

Kehitystä kuivuvassa maailmassa – ihmisen evoluution ympäristökontekstista

■ Jussi Eronen

Ihmisen evoluutio on tapahtunut kuivuvassa ja viilenevässä maailmassa. Tämän trendin lisäksi Afrikan ja Euraasian fossiiliaineisto sekä ilmastohistoria osoittaa, että viimeisen neljän miljoonan vuoden aikana on ollut kolme voimakkaan muutoksen ajanjaksoa: 1) 2,8–2,4 miljoonaa vuotta sitten, jolloin tapahtui pohjoisten alueiden jäätiköityminen, ja Afrikan ilmasto kuivui ja viileni sekä muuttui kausittaiseksi; 2) 1,8–1,6 miljoonaa vuotta sitten, jolloin ympäristön kuivuminen ja ilmaston vaihtelut voimistuivat; 3) 1,2–0,8 miljoonaa vuotta sitten, jolloin jäätiköitymissykliit muuttuvat 100 000 vuoden sykliin. Nämä ajanjaksot ovat sattuneet yhteen varhaisihmisen evoluution avainkohtien kanssa. Näiden kolmen ajanjakson lisäksi myös nykyihmisen evoluutio ja leviäminen Eurooppaan sekä neanderthalin ihmisen kohtalo kietoutuvat vahvasti ympäristön muutoksiin.

Ympäristön vaikutus ihmisen evoluutioon on ollut keskeinen tutkimusaihe vuosikymmeniä. Jo varhain ihmisen pystykävelyn kehittyminen liitettiin avoimen savanni-ruohikkomaaston syntyyn, joka tapahtui noin kaksi miljoonaa vuotta sitten. Nykyään tiedetään, ettei tämä pidä paikkaansa. Ihmisen varhaiset sukulaiset kävelivät pystyssä jo yli neljä miljoonaa vuotta, ehkä jopa seitsemän miljoonaa vuotta sitten. Vääristä oletuksista huolimatta ympäristö on aina ymmärretty hyvin tärkeäksi ihmisen evoluutioon vaikuttavaksi seikaksi. Viime aikoina on käynyt yhä selvemmäksi, että ihmisen ja muiden kädellisten sukulaistemme evoluutio on hyvin vahvasti sidoksissa elinympäristöjen ajallisiin ja paikallisiin muutoksiin.

Taksonomiaa

Aluksi on tarpeen sanoa muutama sana ihmisen taksonomiasta, eli luokittelusta eri lajeihin. Koska kyseessä on omaan lajiimme johtava kehityskulku, niin myös luokittelu on erityisen intohimon aihe. Ihmisen sukupuu muuttuu lähes vuosittain, ja hyvin usein uudet fossiililöydöt luokitellaan ensin omaksi lajikseen. Kun löydöt ovat vakiinnuttaneet asemansa ja niiden yhtäläisyysuhteet muihin fossiileihin on tutkittu tarkemmin, usein myös luokittelua muutetaan. Kyse on joka tapauksissa pienistä piirre-eroista, eikä ole yksimielisyyttä siitä, kuinka suuri vaihtelu lajin sisällä on hyväksyttävää, jotta kyse on saman lajin edustajista. Jo pelkästään tästä syystä ihmislajin taksonomia on sekavaa.

Ihmisen *Homo*-suvun osalta seuraan tässä mahdollisimman yksinkertaista taksonomiaa, joka noudattelee enimmäkseen Chris Stringerin ja Philip Rightmiren näkemyksiä. Siinä ensimmäinen *Homo*-suvun edustaja on *Homo habilis*, käteväihminen. Sitä seuraa *Homo erectus*, pystyihminen, laajassa merkityksessä, eli käsittäen sekä Afrikan että Euraasian löydöt. Usein *H. erectus* tarkoittaa vain Aasiasta löydettyjä yksilöitä, ja Afrikan vastaavat fossiilit luokitellaan *Homo ergaster* -nimen alle. *H. erectus* -lajeja seuraa *Homo heidelbergensis* laajassa merkityksessä, eli se kattaa taas kaikki löydöt Afrikasta ja Euraasiasta. Usein nämä jaetaan lukuisiin eri *Homo*-suvun lajeihin. *H. heidelbergensis* kehittyi alueellisesti erilaisista populaatiosta Välimeren pohjoispuolella *Homo neanderthalis* -lajiksi, eli neanderthalin ihmiseksi, ja eteläpuolella nykyihmiseksi (*Homo sapiens*). Olen artikkelin lopussa listannut lähteitä, jotka valottavat ihmisen kehitystä ja erilaisia mielipiteitä laajemmalla. Tässä pitäydyn yllämainitussa luokittelussa

