HEIKKI HELANTERÄ

Muurahaiset ja elämän sosiaalisuus

< YLEMPI KUVA LOVINISKAMUURAHAISTEN PESÄ NUORGAMISSA. Kuva Heikki Helanterä.

< ALEMPI KUVA KEKOMUURAHAISKUNINGATTARIA ETSIMÄSSÄ HANKONIEMELLÄ. Kuva Krista Mäkinen.

Steven Frank, eräs aikamme merkittävimpiä evoluutioteoreetikoita totesi vuosituhannen alkupuolella että ”all of life is social” – eli kaikki elämä on sosiaalista elämää.

Sosiaalisuutta on ollut ekologian ja evoluutiobiologian tutkimuskentällä tapana pitää erityistapauksena, joka kiinnostaa lähinnä muurahaisten, mehiläisten ja sosiaalisten selkärankaisten kuten vaikkapa luontodokumenteista tuttujen mangustien tutkijoita. Mutta syvemmälle katsoen sosiaalisuus paljastuu koko eliökunnan monimuotoisuuden läpileikkaavaksi ilmiöksi. Kaikki näkemämme elämä perustuu nimittäin yhteistyölle ja sosiaalisuudelle. Monimutkaisen elämän evoluutio on yhteistyön evoluutiota. Genomin evoluutio on seurausta alun perin yksinään kopioituvien molekyylien yhteistyön evoluutiosta, monisoluiset organismit ovat kehittyneet yksisoluisista kantamuodoista yhteistyön evoluution kautta, ja muurahaisten ja muiden pistiäisten sekä termiittien yhteiskunnat ovat yhtä lailla kehittyneet alkujaan yksinelävien hyönteisten yhteistyöstä. Eliökunnan historia on sarja yhteistyöhön pohjautuvia uusien organisaatiotasojen syntyjä – ja kaikki elämä siten perusluonteeltaan sosiaalista. Yksin elävistä kantamuodoista on kehittynyt uudenlaisia yksilöitä, jotka perustuvat osiensa keskinäiselle yhteistyölle. Ryhmistä on tullut yksilöitä.

Tällainen ylemmän tason yksilöyden paras tunnusmerkki on lisääntymistyönjako. Samalla lailla kuin meidän kehomme muodostuvat somaattisista soluista (kuten lihas-, hermo- ja verisolut), jotka ovat geneettisen materiaalin umpikujia, ja sukusoluista, jotka siirtävät geenejä tuleviin sukupolviin, muodostuu muurahaisten yhteiskunta lisääntymiskykyisistä kuningattarista ja koiraista sekä ”somaattisista” työläisistä. Tällainen lisääntymiskyvyttömyys kuulostaa alkuun hankalalta selittää evoluution valossa, ja Darwinkin ongelman kanssa paini – miten luonnonvalinnan tuloksena voi syntyä lisääntymiskyvyttömiä organismeja? Ratkaisu on geneettinen sukulaisuus ja ns. sukulaisvalinnan teoria: monisoluinen organismi on klooni, somaattiset solut auttavat geneettisesti identtisiä sukusoluja. Muurahaisten yhteiskunta puolestaan on perhe, jossa työläiset auttavat äitiään lisääntymään ja siirtävät näin yhteisiä geenejä seuraaviin sukupolviin, vaikka eivät itse lisäänny. Näin äärimmäisiä yhteistyön muotoja tavataan vain sukulaisten kesken.

Minä tutkin sosiaalisen evoluution ja sukulaisuuden teemoja muurahaisissa, erityisesti Formica-suvussa. Tähän sukuun kuuluvat kaikille tuttujen kekomuurahaisten lisäksi mm. pienempiä kekoja rakentavat loviniskamuurahaiset ja maan alla pesivät mustamuurahaiset. Suvun lajeja löytyy niin metsistä, soilta, hakkuuaukeilta kuin tuntureiltakin ja ne ovat ekosysteemiemme avainlajeja. Muurahaiset muokkaavat maata, levittävät siemeniä, saalistavat muita hyönteisiä ja

tarjoavat pesissään elinympäristön suurelle joukolle muita lajeja, kastemadoista kovakuoriaisiin ja sammalpunkeista sieniin ja bakteereihin.

