

Luonnon Tutkija

Suomen Biologian Seura Vanamon jäsenlehti Nro 3 2023 126 vsk.



Yhteiskuntahyönteiset: evoluutiotutkimuksen kohde ja ekologinen välttämättömyys

Biologian tutkimusalalla yhteiskuntahyönteisillä on Suomessa pitkä historia takanaan, kuten selviää Pekka Pamilon ja Ilkka Teräksen katsauksesta tässä Luonnon Tutkijan numerossa. Mutta mikä yhteiskuntahyönteisissä oikein kiehtoo? Keskivertokansalaiselta kysyttäessä useimmat heistä tunnistavat muurahaiset, mehiläiset, kimalaiset ja ampiaiset toisistaan ja tietävät kertoa kohtaamisistaan näiden hyönteisten kanssa. Suhtautuminen on tavallisesti myönteistä, joskin kovin usein tiedustellaan myös, miten varsinkin muurahaisista pääsee eroon. Mikäli mauriaiset ovat vallanneet keittiön, edesmenneellä ohjaajallani, Rainer Rosengrenilla, oli antaa valmis vastaus: ”Siivotkaa huolellisemmin”, muuten mauriaiset ottavat tämän tehtävän. Muurahaiskeot ovat myös silmiinpistävä elementti metsissämme, ja moni on lapsena kokeillut miltä muurahaisen happo maistuu. Mehiläiset, ampiaiset ja kimalaiset ovat suuren kokonsa vuoksi monelle tuttuja puutarhan kukkien vierailijoita; mehiläistarhojen uutteria työläisiä ei voi olla huomaamatta.

Yhteiskuntahyönteisillä on kuitenkin paljon annettavaa myös tieteellisen tutkimukselle, sillä jo hyönteisyhteiskuntien olemassaolo ja etenkin pesän sisäinen työnjako lisääntymiskyvttömiin työläisiin ja lisääntymiskykyisiin kuningattariin ja koiraisiin oli pitkään ratkaisematon evolutiivinen ongelma. Miten luonnonvalinta, eli prosessi, joka perustuu yksilön jälkeläistuottoon, on voinut tuottaa lisääntymiskyvttömiä yksilöitä? William Hamiltonin sukulaivalintateoria ratkaisi tämän kysymyksen, ja nosti vanavedesään esille suuren joukon uusia kysymyksiä siitä, miten yksilöiden välinen sukulaisuus vaikuttaa yhteisöjen jäsenten käyttäytymiseen. Sukulaivalintateoria on sittemmin innostanut muidenkin lajien, myös ihmisen, yhteiselämän evoluution tutkimukseen, syventäen ymmärtämystämme avunannon ja konfliktien merkityksestä evoluutiotekijänä.

Evoluutiotutkimuksen ohella yhteiskuntahyönteisillä on myös merkittävä ekologinen rooli ekosysteemeissä, pölyttäjinä, maiseman muokkaajina ja uudenlaisten elinympäristöjen luoja. Kukkakasvien ja yhteiskuntahyönteisten evoluutio onkin kulkenut käsi kädessä, tänä päivänä huomattava osa ravinnostamme (yli 100 eri viljelylajia) on riippuvainen pölyttäjistä. Yhteiskuntahyönteisten rakentamat pesät muokkaavat myös ympäristöä. Muurahaiskeko muodostaa monien eliölajien (kasvien, sienten ja eläinten) kasvualustan tai suojan, lisäten metsiemme eliöiden monimuotoisuutta. Esimerkiksi lehdenleikkaajamuurahaisten yhteiselo ravinnoksi käytettävien sienten kanssa ei ole pelkästään kahden lajin välinen vuorovaikutussuhde, vaan pesissä pyörii vinha kilpajuoksu muurahaisten, sienten ja monen eri bakteerin välillä siitä, mikä niistä pääsee apajille hyödyntämään käytettävissä olevia resursseja. Samoin mehiläiset muokkaavat merkittävästi ekosysteemejä edesauttamalla puiden ja kukkien kasvua ja luomalla monelle eri lajille suojapaikkoja. Seurauksena on eliöstön monimuotoisuuden kasvu.

Yhteiskuntahyönteisten tutkimus on edelleen yhä kasvava tieteenala, joka kumpuaa vahvasta ekologian ja evoluutiobiologian tieteenalojen teoriapohjasta.

LISELOTTE SUNDSTRÖM



Luonnon Tutkija

Suomen Biologian Seura Vanamo ry on julkaissut Luonnon Tutkija -lehteä vuodesta 1897 (vuoteen 1946 asti Luonnon Ystävä). Luonnon Tutkija julkaisee yleistyisiä luonnontieteellisiä biologian alaan keskittyviä artikkeleita. Luonnon Tutkija vastaanottaa ja julkaisee mielellään kaikenlaisia kirjoituksia aihepiiristä.

Päätoimittaja: Pasi Reunanen (luonnontutkija@vanamo.fi)

Kansikuva: Suvun *Myrmica* viholaiset tarjoavat hyvän mahdollisuuden tutkia yhteiskuntaloisinnan evoluutiota. Kuva: Liselotte Sundström.

Sisältö

2 Yhteiskuntahyönteiset: evoluutiotutkimuksen kohde ja ekologi- ginen välttämättömyys

LISELOTTE SUNDSTRÖM

4 Yhteiskuntapistiäisten tutkimuksen historiaa Suomessa

PEKKA PAMILO JA ILKKA TERÄS

Uutta kirjallisuutta ja elokuva

31 Metsän jatkuva kasvatus puhuttaa

PASI REUNANEN

34 Kuin ihmistä ei olisi olemassa

PASI REUNANEN

37 Luonnon lyriikkaa:

En nyt erota lepakkoa vaahteranlehdestä

LEENA SAINIO

38 Kirjoittaisinko Luonnon Tutkijaan



Luonnon Tutkija

Toimitusneuvosto

Carita Lindstedt-Kareksela (puh. joht.)
(carita.lindstedt-kareksela@helsinki.fi)

Annina Kantelinen
(annina.kantelinen@helsinki.fi)

Atte Komonen
(atte.i.komonen@jyu.fi)

Panu Kunttu
(panu.kunttu@iki.fi)

Anna Liisa Ruotsalainen
(annu.ruotsalainen@oulu.fi)

Ilari Sääksjärvi
(ileesa@utu.fi)

Ilmoitushinnat

Kokosivu 400 euroa, puolisivu 250 eu-
roa, takakansi 600 euroa.

Vuonna 2023 ilmestyy neljä numeroa.

Lehden taitto ja ulkoasu

Pasi Reunanen

ISSN 2814-9645 (Verkkolehti)

Vanamon jäsenyys

Vanamon jäseneksi voi liittyä täyttämällä lomakkeen seuran verkkosivulla (www.vanamo.fi/jasenyys) ja maksamalla jäsenmaksun sivun ohjeiden mukaan. Vanamon jäsenmaksu on 37 euroa, opiskelijajäsenmaksu 30 euroa ja puolisojäsenmaksu 10 euroa.

Vanamon jäsenet saavat lehden jäsenetuna.

Vanamon kotisivut www.vanamo.fi

Yhteiskuntapistiäisten tutkimuksen historiaa Suomessa

PEKKA PAMILO JA ILKKA TERÄS

Yhteiskuntapistiäisten tutkimus Suomessa alkoi 1700-luvulla hyödyn aikana yhdessä mehiläistarhauksen kanssa. Mehiläisiä koskeva tutkimus on myöhemminkin keskittynyt pesien kestävytyteen ja tauteihin sekä mehiläisten rooliin erityisesti hyötykasvien pölyttäjinä. Kimalaisia ja ampiaisia koskeva tutkimus alkoi lajien levinneisyyttä koskevista raporteista, mutta 1900-luvun alussa huomio kiinnittyi myös kimalaisten ekologiaan ja niiden merkitykseen pölyttäjinä. Suomen monipuolinen kimalaislajisto on 1970-luvulta alkaen ollut vireän ekologisen tutkimuksen kohteena. Ampiaistutkimus on virinnyt vasta viime vuosina. Tutkituin yhteiskuntapistiäisten ryhmä Suomessa on muurahaiset. Keskeisiä tutkimuskohteita ovat olleet erityisesti muurahaisten sosiaalinen käyttäytyminen ja niiden merkitys metsäekosysteemeissä. Viime vuosina tutkijat ovat hyödyntäneet myös uuden genomitutkimuksen menetelmiä selvittäessään sosiaalisen elämän erityispiirteitä.

Turun Akatemia perustettiin vuonna 1640. Ensimmäiset yhteiskuntapistiäisiä käsittelevät Akatemian tutkimukset julkaistiin 1700-luvulla ajan tavan mukaisesti väitöskirjoina ja niiden aiheet liittyivät mehiläishoitoon. Johannes Wanaeus (1680–1746) kuvasi työssään *De Melificio* (1704) mehiläisten ominaisuuksia, pesäpaikan valintaa, parvien karkaamisen estoa ja hunajan keruuta (Varis 1993). Myös kemian professori Pehr Adrian Gadd (1727–1797) sekä lääketieteen professorina ja Akatemian rehtorina toiminut Johan Leche (1704–1764) kirjoittivat mehiläishoidosta; Lechen käsikirjoitus mehiläishoidon edistämisestä tosin tuhoutui Turun palossa.

Suomalaisen hyönteistieteen lähtökohtana pidetään vuotta 1753, jolloin Isaac Uddman (1731–1781) julkaisi Turun Akatemiassa väitöskirjansa *Novae Insectorum Species* (Uddman 1753). Työssä kerrotaan Turun seuduilta löytyneen jo 1200 hyönteislajia, joista teoksessa tarkastellaan yksityiskohtaisesti sataa hyönteislajia (Mikkola 2004, Leikola 2011). Näiden joukossa on 18 pistiäislajia: kymmenen sahapisti-

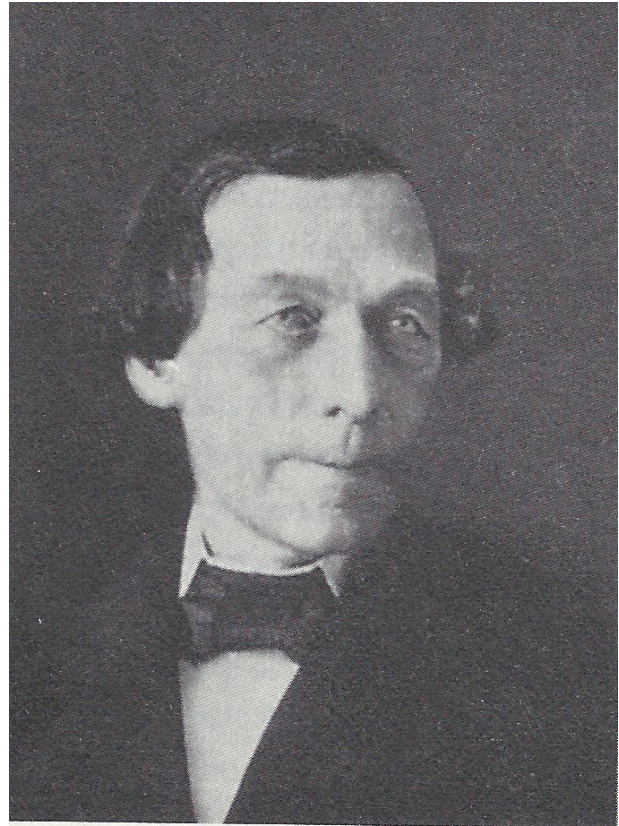
äistä, kolme kätköpistiäistä ja viisi myrkkypistiäistä. Kolmesta pistiäislajista on myös esitetty piirroskuvat, joista on tunnistettavissa pilkkumäntypistiäinen (*Diprion pini*), katajapistiäinen (*Monoctenus juniperi*) ja kimalaispesissä loisiva miekkapistiäinen (*Mutilla europaea*). Yhteiskuntapistiäisistä ei kuitenkaan ole mainintaa. Isaac Uddman siirtyi väitöksensä jälkeen Uppsalaan Linnén oppilaaksi, väitteli lääketieteessä 1765 ja toimi sittemmin lääkärinä (Mikkola 2004).

1700-luvun lopussa ruotsalaissyntyinen, Kuninkaalliseen Tiedeakatemiaankin kutsuttu oululainen apteekkari Johan Jacob Julin (1752–1820) keräsi mittavat kokoelmat niin mineraaleja, kasveja kuin hyönteisiäkin. Hän kertoi (Julin 1791–1792) Pohjanmaalta – lähinnä Oulun seudulta – tallennetun 684 hyönteislajia; näistä pistiäisiä oli 115. Hänen luettelossaan on mainittu kolme yhteiskunta-ampiaislajia, neljä kimalaislajia ja viisi muurahaislajia. Julin julkaisi myös tietoja lentomuurahaisten massaesiintymistä.

1700-luvulla tutkittiin lähinnä pistiäislajien esiintymistä eri puolilla Suomea, minkä lisäksi tehtiin havaintoja eri lajien käyttäytymisestä

ja hyödyn aikakaudella pohdittiin lajien taloudellista merkitystä. Samaan aikaan eri puolilla Eurooppaa tutkijat kuvasivat Carl von Linnén (1707–1777) innoittamina tieteelle uusia pistiäislajeja. 1800-luvulla suomalaisetkin kunnostautuivat tällä alalla. Erityisen ansioitunut pistiäisten kuvaaja oli maamme ensimmäinen kasvitieteen professori William Nylander (1822–1899, Kuva 1). Hän valmistui Helsingin yliopistosta lääketieteen tohtoriksi 1847 ja toimi lääkärinä pari vuotta, mutta keskittyi sitten kasvitieteeseen ja saavutti maailmanmaineen jäkälätutkijana. Uransa alkupuolella Nylander kuitenkin perehtyi myrkkypistiäisiin ja julkaisi vuosina 1846–1856 kymmenen artikkelia lähinnä Pohjoismaiden, mutta myös Algerian lajistosta. Näissä töissään hän kuvasi tieteelle uusina 34 muurahais- ja 45 mesipistiäislajia, joista valtaosaa pidetään edelleen 'hyvinä lajeina'. Nylanderin kuvaamia mesipistiäisiä ovat muiden muassa pitkäsiipikimalainen (*Bombus sporadicus*) ja taigakimalainen (*Bombus patagiatus*), muurahaisia esimerkiksi karvaloviniska (*Formica exsecta*), norkomuurahainen (*Formicoxenus nitidulus*) ja ryppyviholainen (*Myrmica ruginodis*). Vuosisadan loppupuolella farmasian professori Ernst Edvard Sundvik (1849–1918) julkaisi havaintoja kimalaisvahan rakenteesta, *Volucella*-kukkakärpästen toukista kimalaispeissä sekä kimalaisten parittelusta.

Hyönteistieteen professori Johan (John) Reinhold Sahlberg (1845–1920) laati katsauksen Suomen kimalaisiin (Sahlberg 1902). Vastaavasti Otto Henrik Wellenius (1881–1976) laati vuonna 1904 Vanamon kirjasia -sarjaan kattavan selvityksen maamme muurahaislajistosta määrityskaavoineen ja lajikuvauksineen. Hän teki elämäntyönsä melisairaalan ylilääkärinä Tammisaaressa, mutta ehti toimia myös Kuopion museon selkärangattomien kokoelman hoitajana 1916–1919. Eläkevuosinaan hän selvitti Azorien ja Madeiran (1949) sekä Kanarian saarten (1956) muurahaisia. Maamme varhaisista muurahaistutkijoista voi vielä mainita runoilijanakin tunnetun eläintieteen professori Odo



Kuva 1. Suomen lajistosta 23 mesipistiäistä ja 13 muurahaista on William Nylanderin tieteelle uusina kuvaamia. Lisäksi Nylanderin mukaan on nimetty muurahais-suku Nylanderia.

Reuterin (1850–1913), joka 1800-luvun lopussa julkaisi tutkielmia muurahaisten elämästä ja käyttäytymisestä. Vaikka Reuter teki pienimuotoisia kokeita muurahaisilla, hänen erikoisalaansa olivat luteet. Hänen viimeinen teoksensa *Hyönteisten elintavat ja vaistot, yhteiskunnallisten vaistojen sarastukseen saakka* ilmestyi ruotsiksi ja saksaksi vuonna 1913 sekä suomeksi 1919 (Reuter 1919). Suomenkielisestä painoksesta tosin jätettiin pois teoksen 65-sivuinen lähdeluettelo! Teoksen ja Reuterin arvostusta lisää se, että hän oli kirjaa laatiessaan jo sokeutunut. Teokselle oli alun perin suunniteltu jatko-osa otsikkonaan *Yhteiskunnittaisten hyönteisten elintavat ja vaistot*. Kirjansa johdannossa hän hieman raottaa suunnitelmaansa: "Verrattain harvoin tapaamme säännöllisten olojen vallitessa tekoja, joittenka pohjana on yksilön hankkima kokemus, ja sellaiset tapaukset kuuluvat ymmärrykseen perustuvain toimintain

piiriin. Vasta hyönteisten joutuessa tavallisesta elämästä poikkeaviin olosuhteisiin, monet niistä antavat merkillisiä näytteitä vaistomaisen toiminnan yläpuolelle kohoavasta sielunelämästä. Tätä osoittavia todisteita tahdon esittää jo aikaisemmin mainitsemissani toisessa osassa.” Valitettavasti suunnitelma jäi toteutumatta Reuterin kuollessa.

Yhteiskunta-ampiaiset

Ampiaisia Suomessa on tutkittu niukasti ja varhaiset lajistoselvitykset keskittyivät pitkään eri lajien esiintymiseen maassamme. Fredrik Wilhem Woldstedt (1847–1884) julkaisi luettelon Suomen kultapistiäisistä, petopistiäisistä ja ampiaisista (Woldstedt 1875); artikkelissa mainitaan yhdeksän yhteiskunta-ampiaislajia. Pääosan töistään Woldstedt teki toimiessaan Pietarin Tiedeakatemian eläinmuseon konservatorina ja varsinaisesti hänet tunnetaan Suomen kätköpistiäislajiston selvittelijänä. Woldstedtin ampiaishavaintoja täydensi Luonnon Ystävän toimittajanakin vaikuttanut kuopiolainen Aulis Westerlund (1870–1898) julkaisussaan *Hymenopteroologia havainnoita Laatokan pohjoisrannalla* (Westerlund 1893).