pääosin sen yksinkertaisuuden vuoksi. Kirjoitukseni aihe on kuitenkin ihmisen kehityksen ympäristökonteksti, ei ihmisen kehitysmuotojen luokittelu.

Varhaisuus

Kun käsitellään ihmisen sukuisten kädellisten historiaa, aloitetaan usein plioseenikauden Afrikasta eli maailmasta noin 4–3 miljoonaa vuotta sitten. Tältä ajalta ovat peräisin *Australopithecus*-suvun löydöt. *Australopithecus*, eli etelänapina, on varhaisimpia ihmistä muistuttavia apinalajeja. Tähän sukuun kuuluu kuuluisa ”Lucy”-löytö, joka on ensimmäinen melko kokonaisuena säilynyt *A. afarensis* -lajin luuranko.

Tässä kirjoituksessa aloitan tarinan kuitenkin paljon kauempaa, jo keskimioseenista, noin 12 miljoonan vuoden takaa. Tämä sen vuoksi, että viime aikoina on löydetty Afrikasta useita kädellisfossiileja, jotka valottavat meidän varhaisempien sukulaistemme kehitystä jo tuona aikana.

Plioseenikautta vanhempia kädellisfossiileja on tunnettu viime aikoihin asti niukasti Afrikasta. Vielä muutama vuosi sitten jouduttiin keskimioseenin kädellisten historia päättelemään lähes kokonaan Euraasian fossiiliaineiston perusteella. Erityisesti läntisen Euraasian fossiiliaineisto on ollut avainasemassa varhaisten ihmisen kaltaisten apinoiden kehityksen tulkinnassa. Ongelmia aiheutti 7–14 miljoonaa vuotta vanhojen kädellisfossiililöytöjen puute Pohjois-Itä-Afrikassa.

Siirryttäessä ihmistä muistuttavien apinoiden, eli hominidien, tutkimukseen, Afrikan aineisto on ollut jo vanhastaan hyvin rikas ja avainasemassa. Viimeaikaiset löydöt Pohjois- ja Itä-Afrikasta ovat myös täyttäneet puutteen myöhäsmioseenin ajalta. Nykyään kädellislaajien kehitystä pystytään seuraamaan fossiiliaineiston avulla Afrikassa ainakin 12 miljoonan vuoden ajalta melko kattavasti. Tämä on helpottanut myös ympäristökontekstin tulkintaa.

Noin kymmenen–kahdeksan miljoonaa vuotta sitten tapahtui toisella puolella maailmaa suuria muutoksia. Tiibetin ylänköalue ja Himalajan vuoristo, jotka olivat alkaneet muodostua jo 40 miljoonaa vuotta aiemmin Intian ja Euraa-

sian mannerlaattojen törmätessä, laajenivat ja nousivat. Tiibetin ylänköalueen keskikorkeus nousi tarpeeksi suurella alueella ja alkoi vaikuttaa ilmakehän suihkuvirtauksiin. Itä-Aasian monsuuni voimistui, ja varsinkin kesämonsuuni toi lisää sateita Pohjois-Kiinan alueelle. Samaan aikaan Tiibetin pohjoispuoliset alueet alkoivat kuivua. Kuivuus levittyi Keski-Aasiaan, ja Tiibetin nousun vaikutukset tuntuivat myös Pohjois-Afrikassa lisääntyneenä kuivuutena.