Juuri tämän suvun muurahaisten genetiikkaa ja käyttäytymistä on Suomessa tutkittu 1970-luvulta alkaen ja tämän perinteen jatkona minäkin tempauduin muurahaistutkimuksen maailmaan. Minua kiinnosti yhteistyön kääntöpuoli eli evolutiiviset konfliktit, joiden parissa Suomessa on tehty maailmankin mittakaavassa uraauurtavaa tutkimusta. Samalla lailla kuin yhteistyö kannattaa sukulaisten kesken – yhteisten geenien edun nimissä – voimme sukulaisvalinnan teorian pohjalta nimittäin myös ennustaa yhteistyön rakoilevan, kun pesät eivät koostu vain lähisukulaisista.

Tämän takia Formica-suku on mielenkiintoinen. Toisaalta suvun lajeilla on ”ydinperhepesiä”, joissa elää yksi kuningatar jälkeläisineen. Tällöin yhteiskunnan jäsenet ovat läheisiä sukulaisia ja konfliktit vähissä. Toisaalta joskus yhdessä keossa kuningattaria voi olla jopa useita satoja, jolloin yhteiskunta koostuu usean äidin jälkeläisistä ja siten keskenään kilpailevista linjoista. Kuningattaret käyttäytyvät toisiaan kohtaan päällepäin rauhanomaisesti, mutta pinnan alla kuohuu. Kuningattaret kilpailevat työläisten huomiosta ja siitä kenen jälkeläisiä hoidetaan, sillä kaikkien munittujen munien kasvattamiseen pesillä ei ole resursseja. Monikuningattarisissa pesissä, joissa sukulaisuus pesän jäsenten kesken on matala, on myös kilpailu ravinnosta ja jopa kannibalismi pesän jäsenten kesken huomattavasti yleisempää kuin ydinperhepesissä, aivan kuten geneettistä sukulaisuutta korostava teoria ennustaa. Pesissä, joissa yhtä aikaa kehittyvät yksilöt ovat vain kaukaisia sukulaisia, kasvavat toukat ovat huomattavasti hanakampia pistämään poskeensa munia – omia nuorempia pesätovereitaan siis – turvatakseen oman kasvunsa.

Tämänhetkiset konfliktitutkimukseni keskittyvät kuningatarten käyttäytymiseen. Mikä määrittelee sen, että jossain pesissä kuningattaria on vain yksi ja joissain järjettömältä tuntuvia määriä? Miksi osa kuningattarista nousee elämänsä alussa siivilleen ja lähtee etsimään omaa pesäpaikkaa, ja osa pudottaa siipensä ja jää kotiin? Yksilön ja yhteiskunnan etujen välillä on konflikti. Pesäyhteiskunnan, yhteisten geenien ja pesän työläisten etu on se, että kuningattaret lähtevät pesästä levittämään yhteisiä geenejä uusille alueille eivätkä jää kotiin kilpailemaan rajallisista resursseista. Mutta ”itsekäs” nuori kuningatar, joka ajaa vain omaa ja oman geneettisen linjansa etua voi kasvattaa evolutiivista menestystään jäämällä kotipesäänsä. Näin se välttää parittelulennon ja pesän perustamisen riskit, vaikka lisääkin samalla kilpailua rajallisista resursseista pesän sisällä ja kasvattaa kuningatarmäärän pesän kannalta tarpeettoman suureksi. Selvä konfliktin siemen siis, ja herääkin kysymys siitä, kuka määrää kuningatarten kohtalon?

Tämä on merkittävä kysymys, sillä kuningatarten lähtemisen ja jäämisen säätely liittyy oleellisesti lajien menestysnäkymiin muuttuvassa luonnossa. Mitä enemmän pesässä on kuningattaria, sen useampi kuningatar on jäänyt kotipesäänsä. Sitä vähemmän kuningattaria on siis lähtenyt valtaamaan uusia alueita, ja sitä huonommat lajin selviytymismahdollisuudet ovat tilanteessa, jossa sopivat elinympäristöt ovat kaukana toisistaan tai alttiita paikallisille sukupuutoille vaikkapa kasvillisuuden muutoksen tai ihmistoiminnan johdosta. Evoluutio on likinäköinen prosessi, joka ei näe tulevaisuuteen, eikä välttämättä johda lopputulokseen, joka maksi-

moi populaation tulevat menestysmahdollisuudet. Evolutiiviset sopeumat havaitaan yksilöiden tasolla, ja voivat heikentää lajin mahdollisuuksia – niin kuin vaikka parveilulennon riskejä välttelevät ”itsekkäät” kuningattaret, joiden käyttäytyminen voi olla lyhyessä katsannossa menestys, mutta pidemmällä aikavälillä mahdollinen umpikuja.

