTips and matrix preparation)

0.1% TFA in 50:50 Acetonitrile and UHQ water

For 10ml, add 5ml ACN to 5ml UHQ water and 10µl of TFA.

**Eluting solution**

0.1% FA in 50:50 Acetonitrile and UHQ water

For 10ml, add 5ml ACN to 5ml UHQ water and 10µl of FA. Transfer 500 uL to one eppendorf tube per sample

4.2 Spin sample for 1 minute and add either 1  $\mu\text{L}$  of 5% TFA or 10  $\mu\text{L}$  of 0.5% TFA. The sample can now be extracted using a C18S ZipTip (or SPE cartridge).

## 5.0 Peptide extraction

5.1 Before extraction each tip needs to be conditioned, a separate tip is used for each standard and sample. The tips need to be conditioned and extracted using the following 5 steps.

NB: For each sample you must prepare separate eppendorfs of washing, conditioning and eluting solution. After the third step your peptides are bound to the C18 tip, therefore subsequent washing and conditioning solutions will be 'contaminated' and so cannot be used for more than one sample

1. Rinse tip 2 x with 100 $\mu\text{L}$  of conditioning solution.
2. Rinse tip 2 x with 100  $\mu\text{L}$  of washing solution.
3. Resuspend sample back and forth over the tip, at least ten times, but being careful not to allow air in (never go past the first stop point of the pipette).
4. Rinse tip 2 x with 100  $\mu\text{L}$  of washing solution.
5. Elute sample with 50  $\mu\text{L}$  of eluting solution into a new eppendorf, and pass through tip at least 10 times.