Noin kymmenen miljoonaa vuotta sitten uudenlaiset elinympäristöt alkoivat levittäytyä muuttuvan ilmaston seurauksena Keski-Aasiasta kohti länttä. Muutokset koskivat jo noin 9 miljoonaa vuotta sitten itäisen Välimeren aluetta ja Pohjois-Afrikkaa. Aikaisemmin oli vaikea ymmärtää, miksi kädellislaajat olisivat eläneet vain Euraasiassa, eivätkä Pohjois-Afrikan alueella samankaltaisista olosuhteista huolimatta. Kiitos viimeaikaisen fossiiliaineiston täydentymisen Itä-Afrikan osalta, nykyään koko alueen kehitys voidaan ymmärtää laajemmassa mittakaavassa. Nykytutkimuksen valossa näyttäisi, että myöhäsmioseenin ympäristönmuutos luo itäisen Välimeren ja Pohjois-Afrikan alueelle jokseenkin yhtenäisen elinympäristön, jossa kehittyivät keski- ja myöhäsmioseenin kädellislaajat.

Itäisen Välimeren alueelle kehittynyttä myöhäsmioseenin elinympäristöä on usein luonnehdittu Pikerman nisäkäsysteiseksi Kreikan Pikerman fossiililöytöpaikan mukaan. Myöhäsmioseenin Euraasiassa laajalle levinneet nisäkäsysteiset koostuivat hevoseläimistä, erilaisista antiloopeista, kirahveista, sarvikuonoista ja nykynorsujen kaukaisista sukulaisista. Näiden nisäkäsysteisöjen lajeja levisi Pohjois- ja Itä-Afrikkaan noin 8 miljoonaa vuotta sitten.

Myös kasvilöydöt kertovat Pohjois- ja Itä-Afrikan olleen ympäristöltään hyvin samankaltaista kuin silloinen itäisen Välimeren alue Euraasiassa. Kausivaihtelut kesän ja talven välillä sekä nahkealehtisten ainavihanterien puiden ja pensaiden muodostama metsien ja aukeiden mosaikki oli tyyppistä näille ympäristöille. Varsinainen nykyisen kaltainen savannikasvillisuus ei ollut vielä muodostunut, ja laajat ruohostoalueet olivat vasta kehittyneessä. Pohjois- ja Itä-Afrikka olivat yhä

tuolloin huomattavasti kosteampia kuin nykyään. Ympäristönmuutos kohti kuivempaa, viileämpää ja vaihtelevampaa maailmaa alkoi kuitenkin jo myöhäismioseenin aikana.

Kohti ihmistä

Kun liikutaan ajassa myöhäismioseenista kohti nykypäivää, kädellisistä kehittyi yhä enemmän ihmistä muistuttavia muotoja, ja voimme alkaa puhua ihmistä muistuttavista apinoista, hominideista. Tällä hetkellä vanhin näistä hominidilöydöistä on *Sahelanthropus tchadensis* Tsadista, joka on määritetty 6,8–7,2 miljoonaa vuotta vanhaksi. Ihmisen varhaisten esimuotojen erkaantuminen apinoista tapahtui siis todennäköisesti noin 7 miljoonaa vuotta sitten tai jopa aiemmin. Tämä on paljon aikaisemmin kuin perinteisesti on oletettu. Seuraavaksi vanhin löytö on *Orrorin tugenensis* Keniasta (ikä 6 miljoonaa vuotta) ja tätä seuraa *Ardipithecus ramidus* Etiopiasta (4,4 miljoonaa vuotta). Viimemainittu on iältään jo hyvin lähellä vanhimpia tunnettuja *Australopithecus*-löytöjä, jotka ovat reilun 4 miljoonan vuoden takaa. Sekä *O. tugenensis* että *A. ramidus* olivat luultavasti jo pystyssä käveleviä hominideja. *S. tchadensis* ja *O. tugenensis* elivät yhä myöhäismioseenin kausittain kuivassa maailmassa, jossa sademäärä kuitenkin oli huomattavasti suurempi ja kasvillisuus rehevämpää kuin nykyisin. *A. ramidus* -lajin ja *Australopithecus*-suvun edustajien ympäristö oli jo huomattavasti erilaisempi.

