

Hampaita ja sikoja – paleobiologisia tutkimuksia laboratoriossa ja Afrikassa

JANINA RANNIKKO

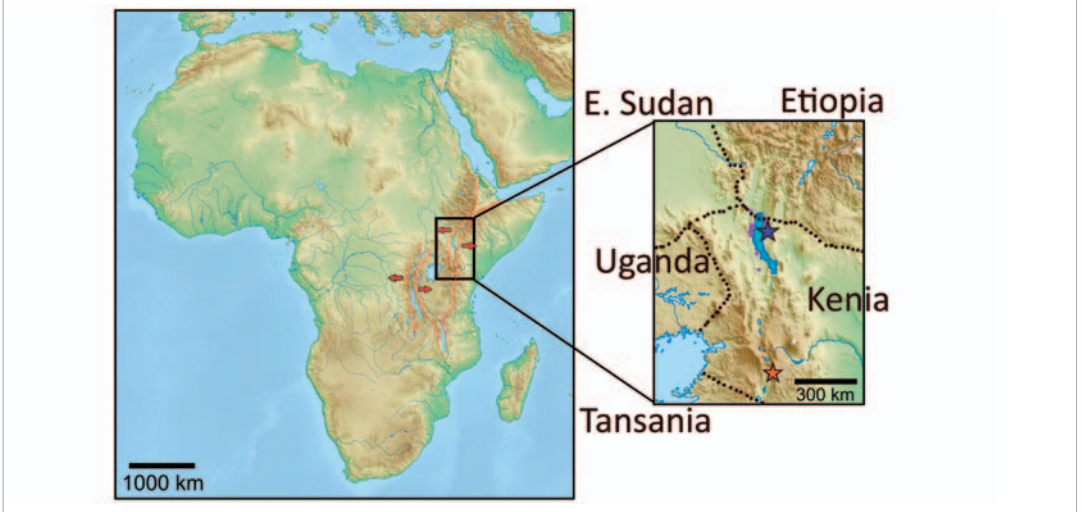
Maapallon ilmasto-olosuhteet ja elinympäristöt ovat kokeneet muutoksia, rajujakin sellaisia, useita kertoja planeettamme neljän ja puolen miljardin vuoden historiassa. Suurimmaksi osaksi se ei ole vaikuttanut meihin ihmisiin, emmehän ole olleet täällä kuin vasta murto-osan koko maapallon historiasta. Meteoriitin törmääminen Maahan 65 miljoonaa vuotta sitten aiheutti rajun ja äkkinäisen muutoksen planeettamme ilmastossa ja elinympäristöissä (Schulte *et al.* 2010). Ihmistä ei tuolloin vielä ollut, mutta tämä nopea ja hurja muutos mahdollisti nisäkkäiden nousun dinosaurusten varjosta ja aloitti evoluutioketjun kohti meitä.

Vähemmän raju muutos ilmastossa, ja varsinkin Afrikan elinympäristöissä, tapahtui viimeisen viiden miljoonan vuoden aikana plio-pleistoseenissä (deMenocal 2004). Ihmisten kannalta ajankohta on tärkeä, sillä silloin kehittyi monia ihmisen sukulaislajeja ja tietysti oman lajimme varhaiset edustajat, jotka ovat lopulta ainoat ihmiskumme edustajat nyky-aikana. Isotooppitutkimukset muinaisista maannoksista, meri- ja järvisedimenteistä, sekä siitepöly- ja fossiilitutkimukset ovat osoittaneet, että varsinkin itäinen Afrikka muuttui kuivemmaksi ja kasvillisuudeltaan avoimemmaksi plio-pleistoseenin aikana (Bobe 2006, Bonnefille 2010, Cerling *et al.* 2011).

Turkanan altaan alueelta (kuva 1) nykyisestä pohjois-Keniasta on löytynyt monia ihmisten sukulaislajien fossiileja (Brown *et al.* 1985). Nämä löydökset ovat kuitenkin hyvin pieni osa kaikista tuhansista nisäkäsfossiileista, joita alueelta on löytynyt. Jotta voisimme tutkia tarkemmin ihmisen kehitykseen vaikuttaneita ympäristömuutoksia, meidän on tukeuduttava tietoon, jonka pystymme saamaan näistä nisäkäsfossiileista.

Mittava osa nisäkäsfossiileista on hampaita. Hampaat koostuvat kiilteestä, hammasluusta ja sementistä. Kiille on pääasiassa epäorgaanista apatiittia ja näin ollen kehon kovin kudos, joka säilyy myös fossiililaineistossa pitkään. Kestävyytensä lisäksi hampaat ovat eläinten työkalut ravinnon hankintaan ja käsittelyyn. Aikuisen eläimen pysyvät hampaat ovat elintärkeä osa eläimen energiansaantia sen elinympäristöstä. Koska useimpien nisäkkäiden hampaat eivät vaihdu kuin kerran, niiden on oltava valmiit työstämään ravintoa koko eläimen elinajan ja ne myös kuluvat siinä prosessissa.