Kattava esittely maamme ampiaisista, teki-jöinänsä sahapistiäistutkijana kuuluisuutta saavuttanut lääkäri Runar Forsius (1884–1935) ja tiepistiäistutkija lehtori Åke Nordström (1882–1965), ilmestyi 1920-luvun alkupuolella (Forsius & Nordström 1923). Selvityksen mukaan Suomesta oli siihen mennessä tavattu seitsemän Vespinae-alaheimon ampiaislajia ja yksi Polistinae-alaheimoon kuulunut paperiampiainen. Samojen tekijöiden vuonna 1935 laatimassa myrkkypistiäisluettelossa Vespinae-lajeja oli edelleen seitsemän, mutta nykyään omaksi lajikseen tunnustettu räystäsampiainen (*Dolichovespula saxonica*) oli katsottu norjanampiaisen (*D. norwegica*) muunnokseksi.

Seuraavaksi yhteiskunta-ampiaisten elintapoja, levinneisyyttä ja lajien tunnistamista selvitti dosentti Antti Pekkarinen (1941–2016)

1900-luvun jälkipuoliskolla. Suomessa tavattujen yhteiskunta-ampiaislajien lukumäärä oli noussut tusinaan (Pekkarinen 1973) ja kasvoi vielä yhdellä Vikbergin myrkkypistiäisluettelon ilmestyttyä 1986. Pekkarinen (1995) totesi tämän uusimman tulokkaan, taiga-ampiaisen (*Dolichovespula pacifica*), morfologisten mitausten perusteella levinneisyydeltään holarktiseksi. Myös norjanampiainen osoittautui hänen tutkimuksissaan holarktiseksi, mutta räystäsampiainen esiintyy pelkästään palearktisella alueella (nearktisella alueella elää sisarlaji). Pekkarinen tutki yhdessä tohtori Larry Huldénin (1949–2022) kanssa yksityiskohtaisemmin maamme yhteiskunta-ampiaisten levinneisyyttä, vuodenaikaista esiintymistä sekä levinneisyysalueen ja runsauden muutoksia (Pekkarinen & Huldén 1995). Selvityksen mukaan eri lajien kuningattaret lähtivät keväällä liikkeelle suunnilleen samaan aikaan toukokuussa, mutta isoja yhteiskuntia kasvattavien herhiläisten (*Vespa crabro*) ja piha-ampiaisten (*Vespula vulgaris*) työläiset ja koiraat lentelivät muita lajeja myöhemmin vielä lokakuussa. Pitkän ajan kannanmuutokset olivat vähäisiä lukuun ottamatta herhiläisen ja saksanampiaisen (*V. germanica*) runsastumista.

Maamme suurin ampiainen herhiläinen oli suhteellisen runsas 1930-luvun lämpiminä kesinä Kaakkois-Suomessa, mutta vuoden 1944 jälkeen sitä ei tavattu Suomessa vuosikymmeniin, kunnes 1990-luvulla havaintoja kuningattarista alkoi kertyä erityisesti hyönteisharrastajilta, joiden perhospyydyksiin öisinkin liikkuvat herhiläiset olivat eksyneet (Teräs ym. 2003). Pesiäkin löydettiin jo 2000-luvun alussa Kaakkois-Suomesta ja myöhempien kyselytutkimusten mukaan levinneisyysalue oli laajentunut jo Hämeeseen ja Varsinais-Suomeen (Jantunen & Saarinen 2007, Kuva 2). Herhiläisen levinneisyyttä rajoittavaksi tekijäksi on arveltu lajin suosituimman pesäpuun tammen levinneisyyttä, mutta Pekkarinen (1989) osoitti tämän koskevan vain Ruotsia. Sen sijaan hänen mukaansa herhiläisen levinneisyyden pohjoisraja ja hei-

näkuun 16 °C:n isotermin osuvat toisiinsa varsin selkeästi Pohjoismaissa, Britanniassa ja Venäjän Karjalassa.



Kuva 2. Herhiläistyöläisten (*Vespa crabro*) hyörinää ulkorakennuksen kattoon rakennetun pesän ympärillä. Pesän pohjassa on laaja suuaukko ja pesän pinnalla erottuvat herhiläispesille tyypilliset piippumaiset rakennelmat. Kuva: Pertti Huttunen.

Saksanampiaisen mainittiin Suomessa tavaksi jo Woldstedtin (1875) luettelossa, mutta yksilöä on epäilty ulkomailta keräytyksi (Pekkarinen & Huldén 1995). Niinpä ensimmäisenä maastamme todettuna yksilönä pidetään Ahvenanmaan Finströmistä vuonna 1948 löydettyä kuningatarta. Sen jälkeen tehtiin hajavaintoja myös Manner-Suomesta, ja 1996 löytyi talvehtinut kuningatar Turusta (Johansson & Pekkarinen 2000). Hajalöytöjä saattaa selittää ampiaiskuningattarien keväinen vaellushalu, jota osoittavat professori Kauri Mikkolan (1938–2014) havainnot puna-ampiaisten (*Vespula rufa*) ja räystäsampien (sekä kimalaisten) rantaviivaa noudattelevasta massamuutosta maamme etelärannikolla. Suomenlinnassa tunnin aikana vaeltaneiden ampiaisten enimmäislukumääräksi arvioitiin 23 000 (Mikkola 1978). Vaeltavia ampiaisia on tavattu myös ylittämässä Suomenlahtea (Mikkola 1984). Varsinaisesti saksanampiaisen runsastuminen Suomen ete-

lärannikolla alkoi 2000-luvulla (Sorvari 2013).

Suomen yhteiskunta-ampiaisista on tehty myös geneettisiä tutkimuksia. Pekkarinen, Pekka Pamilo ja Sirkka-Liisa Varvio-Aho tutkivat 1980-luvun alussa lajien välisen pesäloisinnan evoluutiota. Eräillä ampiaislajeilla ei ole lainkaan työläiskastia, vaan kuningatar valtaa toisen ampiaislajin pesän munien sinne. Entsyymityöt vahvistivat jo rakennetutkimuksissa todetun havainnon, että nämä ampiaisten yhteiskuntaloiset ovat evolutiivisesti läheistä sukua isäntälajilleen. Anu Sirviön väitöskirjaan (2010) sisältyy tutkimus piha-ampiaisen rekombinaatiotaajuuksista. Rekombinaatio eli vastinkromosomien välinen tekijänvaihto luo olemassa olevasta perinnöllisestä muuntelusta uusia yhdistelmiä lisäten siten jälkeläisgenotyyppien kirjoa. Yhteiskuntapistiäisillä on havaittu poikkeuksellisen korkeita rekombinaatiotaajuuksia (ensin mehiläisellä ja muurahaisilla ja mainitussa työssä myös ampiaisilla). Ilmiön syytä ei tiedetä, mutta se lisää yhteiskunnan geneettistä monimuotoisuutta.

Dosentti Perttu Seppä on tutkinut useissa julkaisuissaan paperiampiaisten (*Polistes*) ja herhiläisten genetiikkaa ja yhteiskuntien geneettistä rakennetta. Hän on muun muassa osoittanut, että paperiampiaisnaaraat hakeutuvat keväisin toisten naaraiden, usein sisartensa, perustamiin pesiin, jos oman pesän perustaminen epäonnistuu. Usean paperiampiaiskuningattaren pesässä kuningattaret eivät kuitenkaan tunnu suosivan omia jälkeläisiään. Seppä on myös kartoittanut pintakerroksen (kutikulan) lipidejä, jotka saattaisivat auttaa sukulaisten tunnistuksessa; herkemmin paperiampiaisilla, joiden pesässä voi olla useita lisääntyviä kuningattaria, kuin herhiläisillä. Hän on myös todennut, että herhiläiskuningattaret pariutuvat useimmiten vain kerran ja että useamman kerran paritelleen herhiläiskuningattaren jälkeläisistä 80 % on peräisin yhden koiraan siittiöistä. Fylogeneettisen vertailun perusteella taipumus pariutua usean koiraan kanssa kehittyi useampaan otteeseen eräiden muiden ampiaisten kehityslinjoissa.



Kuva 3. Herhiläistyöläisen kokonais pensasampiais (*Dolichovespula media*) kuningattaren rakentama pienhkö pesä riippuu oksasta tai räystäslaudasta. Pesän laajetessa työläiset repivät rikki suuaukon piippumaisen putken. Kuva: Ilkka Teräs.

Ampiaisiin kohdistuva ekologinen tutkimus on aktivoitunut viime vuosina (Komonen & Sorvari 2023). Jouni Sorvarin (Luonnonvarakeskus) tutkimusryhmä on selvittänyt ympäristömuutosten (ilmastomuutoksen ja metallisaasteiden) vaikutusta ampiaisten morfologiaan ja väritykseen. Työt kytkeytyvät myös ampiaisten immuunipuolustukseen, sillä tummaa melaniinia käytetään sekä väritykseen että vieraspartikkelien kuten bakteerien ja metallihiukkasten eristämiseen. Atte Komonen (Jyväskylän yliopisto) on puolestaan tutkinut ampiaislajien ajallista ja paikallista esiintymistä. Ampiaiset ovat petoja, ja ravinnossa olevien hiilen ja typen isotooppien perusteella ampiaislajit näyttävät erikoistuneet erilaisiin saaliseläimiin. Isotooppien runsaussuhteet vaihtelevat kasvien, kasvinsyöjien ja petojen välillä. Herhiläisen ja suuria maapesiä rakentavan piha-ampiais ja sen meille hiljattain levinneen sisarlajin saksanampiais ravinnossa on runsaasti kasvinsyöjiä. Riippuvia pesiä rakentavat *Dolichovespula*-ampiaiset (kuten pensasampiais ja räystäsampiais) saalistavat yleisemmin ravintoverkossa korkeammalla olevia petoja, kuten hämähäkkejä (Kuva 3).

Tarhamehiläinen

Tutkituin yhteiskuntahyönteinen niin meillä kuin muuallakin on eittämättä tarhamehiläinen (*Apis mellifera*). Arkeologiset tutkimukset, joihin suomalaisetkin arkeologit ovat osallistuneet, ovat löytäneet jo Euroopan neoliittisten ihmisten käyttämistä saviruukuista jäänteitä mehiläisvahasta. Vanhimmat löydöt ovat noin 9 000 vuotta vanhoja ja laajemmin Euroopassa niitä alkoi ilmetä 7 000 vuotta sitten. Pohjoisimmat löydöt ovat Tanskasta, mutta Fennoskandia oli mehiläiselle ilmastoltaan sopimatonta aluetta. Mehiläisten tarhaus maassamme alkoi 1700-luvulla, jolloin myös Turun Akatemian alaa koskevat ensimmäiset tutkimusjulkaisut ilmestyivät.

Turun Akatemian aikoina mehiläishoitoa kokeilivat 1760-luvulla Virossa tuoduilla mehiläisillä esimerkiksi Turun piispa Carl Fredrik Mennander (1712–1786) ja professori Pietari Kalm (1716–1779), mutta varsinainen edistymisen tapahtui vasta 1800-luvun alussa, jolloin Suomen Talousseura kamarineuvos A. O. Winterin johdolla tuotti mehiläisiä Ruotsista. Winter julkaisi myös ruotsinkielisen mehiläishoidon oppaan 1818; suomenkielistä mehiläishoidon oppikirjaa saatiin odottaa vuoteen 1839, jolloin ilmestyi mietoislaisen puutarhurin Anders Lindgrenin (1775–1852) teos *Lyhyt Neuwot Ulkomaan-Mesiäisten- eli Biin hyödyttäväisestä kaitsemisesta ja wiljelemisestä Suomessa*. Aluksi käytössä olivat olkipesät, mutta 1867 pastori Johan E. Åberg toi Keski-Euroopan matkaltaan saksalaisen Johannes Dzierzonin (1811–1906) irtokehärakenteisen pesämallin. Irtokehän ansiosta saatettiin luopua mehiläisten tappamisesta hunajaa kerätessä, mikä kerrottiin Åbergin laatimassa hoito-oppaassa (Kuva 4). Åberg mainitsi myös, että toistaiseksi käytössä olleen tumman pohjoismaisen rodun (*Apis mellifera mellifera*) rinnalle tuotaisiin italialaisia mehiläisiä (*A. m. ligustica*) (Varis 1993.) Kuitenkin 1900-luvun alussa krainilainen rotu (*A. m. carnica*) oli italialaista suositumpi (Laine 2012 b).



Kuva 4. Olkipesistä siirryttiin 1800-luvun lopulla mehiläispesiin, joissa mehiläiskennot olivat nostettavissa kehissä (yleisimpinä malleina Langstroth ja Farrar) ja pesälaatikoita saattoi pinota päällekkäin. Kuva: Ilkka Teräs.

Mehiläishoito keskittyi pitkään sääoloiltaan edulliseen Varsinais-Suomeen, mutta kokeilu- ja tehtiin Oulua myöten. Varsinaisen sysäyksen mehiläishoidon kehittämiseksi ja hoitoalueen laajenemiselle antoivat kirkkoherra Alfred Mäkisen (1869–1955) pitämät kuukauden mittaiset kurssit (mehiläishoitokoulut) vuosina 1902–1917 ensin Asikkalassa ja sitten Somerniemellä (Laine 2012 a). Mehiläishoidon uhaksi muo-

dostui 1910-luvulla tarhoihin levinnyt vakava nosema-tauti, joka levisi kaikkialle Suomeen ja hiipui vasta 1920-luvulla. Toisaalta tarhaajat pääsivät nauttimaan taloudellisesta menestyksestä 1918, kun hunajan hinnat nousivat huipulukemiin.

Nykyisin mehiläistarhaajia Suomessa on reilut 3000, mehiläispesiä yli 50 000, ja vuosittain tuotetaan pari miljoonaa kiloa hunajaa. (Huippuvuonna 2022 saatiin peräti 3,3 miljoonan kilon hunajasato.) Samalla mehiläisistä kertyy huomattava määrä tietoa, jota Luonnonvarakeskus (ennen Maatalouden Tutkimuskeskus eli MTTK) ja alan toimijat ovat keränneet. MTTK:n tutkija Seppo Korpela vastasi pitkään alan tutkimuksista ja selvitti *Varroa destructor* -punkin, *Nosema*-sienten (Microsporidia) ja vakavaa esikotelomätää aiheuttavan *Paenibacillus*-bakteerien esiintymistä, leviämistä ja vaikutusta mehiläispesiin (esim. Korpela ym. 1992, Kuva 5). Vuosituhannen vaihteessa kerätyistä näytteistä selvisi sekin, että aasialaiselta mehiläislajilta (*Apis cerana*) tunnettu loissieni *Nosema ceranae* oli ilmaantunut Suomeen ainakin jo vuonna 1998 ja sen jälkeen levinnyt nopeasti aiheuttaen tarhamehiläisissä suurempaa kuolleisuutta kuin



Kuva 5. Tutkija Seppo Korpela on kerännyt kukkavaihtoehoja tarhamehiläisten ruokintaa varten. Kuva: Ilkka Teräs.

niiden aiempi loinen *N. apis* (Paxton ym. 2007). Seppo Korpela ja Lauri Ruottinen aloittivat myös maanlaajuiset kesänaikaiset hunajasato-seurannat vaakapesien avulla vuonna 2001.

Suomalaiset tutkijat osallistuivat 2000-luvulla maailmanlaajuisen mehiläiskadon selvittämiseksi perustettuihin laajoihin eurooppalaisiin yhteishankkeisiin (EPILOBEE, COLOSS), joissa kartoitettiin yhteiskuntien selviytymistä, erityisesti talvikuoilleisuutta sekä loisien ja tautien esiintymistä. Merkittävin kuolleisuuden aiheuttaja oli *Varroa*-punkki. Yhteiskunnat, joiden kuningatar oli peräisin samalta alueelta, selvisivät paremmin kuin yhteiskunnat, joiden kuningatar oli tuotettu muualta. Tulos korostaa geneettisen diversiteetin merkitystä mehiläiskantojen hoidossa. Ruokaviraston Kuopion yksikkö on yksi eurooppalaisista referenssilaboratorioista mehiläistautien tutkimuksessa.

Viime vuosina tautikestävyuden tutkimuksessa on ruvettu kiinnittämään huomiota resistenssin ja immuniteetin molekyylibiologiseen taustaan. Jarkko Routtu (Martin-Luther yliopisto Saksassa) on tutkinut mehiläisen geneettisiä puolustusmekanismeja *Varroa*-infektioissa. Helsingin yliopistossa työskennelleet tutkijat Dalial Freitak ja Heli Salmela kehittivät esikotelomätää aiheuttavaa *Paenibacillus* -bakteeria vastaan maailman ensimmäisen mehiläisrokotteen, jolle vuoden 2023 alussa myönnettiin kansainvälinen patentti. Hyönteisten immuunijärjestelmä ei muodosta vasta-aineita, mutta kuningattarelle ravinnon mukana syötetty bakteerivalmiste parantaa jälkeläistoukkien immuunipuolustusta. Freitak ja Salmela ovat useissa julkaisuissa tutkineet vitellogeniini-proteiinin osuutta tämän sukupolvien välisen immuniteetin muodostumiseen (Salmela ym. 2015). Vitellogeniini on ruskuaisen esiaste ja tärkeä hyönteisten lisääntymiseen liittyvä proteiini, mutta mehiläisellä se vaikuttaa myös työmehiläisten käyttäytymiseen, työnjaon määrääntymiseen, kuningattaren elinikään ja immuniteettiin. Vitellogeniini sitoutuu infektoituneessa yksilössä bakteereihin ja voi siirtää

immuunivasteen syntymisen kannalta oleellisia bakteerifragmentteja kuningattaresta muniin tai kuningattarelle syötetyn emomaidon (royal jelly) mukana työläisistä kuningattareen ja toukkiin. Mehiläisen genomissa on kolme muuta geenin kahdentumisen kautta syntynyttä vitellogeniinin kaltaista geeniä, joiden merkitystä ei tunneta vielä tarkemmin.