Varsinainen suuri muutos Pohjois- ja Itä-Afrikan alueella tapahtuu noin 3–4 miljoonaa vuotta sitten, kun olosuhteet muuttuvat huomattavasti aiempaa kuivemmiksi ja viileämmiksi, ja kausivaihtelut voimistuvat entisestään. Tämä liittyy osaltaan alueellisiin muutoksiin Afrikassa, mutta toisaalta muutokset kaukaisilla alueilla vaikuttavat Pohjois- ja Itä-Afrikan ympäristöjen kehitykseen.

Tärkein tekijä oli Panaman kannaksen kuroutuminen Pohjois- ja Etelä-Amerikan välille. Kannaksen muodostuminen vaikutti runsaasti merivirtojen liikkeisiin ja ilmakehän kiertoön, varsinkin Atlantin alueella. Meren ja ilmakehän lämmönsiirto muuttui huomattavasti myös Pohjois-Afrikassa.

Toinen tärkeä muutos oli Indonesian alueen tektoninen kehitys. Alue oli liikkunut kohti Euraasiaa jo pitkään, ja saaret olivat muuttaneet muotoaan vulkaanisen toiminnan seurauksena. Noin 4 miljoonaa vuotta sitten Uuden Guinean saari liikkui kohti Euraasiaa sulkien eteläisen veden virtauksen Tyynenmeren ja Intian valtameren väliltä. Tällöin muodostui nykyisen kaltainen merivirtaus, joka kiertää pohjoisempaa ja kapeampaa yhteyttä pitkin. Lämpimän veden määrä väheni Intian valtameren alueella, mikä puolestaan heijastui vähentyneenä sademääränä Pohjois- ja Itä-Afrikassa.

Seurauksena Panaman kuroutumisesta nykyisen kaltainen Golf-virta muodostuu Pohjois-Atlantin alueelle ja alkaa kuljettaa enemmän lämmintä ja kosteaa ilmaa kohti pohjoista. Indonesian alueen muutokset yhdessä Panaman kannaksen kuroutumisen kanssa muuttivat Tyynenmeren ilmakehän ja merivirtojen kulkua.

Myöhäismioseenin ja varhaisplioseenin aikana ollut pysyvää El Ninö -ilmiötä muistuttava tila muuttui nykyiseksi kausittaiseksi El Ninö -ilmiöksi. Tämän seurauksena pohjoiset alueet kylmenivät. Näiden kahden prosessin yhteisvaikutuksen tuloksena syntyivät olosuhteet, joissa pysyvän jään kertyminen ja laajojen jäätiköiden syntyminen tuli mahdolliseksi pohjoisilla leveysillä.

Laukaiseva tekijä jääkausiaikaan siirtymiselle olivat kuitenkin lopulta muutokset maapallon kiertoradassa. Muutokset kiertoradassa muodostavat syklejä. Nämä syklit tunnetaan Milankovich-sykleinä, ja ne vaikuttavat ilmastoon auringon lämpösäteilyn jakautumisen eroina kesä- ja talvikauden välillä. Vaikutus on erityisen voimakasta pohjoisella pallonpuoliskolla. Nämä maapallon kiertoradan muutokset ovat pääasiallinen syy mm. jäätiköiden kasvuun ja pieneneemiseen viimeisen 2,7 miljoonan vuoden aikana, eli jääkausien syklistyyteen ja voimakkuuteen.

Muutoksia vaihtelevassa maailmassa

Pohjois- ja Itä-Afrikan alueen ilmaston kytkentä maapallon kiertoradan ja kallistuskulman muutoksien aiheuttamiin ilmaston sykleihin muuttui voimakkaasti 2,8 miljoonaa vuotta sitten. Tuol-

loin Afrikan ilmastovaihtelut alkoivat noudattaa samaa syklisyyttä kuin pohjoiset alueet, eli 41 000 ja 100 000 vuoden syklisyyttä. Muutokset Pohjois- ja Itä-Afrikassa ovat tämän jälkeen olleet selkeästi yhteydessä pohjoisten merialueiden kylmenemiseen ja jäätikköjen kasvuun.