Tutkimalla hampaiden muotoa ja kulumista voimme tehdä päätelmiä eläinten ruokavalioista (Fortelius ja Solounias 2000). Kasvinsyöjien kohdalla pystymme tutkimaan elinympäristöjen kasvillisuuskoostumusta hampaiden avulla. Kun vertaamme nykyisten ja muinaisten eläinten hampaita ja ruokavali-



Kuva 1. Maisema nykyisen Ileretin alueelta sekä Turkana-järven sijainti. Sininen tähti on Ileretin kohdalla ja oranssi tähti Nairobien kohdalla. Violetit pisteet järven ympärillä osoittavat fossiilien löytöpaikkoja. Afrikan karttakuvaan on merkitty punaisella Itä-Afrikan hautavaoaman haarat. Kuva: Janina Rannikko, kartta muokattu mapswire.com pohjalta (CC-BY 4.0)

Figure 1. View from the present Ileret area and location of the Lake Turkana. The blue star indicates Ileret and the orange star Nairobi. Purple points around the lake indicate fossil locations. Red lines in the map of Africa represent branches of the East African Rift. Photo: Janina Rannikko, map edited based on mapswire.com (CC-BY 4.0)

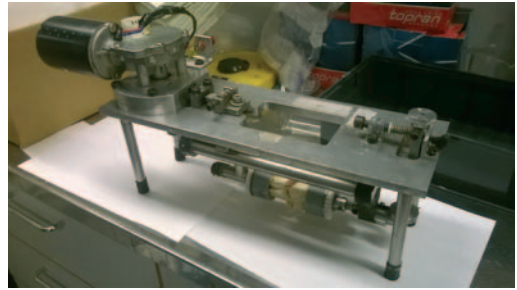
oita, voimme saada tietoa menneistä elinympäristöistä ja siitä, miten ne ovat muuttuneet ajan kuluessa (Eronen *et al.* 2010, Barr 2015). Omassa väitöskirjatyössäni olen lähestynyt Turkanan alueen muuttuvia ympäristöjä myöhäis-mioseenista pleistoseenin (8–0,7 miljoonaa vuotta sitten) tutkimalla hampaiden kulumista erilaisilla ruokavalioilla sekä muinaisten sikojen runsautta ja hampaiden pintamuotoja suhteessa ruokavalioon.

Purukokeet ja mikroskooppiset kulumisjäljet

Hampaiden mikroskooppisia kulumisjälkiä on käytetty useissa tutkimuksissa indikaattorina muinaisten kasvinsyöjien pääasiallisesta ruokavaliosta ja näin ollen niiden ympäristön kasvillisuudesta. Heinänsyöjillä (grazers) on havaittu hampaissaan enemmän viurumaisia kulumisjälkiä, kun taas lehtevien kasvien syöjillä (browsers) on enemmän kuoppamaisia kulumisjälkiä (Walker *et al.* 1978, Solounias *et al.* 1988). Yksinkertaistettuna viiruinen kuviointi muinaisissa hampaissa viittaa avoimiin heinätasankoihin ja kuoppainen kuviointi metsäisiin olosuhteisiin.

Mikroskooppisten kulumisjälkien syntyminen ei ole kuitenkaan tutkittu kokeellisesti. Tutkimuksessamme hampaiden kulumista erilaisilla ruokavalioilla testattiin mekaanisen purulaitteen avulla. Tavoitteena oli testata voiko luonnossa havaittavia viiru- ja kuoppakuvioita saada aikaan kokeellisesti ja erottuuko heinäruokavalioiden kuviointi kokeessa lehtevän ruokavalioiden kuvioinnista. Sen lisäksi testasimme kokonaiskulumista eri ruokavalioiden välillä ja sitä, miten hiekan lisääminen ruokavalioon vaikuttaa kulumisjälkiin.