Lähestyimme tätä ilmiötä kokeella, jossa selvitimme nuorten kuningatarten käyttäytymispäätöksiä ja niiden laukaisijoita. Missä olosuhteissa päätetään pudottaa siivet ja jäädä kotipesään, missä säilyttää siivet ja lähteä? Koe tuotti mielenkiintoisen yllätyksen: kuningattaret eivät edes selvinneet hengissä kokeestamme vaan siivettömien tai siivellisten kuningatarten sijaan löysimme tapettuja kuningattaria. Tämmöiset yllätykset ovat tutkimusta parhaimmillaan, sillä tämä johti uuteen hypoteesiin: ehkä työläiset eivät halua enempää kuningattaria pesäänsä, ja jopa tappavat kuningattaret, jotka eivät lähde ajoissa. Tällaiset veriteot eivät ole muurahaispesissä ennenkuulumattomia mutta Formica-suvussa kuningatarsurmia ei ollut ennen havaittu.

Jatkokokeemme osoitti, että juuri tästä on kyse. Jos kuningattaret eivät lähde pesistä hyvällä niin työläiset turvautuvat väkivaltaan! Parhaillaan tutkimme matemaattisia evoluutiomalleja käyttäen voisiko tällainen radikaalilta ja resursseja tuhlaavalta kuulostava käytös olla evolutiivisesti ajatellen kannattavaa, eli voisiko luonnonvalinta ajaa lajin evoluution sellaiseen pisteeseen, jossa pesissä on jatkuvasti käynnissä näin raju kamppailu siitä, ketkä pesään saavat jäädä. Jatkamme tutkimuksia myös kuningatarten välisiä käyttäytymiseroja tutkimalla. Onko kuningattarissa kenties erilaisia persoonallisuuksia, joista osa on taipuvaisia jäämään, ja osa rohkeita lentäjiä ja uusien alueiden valloittajia? Ainakaan vielä emme tällaisia eroja ole löytäneet. Myös geneettisen tekijöiden rooli on kiinnostava. Useissa muurahaislajeissa on havaittu geneettisten erojen selittävän vaihtelua kuningatarten taipumuksissa jäädä ja lähteä, sekä työläisten halukkuudessa sallia ylimääräisten kuningatarten jäänti pesiin.

Mutta pelkkä yksilöiden käyttäytymisen tai niiden geenien tarkastelu ei riitä. Evoluution näytelmä näytellään ekologian teatterissa, brittiläisen ekologin George Evelyn Hutchinsonin sanoin, eli kuningatarten käyttäytymispäätösten evoluution ymmärtämiseksi on myös syytä ymmärtää elinympäristön tilan merkitys. Kannattaako kuningattaren lähteä vai jäädä (tai kannattaako työläisen antaa sen jäädä), riippuu oleellisesti pesän perustamisen onnistumismahdollisuuksista – eli siitä kuinka kaukana sopivia uusia pesäpaikkoja on, ja onko mahdollinen uusi ympäristö vapaa vai täynnä kilpailijoita. Toisaalta kotiympäristön kilpailutilanteellakin on väliä. Jos kilpailu naapuripesien kanssa on kiivasta, kotiin jääminen voi myös olla hyödyllisempää koska suuri monikuningattarinen pesä pystyy paremmin kilpailemaan naapureitaan vastaan.

Vaihtelevan ympäristön merkityksen selvittämisessä auttaa muurahaislajien laaja levinneisyys. Tutkimuslajeistamme loviniska-muurahainen Formica exsecta elää Suomessa Hankoniemeltä Utsjoelle ja siten myös hyvin monenlaisissa maisemissa. Laji suosii avoimia maita. Etelässä tämä tarkoittaa usein hakkuuaukeita ja tienvarsien heinikoita, eli hajanaisia ja nopeasti muuttuvia ympäristöjä. Pohjoisessa taas sopivat alueet kuten avosuot ja tunturien varvikot ovat laajoja ja vakaita, ja pesien määrät hyvin suuria etelään verrattuna. Tällaisista

oloista Pohjois-Lapista oletimme löytävämme suuria monikuningattarisia yhteiskuntia, mutta yllätykseksemme havaitsimme geneettisen analyysin avulla, että pesät olivat ydinperheitä eli yhden kuningattaren jälkeläisistä koostuvia. Vielä yllättävämmäksi tämän havainnon teki se, että pesien välillä havaittiin joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta vain hyvin vähän aggressiota – yleensä tämän lajin ydinperhepesät ovat nimittäin hyvin ärhäköitä ulkopuolisia kohtaan.