Jäätiköiden kasvaessa Pohjois- ja Itä-Afrikan ilmasto on muuttunut kohti viileämpää ja kuivempaa. Afrikan ilmasto alkoi noudattaa 2,8 miljoonaa vuotta sitten 41 000 vuoden syklisyyttä, mutta syklien vaikutus ilmastoon oli vielä melko heikkoa verrattuna esim. viimeisen 800 000 vuoden vaikutukseen. Itä-Afrikassa selvä muutos kohti savannimaisempaa kasvillisuutta tapahtuu noin 3–2,5 miljoonaa vuotta sitten. Kasvifossiilit ja siitepölyanalyysi osoittavat myös päiväntasaajan alueen Afrikan muuttuneen kuivemmaksi ja viileämmäksi noin 2,5 miljoonaa vuotta sitten. Tämän jälkeen asteittaisia muutoksia kohti nykyisen kaltaista savannia tapahtui 1,8 miljoonaa, 1,2 miljoonaa ja 0,6 miljoonaa vuotta sitten.

Muutos kohti voimakkaampaa syklisyyttä tapahtui 1,8 miljoonaa vuotta sitten samaan aikaan kuin pohjoisen pallonpuoliskon jäätiköitymiset voimistuivat. Tällöin myös Itä-Afrikan alue kuivui voimakkaasti ja kuiva savannimainen ruohikkomaasto alkoi muodostua. Jo 1,8 miljoonaa vuotta sitten nykyisen savannikasvillisuuden piirteet voidaan erottaa kasvifossiili- ja siitepölyaineiston avulla.

Samaan aikaan tapahtui hyvin voimakas muutos nisäkäsyhteisöissä. Laiduntavien nisäkäslajien määrä lisääntyy huomattavasti. Tämä kuvaa ruohikkoalueiden ja savannimaisen kasvillisuuden osuutta ihmisfossiililöytöpaikkojen elinympäristössä varsin tarkasti. Viimein noin 1,2–0,8 miljoonaa vuotta sitten ilmasto ryhtyi noudattamaan 100 000 vuoden syklisyyttä Afrikassa. Laiduntavien nautaeläinten määrä kasvaa yhä noin miljoona vuotta sitten.

Ympäristö ja ilmasto siis muuttuivat voimakkaammin vaihteleviksi 2,6–2,5 miljoonaa vuotta sitten. Koko ihmisen *Homo*-suvun kehitys tapahtui tuossa voimakkaan vaihtelevassa ympäristössä, jolle tyyppillistä oli vaihtelevuus myös alueellisesti. Parhaiten tutkitulle Itä-Afrikan alueelle,

Turkana-altaan ympäristöön, *Homo*-suku (laji *Homo habilis*, käteväihminen) ilmestyy noin 2,5 miljoonaa vuotta sitten. *Homo*-suvun ensimmäiset kulttuuriesineet (Olduvai-kulttuuri) ovat myös samanikäisiä. Joidenkin lähteiden mukaan kulttuuriesineiksi tunnistettavia kappaleita löytyy jo 2,6 miljoonan vuoden takaa.

Homo erectus, oma esi-isämme, ilmestyy fossiiliaineistoon ensi kertaa noin 1,8–1,6 miljoonaa vuotta sitten, syrjäyttäen samalla *Homo habilis* -lajin. *H. erectus* käytti ja työsti esineitä jo paljon monimuotoisemmin kuin *H. habilis*. Mielenkiintoista on, että *Homo*-suku alkaa käyttää kulttuuriesineitä juuri samoihin aikoihin kuin Itä-Afrikan alueen suuret ympäristönmuutokset alkavat ja elinympäristöjen olosuhteiden vaihtelut kasvavat.