Mekaaninen purulaite (kuva 2) on rakennettu Helsingin yliopistossa meidän kokeitamme varten. Siihen voi liittää kaksi hammasta, joista toinen liikkuu edestakaisin ja toinen on



Kuva 2. Mekaaninen purulaite. Keskellä alhaalla ovat hampaat. Vasemmalla on moottori, joka liikuttaa vasemmanpuoleista hammasta edestakaisin. Kuva: Janina Rannikko

Figure 2. Mechanical masticator. Teeth are situated in the middle under the machine. On the left is the engine which moves the left-hand tooth back and forth. Photo: Janina Rannikko

paikallaan, mutta joustaa kontaktissa. Käytimme kokeissa 25 paria hevosen hampaita. Hevosen hampaat ovat verraten isoja, ja niissä on samaan aikaan näkyvissä kaikki kolme hampaan komponenttia (kiille, hammasluu ja sementti). Tutkimuksessa käytetyt ruokavaliot olivat pellettejä, jotka liuotettiin veteen. Ruokavaliota oli neljä: heinä, alfalfa (lehtevä ruokavalioiden), heinä + riisin kuoria ja heinä + riisin kuoria + hiekkaa (5 %). Lisäksi tehtiin yksi sarja, jossa hampaat ”pureskelivät” pelkässä vedessä. Hampaat sahattiin tasaisiksi 33 asteen kulmaan, hiottiin ja upotettiin epoksilla muovirenkaisiin, jotka kiinnittyvät purulaitteeseen.

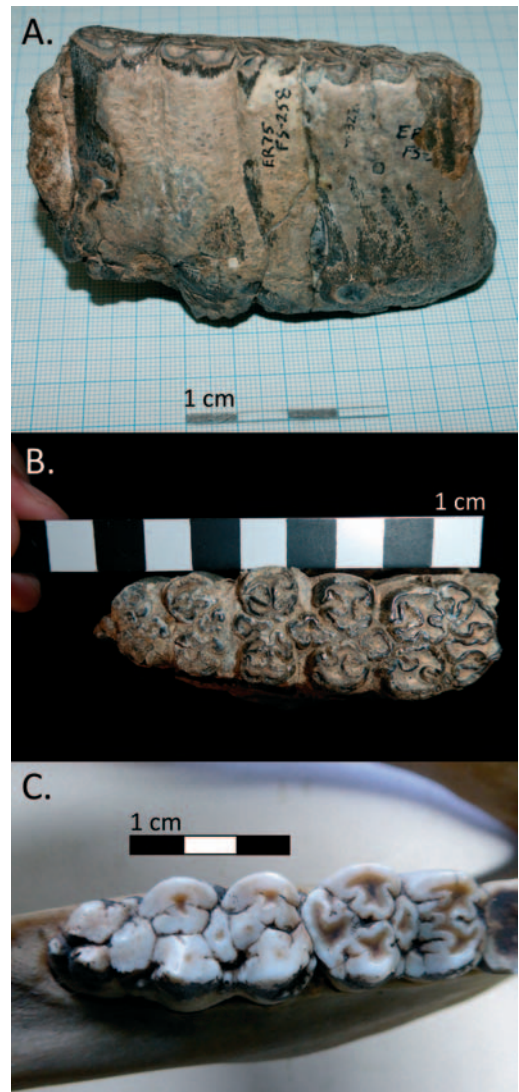
Yksi hammaspari upotettiin kerrallaan puremaan 6,5 tunniksi yhteen ruokavalioon, joka vastaa noin 100 000 puraisua. Sen jälkeen hampaiden pinnasta tehtiin silikonimuotit ja niistä valettiin läpinäkyvät epoksijäljennökset. Jäljennöksistä otettiin kuvat 32-kertaisella suurennoksella valomikroskoopilla ja siihen liitetyllä kameralla. Kuvista laskettiin 0,4 × 0,4 mm alueelta kiilteestä viirut (pituus / paksuus > 4) ja kuopat (pituus / paksuus < 4) Microware 4.02 -ohjelmalla. Lisäksi jokaisesta ruokavalioryhmästä otettiin yksi hammas, josta otettiin CT-skannerilla kuvat ennen ja

jälkeen pureskelun, ja kuvista laskettiin pinnan kokonaiskuluminen.

Tulokset osoittivat, että mekaanisella pulalaitteella yksinkertaistetuissa kokeellisissa olosuhteissa pystyttiin tuottamaan viiru- ja kuoppakuvioita kiilteeseen. Sen sijaan heinän ja lehtävän ruokavalion kesken ei saatu tilastollisesti eroavaa kuviointia viirujen ja kuoppien suhteen. Hiekkaa sisältänyt ruokavalio aiheutti selkeitä isoja kuoppia kiilteeseen. Pelkässä vedessä pureskelleet hampaat olivat selvästi erilaisia siten, ettei niissä ollut juurikaan viiruja ja niissä oli eniten pientä kuoppamaisuutta. Kokonaiskuluminen noudatti ruokavalioryhmien kuluttavien ainesosien määrää: vähiten kulutti alfalfa, sitten heinä, heinä + riisin kuoret, ja eniten kulutti heinä + riisin kuoret + hiekka. Voimme päätellä, että heinäruokavalio kuluttaa enemmän hammasta kuin lehtävä ruokavalio, ja näin ollen esimerkiksi korkeat kruunut hampaissa ovat ainakin osin indikaattoreita heinän syönnistä. Sen sijaan yksinkertaiset viiru-kuoppa-mikrokulutuskuviointilaskelmat voivat olla hyvin samanlaisia, ja niitä tulisi tarkastella yhdessä muiden todisteiden kanssa, mikäli haluaa luotettavia ruokavalio- ja ympäristörekonstruktioita. (Karme ja Rannikko *et al.* 2016).