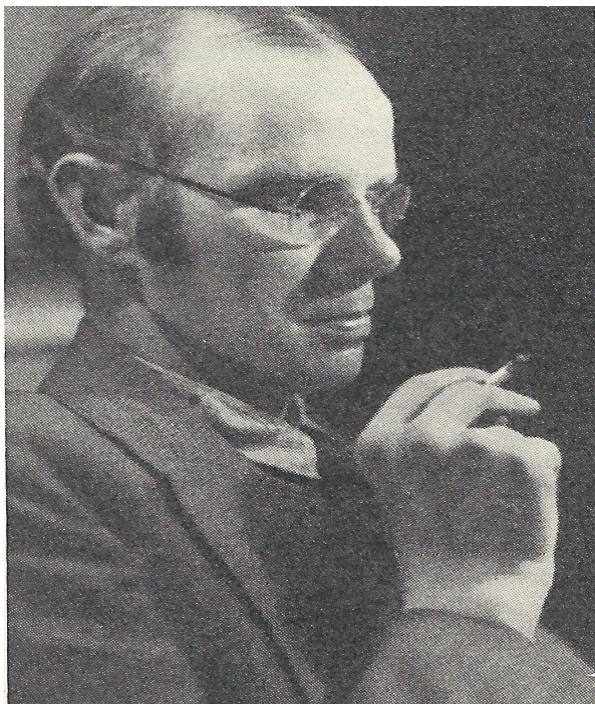
Muiden mesipistiäisten tapaan tarhamehiläinen on tärkeä pölyttäjä. Niinpä monet tutkijat ovat Turun Akatemian ajoista alkaen kohdistaneet mielenkiintonsa pölytykseen ja hunajan laatuun. Professori Anna-Liisa Varis tutki mehiläisten ja kimalaisten roolia eräiden viljelykasvien pölyttäjinä. Tutkimuksissa tunnistettiin mikroskopoimalla, mistä kasveista hunajassa olevat siitepölyhiukkaset olivat peräisin (Varis ym. 1982). Viime vuosien tutkimuksissa siitepölynäytteiden mikroskopointi on korvattu DNA-analyyseillä, jotka paljastavat myös mehiläisten roolin erilaisten mikrobien kantajina ja siirtäjinä kasvien välillä. Helena Wirran tutkimusten mukaan hunajan DNA:sta noin 40 % on peräisin mehiläisen harmittomista viruksista, 17 % bakteereista ja vajaa 10 % kasveista (Wirta ym. 2021). Seppo Salmisen tutkimusryhmä Turun yliopiston funktionaalisten elintarvikkeiden kehittämisyksikössä on selvitelty hunajasta ja itse mehiläisistä tavattuja fruktoosia hyödyntäviä maitohappobakteereita mahdollisina probiootteina. Tarhamehiläistä on hyödynnetty myös tuholaiistorjunnassa: Heikki Hokkanen työryhmineen kehitti 2000-luvun alkupuolella menetelmän, jossa mehiläiset vievät mansikkaa ja vadelmaa vaivaavan harmaahomeen (*Botrytis cinerea*) torjunta-aineen mukanaan kukkiin.

Myöskään mehiläisten ihmiselle aiheuttamat kiusat eivät ole jääneet vaille tutkijoiden huomiota. 1990-luvulla Ilkka Annila (1999) tutki väitöskirjatyössään mehiläisen pistoilte altistuneiden tarhaajien reaktioita ja allergioita.



Kimalaiset

Lajikuvausten sekä lajien biologian ja levinneisyystietojen selvittämisen ohella tutkijoita alkoivat 1900-luvun alussa kiinnostaa myös yhteiskuntapistiäisten ekologiaan liittyvät kysymykset. Ensimmäiseksi meillä keskityttiin pölyttäjähyönteisten kukkakäynneihin, joista kustos Robert Bertil Poppius (1876–1916) ja metsänhoitaja Fritiof Silén (1839–1912) tekivät tarkkoja havaintoja. Myös professori Viljo Kujala (1891–1977) julkaisi tietoja kimalaisten pölytystyöstä (Kujala 1925). Samaten Olavi Hulkkosen (1905–1937) tutkimuskohteena olivat kimalaiset, joiden kukkakäynneistä ja imukärsän pituuden vaikutuksesta kukkalajivalintaan hän julkaisi vuonna 1928 perusteellisen selvityksen *Zur Biologie der Südfinnischen Hummeln*; artikkeli luetaan edelleen kukkabiologian perusteosten joukkoon (Kuva 6).



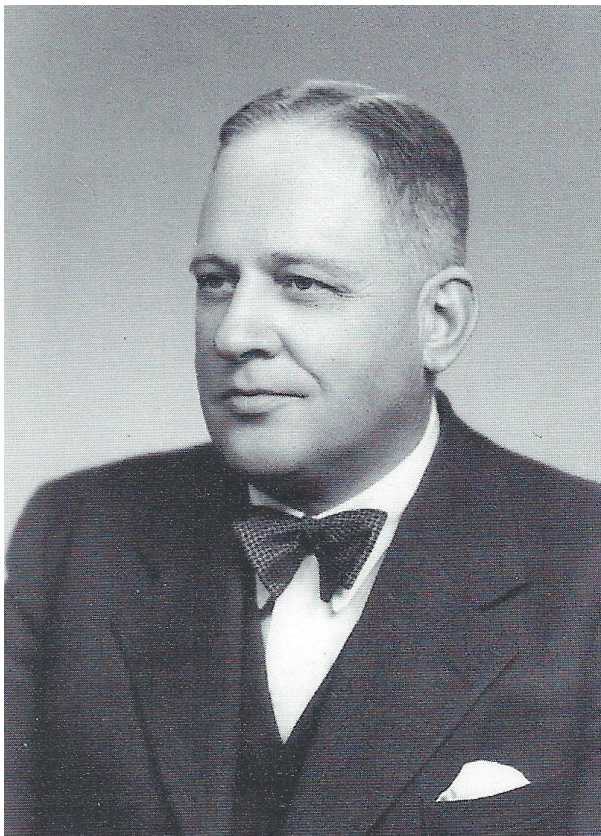
Kuva 6. Olavi Hulkkosen seikkaperäinen tutkimus (1928) kimalaisten kukkakäynneistä valotti kielenpituuden tärkeää merkitystä mettä keräävien yksilöiden kasvilajivalinnassa.

1930-luvulla tarkasteltiin tarhamehiläisten ja kimalaisten merkitystä puna-apilan pölyttäjänä. Hankkijan kasvinjalostuslaitoksen johtajana ja sittemmin Maatalouskoelaitoksen kasvinviljelyosaston professorina toiminut Otto Valle (1899–1969) osoitti tutkimuksissaan, että kimalaiset olivat pitemmän imukärsänsä ansiosta tarhamehiläisiä tehokkaampia pölyttäjiä erityisesti tetraploidisella puna-apilalla; itse asiassa tarhamehiläiset näyttäytyivät puna-apilapelloilla vain tilapäisesti. Valle kokeili ensimmäisenä Suomessa kimalaisten keinopesintää ja onnistuikin kokeissaan hyvin (Kuva 7).



Kuva 7. Professori Otto Vallin kimalaiskasvatuksissaan käyttämä pesälaatikko. Etusivun aukkoon sijoitetaan sokerivettä sisältävä putki, josta pesän perustava kuningatar saa meden korviketta. Työläisten synnyttyä aukko avataan ja työläiset pääsevät hakemaan ravintoa itsenäisesti. Kuva: Ilkka Teräs.

Kasvinjalostajana aloittanut, mutta myöhemmin kasvipatologian ja kasvibiologian professoriksi nimitetty Onni Pohjakallio (1903–1965) tutki niin ikään kimalaisia puna-apilan pölyttäjänä, samoin Laukaan tutkimusaseman johtaja Pertti Hänninen (1919–1966). Näissä töissä tärkeimmäksi puna-apilan pölyttäjäksi osoittautui tarhakimalainen (*Bombus hortorum*), kun taas mantukimalainen (*B. lucorum*) ryösti meden kukkatorveen puremastaan reistä heteet ja emit ohittaen.



Kuva 8. Metsänhoitaja Rabbe Elfving tutki innokkaasti Suomen mesipistiäisiä, erityisesti kimalaisia, ja löysi maamme ensimmäisen uralinkimalaisen (*Bombus semenoviellus*) Parikkalasta vuonna 1964. Kuva: Kuopion museo.

Oulun yliopiston eläintieteen professori Lauri Siivonen (1912–1998) tunnetaan lintu- ja nisäkästutkijana, mutta 1940-luvulla hän tutki myös muurahaisia sekä kimalaiskuningattarien keväistä heräämistä (Siivonen 1942). Siivosen mukaan ensimmäiset kuningattaret näyttäytyvät silloin, kun on kulunut kolme viikkoa lämpötilan noususta yli nolla-asteen ja keskilämpötila on +4 °C. Metsänhoitaja Rabbe Elfving (1899–1966, Kuva 8) julkaisi kaksi ansiokasta pistiäisjulkaisua, toisen kimalaisista ja niiden tunnistamisesta (Elfving 1960) ja toisen maamme mesipistiäislajien käyttämistä ravintokasveista (Elfving 1968). Antti Pekkarinen ja Ilkka Teräs puolestaan kirjoittivat Luonnon Tutkijaan laajan artikkelin Suomen kimalaisista ja loiskimalaisista. Julkaisussa (Pekkarinen & Teräs 1977) esiteltiin kimalaisten elintapoja, vihollisia ja loisia, erityisesti yhteiskuntiin tunkeutuvia

loiskimalaisia, sekä kukkien pölytystä. Mukana ovat myös määrityskaavat lajien tunnistamiseksi sekä alustavat tiedot lajien levinneisyydestä; tarkemmat levinneisyyskartat ilmestyivät muutama vuosi myöhemmin (Pekkarinen ym. 1981). Parkkinen ym. (2018) ovat hiljattain koonneet yhteen tietopaketin kimalaisten biologiasta määritysohjeineen ja lajikuvauksineen.

Helsingin yliopistossa julkaistiin 1970–1980-lukujen taitteessa kolme kimalaisväitöskirjaa. Antti Pekkarinen väitteli 1979 Fennoskandian ja Tanskan kimalaisten värien, morfometrian ja entsyymien muuntelusta (Pekkarinen 1979). Väitöskirjassaan Pekkarinen vahvisti laskemiensa mittaindeksien avulla monet toisiaan muistuttavat lajiparit erillisiksi lajeiksi. Hän myös totesi Karjalan ukonhattukimalaisten (*Bombus consobrinus*) imukärsät keskimäärin lyhyemmiksi kuin Skandinavian ukonhattukimalaisten imukärsät ja vastaavasti näiden kimalaisten tärkeimmän ravintokasvin lehtoukonhatun (*Aconitum lycoctonum*) kukkatorvet olivat Karjalassa lyhyempiä ja leveämpiä kuin Skandinaviassa. Pekkarinen selvitti Pekka Pamilon ja Sirkka-Liisa Varvio-Ahon kanssa kimalaisten entsyymipolymorfiaa, geneettistä muuntelua, lajikysymyksiä (muun muassa mantukimalaisesta ja sen lähisukulaisista) ja kehityshistoriaa. Yhteistyössä Ilkka Teräksen kanssa hän tutki Luoteis-Euroopan kimalaislajien levinneisyyttä (muun muassa kimalaisten ja niiden yhteiskuntaloisten esiintymisalueiden päällekkäisyyttä) sekä kimalaisten melanismia: tummuneiden yksilöiden osuus osoittautui kasvavan kylmien kevätpäivien määrään lisääntyessä. Pekkarinen ja Teräs tutkivat myös kimalaisten (ja muiden mesipistiäisten) ravinnonhankintaa ja pölytystyöskentelyä sekä pölyttäjien uhanalaisuutta (Kuva 9).

Esa Ranta (1953–2008) tarkasteli väitöstyössään Pohjois-Euroopan kimalaisyhteisöjen lajirunsautta ja ekolokeroita sekä kielenpituuden merkitystä yhteisörakenteiden muodostumiseen (Ranta 1981). Yhteisöjen noin kymmenestä lajista pitkäkielisiä oli vain 1–2, minkä perusteella rakenteellinen erilaisuus ei selittänyt laji-



Kuva 9. Antti Pekkarinen pitämässä puhetta pohjois-mais-balttilaisen hyönteiskongressin illanvietossa Uppsalassa 2007. Kuva: Ilkka Teräs.

määrän runsautta, vaan ajallinen ja alueellinen heterogeenisyys mahdollisti oletuksia useamman lajin yhteiselon. Myös akateemikko Ilkka Hanski (1953–2016) tutki kimalaisyhteisöjen rakennetta ja totesi niiden noudattavan kehittämänsä ydin–satelliitti-hypoteesin ennustuksia (Hanski 1982 a, b): yhteisöissä on alueellisesti yleisiä ja paikallisesti runsaita ydinlajeja ja toisaalta alueellisesti ja paikallisesti harvinaisia satelliittilajeja.

Ilkka Teräksen väitöskirjassa Etelä-Suomen kimalaisten ravintokasveista ja kukkakäynneistä (Teräs 1985) todettiin kukkakäyntien määrissä suurta vaihtelua vuosien välillä niin kimalaiskastien, kimalaislajien kuin myös vierailtujen kasvilajien kohdalla. Kuningattarissa oli enemmän medenkerääjiä kuin siitepölynkerääjiä, työläisissä kummankin ravintokohteen kerääjiä oli suunnilleen yhtä paljon. Suosituimmat siitepölylähteet pysyivät samoina vuodesta toiseen, sen sijaan mesilähteet vaihtelivat. Kimalaisten

käyttäytyminen kukinnoissa tai kasvilaikuissa ei noudattanut optimaalisen ravinnonhankinnan teorian ennusteita, sillä esimerkiksi mettä keräävät yksilöt liikkuvat eri tavalla kuin siitepölyä keräävät. Myöhemmissä töissään Teräs tarkasteli kimalaisten merkitystä muun muassa puna-apilan, mustikan, puolukan ja vieraslaji komealupiinin pölytyksessä (Kuva 10).



Kuva 10. Kivikkokimalainen (*Bombus lapidarius*) keräämässä siitepölyä puna-apilan kukinnoista. Kuva: Ilkka Teräs.

Vuosituhaten vaihteessa myös viranomaiset kiinnostuivat kimalaisista. Suomen ympäristökeskus selvitti Guy Södermanin johtamissa tutkimuksissa pölyttäjähönteisten yhteisöjä ja kannanvaihteluita Suomessa, Venäjän Karjalassa ja Baltiassa. Useiden viranomaisten yhteistyönä on Juha Tiaisen ja Mikko Kuussaaren johdolla tutkittu kimalaisten tärkeää osaa maatalousympäristön monimuotoisuudessa: erityisesti on tarkasteltu pellonpientareita, paketti- ja luomupeltoja sekä perinnebiotooppeja. Aihepiiristä julkaistiin myös kolme väitöskirjaa (Johan Ekroos 2010, Eeva-Liisa Korpela 2014 ja Marjaana Toivonen 2016).

Mehiläisten tanssi, jolla ne tiedottavat pesäkumppaneilleen ravintolähteiden sijainnin, on klassinen esimerkki hyönteisten viestimiskyvyistä. Viime vuosina Olli Loukola Oulun yliopis-

tosta on tutkinut puolestaan kimalaisten kognitiivisia kykyjä ja osoittanut, kuinka ne pystyvät ratkaisemaan monimutkaisia ongelmia tarkkailemalla toisiaan (Loukola ym. 2017, Loukola 2023). Tutkimuksessa mm. palkittiin kimalaisia siitä, että ne siirsivät pieniä palloja haluttuihin kohteisiin. Novisiit oppivat tämän ottamalla mallia kokoneiden kimalaisten tekemisistä, mutta hokasivat myös nopeampia kuljetusreittejä eli paransivat suoritusta oivaltavasti. Loukolan tutkimukset liittyvät myös maailmanlaajuiseen pölyttäjien vähenemistä koskevaan ongelmaan.

Kimalaisten kasvatusta keinopesissä on kehitetty 1800-luvulta lähtien ja viime vuosikymmeninä kasvatuksesta on tullut kaupallisesti kannattavaa toimintaa erityisesti Alankomaissa ja Belgiassa. Suomessa Erkki Kaarnama on perehtynyt kasvatukseen syvällisimmin. Kontukimalaisen (*Bombus terrestris*) kasvatusta onnistuu varmimmin ja paitsi pölytykseen lajia on kasvatettu laboratorioihin koe-eläimeksi moniin tutkimustarkoituksiin. Jouko Silvola tutki 1984 lämpötilan vaikutusta kontukimalaisen hengitystihyteen ja totesi levossa ja munien haudonnan aikana tiheyden nousevan lämpötilan laskiessa, mutta lämpötilan muutoksella ei ollut juurikaan vaikutusta lentävän kimalaisen hengitystihyteen. Salla-Riikka Vesterlund tarkkaili väitöskirjatyössään (2015) diapaussin aikaisen lämpötilan vaikutusta kimalaiskuningattarien menestykseen talvehtimisessä ja pesän perustamisessa. Talvesta selvisivät hengissä 400 mg:n painoiset ja sitä painavimmat kuningattaret. Isojen kuningattarien menestys talvehtimisen jälkeen korostui, jos talviolot olivat poikkeuksellisen lämpimät (mihin päädytään ilmaston lämmetessä); nykyään vallitsevissa talvilämpötiloissa tällaista kokoon perustuvaa etua ei ilmennyt. Pitemmän päälle tarkasteltuna kuningattaren isosta koosta ja lisääntyneen lämmön siivittämästä yhteiskunnan nopeasta kehityksestä voi aiheutua myös haittaa: pesät tuottavat runsaasti työläisiä ja koiraita, mutta vähemmän uusia kuningattaria.