Euraasian valloitus

H. erectus oli todennäköisesti ensimmäinen *Homo* -suvun laji, joka levisi Afrikan ulkopuolelle. Vanhimmat kiistattomat löydöt *H. erectus* -fossiileista Afrikan ulkopuolelta ovat Georgian tasavallasta, Dmanisin kylän läheltä. Sieltä on löytynyt *H. erectus* -fossiileja, jotka ovat 1,8 miljoonan vuoden ikäisiä.

Osa fossiilien piirteistä on hyvin varhaisia, ja eräät tutkijat ovat ehdottaneet näiden fossiilien kuuluvan mahdollisesti *H. habilis* -lajiin. Vaihtoehtoisesti he pitävät mahdollisena *H. erectus* ja *H. habilis* -lajien välimuotoa.

Jo hieman reilu miljoona vuotta sitten *H. erectus* oli levittäytynyt myös laajalle Euraasiaan. Yli miljoona vuotta vanhoja fossiileja on löydetty mm. Israelista (Ubeidiya) ja Espanjasta (Atapuerca), Indonesiasta (Sangiran) ja Kiinasta (Xiaochangliang). *H. erectus* levisi melko nopeasti, ja hyvin pian 1,8 miljoonaa vuotta sitten tapahtuneen ympäristönmuutoksen jälkeen.

Aluksi *H. erectus* näyttäisi levinneen Euraasiassa lähinnä niille alueille, jotka muistuttivat hyvin paljon sen elinalueita Afrikassa. Varsinkin Aasiassa ja Lähi-idässä löytöpaikoilta on dokumentoitu kostean savannityypin elinympäristöjä, jotka viittaavat tähän suuntaan. Leviäminen ilmeisesti tapahtui joko populaation kasvamisen johdosta tai seuraten lajille ominaisten elinympä-

päristöjen siirtymistä. Leviäminen myös näyttäisi toteutuneen leveyspiirin suuntaisesti, eikä kovin pohjoisesta ole löydetty vanhimpia fossiileja. Eräät tutkijat ovat esittäneet, että päivän pituus olisi saattanut olla rajoite pohjoisemmillä alueilla. Liian lyhyt päivä tarkoittaa kylmempää olosuhteita talvella. Näyttäisi, että nämä pohjoiset alueet asutettiin kattavasti vasta myöhemmin *H. erectus* -lajin aivokapasiteetin kehityttyä suuremmaksi.

Suuraava suuri muutos alkaa hieman yli miljoona vuotta sitten. Tällöin maapallon kiertoradan muutoksien kerrannaisvaikutus alkaa muodostaa suurin piirtein 100 000 vuoden syklejä, jotka kontrolloivat jäätiköiden kasvua ja pienenemistä. Jääkaudet pitenevät ja voimistuvat, ja niiden väliset lämpimät kaudet lyhenevät. Tämän muutokset ensimmäinen selvä sykli nähdään 900 000 vuotta takaperin, ja 650 000 vuotta sitten sykliisyys muuttuu säännönmukaiseksi.

Vanhimmat *Homo heidelbergensis* löydöt on ajoitettu samoihin aikoihin, noin 780 000 vuotta vanhoiksi. *H. heidelbergensis* -lajin aivokapasiteetti oli selkeästi *H. erectus* -lajia suurempi, 1200–1400 cm³, joka on lähellä nykyihmisen kapasiteettia. *H. heidelbergensis* -lajia on myös löydetty Afrikasta laajemmalla alueelta kuin *H. erectus* -lajia. Noin 700 000–600 000 vuotta vanhoja löytöjä on myös kylmiltä alueilta, ja näillä alueilla on jopa joitain viitteitä ympärivuotisesta asutuksesta. Noin 500 000 vuotta vanhoja löytöjä on jo melko pohjoisesta, 50 leveyspiirin tienoilta. Havainnot viittaavat sekä muutoksiin ympäristön hyödyntämisessä että ympäristön asettamien rajoitteiden poistumisessa. Tämä on selvästi yhteydessä aivokapasiteetin kasvuun, joka tapahtui samalla aikavälillä.