Plio-pleistoseenin sikojen runsauden vaihtelut Turkanan altaan alueella

Kaksi muuta tutkimusta keskittyivät Turkanan alueen plio-pleistoseenin sikoihin. Siat jakoivat muinaisen elinympäristönsä ihmisten esi-isien kanssa, ja ne ovat myös usein ruokavalioltaan kaltaisiamme kaikkiruokaisia nisäkkäitä (Harris ja White 1979). Esimerkiksi monien sikojen hampaat ovat samantapaisia kuin meillä ihmisillä. Plio-pleistoseenin aikana tapahtui kuitenkin erikoista kehitystä muutamissa sikasuvuissa (*Nyanzachoerus*, *Notochoerus*, *Kolpochoerus* ja *Metridiochoerus*) Afri-



Kuva 3. Esimerkkejä muinaisten sikojen (A, *Metridiochoerus compactus* ja B, *Notochoerus scotti*) sekä nykyisen sian (C, villisika, *Sus scrofa*) kolmansista poskihampaista. Muinaisten sikojen hampaat ovat korkeakruunuiset (A, kuvattu sivulta päin) ja niissä on monia nystypareja (B, kuvattu ylhäältä päin). Villisian kolmas poskihampaas on matala ja siinä on kolmesta neljään nystyparia. Kuvassa C on kaksi hammasta: vasemman puoleinen on kolmas poskihampaas, hampaat on kuvattu ylhäältä päin. Kuvat: Janina Rannikko

Figure 3. Examples of fossil (A, *Metridiochoerus compactus* and B, *Notochoerus scotti*) and present-day (C, wild boar, *Sus scrofa*) third molars of pigs. Ancient pigs had hypsodont (A, side view) teeth with many extra cusp pairs (B, view from above). The wild boar has low-crowned teeth with three to four cusp pairs. Note that here are two teeth in panel C: the one on the left is the third molar, viewed from above. Photos: Janina Rannikko

kassa. Samaan aikaan, kun ihmisen esi-isät nousivat kahdelle jalalle ja alkoivat tehdä kivi-työkaluja, siat sopeutuivat hampaiden kehityksen sekä isotooppitutkimusten perusteella heinän syöntiin (Harris ja White 1979, Harris ja Cerling 2002). Nykyään ainoa heinän syöntiin erikoistunut sikalaji on pahasika, jota esiintyy Afrikan avoimilla savanneilla.

Monille Afrikan sikasuvuista kehittyi pikku hiljaa plio-pleistoseenin aikana korkeakruunuiset eli hypsodontit poskihampaat. Viimeiseen poskihampaaseen alkoi myös tulla ylimääräisiä nystypareja (kuva 3). Tällaiset hampaat ovat esimerkiksi pahasialla edelleen. Korkeakruunuiset hampaat ovat sopeutuma kuluttavaa ruokaa kohtaan. Ruuassa voi itsessään olla kuluttavia ainesosia, kuten heinän soluissa esiintyvät mikroskooppiset piidioksidikiteet eli fytoliitit. Kuluttavuus voi myös tulla ulkoisista tekijöistä, kuten ympäristössä esiintyvistä mineraalipölystä ja hiekasta (Damuth ja Janis 2011).

Turkanan altaan sika-sukujen runsautta eri aikoina plio-pleistoseenissa tutkittiin laajasta tietokannasta, joka sisältää kaikki Kenian puoleiselta Turkanan altaalta löydetty nisäkäsfossiilit. *Nyanzachoerus*-suvun siat ovat vanhimpia, ja niillä esiintyy vain hieman korkeuden kasvua hampaiden kruunuissa. Ne olivat runsaimmillaan noin 7 miljoonaa vuotta sitten ja alkoivat pikku hiljaa tasaisesti vähentyä kohti plioseenin alkua. *Notochoerus*-suvun sikojen on päätelty olleen suoraan polveutuvia *Nyanzachoerus*-sioista, ja niillä kruunun korkeus kasvoi ja viimeiseen poskihampaaseen tuli lisää nystypareja. Kun *Nyanzachoerus*-siat olivat harvinaisia, alkoivat *Notochoerus*-siat runsastua ja ne olivat runsaimmillaan plioseenin lopussa. Tähän aikaan paikalle ilmestyivät harvalukuisina *Kolpochoerus*- ja *Metridiochoerus*-siat. Kun *Notochoerus*-siat alkoivat vähentyä pleistoseenin alussa, *Kolpochoerus*-siat ottivat vallan. Niillä oli pienemmät hampaat ja vä-

hemmän kruununkorkeutta ja lisänystyjä kuin *Notochoerus*-sioilla.