Muurahaistutkimuksen vaiheita Suomessa

Suomalaisen muurahaistutkimuksen ensi askeleet 1800-luvulla kohdistuivat lajien ja lajiston kuvaukseen. Otto Welleniuksen kirjoittamassa maamme muurahaisten ensimmäisessä määrittelysoppaassa (Wellenius 1904) listattiin 31 muurahaislajia, joista 13 oli William Nylanderin kuvaamia. Nykytietojen mukaan maassamme elää 54 muurahaislajia sekä niiden lisäksi muutama satunnainen vieraslaji. Varsinainen muurahaisten biologian tutkimus käynnistyi 1950-luvulta alkaen aiheinaan muurahaisten merkitys metsäekosysteemeissä sekä kekomuurahaisten ravinnonhakupölytyminen. Tutkimus vilkastui ja laajeni vuosituhannen loppua kohden ja edelleen 2000-luvulla. Tutkimuksen laajuudesta kertoo se, että muurahaisaiheisia tieteellisiä julkaisuja on yli 500 ja suomalaistutkijoiden ohjaamia väitöskirjojakin yli 40 (luettelo oheisessa tietolaatikossa). Väitöskirjojen määrä on kasvanut vuosien myötä: 1970-luvulla 1, 1980-luvulla 2, 1990-luvulla 5, 2000-luvulla jo 14, 2010-luvulla 16 ja 2020-luvun parina ensimmäisenä vuotena 3.

Tässä esitellään niitä teemoja, joihin tutkijat ja tutkimusryhmät ovat paneutuneet, ja tuodaan esille joitain keskeisiä tuloksia ja lähestymistapoja. Tärkeitä aihepiirejä ovat olleet muurahaisten sosiaalisen elämän evoluutio, lajien välinen kilpailu ja sen vaikutus paikalliseen muurahaislajistoon, muurahaisten rooli metsäekosysteemin ravintoverkossa ja ravinteiden kierrossa sekä metsänhoitotoimenpiteiden vaikutus erityisesti kekomuurahaisten populaatioihin. Tämän hetken tutkimuksissa voi tunnistaa (muita unohtamatta) kaksi keskeistä aihealuetta: miten metsänkäsittely ja ilmastonmuutos vaikuttavat muurahaispopulaatioihin ja -lajeihin, sekä mitä uusi genomitutkimus kertoo muurahaisten sosiaalisen elämän evoluutiosta ja toiminnasta (Hakala ym. 2023).

Varhainen muurahaistutkimus

Vaikka Suomen muurahaistolajisto Nylanderin ja Welleniuksen töiden perusteella olikin verraten hyvin tunnettu, varsinainen tieteellinen muurahaistutkimus käynnistyi vasta 1900-luvun puolivälin jälkeen. Osaltaan tätä vauhdittivat ulkomaisten tutkijoiden Suomen muurahaista tekemät työt. Saksalaisten sotajoukkojen lääkäri Karl Hölldobler, joka oli myös tunnustettu muurahaistutkija, julkaisi sota-aikana keräämiään tietoja Itä-Karjalan muurahaista. Hänen poikansa Bert Hölldobler on yksi maailman johtavia muurahaistutkijoita, joka yhdessä Edward Wilsonin (1929–2021) kanssa julkaisi 1990 Pulitzer-palkitun laajan tietoteoksen *The Ants* (Hölldobler & Wilson 1990). Sen pohjalta he laativat myös suppeamman yleistajuisen esityksen, joka on julkaistu suomeksi nimellä *Muurahaiset*. Bert Hölldoblerin laajan julkaisu-luettelon ensimmäinen artikkeli on Suomessa vietetyn kesän jäljiltä laadittu katsaus Suomen muurahaista vuodelta 1960.

Italialainen, Sveitsissä uraansa tehnyt Cesare Baroni Urbani ja britti Cedric Collingwood (1919–2016) julkaisivat 1977 yhteenvedon pohjoisen Euroopan (ja siten myös Suomen) muurahaisten levinneisyyksistä. Collingwood (1979) laati myös sangen tarpeellisen ja paljon käytetyn määrittämissä Fennoskandian muurahaistolajistosta laajuuksineen ja levinneisyyskarttoineen.

Uudemman suomalaisen muurahaistutkimuksen aloittajia olivat Eino Oinonen (1915–1976) ja Rainer Rosengren (1934–2004). Oinonen oli metsätieteilijä, joka julkaisi 1956 laajan, yli 200-sivuisen, väitöskirjatutkimuksen muurahaisten merkityksestä kallioalueiden metsittymisessä. Kasaamalla ja lajittelemalla maa-ainesta muurahaiset luovat edellytyksiä taimien kasvulle ja edistävät siten alueiden metsittymistä. Oinonen julkaisi tutkimuksensa suomeksi, joskin siinä oli 29-sivuinen englanninkielinen tiivistelmä. Kesti muutaman vuosikymmenen, ennen kuin tutkijat palasivat selvittämään

muurahaisten ekologista merkitystä metsäluonnossamme. Viisikymmentäviisi vuotta Oinosen tutkimuksen jälkeen, Kilpeläinen ym. (2011) katsoivat aiheelliseksi julkaista katsauksen Oinosen alkuperäisestä työstä.

Käyttäytymistutkimus yhdistyy genetiikkaan

Rainer Rosengren teki uransa Helsingin yliopiston eläintieteen laitoksella, jonka ruotsinkielisellä osastolla oli vankka perinne eläinten käyttäytymisen ja aistifysiologian tutkimuksissa. Hänen tutkimuksensa suuntautuivat muurahaisten käyttäytymisen ja käyttäytymisekologian alueille. Väitöskirjatyössään vuonna 1971 hän selvitti kekomuurahaisten ravinnonhaku-käyttäytymistä ja suunnistautumista. Tutkimus osoitti, että ravinnon haussa olevat muurahaiset ovat polku-uskollisia (eli muurahainen lähtee keosta aina samaa polkua) ja käyttävät suunnistautumisessa näköaistia ja visuaalisia maamerkkejä. Työtä varten hän muun muassa eristi aitaamalla kallion laella olevan keon siten, että muurahaiset eivät pystyneet näkemään ympäristössä olevien puiden muodostamia maamerkkejä, vaan tukeutuivat aitauksen sisäpuolelle asetettuihin merkkeihin, joiden paikkoja tutkija saattoi vaihdella. Työmuurahaiset säilyttivät muistijäljen polkujen suunnista talven yli. Jatkotyöt osoittivat, että kekomuurahaiset käyttävät suunnistautumiseensa pimeään aikaan myös hajujälkiä ja että metsän hakkuu poistaa muurahaisten käyttämät visuaaliset merkit, jolloin polku-uskollisuus merkittävästi heikkenee (Kuva 11).

Rosengren oli hyvin laaja-alaisesti kiinnostunut muurahaisten biologiasta ja käytti kekseliäitä koejärjestelyjä testatessaan tutkimushypoteeseja. 1970-luvun alkupuolella hän yhdessä Kari Vepsäläisen kanssa päätti ryhtyä tutkimaan kekomuurahaisten ongelmalliseksi tiedettyä taksonomiaa geneettisin menetelmin. He ehdottivat tätä aihetta opinnäytetyöksi Pekka Pamilolle, joka proteiinielektroforeesia käyttäen



Kuva 11. Rainer Rosengren (vasemmalla) ja Pekka Pamilo seuraamassa Rosengrenin tutkimuskekoa, joka oli aidattu siten, että muurahaiset pystyivät kulkemaan maastoon vain muutaman sillan kautta. Näiltä Rosengren ja Lotta Sundström keräsivät näytteet muurahaisten saalisokhteiden selvittämiseksi. Kuva: Pekka Pamilo.

pyrki selvittämään lajien välisiä eroja entsyymigeenien muuntelussa. Työ osoittautui käytävissä olevilla menetelmillä hankalaksi, mutta johti Rosengrenin ja Pamilon pitkäaikaiseen yhteistyöhön, jossa käyttäytymisen, ekologian ja genetiikan keinoin tutkittiin muurahaisyhteiskuntien koostumusta ja toimintaa. Tästä syntyi tutkimustraditio, jota heidän oppilaansa ovat jatkaneet ja joka on tuottanut jo 30 väitöskirjaa Helsingin, Oulun ja Uppsalan yliopistoissa toimineissa tutkimusryhmissä.

Rosengrenin ja Pamilon tutkimusten keskeinen aihe oli muurahaisten yhteiskuntaelämän evoluutio. Jo Darwin käsitteli tätä kysymystä, koska lisääntymättömän työläiskastin evoluutio muodosti ensisilmäyksellä ongelman luonnonvalintaan perustuvalla evoluutionäkemykselle. Darwin esitti, että valinnan täytyy kohdistua koko yhteiskuntaan, mikä mahdollistaa myös lisääntymättömien työmuurahaisten ominaisuuksien kehittymisen ja siirtymisen seuraaville

sukupolville. William Hamilton (1936–2000), joka tutkimusansioistaan nimitettiin Suomesakin akateemikoksi, esitti 1960-luvulla matemaattisen teorian sille, miten sosiaaliseen käyttäytymiseen vaikuttavat geenimuodot siirtyvät seuraavaan sukupolveen paitsi yksilön omissa jälkeläisissä, myös niissä sukulaisissa, joiden syntymiseen ja elossa säilymiseen yksilö vaikuttaa. Teoria tunnetaan yleisesti sukulaisvalinnan teoriana. Australialaisen ohjaajansa ja kollegansa Ross Crozierin (1943–2009) kanssa Pamilo kehitti tilastollisen menetelmän teoriaa keskeisen sukulaisuusasteen mittaamiseksi, ja elektroforeettisesti tutkittavaa entsyymigeenien muuntelua käyttäen hän alkoi selvittää Rainer Rosengrenin kanssa muurahaisyhteiskuntien geneettistä koostumusta ja yksilöiden välisiä geneettisen sukulaisuuden asteita.



Muurahaisten sosiaalinen elämä

Keskeisiksi tutkimusteemoiksi Rosengrenin ja Pamilon tutkimusryhmässä nousivat laajojen pesäverkostojen kehittyminen sekä yhteiskunnan jäsenten väliset konfliktit. Monille Suomessa eläville muurahaislajeille on luonteenomaista, että ne muodostavat verkostoja, joissa pesät ovat yhteydessä toisiinsa ja joissa voi olla satoja tai jopa tuhansia lisääntyviä kuningattaria. Mikä sai yhteiskunnat muodostamaan tällaisia verkostoja ja miten ne toimivat? Yleisempää mielenkiintoa kysymys sai siitä, että monet maailmalla leviävät haitalliset muurahaislajit (esimerkiksi argentiinanmuurahainen *Linepithema humile*) tyypillisesti esiintyvät tällaisina verkostoina.

Geneettiset konfliktiteoriat kehittyivät osaksi sukulaivalinnan teoriaa 1970-luvulla, kun tutkijat havahtuivat siihen, että yhteiskunnan jäsenten väliset sukulaisuusasteet vaihtelevat ja sen seurauksena yksilöiden välillä on erilaisia intressejä siinä, millaisia jälkeläisiä pesä tuottaa ja mitkä geenit siirtyvät seuraavaan sukupolveen. Paljolti omiin töihinsä perustuen Crozier ja Pamilo kokosivat yhteen hyönteisyhteiskuntien evoluutiota käsittelevän teorian ja empiiriset tulokset teokseen *Evolution of social insect colonies: sex allocation and kin selection* (Crozier & Pamilo 1996). Rosengrenin ja Pamilon tutkimusryhmän ensimmäisten väitöskirjatyöntekijöiden (Lotta Sundström, Wille Fortelius, Perttu Seppä) työt keskittyivät pääasiassa näihin kysymyksiin. Tutkimusryhmän kenttätöitä keskitettiin Tvärminnen eläintieteelliselle asemalle (Kuva 12).

Perttu Sepän työt kohdistuivat aluksi viholaisien (suku *Myrmica*) yhteiskuntien ja populaatioiden sosiaalisen ja geneettisen rakenteen tutkimiseen. Myöhemmin työt ovat laajentuneet muihin lajeihin. Suomessa tavataan useita *Myrmica*-suvun lajeja ja useimmilla niistä pesässä voi olla monta lisääntyvää kuningattarta. Kuningattarien vaihtuvuus voi geneettisten tutkimusten perusteella olla nopeaa, koska



Kuva 12. Kun työmuurahainen (kuvassa kantomuurahainen *Formica truncorum*) käsittelee munia ja pieniä toukkia, ei voi olla varma hoitaako se niitä, aikooko se eliminoida liiat koirastoukat vai pyrkiikö se vaikuttamaan siihen, kehittykö naarastoukka työläiseksi vai uudeksi kuningattareksi. Kuva: Lotta Sundström.

pesän työläisten genotyypit eivät aina vastanneet senhetkisten kuningarten genotyyppijä. Kuningattaret näyttävät kuitenkin olevan sukua keskenään, eli pesät rekrytoivat tuottamiaan naaraita uusiksi kuningattariksi. Sepän geneettiset työt osoittivat, että kuningarten mahdollisuus jäädä kotipesäänsä vähentää niiden liikkuvuutta eli populaatioiden geenivirtaa. Tämä näkyy myös uusien alueiden, kuten hakkuualueiden asuttamisessa. Alkuvaiheessa alueen pesissä on yleensä vain yksi kuningatar, mutta ajan myötä monikuningattaristen pesien osuus kasvaa. Vertaamalla molemmilta vanhemmilta periytyvien geenien ja vain kuningattarelta periytyvän mitokondrion DNA-sekvenssin muuntelua, Seppä on *Formica*-suvun muurahaisilla arvioinut, että lähipopulaatioiden välisestä geenivaihdosta pääosa selittyy koiraiden liikkumisesta. Hänen töissään on painottunut myös yhteiskuntien sosiaalisen rakenteen vaikutus populaatioiden geneettiseen erilaistumiseen ja elinvoimaisuuteen sekä uhanalaisten lajien kohdalla lajien suojelun tarve.



Miten muurahaisten yhteiskunnat toimivat?

Muurahaisilla tehdyt tutkimukset olivat 1990-luvun alkupuolelle asti pääosin deskriptiivisiä, eli niissä kuvattiin geneettisen muuntelun avulla yhteiskuntien koostumusta ja populaatioiden erilaistumista. Näiden tietojen perusteella arvioitiin pesissä olevien lisääntyvien yksilöiden lukumäärää ja sukulaisuutta sekä alueellista liikkuvuutta eli geenivirtaa. Lotta Sundströmin tutkimukset kohdistuivat sen sijaan selvemmin funktionaalisiin kysymyksiin, yhteiskuntien toiminnan selvittämiseen. Hän yhdisteli genetiikan ja ekologian lähestymistapoja ja selvitti, miten muurahaisyhteiskunnat toimivat ja miten niissä esiintyvät geneettiset konfliktitilanteet ratkaistiin. Väitöskirjatyössään hän osoitti ensimmäistä kertaa pitävän tutkimusnäytön sille, että lisääntymättömät työmuurahaiset voivat edistää omia geneettisiä intressejään muokkaamalla pesän jälkeläistuottoa. Hänen tutkimustuloksensa osoittivat, että kantomuu-

rahaisten (*Formica truncorum*) pesissä on yksi kuningatar. Muurahaiskoiraat (kuten kaikki pistiäiskoiraat) ovat geneettisesti haploideja eli ne kehittyvät hedelmöittymättömistä munista ja niillä on yksinkertainen kromosomisto. Niinpä kaikki kuningattaren tuottamat koirasjälkeläiset ovat pesän työläisille geneettisesti samanarvoisia, mutta diploidien naarasjälkeläisten sukulaisuusaste vaihtelee sen mukaan, kuinka monen koiraan kanssa kuningatar on aikanaan pariutunut.

Sundströmin työ osoitti, että pesät, joissa kuningatar oli pariutunut vain kerran eli kaikki naarasjälkeläiset olivat täyssisaria, tuottivat enimmäkseen uusia kuningattaria, muiden pesien tuottaessa pääosan populaation koiraista. Tulos vastasi täysin sukulaisvalinnan teorian ennustetta tilanteessa, jossa työmuurahaiset kontrolloivat seksuaaliyksilöiden tuottoa. Hie- man myöhemmin hän yhteistyökumppanien- sa kanssa osoitti työläisten määräävän aseman myös toisella *Formica*-suvun lajilla, karvalovi-



Kuva 13. Liselotte Sundström (vasemmalla) tutkijassa loviniskan (*Formica exsecta*) kekoa Tvärminnen saaristos- sa Unni Pulliaisen kanssa. Kyseinen saaristopopulaatio on yksi maailman parhaiten tunnettuja muurahaispopu- laatioita. Kuva: Katja Bargum.

niskalla (*F. exsecta*). Jatkotöissä he selvittivät edelleen, että työmuurahaiset muokkaavat seksuaalituotantoa eliminoimalla valikoivasti koirastoukkia pesissä, joissa kuningatar on pariutunut vain yhden koiraan kanssa (Kuva 13).