Yllättävä rauhanomaisuus aiheuttaa meille tutkijoille päänvaivaa. Ehkä suuri pesien ja muurahaisyksilöiden määrä luo tilanteen, jossa jatkuva taistelu naapurien kanssa tulisi kaikille osapuolille liian kalliiksi. Tällöin reviirin rajoja ei kannata puolustaa turhan ärhäkkäästi vaan alueet jaetaan rauhanomaisesti. Jatkotutkimuksiin on paljon ideoita. On syytä selvittää miten laajalle kunkin pesän muurahaiset maastossa liikkuvat ja missä ne ruokailevat. Ehkä aggressiivista käytöstäkin on syytä vielä tarkastella erilaisin menetelmin, ja keskittyä erityisesti siihen miksi joidenkin pesien välillä aggressiota kuitenkin havaitaan. Tutkimustulokset johtavat aina sekä vastauksiin että uusiin kysymyksiin, niin tiede etenee.

Yhteistyön ja konfliktien suhdetta koko uransa ajan pohtineelle löytö pohjoisimman Lapin konflikteja välttelevistä muurahaisista nostaa esiin ajatuksia nykymuotoisen evoluutioteorian alkumetreiltä. Viktoriaanisen ajan Englannin ilmapiirissä ja teollistuvan yhteiskunnan tungoksessa Darwinin luonnonvalinnan teoria käsitettiin pääosin verisenä kaikkien sotana kaikkia vastaan. Täysin vastakkaiseen näkemykseen päätyi Siperiassa karuihin oloihin sopeutuneita eläimiä ja ihmisyhteisöjä tutkinut aatelinen, anarkisti ja luonnontutkija Pjotr Kropotkin. Hän oli vakuuttunut siitä, että vain yhteistyötä tekemällä voi karuissa oloissa menestyä, ja konflikteihin hukatut voimavarat ovat tuhon tie. Kropotkinin teoriat eivät useassa kohtaa kestä yksityiskohtaista tarkastelua – itsekkäiden piirteiden evoluutiota on nimittäin evoluution kulussa vaikea estää, eikä Kropotkin hyväksynyt sukulaisuuden nykyään keskeiseksi ymmärrettyä merkitystä yhteistyön evoluutiolle – mutta hän ymmärsi, että itsekkäiden piirteiden evoluutiolla voi olla haitallisia vaikutuksia populaatioiden ja lajien tulevaisuudelle.

Sosiaalisen evoluution, kuten muurahaisten kuningatarmäärän, parittelulentojen ja levittäytymisen, ymmärtäminen liittyy meitä kaikkia koskettavaan kysymykseen siitä, miten lajit selviytyvät elinympäristöjen muuttuessa ennennäkemättömän nopeasti! Kuka elää missäkin sadan tai tuhannen vuoden päästä? Kaikki elämä on sosiaalista, mutta edistävätkö sosiaalisen evoluution kautta syntyneet sopeumat lajien selviytymistä vai haittaavatko ne sitä?

HEIKKI HELANTERÄ

MUURAHAISTUTKIJA JA OULUN YLIOPISTON EVOLUUTIOBIOLOGIAN JA GENOMIIKAN PROFESSORI. HÄN JOHTAA MYÖS ÖTÖKKÄAKATEMIA-TIEDEVIESTINTÄHANKETTA.

KEKOMUURAHAISTEN PESÄSSÄ VOI OLLA JOPA SATOJA KUNINGATTARIA. Kuva Heikki Helanterä.

LISÄLUKEMISTA

Bargum, Katja & Helanterä, Heikki, 2019. Suuri suomalainen muurahaiskirja. Minerva Kustannus Oy.

Hakala, Sanja Maria, Kulmuni, Jonna & Helanterä, Heikki, 2023. Evoluutio vaikuttaa muurahaisten tulevaisuudennäkymiin. Luonnon Tutkija 126 (1).

Hyönteistutkimuksen kuulumisista kerrotaan myös Ötökkäakatemia-hankkeen verkkosivuilla ja sosiaalisen median kanavissa www.ötökkäakatemia.fi

KEKOMUURAHAISKUNINGATAR VALMIINA PARITTELULENNOLLE. Kuva Sanja Hakala.