Metridiochoerus-siat nousivat viimein runsaimmiksi pleistoseenin puolella välissä, kun *Notochoerus*-siat hävisivät. *Kolpochoerus*-siat pysyivät silti edelleen runsaina. *Metridiochoerus*-siat olivat jälleen korkeakruunuisia, ja niillä on monia lisänystyjä; niistä viimeisellä lajilla oli korkeimmat kruunut, mitä sioilla on koskaan tavattu.

Nyanzachoerus-sikojen häviämiseen liittyy mahdollisesti mioseenin metsien katoaminen ja heinäkasvien ilmestyminen. *Notochoerus*-siat korvasivat ne olemalla paremmin varustautuneita heinänsyöntiin korkeammilla hampaiden kruunuilla ja lisänystyillä. Metsäisten ympäristöjen mahdollinen lyhyt paluu plioseenin aikana saattoi edesauttaa *Kolpochoerus*- ja *Metridiochoerus*-sikojen leviämistä Turkanan altaalle. *Kolpochoerus*-siat olivat todennäköisesti sopeutuneet paremmin metsäisiin olosuhteisiin, ja siksi ne yleistyivät nopeammin kuin *Metridiochoerus*-siat. Sitten mahdollinen kiihtyminen tai vuodenaikojen eriytyminen sai aikaan heinätasankojen laajan leviämisen, ja *Metridiochoerus*-siat sopeutuivat käyttämään niitä. *Kolpochoerus*-siat jäivät metsäisimmille alueille esimerkiksi jokien varsille, ja näin ollen molemmat pystyivät elämään runsaina alueella. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että jokaisella sika-suvulla oli Turkanan altaalla oma runsauden aikansa ja näihin runsauden muutoksiin vaikuttivat todennäköisesti ilmastossa ja ympäristössä tapahtuneet muutokset plio-pleistoseenin aikana. (Rannikko *et al.* 2017).

Hampaan pinnanmuotoanalyysit nykyisillä ja muinaisilla sioilla

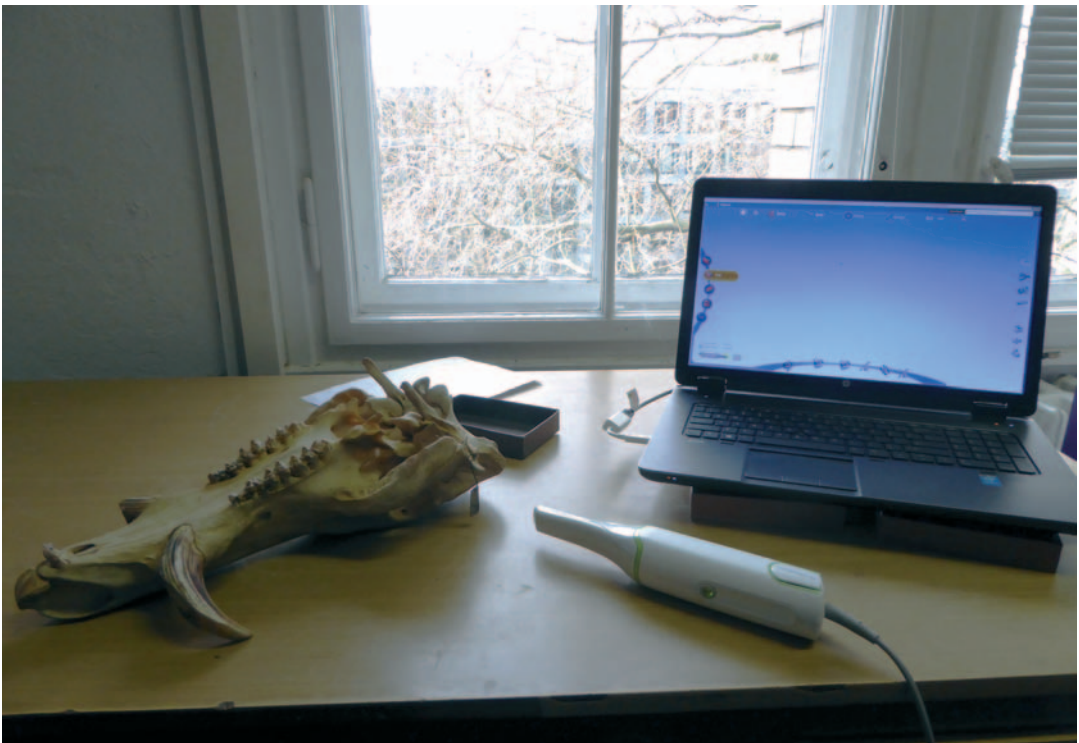
Viimeisessä osiossa väitöskirjaani tutkin nykyisten sikojen hampaiden pinnanmuotoja ja niiden suhdetta ruokavalioon ja elinympäris-