Väitöskirjatyön ja postdoc-kauden jälkeen Sundström perusti Helsingin yliopistoon tutkimusryhmän, joka keskittyi tutkimaan sukulaisvalintateorian ennusteita ja mekanismeja, erityisesti kysymystä, miten muurahaiset tunnistavat toisiaan ja miten tuo tunnistus vaikuttaa niiden käyttäytymiseen. Havainto, että työmuurahaiset pystyvät tunnistamaan pesässä varttuvien toukkien joukosta geneettisesti läheisimmät sukulaisensa johti tunnistuksessa käytettävien hiilivety-yhdisteiden tutkimiseen. Tutkimuksen edetessä ja erityisesti genomitutkimuksen menetelmien kehittyessä, työt suuntautuivat laajemminkin muurahaisten biologiaan, elinkiertoihin, immuunipuolustukseen sekä sukusiitoksen ja muiden stressitekijöiden vaikutuksiin. Keskeiset kohdelajit olivat kantomuurahainen, karvaloviniska ja mustamuurahainen (*Formica fusca*). Pitkäaikaiset tutkimukset Tvärminnen saariston karvaloviniskoilla ovat tehneet siitä yhden maailman parhaiten tunnetuista muurahaispopulaatioista, jossa Sundström ja hänen oppilaansa Emma Vitikainen ovat geneettisiä menetelmiä hyödyntämällä selvittäneet pesien sukupuita eli mistä pesän perustanut kuningatar ja sen kanssa pariutunut koiras ovat lähtöisin ja kuinka etäälle kuningatar on syntymäpesästään siirtynyt (Sundström & Vitikainen 2022).

Sundströmin tutkimusryhmästä Heikki Helanterä on ansiokkaasti jatkanut omien oppilaidensa kanssa muurahaisyhteiskuntien toimintaa koskevaa evoluutiobiologista tutkimusta. Hän on Pamilon tavoin myös kehittänyt alan teoriaa. Hänen empiiristen töidensä aihepiirit ovat käsitelleet esimerkiksi sitä, miten työmuurahaiset osallistuvat koiraiden tuottamiseen. Pistiäisten koiraat kehittyvät hedelmöittämättömistä haploideista munista, joita myös työläiset pystyvät munimaan. Työläisten rooli koiraiden tuottajina kuitenkin vaihtelee suuresti

lähisukuistenkin lajien välillä. Helanterän työryhmän tutkimukset ovat kohdistuneet myös sukulaisten kemialliseen tunnistamiseen ja osoittaneet, että jo toukilla on kyky tunnistaa sukulaisuusasteita. Toukat harjoittavat kannibalismia ja syövät pesässä olevia munia, kuitenkin valikoivasti siten, että syödyiksi tulevat herkimmin munat, jotka eivät ole sukua toukalle. Yhdessä Katja Bargumin kanssa hän on kirjoittanut muurahaisten biologiaa ja muurahaistutkimuksia käsittelevän teoksen *Suuri suomalainen muurahaiskirja* (Bargum & Helanterä 2019).

Muurahaislajit kilpailevat keskenään

On arvioitu, että maailmassa elää noin 20 tuhatta biljoonaa (2×10^{16}) muurahaista eli kaksi ja puoli miljoonaa jokaista ihmistä kohden. Lajeja tunnetaan noin 15 000 ja tuhansia on varmasti vielä nimeämättä. Muurahaisten suuri määrä tarkoittaa, että ne joutuvat kilpailemaan keskenään tilasta ja ravinnosta. Sekä lajien sisäinen että niiden välinen kilpailu vaikuttavat pesien sijaintiin ja pesätiheyteen. Kari Vepsäläinen erotti puolalaisen kollegansa Bohdan Pisarskin (1928–1992) kanssa muurahaislajien välisessä kilpailussa kolme tasoa. Alimmalla tasolla toimivat lajit puolustavat omaa pesäänsä, keskitasolla lajit puolustavat myös ravintoresurssejaan ja korkeimman tason dominoivat lajit puolustavat koko aluetta, jolla ne liikkuvat ravinnon haussa. Ylempien tasojen lajit yleensä syrjäyttävät toisensa, mutta alimman tason syrjään vetäytyvät lajit pystyvät elämään kilpailuhierarkiassa korkeammalla olevien lajien elinpiirissä. Täten kilpailu säätelee sitä, millaiset lajit pystyvät elämään rinnan ja millaiseksi alueen lajikoostumus muodostuu (Kuva 14).

Yhdessä Riitta Savolaisen kanssa Vepsäläinen on testannut kilpailuhierarkian ennusteita ja kilpailun vaikutusta lajikoostumukseen useissa tutkimuksissa sekä keräämällä ravinnon haussa olevia työmuurahaisia että tarkastelemalla niiden esiintymistä maastoon asetetuilla syöteillä. Odotusten mukaisesti dominoivat la-



Kuva 14. Kari Vepsäläinen ihastelee tammen rungossa pesivää paperimuurahaisen (*Lasius fuliginosus*) pesää. Paperimuurahainen voi olla muurahaisten kilpailuhierarkiassa ylimmällä tasolla ja säädellä alueen muuta lajistoa. Kuva: Riitta Savolainen.

jit vaikuttavat muuhun lajistoon ja vaikuttavat myös hierarkian alimmalla tasolla olevien lajien ravinnonhakukäyttäytymiseen. Muita välttelevät lajit valitsevat keskimäärin pienempiä saalis kohteita tai saalistavat karikkeen seassa dominoivan lajin yksilöitä vältellen.

Vepsäläinen on jatkanut aktiivisesti yhteistyötään puolalaisten kollegoiden kanssa, sen tuloksena syntyi myös laaja opaskirja *Ants of Poland* (Czechowski ym. 2012).

Kilpailun ohella paikalliseen lajistoon vaikuttavat luonnollisesti myös lajien maantieteellinen levinneisyys ja niiden elinympäristövaatimukset. Pekka Punntila aloitti muurahaistyönsä Helsingin yliopistossa Yrjö Hailan hankkeessa, jossa tutkittiin luonnon monimuotoisuutta eri ikäisissä metsissä. Myöhemmin Punntila on jatkanut tutkimuksia Suomen ympäristökeskuksessa ja myös yhteistyössä muiden tutkimus-

ryhmien kanssa. Avohakkuiden jälkeen häiriöalueen kolonisoivat nopeimmin lajit, joilla yksinäinen kuningatar pystyy perustamaan pesän. Ajan myötä alueelle saapuu muita lajeja, mutta ne tarvitsevat pesän perustamisvaiheessa toisten lajien apua, sillä ne valtaavat toisen lajin pesän käyttöönsä. Vähitellen lajisto muuttuu siten, että dominoivat lajit muodostavat alueelle pesäverkoston, jossa ensimmäisen pesän muurahaisten rakentavat lähistölle uusia pesiä, joissa on useita kuningattaria. Lopulta dominoivat lajit säätelevät koko alueen lajikoostumusta.

Lajikysymykset

Erityisen mielenkiinnon kohteena suomalaisten tutkijoiden listalla on ollut kekomuurahaisten esiintyminen, koska kyse on koko muurahaistolajistoa säätelevistä dominoivista lajeista. Eräät muutkin lajit rakentavat kekoja, mutta varsinaisia neulaskekoja tekeviä *Formica rufa* -ryhmän lajeja metsissämme tavataan viisi. Kekojen kartoitus on ollut osana myös valtakunnallisissa metsäinventoinneissa ja tästä aineistosta on saatu hyvä käsitys lajien maantieteellisestä levinneisyydestä ja elinympäristövaatimuksista. Jouni Sorvarin kansalaistieteen avulla kokoama aineisto antaa vastaavan käsityksen. Yleisin kekomuurahaisemme on tupsukekomuurahainen (*Formica aquilonia*), joka esiintyy koko maan alueella. Laji muodostaa laajoja pesäverkostoja, missä keot ovat yhteydessä toisiinsa poluin ja lisääntyviä kuningattaria voi yhdessä keossa olla satamäärin.

Kekomuurahaisten on useissa tutkimuksissa havaittu taksonomisesti hankalaksi ryhmäksi, ja DNA-tason työt osoittavat lajien olevan verrattain nuoria. Morfologisten tuntomerkkien tarkastelu ja DNA-sekvenssien siirtyminen lajista toiseen viittaavat lajien myös risteytyvän keskenään. Jonna Kulmunin geneettiset tutkimukset ovat paljastaneet mielenkiintoisen risteymähistorian kahden kekomuurahaistolajin, tupsukekomuurahaisen (*Formica aquilonia*) ja kaljukekomuurahaisen (*F. polycytena*) välillä. Tvärminnen

eläintieteellisen aseman läheisyydessä on populaatio, jossa kaikki muurahaiset vaikuttavat näiden lajien hybrideiltä kuitenkin siten, että hybridit jakautuvat kahteen geneettisesti erilliseen ryhmään. Risteymien ongelmista kiellise, että naarasyksilöillä (sekä kuningattarilla että työmuurahaisilla) esiintyy geenimuotoja eli alleleita, joita ei havaita koiraisissa. Ilmeisesti risteytymisen tuloksena syntyvillä koirailta, jotka pistiäiskoiraiden tapaan ovat haploideja, on haitallisia geeniyhdistelmiä, jotka johtavat yksilönkehityksen ongelmiin ja varhaiseen kuolemaan. Diploidit hybridinaaraat sen sijaan saattavat jopa hyötyä kahden lajin geeniaineksen yhdistymisestä, joten koiraille haitalliset alleelit säilyvät populaatiossa. Tvärminnen kekomuurahaiset tarjoavat erinomaisen mahdollisuuden tapaustutkimukselle, jonka avulla voidaan tutkia yhtä keskeistä evoluutiobiologian kysymystä, miten lähisukuisten lajien risteytyminen vaikuttaa lajinmuodostukseen ja sen geneettisiin mekanismeihin (Kuva 15).



Kuva 15. Tupsukekomuurahaisen (*Formica aquilonia*) pesässä voi olla kymmeniä tai satoja kuningattaria, jotka varhain keväällä nousevat työläisten kanssa keon pinnalle auringonpaisteeseen. Kuningattaret erottuvat suuren kokonsa ja kiiltävän takaruumiinsa perusteella. Kuva: Pekka Pamilo.

Toinen lajinmuodostuksen kannalta mielenkiintoinen suku on *Myrmica* eli viholaiset. Suomessa tavataan 13 lajia, joista viisi on William Nylanderin aikanaan kuvaamia. Muurahaisissa on useita lajeja, jotka käyttävät toisia hyväkseen. Kekomuurahaisten kuningattaret eivät pysty yksinään perustamaan uutta pesää, vaan ne tunkeutuvat toisen lajin, esimerkiksi mustamuurahaisen (yleisemmin alasuku *Serviformica*), pesään, syrjäyttävät alkuperäisen kuningattaren ja antavat mustamuurahaisen kasvattaa ensimmäiset jälkeläiset. Tässä pesäloisinnan muodossa on kyse siten väliaikaisesta, pesän perustamisvaiheeseen liittyvästä parasitismista. Verimuurahaiset (*Formica sanguinea*) puolestaan tekevät ryöstöretkiä läheisten *Serviformica*-alasuvun pesiin ja kantavat sieltä toukkia ja koteloita omaan pesäänsä saaden näin ylimääräistä työvoimaa. *Myrmica*-suvun viholaisista puolestaan tunnetaan useita lajeja, joilta oma työläiskasti on jäänyt kokonaan pois ja kuningattaret loisivat käen tavoin toisen lajin pesissä. Riitta Savolaisen tutkimusryhmässä Helsingin yliopistossa on selvitetty, miten tämä yhteiskuntaloisinta (englanniksi *inquilism*) on kehittynyt. Onko loismainen elämäntapa kehittynyt yhdessä evoluutiolinjassa, vai onko jokainen yhteiskuntaloinen erillisen evoluutio- ja lajiutumisprosessin tulos? Savolaisen ryhmän tulokset osoittavat, että yhteiskuntaloisinta on kehittynyt *Myrmica*-suvussa useita kertoja siten, että parasitainen laji on usein hyvin läheistä sukua isäntälajilleen. Monet suvun lajit ovat myös väliaikaisia parasitteja eli käyttävät isäntälajia hyväkseen vain pesän perustamisvaiheessa. Näiden lajien kohdalla parasitiin ja isännän sukulaisuus on vaihtelevampi osoittaen, että loismainen elämäntapa on voinut kehittyä eri reittejä.

Muurahaiset osana ravintoverkkoa

Muurahaisia on lukumääräisesti paljon ja niiden biomassa on suuri. Tropiikissa on arvioitu, että muurahaisten biomassa ylittää selkärankaisten

tutkimusryhmä on löytänyt kymmeniä lajeja. Kun avohakkuut vaikuttavat kekojen kosteusolosuhteisiin, myös näiden seuralaislajien elinolosuhteet muuttuvat ja niiden esiintyminen vaarantuu.

Myös mikrobiyhteisöt – bakteerit ja sienet – eroavat muurahaiskekojen ja ympäröivän maaperän välillä, kuten Lotta Sundströmin ryhmän työt osoittavat. Sienten lajisto vaikuttaa muuttuvan ajallisesti herkemmin, mutta näiden mikrobien ja muurahaisten välisten yhteyksien luonnetta ei tarkemmin tunneta.

Myös taudit viihtyvät pesissä

Kaikilla eläimillä on loisensa ja tautinsa. Suuri yksilötiheys muurahaisyhteiskunnissa tarjoaa otollisen tilaisuuden epidemioiden leviämiseksi, etenkin kun saman pesän yksilöt ovat yleensä geneettisesti sukua toisilleen. Rainer Rosengren epäili jo 1970-luvulla, että ns. sylkirauhastauti, joka saa työmuurahaisen keskiruumiin kehittymään siten, että se muistuttaa kuningatar, voisi olla viruksen aiheuttama vaiva. Muurahaisten taudinaiheuttajista ei toistaiseksi tiedetä paljon. Tutkijoiden huomio onkin keskittynyt paljolti siihen, miten muurahaisten immuunipuolustus toimii ja miten eri stressitekijät vaikuttavat puolustukseen.

Muurahaisten immuunipuolustuksessa voidaan tunnistaa yksilöiden oma fysiologinen puolustus ja hygieeniseen käyttäytymiseen perustuva sosiaalinen puolustus. Jouni Sorvari yhteistyökumppaneineen on selvittänyt yksilöiden puolustusreaktioita sijoittamalla lyhyen nailonsiiman palan muurahaisen takaruumiin, jolloin muurahaiset eristävät tunnistamansa vierasesineen ympäröimällä sen melaniinilla – samaan tapaan kuin ne eristäisivät jonkun taudinaiheuttajamikrobin. Sundströmin ja Lumi Viljakaisen ryhmissä on puolustusreaktioita ryhdytty tutkimaan myös mittaamalla immuunijärjestelmään kuuluvien geenien aktivoitumista, kun muurahaisia infektoidaan potentiaalisilla taudinaiheuttajilla. Tulokset osoittavat

muurahaisen kastin sekä sisäsiittoisuuden ja ympäristötekijöiden aiheuttaman stressin vaikuttavan puolustusreaktion voimakkuuteen.

Sundströmin tutkimusryhmässä suunniteltiin Dalia Freitakin johdolla myös koe, jossa muurahaisia altistettiin patogeeniseksi tiedetyllä *Beauveria*-sienellä. Altistetuille muurahaisille tarjottiin ravintovaihtoehtoja, joista toiseen oli lisätty vetyperoksidia. Muurahaiset valitsivat sieni-infektion uhatessa ravintoa, jossa on reaktiivisia happiradikaaleja, jotka aineenvaihdunnassa auttavat tuhoamaan taudin aiheuttajia. Muurahaiset pystyvät siis tarvittaessa lääkitsemään itseään!

Geenien toimintaan perustuvat menetelmät immuunipuolustuksen voimakkuuden mittaamisessa edellyttävät, että immuunipuolustukseen osallistuvat geenit ja niiden emäsjärjestys tunnetaan. Kun seitsemän muurahaislajin perimät selvitettiin vuosina 2010–2011, Lumi Viljakainen Oulun yliopistosta osallistui niiden immuunijärjestelmän geenien tunnistamiseen. Omissa tutkimuksissaan hän havaitsi, että muurahaisten immuunipuolustuksen proteiinit ovat evoluution aikana muuttuneet nopeammin kuin vertailugeenit tai banaanikärpäsen immuunipuolustuksen geenit. Tulokset kielivät immuunijärjestelmän ja tautien suuresta merkityksestä muurahaisten elämässä. Viimeaikaisissa töissään Viljakainen on sekvenssiaineistojen perusteella tunnistanut muurahaisten viruksia ja osoittanut, että virusten aiheuttamat taudit ovat suurelta osin isäntäspesifisiä.

Metsät ja muurahaiset

Eino Oinonen havaitsi 1950-luvulla, että muurahaiset muokkaavat maa-ainesta vaikuttaen sitä kautta puuntaimien kasvuun. 2000-luvun alussa Leena Finérin johtama, usean yliopiston ja tutkimuslaitoksen tutkijoista koostuva yhteishanke kohdisti uudelleen katseensa kekomuurahaisten merkitykseen metsämaan muokkaamisessa ja ravinteiden kierrätyksessä eri-ikäisissä (5, 30, 60 ja 100 vuotta) kuusikoissa.

Kekotiheys vaihtelee suurestikin paikallisesti, mutta valtakunnanlaajuisten inventointien mukaan kekoja on keskimäärin 3–4 metsähehtaarilla. Vanhoissa metsissä keot ovat suurempia ja suuren biomassansa johdosta muurahaisilla on merkittävä rooli ravinteiden, etenkin typen ja fosforin, kiertokulussa metsäekosysteemeissä. Vaikka kekojen osuus metsämaan sisältämästä hiilen kokonaismäärästä on verraten pieni, keoissa voi olla varastoituneena parisataa kiloa hiiltä metsähehtaaria kohden. Siten muurahaiset voivat saada aikaan hiili- ja ravinnevarastojen keskittymiä metsässä ja hylätyistä keoista vapautuvat ravinteet edistävät tutkimuksen mukaan puiden ohutjuurien kasvua.