Ilmasto- ja ympäristökontekstin muutos kohti vaativampia olosuhteita on saattanut laukaista aivokapasiteetin kasvun, ja luonnonvalinta on sitten suosinut yksilöitä, jotka pystyivät pärjäämään näissä olosuhteissa. Muitakin mahdollisia teorioita aivokapasiteetin kasvuille toki on esitetty. Noin 800 000 vuotta sitten tapahtuu myös pieni muutos kulttuuriesineiden valmistustavassa. Acheulian esinekulttuurin löydöt ovat hienopiirteisempiä tätä nuoremmilla löytöpaikoilla,

vaikka itse esineet eivät ole muuttuneet.

Toistaiseksi ei ole selvää, milloin *H. heidelbergensis* kehittyi neandertalin ihmiseksi Euroaasiassa ja nykyihmiseksi Afrikassa. Todennäköisin ajankohta on joskus 300 000–500 000 vuoden välimaastossa. Ympäristökontekstia tarkasteltaessa mielenkiintoisempi kysymys on kuitenkin, mikä tämän muutokseen aiheutti. Todennäköisesti populaatiot eristäytyivät alueellisesti aikana, jolloin jääkaudet kestivät pitkään, jäätiköitymiset olivat voimakkaampia ja niiden väliset lämpökaudet heikompia. Tämä luultavasti johti erilaisiin valintapaineisiin populaatioissa, ja sitä kautta lajiutumiseen. Avainasemassa oli Lähi-idän alueen ja Saharan aavikoiden kasvu, Kaspianmeren vaihtelut sekä Itä-Turkin ja Iranin ylänköjen kylmeneminen jääkausien aikana. Nämä todennäköisesti eristivät Afrikan ja Euroasian ihmispopulaatiot toisistaan. Euroaasiassa *H. heidelbergensis* kehittyi voimakasrakenteiseksi ja viileitä olosuhteita paremmin kestäväksi neandertalin ihmiseksi ja Afrikassa lämpimiin olosuhteisiin paremmin sopeutuneeksi nykyihmiseksi.

Loppunäytös

Yksi ihmisen kehityksen suurimpia kysymyksiä on, mikä tappoi neandertalin ihmisen sukupuuttoon? Tiedämme, että neandertalin ihminen ja nykyihminen elivät eri alueilla suurimman osan ajasta, kun molemmat olivat yhtä aikaa olemassa. Omat esi-isämme käyttivät samoja luonnonresursseja kuin neandertalin ihminen ja elivät samoissa elinympäristöissä. Väajäämättä lajien välillä oli kilpailua niiden eläessä läheisillä alueilla. Kuitenkin esimerkiksi Lähi-idässä on muutamia löytöpaikkoja, joista on löydetty merkkejä pitkäaikaisesta yhteiselosta. Näin ollen on hyvin todennäköistä, että ilmaston muutoksella oli oma osuutensa neandertalin ihmisen kohtalossa.

Viime aikaisten tutkimusten valossa nykyihmisen leviäminen Eurooppaan hieman yli 40 000 vuotta sitten oli yhteydessä ilmaston lämpenemiseen. Leviäminen sattuu yhteen Hengelon interstadiaalisen, jäätiköitymisten välissä olevan lämpimän kauden, kanssa. Tätä seurasi

kylmä Heinrichin tapahtuma. Heinrichin tapahtumat tarkoittavat ilmaston vaihtelua, jotka johtuvat jäätiköiden poikimisesta jääkausien aikana. Suuria määriä jäävuoria irtaantuu valtameriin. Sulaessaan ne viilentävät Pohjois-Atlantin vesimassaa, jonka viileneminen taas vähentää Golf-virran voimakkuutta, ja se voi salpautua jopa kokonaan. Tämä muuttaa Pohjois-Atlantin alueen ilmastoa ja viilentää ympäröiviä alueita, kuten Eurooppaa, voimakkaasti.