töön. Sen lisäksi nykyisten sikojen tuloksia vertailtiin neljään fossiiliseen sikalajiin Turkan altaalta (*Notochoerus euilus*, *Notochoerus scotti*, *Kolpochoerus heseloni* ja *Metridiochoerus andrewsi*).

Nykypäivän siat on jaettu kuuteen eri sukuun: *Sus*, *Babirusa*, *Porcula*, *Phacochoerus*, *Hylochoerus* ja *Potamochoerus*. Tunnetuimmat lienevät *Sus*-suvun siat, joita esiintyy koko Euraasiassa ja joihin villisika kuuluu. Myös kesysikamme on jalostettu eurooppalaisesta villisiasta. Erikoisemmat karvattomat babirusat eli hirvisiat elävät trooppisissa sademetsissä Indonesian saarilla, ja hyvin harvinainen *Porcula*-kääpiösika elää Pohjois-Intiassa. Loput siat esiintyvät vain Afrikassa.

Phacochoerus-suvun pahkasiat elävät avoimilla savanneilla, *Hylochoerus*-suvun metsäkarjut elävät tiheiköissä ja vuoristoalueilla ja *Potamochoerus*-suvun pensselisiat elävät trooppisissa sademetsissä sekä savannien ja metsien välimaastossa (Melletti ja Meijaard 2017). Tutkimukseen valittiin pahkasika (*Phacochoerus africanus*), pensselisika (*Potamochoerus* sp.), metsäkarju (*Hylochoerus meinertzhageni*), hirvisika (*Babyrusa* sp.) ja villisika (*Sus scrofa*).

Sioilta 3D-skannattiin käsikäyttöisellä digitaalikuvausskannerilla kolmannet poskihampaat (kuva 4). 3D-mallit käsiteltiin ja leikattiin MeshLab-ohjelmalla. Sen jälkeen 3D-malleista analysointiin erilaisia pintaa kuvaavia parametreja ArcGIS-ohjelmalla, Surfer



Kuva 4. Sikojen poskihampaiden 3D-skannaus. Vasemmalla metsäkarjun kallo, keskellä käsikäyttöinen PlanScan-digitaalikuvausskanneri ja oikealla kannettava tietokone, josta voi reaaliajassa seurata skannauksen onnistumista.

Figure 4. 3D scanning of pig molars. A forest hog skull on the left, hand held PlanScan digital impression scanner in the middle, and a laptop on the right that can be used to monitor the scanning process in real time.

Manipulator-ohjelmalla sekä R:llä. Pinnan korkeuseroja ja kaltevuutta mitattiin pinnan kaltevuudella (mean surface slope), korkeusindeksillä (relief index) ja terävyydellä (sharpness). Pinnan monimutkaisuutta mitattiin kulmikkuudella (angularity) ja suuntatilkkujen määrällä (orientation patch count, OPC) (Ungar ja Williamson 2000, Evans 2013).

Tulokset osoittivat, että nykyisten sikojen välillä on eroja hampaiden pinnanmuotoanalyysissä riippuen niiden ekologiasta. Avoimilla savanneilla viihtyvällä ja heinää syöväällä pahkasialla on alhainen pinnan kaltevuus, korkeusindeksi ja terävyys, mutta korkea kulmikkuus ja suuntatilkkujen määrä verrattuna muihin nykyisiin sikoihin. Metsäisillä alueilla elävällä ja lehteviä kasveja sekä ruohoa syöväällä metsäkarjulla on korkea pinnan kaltevuus, korkeusindeksi ja terävyys verrattuna muihin nykyisiin sikoihin sekä alhainen kulmikkuus ja suuntatilkkujen määrä verrattuna pahkasikaan. Kaikkiruokaisilla villisioilla, pensselisillä ja hirvisillä pinnan kaltevuus, korkeusindeksi ja terävyys ovat pahkasian ja metsäkarjun välillä. Kulmikkuus ja suuntatilkkujen määrä on alhainen verrattuna pahkasikaan, mutta villisillä korkeampi kuin trooppisten sademetsien sioilla, pensselisillä ja hirvisialla, jotka myös syövät enemmän hedelmiä.