Jos muurahaiset vaikuttavat metsäekosysteemin toimintaan, vastakkainen vaikutus on vielä kohtalokkaampi, sillä metsänhoitotoimet vaikuttavat merkittävästi muurahaislajistoon ja -populaatioihin. Heikki Wuorenrinne (1933–2003) tutki 1970-luvulla kekomuurahaisien esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä Espoon kaupunkimetsissä. Rosengren ja Pamilo totesivat, että avohakkuu vaikeuttaa kekomuurahaisten suunnistautumista ja johtaa olemassa olevien kekojen jakautumiseen useiksi pieniksi keoiksi. Turun yliopiston tutkijat Jouni Sorvari ja Harri Hakkarainen (1966–2014) havaitsivat 2000-luvulla hakkuiden vaikuttavan monin tavoin kekomuurahaisten elämään. Hakkualueiden työmuurahaiset olivat aiempaa pienikokoisempia ja – ilmeisesti ravintokilpailun takia – entistä aggressiivisempia lajitovereitaan kohtaan. Pesät tuottivat vähemmän uusia kuningattaria ja koiraita, ja erityisesti koirasjäkeläisten osuus laski. Haitallisten tekijöiden yhteisvaikutuksesta kekomuurahaisten populaatiokokoa pieneni. Viimeaikaisissa tutkimuksissaan Sorvari on havainnut avohakkuiden vaikuttavan kekojen kosteus- ja lämpöolosuhteisiin lisäten muurahaisien talvikuolettaisuutta ja aiheuttaen yhteiskuntien kuolemista.

Myös Pekka Puntila on tutkimuksissaan paneutunut metsänhoidon vaikutuksiin. Hänen saamansa tulokset näyttävät selvästi, miten

avohakkuut vaikuttavat kekomuurahaisten elämään ja miten lajisto muuttuu metsien ikääntyessä ja metsäalueiden pirstoutuessa. Vanhoissa kuusikoissa vallitsevat monikuningattarisia ja monipesäisiä yhteiskuntia rakentavat lajit, jotka kärsivät voimakkaasti avohakkuista. Metsän sukkession alkuvaiheessa alueelle leviävät ensimmäisinä lajit, jotka rakentavat yksikuningattarisia pesiä. Vie aikansa, ennen kuin metsä on sopiva ympäristö monikuningattarisille kekomuurahaisyhteisöille. Muurahaislajiston muuttamista hidastaa myös se, että kuningattaret ovat hyvin pitkäikäisiä ja yhteiskuntien kasvu voi olla verkkaista.

Auttaako genomitieto ratkomaan muurahaisiin liittyviä kysymyksiä?

Biotieteiden kehitys mahdollistaa eliöiden koko perimän kartoittamisen ja toimivien geenien tunnistamisen. Kuten edellä todettiin, Lumi Viljakainen oli mukana selvittämässä immuunijärjestelmän geenejä ensimmäisistä muurahaisgenomeista ja Lotta Sundströmin ryhmä selvitti vuonna 2019 meillä paljon tutkitun karvaloviniskan (*Formica exsecta*) perimän ja tunnisti siitä 13 767 proteiinia koodaava geeniä. Erilaisia transkription tuotteita on tätä enemmän, koska osaa geeneistä luetaan eri tavoin. Lajiristeymiä tutkiva Jonna Kulmunin ryhmä on määrittänyt geenejä kekomuurahaisen (*F. aquilonia* × *F. polyctena* risteymä) perimästä. Tietoa muurahaisien perimästä karttuu koko ajan lisää, mutta mitä se kertoo niiden biologiasta? (Kuva 17.)

Työryhmien tuloksista huomataan etenkin kommunikaatioon liittyvien kemiallisten yhdisteiden valmistamiseen ja tunnistamiseen liittyvien geeniperheiden nopea evoluutio. Tämä kertoo hajumaailman keskeisestä roolista muurahaisien elämässä. Edellä kerrottiin jo immuunijärjestelmän geenien nopeasta evoluutiosta. Genomitason tutkimus on vasta alkuvaiheessa, mutta kertoo jo nyt perimässä tapahtuneista muutoksista ja siitä, mihin toimintoihin on kehittynyt uusia geenejä ja mitä geenejä valinta-

paineet ovat muuttaneet.

Suomalaisten tutkimusryhmien yksi pitkäaikainen kiinnostuksen kohde on ollut pesäverkostojen eli superkolonioiden muodostuminen. Jakautuminen yksittäisiin, yhden kuningattaren perustamiin pesiin ja monikuningattariin superkolonioihin koskee usein kahta lähisukuista lajia, mutta joskus vastaavan eron voi havaita lajin sisällä kahden populaation välillä. Sundströmin ja Helanterän ryhmät osallistuvat kansainväliseen hankkeeseen, jossa selvisi, että näiden sosiaalisten muotojen taustalla on



Kuva 17. Loviniskakuningatar parveilulennolle lähdössä. Tvärminnen saaristossa tehty tutkimus on osoittanut, että kuningattaret perustavat uuden pesän keskimäärin noin 60 metrin päähän syntymäpesästään. Ekologian lisäksi myös lajin genomi on hyvin tutkittu. Kuva: Lotta Sundström.

perinnöllinen ero usean geenin muodostamassa laajassa supergeenissä, kromosomialueessa, jossa tapahtuu rekombinaatiota vain harvoin. Useilla *Formica*-suvun lajeilla havaittu sama kromosomiero näiden sosiaalisten muotojen välillä kertoo siitä, että muotojen eriytyminen on tapahtunut miljoonia vuosia sitten ja säilynyt siitä lähtien eri kehityslinjoissa.

Suuri mielenkiinto genomissa tapahtuneiden muutosten ohella kohdistuu siihen, miten geenit viime kädessä toimivat. Selvittämällä transkriptomia eli sitä, mitä lähetti-RNA -molekyyliä solut tuottavat, saadaan selville, mitkä

geenit ovat olleet erityisen aktiivisia. Tätä menetelmää tutkimusryhmät ovat hyödyntäneet esimerkiksi immuunivasteen tutkimisessa. Yksi muurahaisten biologian ja evoluution keskeinen kysymys on, mikä saa yksilön kehittymään työmuurahaiseksi tai kuningattareksi. Perimältään ne ovat samanlaisia diploideja yksilöitä, mutta joku muu tekijä ratkaisee yksilönkehityksen suunnan ja yksilön tulevan kastin. Millaisia eroja eri tavoin kehittyvien toukkien geenitoiminnassa näkyy? Verratessaan useiden lajien transkriptomeja eri kasteista, Heikki Helanterän ja Lotta Sundströmin tutkimusryhmässä työskennellyt Claire Morandin pystyi osoittamaan, että kastinmääräytymisen taustalla on useiden geenien muodostamia toiminnallisia verkostoja, joista on hankala nimetä yhtään yksittäistä kastia määräävää geeniä.

Genomitason tutkimukset ovat jo paljastaneet mielenkiintoisella tavalla piirteitä muurahaisten yhteiskuntaelämän taustoista, ja tämä työ on vasta alkuvaiheissaan. Yksi tulevaisuuden työkalu tällä alueella on myös geenimuokaus (Konu 2023). Viljakainen ja Kulmuni valitsivat kohteeksi muurahaisten silmän väripigmenttiä tuottavan geenin ja kohdistivat siihen mutaatioita geenisaksien avulla. Tuloksena syntyi poikkeava silmänväri. Kun kohteeksi valitaan joku sosiaaliseen elämään vaikuttava geeni, menetelmä avaa mielenkiintoisia näkymiä uusille tutkimuksille.

Kiitokset

Kiitämme Pasi Reunasta, Heikki Helanterää ja Lotta Sundströmiä hyödyllisistä kommentista, jotka auttoivat selkeyttämään esitystä. Kiitämme myös Lotta Sundströmiä, Pertti Huttusta, Veijo Seppästä, Katja Bargumia, Riitta Savolaista ja Kuopion museota käyttöömmme saamistamme valokuvista.

Emeritusprofessori Pekka Pamilo on johtanut yhteiskuntahyönteisten evoluutiobiologian tutkimusryhmiä Helsingin, Uppsalan ja Oulun yliopistoissa.

Dosentti Ilkka Teräs on toiminut suunnittelijana Helsingin yliopiston bio- ja ympäristötieteellisessä tiedekunnassa. Hän on kiinnostunut pölyttäjähyönteisistä, erityisesti myrkkypistiäisistä, sarvijääristä ja kukkakärpäisistä, sekä Suomen hyönteistieteen historiasta.



Kuva 18. Ilkka Teräs esittelee löytämänsä kankuria (*Lamia textor*) Suomen Hyönteistieteellisen Seuran kevätretkellä Inkoossa. Kuva: Veijo Seppänen.



Kirjallisuus

- Annala I 1999 Bee venom allergy in beekeepers. Väitöskirja, Acta Universitatis Tamperensis.
- Bargum K & Helanterä H 2019 Suuri suomalainen muurahaikirja. Minerva, Helsinki.
- Collingwood CA 1979 The Formicidae (Hymenoptera) of Fennoscandia and Denmark. Fauna Entomol Scand Vol 8. Scandinavian Science Press, Klampenborg, Denmark.
- Crozier RH & Pamilo P 1996 Evolution of social insect colonies: sex allocation and kin selection. Oxford Univ Press, Oxford.
- Czechowski W, Radchenko A, Czechowska W & Vepsäläinen K 2012 The ants of Poland with reference to the myrmecofauna of Europe. Natura Optima Dux Foundation, Varsova.
- Elfving R 1960 Die Hummeln und Schmarotzerhummeln Finnlands. Fauna Fennica 10: 1–45.
- Elfving R 1968 Die Bienen Finnlands. Fauna Fennica 21: 1–69.
- Forsius R & Nordström Å 1923 Zur Kenntnis der Vespiden Finnlands. Notulae Entomol 3: 1–9.
- Hakala SM, Kulmuni J & Helanterä H 2023 Evoluutio vaikuttaa muurahaisten tulevaisuudennäkymiin. Luonnon Tutkija 1: 24–38.
- Hanski I 1982 a Communities of bumblebees: testing the core-satellite species hypothesis. Ann Zool Fenn 19: 65–73.
- Hanski I 1982 b Structure in bumblebee communities. Ann Zool Fenn 19: 319–326.
- Hölldobler B & Wilson EO 1990 The ants. Harvard Univ Press, Cambridge, MA.
- Jantunen J & Saarinen K 2007 Herhiläisen esiintyminen Etelä- ja Itä-Suomessa. Sanoma-lehtikyselyt vuonna 2007. Etelä-Karjalan Allergia- ja Ympäristöinstituutti.
- Johansson K & Pekkarinen A 2000 Saksanampiainen (*Vespula germanica*) löytynyt talvelta Turusta (Hymenoptera, Vespidae). Sahlbergia 5: 49.
- Julin J 1791-1792 Bref til Herr Intendenten Fischerström, om de uti Österbotten, sårdeles omkring Uleåborg samlade Naturalier.

- Ny J Hushålln 14: 266–293, 15: 3–34, 55–73, 105–137.
- Kilpeläinen J, Niemelä P & Kuuluvainen T 2011 A review of the study of Oinonen (1956) on ants on rocks and their contribution to forest regeneration in southern Finland. *Scand Forest Res* 26: 72–80.
- Komonen A & Sorvari J 2023 Yhteiskunta-ampiaisista Suomessa. *Luonnon Tutkija* 1: 14–23.
- Konu M 2023 Pihamauriaisien geenimuokkaus CRISPR-Cas9-tekniikalla. *Luonnon Tutkija* 1: 39–42.
- Korpela S, Aarhus A, Fries I & Hansen H 1992 *Varroa jacobsoni* Oud. in cold climates: population growth, winter mortality and influence on the survival of honey bee colonies. *J Apicult Res* 31: 157–164.
- Kujala V 1925 Kimalaiset eräitten kukkien pölyttäjinä. *Luonnon Ystävä* 29: 104.
- Laine K 2012 a Menneiden aikojen mehiläishoitoa osa 3: Mehiläishoitokoulu. *Mehiläinen* 3/2012: 84–85.
- Laine K 2012 b Menneiden aikojen mehiläishoitoa osa 4: Kansainvälistä surinaa. *Mehiläinen* 5: 148.
- Leikola A 2011 History of zoology in Finland 1828-1918. *Soc Scient Fennica, Sastamala*.
- Loukola OJ 2023 Mesipistiäisten älykkyydestä. *Luonnon Tutkija* 1/2023: 4–13.
- Loukola OJ, Solvi C, Coscos L & Chittka L 2017 Bumblebees show cognitive flexibility by improving on an observed complex behavior. *Science* 355: 833–836.
- Mikkola K 1978 Spring migrations of wasps and bumble bees on the southern coast of Finland (Hymenoptera, Vespidae and Apidae). *Ann Entomol Fenn* 44: 10–26.
- Mikkola K 1984 Migration of wasps and bumblebee queens across the Gulf of Finland (Hymenoptera: Vespidae and Apidae). *Notulae Entomol* 64: 125–128.
- Mikkola K 2004 Onko Isaac Uddmanin ja hänen aikaistensa perhosia jäljellä? *Luonnon Tutkija* 108: 84–90.
- Parkkinen S, Paukkunen J & Teräs I 2018. Suomen kimalaiset. *Docendo, Jyväskylä*.
- Paxton RJ, Klee J, Korpela S & Fries I 2007 *Nosema ceranae* has infected *Apis mellifera* in Europe since at least 1998 and may be more virulent than *Nosema apis*. *Apidologie* 38: 558–565.
- Pekkarinen A 1973 Suomen yhteiskunta-ampiaisista (Vespidae). *Luonnon Tutkija* 77: 12–19.
- Pekkarinen A 1979 Morphometric, colour and enzyme variation in bumblebees (Hymenoptera, Apidae, *Bombus*) in Fennoscandia and Denmark. *Acta Zool Fenn* 158: 1–60.
- Pekkarinen A 1989 The hornet (*Vespa crabro* L.) in Finland and its changing northern limit in northwestern Europe. *Entomol Tidskr* 110: 161–164.
- Pekkarinen A 1995 Geographic variation and taxonomy of *Dolichovespula* species in the boreal zone of the Holarctic region (Hymenoptera, Vespinae). *Acta Zool Fenn* 199: 61–70.
- Pekkarinen A & Huldén L 1995 Distribution and phenology of the Vespinae and Polistinae species in eastern Fennoscandia (Hymenoptera: Vespidae). *Sahlbergia* 2: 99–111.
- Pekkarinen A & Teräs I 1977 Suomen kimalaisista ja loiskimalaisista. *Luonnon Tutkija* 81: 1–24.
- Pekkarinen A, Teräs I, Viramo J & Paatela J 1981 Distribution of bumblebees (Hymenoptera, Apidae: *Bombus* and *Psithyrus*) in eastern Fennoscandia. *Notulae Entomol* 61: 71–89.
- Ranta E 1981 Structure of bumblebee communities in Northern Europe. *Väitöskirja, Helsingin yliopisto*.
- Reuter OM 1919. Hyönteisten elintavat ja vaistot, yhteiskunnallisten vaistojen sarastukseen saakka (S ja KH Hällströmin suomenos). *Otava, Helsinki*.
- Sahlberg J 1902 Yleiskatsaus Suomen *Bombus*-lajeihin. *Luonnon Ystävä* 6: 188–193.
- Salmela H, Amdam GV & Freitak D 2015 Transfer of immunity from mother to offspring is

mediated via egg-yolk protein vitellogenin. *PLoS Pathol* 11, e1005015.

Siivonen L 1942 Zur Phänologie des Frühjahrauftretens der Hummel (*Bombus*, Hym., Apidae). *Ann Entomol Fenn* 8: 83–102.

Sorvari J 2013 Social wasp (Hymenoptera: Vespidae) beer trapping in Finland 2008-2012: a German surprise. *Entomol Fennica* 24: 156–164.

Sundström L & Vitikainen E 2022 The life history of *Formica exsecta* (Hymenoptera, Formicidae) from an ecological and evolutionary perspective. *Myrmecol News* 32: 23–40.

Teräs I 1985 Food plants and flower visits of bumblebees (*Bombus*: Hymenoptera, Apidae) in southern Finland. *Acta Zool Fenn* 179: 1–120.

Teräs I, Jantunen J, Pekkarinen A, Saarinen K & Sorjonen J 2003 Herhiläisen uusi tuleminen. *Luonnon Tutkija* 107: 168–176.

Uddman I 1753 *Novae Insectorum species*. Jacob Merckell, Aboae.

Varis A-L 1993 Suomen mehiläishoito mennei-

syydestä nykypäivään. *Luonnon Tutkija* 97: 184–187.

Varis A-L, Helenius J & Koivulehto K 1982 Pollen spectrum of Finnish honey. *J Scient Agric Soc Finland* 54: 407–420.

Vesterlund S-R 2015 *Bumblebees in a Changing Climate: Evaluating the Effects of Temperature on Queen Performance*. Väitöskirja, Turun yliopisto.

Wellenius O 1904 Suomen myrkkypistiäiset. Hymenoptera Aculeata I. Muurahaiset – Heterogyna. *Vanamon kirjasia* 2: 1–24.

Westerlund A 1893 Hymenopterologisia havainnoita Laatokan pohjoisrannikolta. *Acta Soc Fauna Flora Fennica* 9, 30 sivua.

Wirta H, Abrego N, Miller K, Roslin T & Vesterinen E 2021 DNA traces the origin of honey by identifying plant, bacteria and fungi. *Sci Rep* 11: 4798.

Woldstedt FW 1875 Förteckning öfver några finska guld- och rofsteklar samt getingar. *Notiser ur sällskapet Pro Fauna et Flora Fennica förhandlingar*. Vol 14, s 344–439.