Kun ilmasto kylmeni ja elinolosuhteet heikkenivät nopeasti ja rajusti neljännen Heinrichin tapahtuman aikana noin 38 000–35 000 vuotta sitten, neandertalin ihmisen levinneisyys Euroopassa supistui voimakkaasti. Arkeologisesta aineistosta tiedämme, että nykyihmisen kulttuurinen ja tekninen valmius oli kehittyneempää selviytymään voimakkaista ympäristömuutoksista. Nykyihmisen levinneisyys myös paikoin heikkeni kylmän tapahtuman aikana ja leviäminen Eurooppaan hidastui, muttei läheskään yhtä voimakkaasti kuin neandertalin ihmisen kohdalla.

Viimeiset neandertalin ihmiset jäännökset ovat nykyään ajoitettu 28 000 vuotta vanhoiksi. Löytöpaikka sijaitsee aivan Espanjan eteläkärjessä, vuoristojen ja ylänköjen suojaamassa maailmankolkassa, johon myös ympäristömuutos vaikutti vähemmän kuin muuhun Eurooppaan. Myös nykyihminen saavutti sen viimeisenä paikkana Euroopassa. Todennäköinen syy neandertalin ihmisen elinalueen pienenemiseen oli ympäristömuutos. Nykyihmisen parempi kyky resurssien hyödyntämiseen ja sitä kautta elinympäristön hallinta vaikuttivat neandertalin ihmisen populaatiodynamiikkaan, joka oli elinolosuhteiden heikentyessä johtanut populaatioiden pienenemiseen ja harvenemiseen.

Elinolosuhteiden heikkenemisen ja nykyihmisen kanssa kilpailun yhteisvaikutus johti lopulta neandertalin ihmisen sukupuuttoon.

Kirjallisuutta

- Banks, W.E., D'Errico, F., Peterson, A.T., Kageyama, M., Sima, A., Sanchez-Goni, M.-F. 2008. Neanderthal Extinction by Competitive Exclusion. *PLoS ONE* 3, e3972.
- Bernor, R.L. 2007. New apes fill the gap. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 104, 19661–19662.
- deMenocal, P.B. 2004. African climate change and faunal evolution during the Pliocene-Pleistocene. *Earth and Planetary Science Letters* 220, 3–24.
- Dennell, R. 2003. Dispersal and colonisation, long and short chronologies: how continuous is the Early Pleistocene record for hominids outside East Africa. *Journal of Human Evolution* 45, 421–440.
- Eronen, J.T. 2006. Eurasian Neogene large herbivorous mammals and climate. *Acta Zoologica Fennica* 216, 1–72.
- Finlayson, C. et al. 2006. Late survival of Neanderthals at the southernmost extreme of Europe. *Nature* 443, 850–853.
- Maslin, M.A. & Christensen, B. 2007. Tectonics, orbital forcing, global climate change, and human evolution in Africa: introduction to the African paleoclimate special volume. *Journal of Human Evolution* 53, 443–464.
- Mellars, P. 2006. A new radiocarbon revolution and the dispersal of modern humans in Eurasia. *Nature* 439, 931–935.
- Rightmire, P. G. 2008. Homo in the Middle Pleistocene: Hypodigms, Variation, and Species Recognition. *Evolutionary Anthropology* 17, 8–21.
- Solounias, N. M. Plavcan, J. Quade and L. Witmer. 1999. The Pikermian Biome and the savanna myth, 427–444. Teoksessa *Evolution of the Neogene Terrestrial Ecosystems in Europe*. J. Agusti, P. Andrews and L. Rook (toim.). Cambridge University Press.
- Stringer, C.B. & Andrews, P.J.A. 2005. *The Complete World of Human Evolution*. London: Thames & Hudson.
- Stringer, C.B. 2002. Modern human origins: progress and prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London B* 357, 563–579.

Kirjoittaja on Helsingin yliopiston paleobiologian dosentti ja tutkijatohtori. Artikkelin perustuu Tieteen päivillä 8.1.2009 pidettyyn esitelmään.