Turkanan altaan sioista *N. scottilla* ja *M. andrewsilla* on samanlaiset trendit hampaan pinnanmuotoanalyysien tuloksissa kuin pahkasialla, mikä viittaa siihen, että ne olivat molemmat avoimien maastojen heinänsyöjiä. Kahdella muulla lajilla, *N. euiluksella* ja *K. heselonilla*, on pahkasikaa muistuttava kulmikkuus ja suuntatilkkujen määrä, mutta muut arvot ovat lähempänä kaikkiruokaisia nykyiskoja. Nämä lajit todennäköisesti viihtyivät tiheämmässä ympäristössä, mutta kuluttivat enemmän heinää kuin nykypäivän metsäisissä ympäristöissä elävät siat.

Lopuksi

Väitöskirjatyössäni on tehty kaksi asiaa, joita ei ole ennen kokeiltu: hampaiden kokeellista kulutusta purulaitteen kanssa sekä sikojen hampaiden pintamuotoanalyysjä. Tulokset osoittivat, että mikrokulutuskuviointia todella syntyy ruokavaliosta, mutta se voi yksinään antaa vääriä signaaleja. Sen sijaan kokonaiskuluminen on suoraan verrattavissa ruokavaliossa olevien kuluttavien ainesosien määrään. Hampaiden pintamuotoanalyysit taas osoittivat, että 3D-muotoanalyysillä voidaan erottaa nykyiset siat, joilla on erilaiset ekologiset lokerot. Lisäksi tulokseni täydensivät paleoekologisia tutkimuksia Turkanan alueen plio-pleistoseenin sioista, jotka elivät samoissa elinympäristöissä kuin omat muinaiset esi-isämme. Hampaita ei kannata aliarvioida!

JANINA RANNIKKO
janina.rannikko@helsinki.fi
janina.rannikko@gmail.com
Geotieteiden ja maantieteen osasto
Helsingin yliopisto

Kirjoittaja on tohtorikoulutettava Geotieteiden ja maantieteen osastolta, Helsingin yliopistolta, jonka julkinen väitöstilaisuus on 20.5.2019 klo 12 Physicum in salissa E204. Teksti pohjautuu väitöskirjatyöhön vuosilta 2015–2018.

Summary:

Teeth and pigs – paleobiological studies in the laboratory and in Africa

The climate and environments of our planet have faced many changes over time, some slower and others abrupt. During the last five million years in the Plio-Pleistocene, environments in eastern Africa changed to more arid and open (deMenocal 2004, Bobe

2006, Bonnefille 2010, Cerling *et al.* 2011). It is a crucial phase for us humans as our ancestors inhabited the area at the time.

The Turkana Basin (Fig. 1) in the present northern Kenya provides thousands of mammal fossil from the Plio-Pleistocene including human ancestors. By studying the vast fossil collection we can learn about the environments and their changes that shaped our own history. Many of these fossils are teeth. Herbivore teeth are good paleoenvironmental indicators as they act as an interface between the animals and the plants in the environment (Fortelius and Solounias 2000, Eronen *et al.* 2010, Barr 2015). Pig teeth are especially abundant in the Turkana Basin. While humans were making their first stone tools, pigs in the same environments developed high-crowned and long molars indicating shift to more abrasive diets (Harris and White 1979) (Fig. 3).

In my PhD thesis, I studied the fundamentals of microwear on tooth surfaces by different food items, the abundance changes of the Turkana Basin pigs in the Plio-Pleistocene, and the relationship between dental surface topography and diets in modern and fossil pigs.

The study of the microwear on tooth surfaces by different food items was conducted by experiments with a mechanical chewing machine (Fig. 2). The results show that microwear between grass and browse diets was not statistically different, but the grass diet had an overall higher wear rate. Sand in a diet had a significant impact on the microwear and to the overall wear (Karme and Rannikko *et al.* 2016).

Study of the abundances of pig genera with different molars demonstrated that they all had their own times of success in the Turkana Basin during the Plio-Pleistocene. Changes in climate and plant structures (grasslands vs.

forests) in the environment had possibly the biggest impact to the changes in the abundances (Rannikko *et al.* 2017).

Finally, our analyses revealed that there is a quantifiable link between the 3D-dental topography and diets in present-day pigs. The open-adapted grazer warthog, the forest living mixed-feeder forest hog, and omnivorous closed-environment pigs (wild boar, bushpig and babyrussa) all have significant differences in their 3D-dental topography. Two of the Turkana Basin pig species had similar 3D-dental topography to the warthog. Thus they might have been highly similar open-adapted grazers as the warthog. The other two Turkana Basin species were between the warthog and the omnivorous pigs, suggesting that they did consume grasses but possibly lived in more closed environments. One should not underestimate the power of teeth in science!