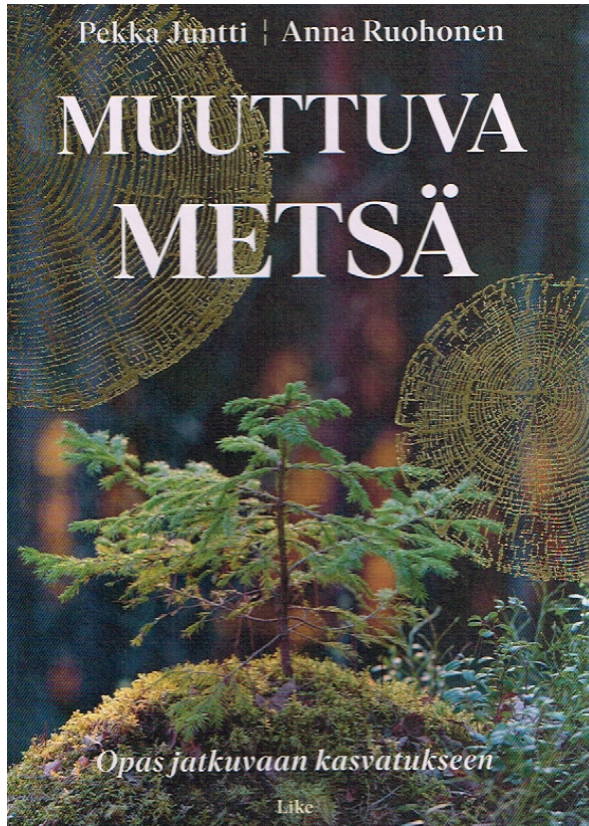
Lotta Sundströmin tutkimusryhmä (kuvassa) järjesti 2016 Helsingissä yhteiskuntahyönteisten biologian kansainvälisen kongressin (IUSSI eli International Union for the Study of Social Insects). Kuva: Lotta Sundström.

Tietolaatikko

Muurahaistutkimuksia käsittelevä osuus perustuu suurelta osin seuraaviin suomalaisten tutkijoiden ja heidän oppilaidensa tekemiin väitöskirjoihin:

- Oinonen EA 1956 Kallioiden muurahaisista ja niiden osuudesta kallioiden metsittymiseen Etelä-Suomessa. Helsingin yliopisto. Acta Entomol Fenn 12: 1–212.
- Rosengren R 1971 Route fidelity, visual memory and recruitment behaviour in foraging wood ants of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae). Helsingin yliopisto. Acta Zool Fenn 133: 1–106.
- Pamilo P 1982 Population genetics of *Formica* ants. Helsingin yliopisto.
- Savolainen R 1989 Ant communities in the taiga biome: testing the structuring role of interference competition. Helsingin yliopisto.
- Sundström L 1994 Intraspecific variation in sociogenetic organisation and worker-queen conflict in the ant *Formica truncorum*. Helsingin yliopisto.
- Seppä P 1994 Social and genetic structure of *Myrmica* populations. Helsingin yliopisto.
- Fortelius W 1994 Reproductive biology in the wood ant genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae). Helsingin yliopisto.
- Walén L 1997 Colony characteristics and worker-queen conflicts in *Myrmica* ants. Helsingin yliopisto.
- Aho T 1997 Determinants of breeding performance of the Eurasian treecreeper. Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-9050-3>
- Laakso J 1998 Sensitivity of ecosystem functioning to changes in the structure of soil food webs. Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-8779-4>
- Gertsch P 2000 Adaptive significance of queen mating frequency in ants. Uppsalan yliopisto.
- Hannonen M 2002 Proximate and ultimate determinants of reproductive skew in the polygyne ant *Formica fusca*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-0728-1>
- Gyllenstrand N 2002 Effects of social organisation on spatial genetic structures in *Formica* ants. Uppsalan yliopisto.
- Päivinen J 2003 Distribution, abundance and species richness of butterflies and myrmecophilous beetles. Jyväskylän yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-39-1532-8>
- Goropashnaya A 2003 Phylogeographic structure and genetic variation in *Formica* ants. Uppsalan yliopisto. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A163745&dsid=4602>
- Helanterä H 2004 Kinship and conflicts over male production in *Formica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-2162-4>
- Sorvari J 2005 Anthropogenic effects on immune function, reproduction and nestmate recognition in *Formica* ants. Turun yliopisto.
- Trontti K 2006 Population structure and evolution in the ant *Plagiolepis pygmaea* and its two social parasites *Plagiolepis xene* and *Plagiolepis grassei*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:952-10-3170-0>
- Bargum K 2007 Kin selection, social polymorphism, and reproductive allocation in ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-3795-5>
- Mäki-Petäys H 2007 Conservation and management of populations in a fragmented forest landscape. Oulun yliopisto. <http://urn.fi/urn:isbn:9789514283482>
- Viljakainen L 2008 Evolutionary genetics of immunity and infection in social insects. Oulun yliopisto. <http://herkules oulu.fi/isbn9789514289286/>
- Kilpeläinen J 2008 Wood ants (*Formica rufa* group) in managed boreal forests: implications for soil

- properties and tree growth. Joensuun yliopisto. <https://doi.org/10.14214/df.66>
- Bernasconi C 2009 Integrative taxonomy of the *Formica rufa* group (Hymenoptera: Formicidae). Lausannen yliopisto.
- Jansen G 2009 Phylogenetics of *Myrmica* ants and their social parasites. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-5577-5>
- Vitikainen E 2010 Causes and consequences of inbreeding in the ant *Formica exsecta*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-6179-0>
- Sirviö A 2010 The role of factors promoting genetic diversity within social insect colonies. Oulun yliopisto. <http://herkules oulu.fi/isbn9789514262074/>
- Leppänen J 2012 Phylogeography and population genetics of social parasitism in *Myrmica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-8420-1>
- Chernenko A 2012 Recognition and social behaviour in *Formica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-10-8035-7>
- Kulmuni J 2013 Genetic differences between species and their implications for speciation and adaptation in ants. Oulun yliopisto.
- Schultner E 2014 Cannibalism and conflict in *Formica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-0251-5>
- Morandin C 2015 To be or not to be a queen – Caste-specific gene expression patterns in ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1327-6>
- Wolf JI 2016 Genetic and behavioural divergence of queen size morphs in the red ant *Myrmica ruginodis*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-2454-8>
- Ozan M 2016 Reproductive partitioning in the polygynous black ant *Formica fusca*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-2212-4>
- Stucki D 2017 Individual stress-resistance in the ant *Formica exsecta*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-3571-1>
- Härkönen SK 2017 Guest ants and ant guests in red wood ant nests. Turun yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-7042-1>
- Skaldina O 2017 Social insects in biomonitoring: use of colouration traits to indicate environmental stress. Itä-Suomen yliopisto. <https://urn.fi/urn:isbn:978-952-61-2436-0>
- Dhaygude K 2019 Meta-omics approach to explore microbial community of the wood ant *Formica exsecta*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5600-6>
- Pulliainen U 2019 The scent of brood recognition in *Formica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5608-2>
- Elo RA 2019 Hidden diversity of moss mites (Acari: Oribatida) unveiled with ecological and genetic approach. Turun yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-7539-6>
- Lindström S 2019 The bacterial and fungal communities in the nests of the ant *Formica exsecta*. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5414-9>
- Punntila P 2020 Ant community structure in successional mosaics of boreal forests. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-6162-8>
- Hakala S 2020 Social polymorphism and dispersal in *Formica* ants. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-5973-1>
- Beresford J 2021 The role of hybrids in the process of speciation; a study of naturally occurring *Formica* wood ant hybrids. Helsingin yliopisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-7556-4>



Pekka Juntti ja Anna Ruohonen. Muuttuva metsä – opas jatkuvaan kasvatukseen. Like.

Metsän jatkuva kasvatusta puhuttaa

Metsänkasvatustapahtumat elävät ajassa ja keskeisissä metsänhoitomenetelmissä tapahtuu muutoksia suuntaan ja toiseen säännöllisin väliajoin. Poiminta- ja harsintahakuista siirryttiin Erkki K. Kalelan kehittämään luonnonmukaiseen metsänhoitoon ja pian tämän jälkeen voimaperäiseen puuntuotantoon tähtäävään jaksolliseen metsänkasvatukseen. Jaksollisesta metsänkasvatustapahtumasta tuli Suomeen vuosikymmeniksi vallitseva ja ainoana oikeana pidetty käsitys metsänhoitomenetelmästä. Menetelmän jättämä jälki maastoon ja metsänhoitomenetelmän teollisen mittakaavan koneellinen meno, joka vietiin myös pientilallisten yksityismetsiin, nosti lopulta esiin kysymyksen, voisiko metsiä sittenkin hoitaa toisella tavalla. Oliko metsän kasvattaminen ilman alaharvennuksia ja avohakkuuta mahdollista samalla kun turhat

metsän uudistamiskustannukset jäisivät metsätaloudenpidosta pois. Metsäluonnolle menetelmä olisi suopea, mutta oliko se myös taloudellisesti hyödyllistä ja takasi metsäteollisuudelle sen vaatiman raaka-aineen.

Ajatus metsien kasvattamisesta niin, että metsä jäisi toimenpiteiden jälkeen aina metsäksi, heräsi jo 1970-luvulla, mutta se muotoutui metsänhoidon vaihtoehtoiseksi malliksi, jatkuvaksi kasvatukseksi, vasta vuosikymmen myöhemmin. Syntyi metsänhoito-opillinen koulukuntariita metsäntutkijoiden välille, joka väistyi vasta uuden vuosituhatvuoden alkuvuosina. Metsien kasvattaminen jatkuvan kasvatuksen menetelmällä siirtyi metsäntutkijoiden juupas-eipäs-väittelyistä yhteiskunnalliseen keskusteluun ja pohdintaan, missä ja miten jatkuvan kasvatuksen metsänhoitomenetelmää tulee toteuttaa. Pekka Juntti ja Anna Ruohonen käsittelevät tätä asiakokonaisuutta kirjassaan *Muuttuva metsä*.

Käytännön metsänhoitoa ohjaavana menetelmänä metsän jatkuvaa kasvatusta vaivaa käsitteiden ja määritelmien sekavuus; teorian ja käytännön välillä vallitsee jonkinasteinen ristiriita. Jo menetelmästä käytettyjen nimien kirjavuus aiheuttaa maallikossa kummeksuntaa. Mitä tarkoittaa erirakenteinen metsänkasvatusta tai jatkuva kasvatusta, miten jatkuvapeitteinen metsänkasvatusta poikkeaa avohakkuuttomasta metsänhoitomenetelmästä jne. Termit eivät ole samaa tarkoittavia käsitteellisesti. Jos ei menetelmän nimityksestäkään ole päästy vielä yksimielisyyteen, ei tarvitse ihmetellä, miksi metsäalan eri toimijoiden käsitykset metsän jatkuvasta kasvatuksesta ovat erilaisia. Luonnonvarakeskus luonnehti sen yleisnimeksi metsänkasvatustavoille, "joissa osa puustosta jätetään hakkaamatta". Metsähallitus käsittää sen metsän pienaukkokasvatuksena, suojuspuuhakkuuna tai metsänhoitollisena poimintahakkuuna. Kuvaukset menetelmästä ovat osin tarkoituksellisia, sillä menetelmän erilaiset luonnehdinnat eivät vastaa täysin sitä, miksi jatkuvan kasvatuksen menetelmää tutkineet henkilöt

ovat sen määritelleet. Avohakkuuton metsänhoito tai metsänhoito, jossa kaikkia puita ei hakata kerralla, ei välttämättä ole jatkuvaa kasvatusa ollenkaan, vaan se voi olla jonkinlainen välimuoto perinteisestä suojuspuu- tai siemenpuuhakkuusta. Myös Juntti ja Ruohonen kirjoittavat jatkuvalle kasvatukselle ominaisesta ”säätövarasta”, mikä voi pistää metsänomistajan ajattelemaan, että jatkuva kasvatusta on jotain pienialaista ja yksityiskohtaista ja vaivalloista puuhastelua, jonka taloudellinen hyöty jää kyseenalaiseksi. Tapauskohtainen suunnittelu voi näyttäytyä metsänomistajalle vaikeana, monimutkaisena tapana hoitaa yksinpuin metsää, jonka hoito aikaisemmin oli suoraviivaista, kun hakkuukone putsasi myyntipuut leimikosta kerralla muutamassa tunnissa.

Siirtyminen metsän jatkuvaan kasvatukseen on varteenotettava kysymys, jota metsänomistaja joutuu väistämättä pohtimaan. Jos isoisältä saatu perintömetsä on ollut hoitamatta 30 vuotta, siirtyminen jatkuvaan metsän kasvatukseen voi olla helppoa. Mutta jos perintömetsää on hoidettu viimeisen päälle viime vuosiin asti, yksitotisten, samanikäisen yhden puulajin metsän muuttuminen jatkuvan kasvatuksen metsäksi voi viedä aikaa. Muutosvaiheen aikamittakaava on ongelma. Kuinka kauan kestää jaksollisesti hoidetun (kuusi)metsän siirtäminen aidosti oikeaoppiseen jatkuvan kasvatuksen malliin. Jos metsästä puuttuu kaikki alikasvos, josta uusi puusukupolvi saa alkunsa, ja metsän lehtipuut on korjattu aikaa sitten pois, perinteisen kasvatuksen lopputuloksena syntyneitä metsiä voi olla vaikea muokata uuteen muottiin. Ne on ensin hakattava alas ja perustettava metsä uudelleen jatkuvan kasvatuksen periaatteelle. Tällöin siirtyminen kestää metsän maantieteellisestä sijainnista ja kasvupaikasta riippuen 50–100 vuotta, eikä metsässä ole silloinkaan vielä edellisen sukupolven puuvanhuksia. Aikasiirtymää, jolla metsiä siirretään pois jaksollisesta kasvatuksesta voisi luokitella kuten soita luokiteltiin kun niitä aikoinaan siirrettiin kangasmetsiksi (ojikko – muuttuma – turvekangas). Kangas-

metsiin sopisi vaikka luokkajako 1 jaksollinen metsä, 2 vaihtuva metsä, jossa toteutetaan tavoitteellista sekametsäisyyden ja kerroksellisuuden lisäämistä, ja 3 jatkuvan kasvatuksen metsä.

Metsänhoitoparadigman muutos johtaa myös metsänhoidon järjestelyn peruskysymysten äärelle. Jaksollisessa metsänkasvatuksessa metsälön metsiköt ovat suunnitellusti eri kehitysvaiheissa, jolloin metsäkuviot tulevat päätehakkuuseen yksitellen niin, että hakkuukierto on sovitettu tarkoituksenmukaisesti metsälön kokoon. Ihannetapauksessa jatkuvassa kasvatuksessa metsälö tai jopa kokonainen metsämaisema säilyy yhtenäisenä, peitteisenä metsänä, jossa hakkuuta tehdään säännöllisesti kaikkialla, korjaamatta koskaan pienaukkoa suurempaa alaa kerralla. Tällöin metsäalueen puusto on erivaiheista, ei metsiköt. Jatkuvassa kasvatuksessa ei voida kirjaimellisesti puhua kehitysluokista. Kehitysluokaton metsäalue on myös vaativalle metsälajistolle parempi ratkaisu kun paljaaksi hakattujen avoalueiden kirjo ma metsämaisema.

Metsän kehityskulkuun ja metsänkuvaan rinnastettuna jatkuvan kasvatuksen metsä on keski-ikäinen tai jonkin verran keski-ikänsä ylittänyt seka- ja eri-ikäispuustoinen metsä, jossa on vanhoja, vallitsevasta latvuskerroksesta ulos pistäviä ylispuita. Se ei ole klassista luonnonsuojelutarkoitukseen etsittävä, arvokasta vanhaa metsää. Yksikään talousmetsä ei ole ankarasti määritellen luonnonsuojelullisesti arvokas vanha metsä. Talousmetsiä vertailtaessa voi jatkuvan kasvatuksen metsää pitää hyvällä syyllä luontoarvoiltaan perinteistä jaksollista metsänhoitoa korkeampitasoisena, kun ja jos jatkuvaa kasvatusa harjoitetaan metsässä pitkäjänteisesti (kiertoajasta voidaan tuskin tässä yhteydessä puhua). On kiistatonta, että metsän peitteisenä ja jatkuvasti monipuolisesti puustoisena pitäminen on metsien moninaiskäytölle ja metsäluonnon suojelulle tarkoituksenmukainen ja kannatettava vaihtoehto, jossa luonto tekee metsää omia ohjeitansa noudattaen. Voi

ajatella, että talousmetsien luonnonhoito hoi-
tuu jatkuvan kasvatuksen metsässä itsestään.

Vaikka jatkuvan kasvatuksen menetelmä on tullut hovikelpoiseksi metsäalalla, kamppailu metsänhoitomenetelmän määritelmästä ja metodista puhuttaa metsäalaa yhä vain. Nyt jatkuvaa kasvatusta suositellaan vesistönsuojelutarkoituksessa suometsiin tai ihmisten suosimille matkailualueille. Jatkovaa kasvatusta tutkittiin alunperin kovan maan metsien metsänhoitomenetelmäksi, mutta se kelpasi myös suometsien metsänhoitoon. Into jättää jatkuva kasvatusta suometsiin ja virkistysalueille herättää kysymyksen miksi. Turvemaiden suometsätalouden kestävyydelle kyse on ilmastometsänhoidosta, jossa metsän jatkuva kasvatusta sopii oivallisesti soiden valumavesien säätelyyn ja ilmastopäästöjen kurissapitoon. Matkailussa kysymys on metsäestetiikasta. Yritys tehdä jatkuvasta kasvatuksesta suometsänhoidon (valitseva) menetelmä, vie huomion pois tosiasias-
ta, että juuri kangasmetsät kaipaavat kipeästi siirtymistä pois jaksollisesta metsänhoidosta. Jatkuva kasvatusta odotti vuosikymmeniä hyväksyntää metsäalalla, mutta nyt kun menetelmä on hyväksytty ja sitä sovelletaan käytäntöön, törmätään erilaisiin tulkintoihin ja variaatioihin peruskaavasta ja vedetään rajalinjoja sille, missä jatkuvaa kasvatusta kannattaa tai saa käyttää.