Kirjallisuus

- Barr, W.A., 2015. Paleoenvironments of the Shungura Formation (Plio-Pleistocene: Ethiopia) based on ecomorphology of the bovid astragalus. *Journal of Human Evolution* 88:97–107.
- Bobé, R., 2006. The evolution of arid ecosystems in eastern Africa. *Journal of Arid Environments* 66:564–584.
- Bonnefille, R., 2010. Cenozoic vegetation, climate changes and hominid evolution in tropical Africa. *Global and Planetary Change* 72:390–411.
- Brown, F., Harris, J., Leakey, R. ja Walker, A., 1985. Early *Homo erectus* skeleton from west lake Turkana, Kenya. *Nature* 316:788–792.
- Cerling, T.E., Wynn, J.G., Andanje, S.A., Bird, M.I., Koiri, D.K., Levin, N.E., *et al.*, 2011. Woody cover and hominin environments in the past 6 million years. *Nature* 476:51–56.
- Damuth, J. ja Janis, C.M., 2011. On the relationship between hypsodonty and feeding ecology in ungulate mammals, and its utility in palaeoecology. *Biological Reviews* 86:733–758.
- deMenocal, P.B., 2004. African climate change and faunal evolution during the Pliocene-Pleistocene. *Earth and Planetary Science Letters* 220:3–24.
- Eronen, J.T., Puolamäki, K., Liu, L., Lintulaakso, K.,

- Damuth, J., Janis, C., *et al.*, 2010. Precipitation and large herbivorous mammals II: application to fossil data. *Evolutionary Ecology Research* 12:235–248.
- Evans, A.R., 2013. Shape descriptors as ecometrics in dental ecology. *Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy* 24:133–140.
- Fortelius, M. ja Solounias, N., 2000. Functional characterization of ungulate molars using the abrasion-attrition wear gradient: a new method for reconstructing paleodiets. *American Museum Novitates* 3301, 36 s.
- Harris, J.M. ja Cerling, T.E., 2002. Dietary adaptations of extant and Neogene African suids. *Journal of Zoology* 256:45–54.
- Harris, J.M. ja White, T.D., 1979. Evolution of the Plio-Pleistocene African Suidae. *Transactions of the American Philosophical Society* 69:1–128.
- Karme, A.J., Rannikko, J.C., Kallonen, A.P., Clauss, M. ja Fortelius, H.L.M., 2016. Mechanical modelling of tooth wear. *Journal of the Royal Society Interface* 13:20160399.
- Melletti, M. ja Meijaard, E. (toim.), 2017. *Ecology, Conservation and Management of Wild Pigs and Peccaries*. Cambridge University Press, 448 s.
- Rannikko, J., Žliobaitė, I. ja Fortelius, M., 2017. Relative abundances and palaeoecology of four suid genera in the Turkana Basin, Kenya, during the late Miocene to Pleistocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 487:187–193.
- Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J.A., Barton, P.J., Bown, P., *et al.*, 2010. The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous–Paleogene boundary. *Science* 327:1214–1218.
- Solounias, N., Teaford, M. ja Walker, A., 1988. Interpreting the diet of extinct ruminants: the case of a non-browsing giraffid. *Paleobiology* 14:287–300.
- Ungar, P.S. ja Williamson, M., 2000. Exploring the effects of tooth wear on functional morphology: a preliminary study using dental topographic analysis. *Palaeontologia Electronica* 3(1):1–18.
- Walker, A., Hoeck, H.N. ja Perez, L., 1978. Microwear of mammalian teeth as an indicator of diet. *Science* 201:908–910.

MEREN pohjaveden

MAIJA HEIKKILÄ

Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusala Geomarin ottamat monikeilakaikuluotaukset ja niiden perusteella tehdyt jatkokatkimukset ovat paljastaneet ensimmäiset merenalaiset lähteet Suomen merialueella. Itämereltä aiemmin tunnetut merenalaiset pohjaveden purkauspaikat ovat Eckernförden lahdella Saksassa ja Puckin lahdella Puolassa. Ne sijaitsevat mannerjäätikön reunaympäristössä kerrostuneissa sora- ja hiekkamuodostumissa.

– Tästä syystä lähdimme myös Suomessa etsimään merenpohjalla purkautuvaa pohjavettä paikoista, joissa reunamuodostumat tai harjut jatkuvat maalta merenpohjalle. Nyt löydetty merenpohjalähteet sijaitsevat Hangossa ensimmäiseen Salpausselkään kuuluvan subakvaattisen viuhkan distaaliosassa, GTK:n erikoistutkija Joonas Virtasalo kertoo.

Merenalainen pohjavesi on tavallista pohjavettä, joka päättyy merenpohjan alle vettä hyvin johtavia sedimenttikerroksia pitkin. Sen mukana kulkeutuu ravinteita, metalleja ja haitallisia