Pekka Juntin ja Anna Ruohosen kirja *Muuttuva metsä* on sopivaa, kevyttä oheislukemista metsän jatkuvasta kasvatuksesta kiinnostuneille ja voin suositella kirjaa lämpimästi erityisesti vasta-alkajille. *Muuttuva metsä* on tilaustyö ja mainoskirja, osa julkista keskustelua ja jatkuvan kasvatuksen menetelmän markkinointia. Tässä tarkoituksessa kirja on hyvin ja havainnollisesti kirjoitettu, mutta kritiikitön. Kirjallisuutta on hyödynnetty vain pintapuolisesti, mikä lie ollutkin tarkoitus kirjan tavoite huomioon ottaen. En itse menisi suunnittelemaan jatkuvan kasvatuksen hakkuuta omaan metsääni tämä opas kädessäni. Menetelmään liittyy Suomessa valitsevassa tilanteessa paljon epävarmuutta ja tapauskohtaisuutta, jotka ratkaisevat millai-

sen ”avohakkuuttoman” puunkorjuun metsääni haluaisin. Omasta metsästä kiinnostunut ja itse omaisuudestaan huolehtivan metsänomistajan on perehdyttävä jatkuvan kasvatuksen menetelmiin syvällisemmin kuin mitä Juntin ja Ruohosen kirja *Muuttuva metsä* antaa ymmärtää. Metsäekologia ja metsänkasvatusta on sen verran monitahoinen ja -tasoinen kokonaisuus, että maallikon on hyvä selailta myös alan perusoppikirjoja ja perehtyä ehkä myös metsäalan historiaan. Perustiedot löytyvät helposti kirjoista, mutta paneutuminen vaatii jonkin verran vaivannäköä. Tämä kuitenkin kannattaa, jos kantaa huolta oman metsän kohtalosta ja erityisesti jos arvostaa metsänsä muitakin käyttöarvoja kuin pelkää puuntuotantoa.

Metsä on maanomistajan tärkeä varallisuusserä kuten on kaupunkilaisen asunto-osake tai osakesalkku tai säästötili. Mikäli metsäomaisuudeltaan odottaa muhkeita puunmyyntituloja, tutkii puunhintatilastoja ja laskeskelee tuotto-odotuksia omaisuudelleen, on kiusaus antaa oman metsälön seurata perinteistä metsänhoitokaavaa ja noudattaa tutun metsäneuvojan ohjeita. Jos taas metsälöön liittyy taloudellisten odotusten lisäksi muitakin odotuksia, niin silloin on tutkittava myös vaihtoehtoisia tapoja hoitaa metsäomaisuutta. Vastuu metsäomaisuudesta on itsellä kuten valinta metsähoitotavasta ja siitä luovuttaako metsänsä hoitovastuun toiselle. Metsien luontoarvojen korostuminen ja ilmastokysymys lisäävät väistämättä jatkuvan kasvatuksen suosiota Suomen metsissä. Pekka Juntin ja Anna Ruohosen kirja *Muuttuva metsä* on välietappi tiellä kohti toisenlaista metsäkäsitystä.

PASI REUNANEN





Ilveskuiskaaja. Ohjaus Juha Suonpää, käsikirjoitus Juha Suonpää ja Hanna Kaihlanen, kuvaus Alexander Markus Lembke ja Juha Suonpää, äänisuunnittelu Tanel Kadalipp, leikkaus Tuuli Kuitinen ja Hanna Kaihlanen, musiikki Puuluup, Kimmo Helén, Tanel Kadalipp. Tuotanto Wacky Tie Films. Dokumenttielokuva. Kesto 80 min.

Kuin ihmistä ei olisi olemassa

O hjaaja Juha Suonpää tapasi miehen, joka oli seurannut pitkään ilvesten elämää metsäkameroilla ja kertoi puhuvansa ilvesten kanssa. Alkoi kahdeksan vuoden elokuvantekohanke, jonka aikana Suonpää ei nähnyt ainutakaan ilvestä, mutta oppi tuntemaan miehen, joka oli niitä nähnyt. Näkemättä ilveksestä vilustakaan kuvausurakan aikana Suonpäälle riitti tietoisuus siitä, että ilveksiä eli miehen mailla ja muilla kuvauspaikoilla. Se oli omalaatuinen luontokuvaushanke: tehdä elokuvaa eläimistä näkemättä niitä kertaakaan luonnossa.

Mies (Hannu Rantala) on ilvesten ja metsän eläinten ystävä, hän tuntee hyvin oman met-

sänsä ja sen asukit, hän puhuu ilveksistä kuin perheenjäsenistä. Ilveksillä (kissalla, kisulla, kisulaisella) on nimet ja omat luonteenpiirteet, jotka pitkä ystävyysuhde on paljastanut.

Elokuvasa ei kerrata biologisia faktatietoja ilveksestä, ne löytyvät hakuteoksista. Elokuva on tarina ilveksen elämästä, johon mies pääsee mukaan. *Ilveskuiskaaja* on metsäkameraelokuva. Elokuva on montaasi kymmenien metsäkameroiden ottamista video-otoksista, elokuvan ohjaajan ja muiden kuvaajien tuottamasta materiaalista sekä miehen kertomuksista. Kysymyksiä ei esitetä, eikä vastauksia anneta; mies on kertojahahmo, joka keskustelee itsensä kanssa mutta osoittaa sanansa katsojalle. Elokuva on yksinpuhelu, joka on kuvitettu vuodenaikasta toiseen vaihtuvilla elokuvilla. Surumielinen, kansanmusiikin omainen jousisoittimin tehty musiikkitunnelmointi sopii hyvin elokuvan ajattomaan teemaan. Lähes kuiskaamalla esitetyt runot ovat kuin loitsuja.

Mies ei asettanut metsäkameroita maastoon vain kuvatakseen ilvesten elämää metsässään vaan tallentaakseen luonnon olemusta ja yhteenkuuluvuutta. Metsäkameran kuvasuunnittelun voi tehdä vain yhden kerran kameraa asennettaessa, sitten kaikki tapahtuu itsestään kuvaajan tietämättä. Eläimet käyvät kuvauttamassa itsensä ja päättävät miten kuvauksellisia kuvista tulee, näyttelijäohjausta ei tarvita. Eläinten itsestään ottamat videot osoittavat, miten leikkisiä ja uteliaita ne ovat. Miehen maastoon asettama peili ja kävyistä kokoamat lintuaihiot kiinnittävät eläinten huomion ja näyttävät miten hauskoihin tilanteisiin ne joutuvat kohdatessaan metsässään uusia asioita. Itseään peilaileva pyy on vallattoman hauska ilmestys luullessaan tavanneensa kaksoisolentonsa. Tai lentävää sorsaa jahtaava ilves. Metsässä tuntuu olevan valtavasti salaperäistä elämää ja tapahtumia, jotka jäävät helposti ohikulkijalta huomaamatta. Elokuvan kohokohta on ilvesemon ja viiden pennun tekemiset. Silmäparien lyhytjono öisellä pellolla tai ilvespentueen hölkäävä letka metsässä ovat hienoja tilannekuvia

ilvasperheen elämästä. Kuinka metsäkameran onnistuikin taltioida niin loistavasti niin odottamaton, ainutkertainen ja nopeasti ohikiitävä hetki, tuokiokuva metsän elämästä. Metsäkameroiden tekniset ominaisuudet ja kuvanpiiritykyky ovat kehittyneet nopeasti, minkä voi huomata eri metsäkameroiden vuosien varrella tuottamien kuvien laatua vertailemalla.

Elokuvaan liittyy myös tarkoituksella kuvauskirjaan kirjoitettu luontomytologinen ulottuvuus. Mies muistuttaa väinämöishahmoa, jolle ilves on eräänlainen voimaeläin. Mies katselee maailmaa ilveksen silmin: "Olla kaveri, kumpikaan ei häiritse toista." Mies vaihtaa ajatuksia ilvestensä kanssa "datapisteillä" ja tietää "kuuluvansa kalustoon". Mies on osa ilvesmetsää. Mies kertoo tuntemuksistaan metsäkameralle. Päällekkäiskuvassa ilveshahmo vaeltaa metsän tummaa seinää pitkin kuin metsän haltija. Mies pukeutuu ilvesnaamioon ja poseeraa, tanssii öisellä pellolla. Mies seisoo syksyisenä yönä ulkosalla, saunan löyly kohoaa hitaasti miehestä tähtiselle taivaalle. Mies hautaa kuolleen kisasystävänsä louhikkoon. Miehellä on erikoinen mutta syvä suhde ilveksiin ja luontoon. Mies ei elä luonnon lähellä, mies elää luonnosta. Miehen luontomystiikasta nousee luonnon kunnioitus.

Mies on huolissaan ilveksistään. Kettu on tuonut kapin hänen ilvesmetsään ja yksi ilveksistä saa tartunnan ja riutuu lopulta kuoliaaksi. Ilveksen on vaikea sopeutua ihmisen maailmaan, sillä metsästysetiikka ei salli ilveksen elää rauhassa, ilves on aina hengenvaarassa. Ilves välttää metsästäjät vain miehen omilla mailla, turvapaikka sijaitsee Hannun metsässä. Mies puhuu ilveksen puolesta turhaa metsästäystä vastaan. Ilves on paras riistanhoitaja, siksi ilveksen tulisi saada pitää peurojen ja supikoirien kannat kurissa. Mies ajaa asennemuutosta, maailmanjärjestystä olisi muutettava. Kilpajuoksua metsästäjien kanssa on vaikea voittaa.

Ilveskuiskaaja on vetoamus ilvesten ja muiden metsän eläjien puolesta, mutta kertoo koskettavasti myös siitä, mitä tarkoittaa kun ihmi-

nen ystäväystyy luonnon kanssa. Viime vuosina suuren yleisösuosion saaneet luontoelokuvat, tarinat metsästä, järvestä ja tunturista, osoittavat, että kotimaisille luontoa käsitteleville dokumenteille on kysyntää. *Ilveskuiskaaja* poikkeaa tavallisesta luontoelokuvan kaanonista monin tavoin ja siksi jokaisen luonnonystävän pitää nähdä se.

Ohjaaja Juha Suonpää on tunnettu luontokuvaaja ja tietokirjailija. Hän on tutkinut visuaalisen kulttuurin ja ihmisen suhtautumistavan luontoon välistä jännitteistä vuorovaikutusta. Väitöskirjassaan hän tutki petokuvauksen raadollisuutta ja sen taiteellisia ja yhteiskunnallisia merkityksiä. Hänelle taide kietoutuu erottamattomasti yhteen ympäristö- ja luontokysymysten kanssa. Valokuva ja elokuva ovat hänen keinonsa toteuttaa asettamaansa päämäärää. Suonpään teoksia on ollut esillä kansainvälisissä valokuvanäyttelyissä ja hänen elokuvansa *Hukkamies* esitettiin Visions Du Reel Film Festivaalilla 2013. *Ilveskuiskaaja* sai erinomaisen vastaanoton kesäkuussa CinemAmbiente festivaalilla, joka on Italian tärkein ympäristöaiheisia elokuvia käsittelevä festivaali. Sille myönnettiin parhaan elokuvan Asja Ambiente Italia Award -palkinto. *Ilveskuiskaaja* esitettiin samaan aikaan Sodankylän elokuvafestivaaleilla; siitä tuli yleisön suosikki ja se sijoittui toiseksi yleisön toiveuusintäänestyksessä.



Tapasin ohjaaja Juha Suonpään saattumalta eräässä tilaisuudessa. Keskusteltuamme niitä ja näitä hän mainitsi tekemästään ilveselokuvasta. Kerroin tietäväni että sellainen oli valmistumassa, koska itsekin olin tullut kävelleeksi poluille, joille metsäkameroita oli asetettu ilvesten varalle. Epäilin pilke silmäkulmassa, että minäkin saatoin olla mukana elokuvassa. Juhan vastaus oli odottamaton, hän nimittäin valitteli metsiin laittamiaan metsäkameroita ja pahoitteli jos niiden havaitseminen oli jotenkin vaikuttanut


luontokokemukseeni tuolloin. Ei tietenkään ollut, mutta Juhan huomautus jäi askarruttamaan minua. Juha kertoi myös, että hän oli jo pitkään miettinyt luontoelokuvaamista ja luonnon valokuvaamista niin, ettei ihminen, tarkkailija, ole läsnä kuvaustilanteessa. Ajattelin, että luontokokemus voisi näin olla jotain muutakin kuin välitöntä kokemista, havainnon tekemistä, se

olisi tietoisuutta jostakin itselle tärkeästä. Metsäkameran tallentaessa eläinten elämää metsässä, "kuvaaja" saattoi katsella edellisiä ottoja kotonaan ja tutkia mitä metsän eläimet olivat aikaisemmin touhunneet kameroiden edessä. Nähtyäni *Ilveskuiskaajan* aavistin, mitä Juha oli tokaisullaan tarkoittanut; tai ainakin luulen aavistaneeni.

PASI REUNANEN



Ilveskuiskaaja, Hannu Rantala, nojaa vanhaan kuuseen ja torkkuu ilvesmetsässään, paikalla, jonne hänen ilvesystävänsä saapuvat säännöllisesti. Paikka toimii tiedonvaihtopisteenä Hannun ja ilvesten välillä. Puun oksasta roikkuu kävystä rakennettu lintunen. Kuva: Aleksander Lembke.



en nyt erota lepakkoa vaahteranlehdestä
mutta mitäpä tuosta
siinähän lentelevät, kumpainenkin

en nyt erota koiranjätöksiä ruskean ruohon seasta
mutta mitäpä tuosta
ei sinne kukaan astu

en nyt erota onko päivä vai ilta
pilviverho on niin paksu
mutta mitäpä tuosta
samaa pimeyttä ja hyhmää edessä kuukausitolkulla

vaan on tässä puolensa
- pakastin on taas täynnä!

LEENA SAINIO

Kirjoittaisinko Luonnon Tutkijaan

Ensimmäiset tieteelliset seurat perustettiin Suomeen 1800-luvulla. Koska Suomessa ei ollut olemassa julkaisukanavia tieteellisille tutkimuksille tai tiedonannoille, seurat perustivat omia lehtiä, joissa tutkimusten tuloksia voitiin esittää ja levittää uutta tietoa jäsenkunnan keskuuteen. Tieteellisten seurojen lisäksi myös pienemmät yhdistykset julkaisivat tiedonantoja erilaisissa lehtisissä ja aviiseissa. Useilla tieteellisillä seuroilla oli oma julkaisusarja tieteellisille artikkeleille ja yleistajuisille tiedettä tunnetuksi tekevälle kirjoittelulle. Suomen Biologian Seura Vanamo ry on julkaissut tieteellisten Annales-sarjoja lisäksi vuodesta 1897 alkaen yleistajuista, suomenkielistä julkaisua Luonnon Tutkijaa (vuoteen 1946 asti Luonnon Ystävä), jonka tarkoitus oli levittää etupäässä kotimaista luonnontieteellistä tutkimustietoa jäsenkuntaan ja valistaa suurta yleisöä biologian alan valtavirrasta maailmalla. Lehti toimi Vanamon jäsenkunnan tiedonantajana, mutta se on ollut ja tulee olemaan biologian alan merkittävin julkaisukanavana, joka on tavoittanut alan laajan lukijakunnan. Luonnon Tutkija on kaikkien biologien oma lehti kautta aikojen. Lehti on avoin kaikille biologisesta tutkimuksesta kertoville kirjoituksille, mutta toivottaa tervetulleeksi myös mitä moninaisimmat kirjoitukset, joilla on liittymäkohta biologisiin ilmiöihin. Tämä tarkoittaa sitä, että myös Sinä, Hyvä Lukija, voit tarttua kynään ja kirjoittaa Luonnon Tutkijaan.

Luonnon Tutkijan Juttutyypit

Pääkirjoitus. Päätoimittaja tai toimitusneuvosto laatii tavallisesti pääkirjoituksen, mutta pääkirjoituspalsalle on perinteisesti hyväksytty myös vieraillevien kirjoittajien kirjoituksia. Pääkirjoitus on pituudeltaan noin yhden liuskan pituinen (so. 3100 merkkiä välilyönteineen).

Pitkät jutut. Tutkimusartikkeli ja katsausartikkeli ovat Luonnon Tutkijan pääjuttutyyppejä. Niille ei anneta tiukkoja kirjoitusten pituusvaatimuksia, vaan kirjoituksen laajuus ratkeaa toimitustyön yhteydessä. Tutkimusartikkeli esittelee kohdennetusti yhden tutkimusaihepiirin, sen menetelmät ja aineistot. Tuloksia käsitellään pohdinnan yhteydessä. Artikkelissa esitetään tutkimuskysymys yleisellä tasolla, ei samalla tavalla tiukkaan muotovaatimukseen kangistuvasti, kuten varsinaisen tieteellisen tutkimuksen raportoinnin yhteydessä. Katsausartikkeli on laaja, tiettyä aihetta taustoittava ja vapaasti käsittelevä juttutyyppi. Tutkimusartikkeli ja katsausartikkeli lähetetään vertaisarvioon. Pitkiin juttuihin kirjoittaja voi halutessaan laatia lyhyen englanninkielisen tiivistelmän (700 merkkiä välilyönteineen).

Tiedonannot. Tiedonannot ovat muutaman liuskan mittaisia ilmoitusluonteisia kirjoituksia lukijakunnalle vapaista, biologian alan aiheista.

Kirjallisuusarvostelut. Lehteen voi toimittaa kirjallisuusarvioita uutuuskirjoista. Kirja-arvostelun mukaan tulee liittää skannattu kuva kirjan kannesta ja kirjan täsmälliset viittaustiedot.

Muistokirjoitukset. Luonnon Tutkijan pitkä perinne on julkaista muistokirjoitus edesmenneistä biologi- ja luonnontutkijakunnan merkkihenkilöistä ja alan vaikuttajista.

Henkilökuvat. Henkilökuvat valottavat tutkijoiden ja tutkimusten arkea.

Ajattelun aiheet. Ajattelun aiheet on liuskan pituinen kolumnin muotoon kirjoitettu alan ajankohtaisia aiheita puiva keskustelunherättäjä.

Antikvariaatista. Antikvariaatista-kirjoitus tuo historian havinan Luonnon Tutkijan sivuille. Kirjoituksessa siteerataan tutkimusperinteiden menneiden aikojen uranuurtajien kirjoituksia muistuttamaan nykyajan tutkijakuntaa, että monilla ajatuksilla on sittenkin pitkät juuret menneisyudessa.