

Luonnon Tutkija

Nro 1 2022 125. vsk.



Harhaanjohtavaa informaatiota viestintäkanavissa

Väärällä informaatiolla harhaan johtaminen, puolueettoman tiedonsaannin rajoittaminen ja sensuuri ovat keskeisessä roolissa ihmiskuntaa kohdanneissa tragedioissa. Tehokas tiedon jakaminen ja siirtäminen sukupolvelta toiselle on yksi ihmislajin menestyksen salaisuuksista, mutta samalla olemme altistuneet disinformaatiolle ja propagandalle. Ihmisellä on erilaisia kognitiivisia vinoumia, kuten vahvistusharha, jolla tarkoitetaan taipumustamme uskoa asioita, jotka vahvistavat omaa maailmankuvaamme. Suhtaudumme myös – kuin luonnostaan – epäluuloisesti asioihin, jotka eivät tue omia ennakkokäsityksiämme.

Eläinkunnassa esiintyvistä harhaanjohtamisesta tai huijaamisesta kirjoitti ensimmäisenä Aristoteles luonnontiedettä käsittelevässä teoksessaan *Eläinoppi*, jossa hän käsitteli käen ”kavalaa” lisääntymistapaa. Käki ei sinänsä ole sen kavalampi kuin mikään muukaan eliö, mutta käelle on kehittynyt suotuisien olosuhteiden myötä pitkä lista sopeumia, joiden ansiosta se pystyy tehokkaasti huijaamaan isäntälajia hyväksymään sen munat omikseen, hankkiutumaan eroon ravinnosta kilpailevista pesän muista poikasista ja motivoimaan sijaisvanhemmat kantamaan yhä enemmän ravintoa käenpojan suuhun. Vastaavasti käen isäntälajeille on kehittynyt ominaisuuksia, joiden ansiosta ne pystyvät entistä paremmin torjumaan käen munintayritykset tai huomaavat ja tuhoavat käen munat omiensa joukosta ennen poikasten kuoriutumista. Käkilintujen ja sen isäntälajien välinen kilpavarustelu on nykyään yksi parhaiten tunnetuista ja kiehtovista tutkimussysteemeistä, minkä ansiosta ymmärrämme entistä paremmin esimerkiksi sitä, miten lajien väliset vuorovaikutussuhteet muovaavat niiden evoluutiota. Hämääminen tai huijaaminen ja siltä suojautuminen on myös yksi monista vuorovaikutussuhteista, joiden ansiosta meillä on nykyisenkaltainen monimuotoinen luonto kimalaista matkivine orkideoineen tai ampiaiselta näyttävine kukkakärpäsiineen.

Mikä sitten ylläpitää rehellistä tiedonvälitystä eliökunnassa? Yksi edellytys sille on, että niin kauan kuin viestit ovat keskimäärin luotettavia, ne toimivat. Etelä-Afrikassa elävien sieppodrongojen (*Dicrurus adsimilis*) ravinnosta n. 25 % tulee muilta eläimiltä varastetusta saaliista. Sieppodrongot varoittavat omia lajikumppaneitaan lähestyvistä vaarasta ja myös muut lajit kuten pulmustimalit (*Turdoides bicolor*) ja nelisormimangustit (*Suricata suricatta*) seuraavat drongojen hälytyksiä ja pakenevat vaaran uhatessa paikalta. Ne kuitenkin reagoivat paljon tehokkaammin oman lajin varoitusääniin ja drongot ovat huomanneet tämän. Kun drongon tekee mieli mangustin pyydystämään lihavaa toukkaa, se voi päästää nelisormimangustin varoitusääntä matkivan ”väärän hälytyksen”, jonka vuoksi mangusti hylkää saaliinsa ja juoksee suojaan. Tällä välin drongo käy syömässä hylätyn saaliin. Drongot voivat myös vaihtaa mangustin varoitusäänestä pulmustimalin varoitusääneen, jos mangustit eivät enää reagoi sen päästämiin väärin hälytyksiin niin tehokkaasti. Nelisormimangustin tai pulmustimalin kannattaa kuitenkin luottaa sekä sen oman lajin varoitusääniltä kuulostaviin hälytyksiin että drongojen omiin varoitusääniin, koska ne useimmin pitävät paikkansa.

Entä me ihmiset? Samalla kun viestintäkanavien, aineistojen ja informaation määrä maailmassa kasvaa, myös disinformaation määrän on ennustettu kasvavan. Kuten niin moneen muuhunkin asiaan maailmassa pätee, ei tähänkään tiedonvälityksen ominaisuuteen liene yksinkertaista ja helppoa ratkaisua. Meidän jokaisen pitää jatkuvasti opetella lähdekriittisen ajattelun taitoja, faktantarkistusta ja medialukutaitoa. Myös sen käsittäminen, että meillä jokaisella on omat kognitiiviset vinoumamme, mahdollistaa oman toiminnan kriittisen tarkkailemisen ja havaittujen puutteiden korjaamiseen. Tämän lisäksi tarvitsemme luotettavia tiedontuottajia ja tiedonlähteitä, kuten edessäsi oleva Luonnon Tutkija.

Carita Lindstedt-Kareksela



Luonnon Tutkija

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

Päätoimittaja: Pasi Reunanen (luonnontutkija@vanamo.fi)

Kansikuva: Kevättulva valtaa rantametsän. Kuva: Pasi Reunanen

Sisältö

Harhaanjohtavaa informaatiota viestintäkanavissa <i>Carita Lindstedt-Kareksela</i>	
Societas pro Fauna et Flora Fennica – 200 vuotta luonnontutkimusta <i>Mikael von Numers ja Henry Pihlström</i>	
Ihmisen aiheuttama defaunaatio vähentää sademetsän biodiversiteettiä <i>Miina Suutari</i>	8
Amiraaliperhosen vaellukset ja siipikuvio- variaatiot Pohjois-Pohjanmaalla vuosina 2015–2021 <i>Eira Ainalinpää</i>	17
Pastori Dzierzonin epäilyttävä hypoteesi partenogeneesistä <i>Pasi Reunanen</i>	30
Edward Osborne Wilson (1929–2021) <i>Timo Vuorisalo</i>	38
Uutta kirjallisuutta	42
Luonnontieteiden opiskelua 1930-luvulla <i>Kalevi Rikkinen</i>	42
Sammalille oma kirja <i>Juhani Päivänen</i>	45
Araknologian kärkitutkijan jäähyväisteos <i>Seppo Koponen</i>	48
Kirjoittaisinko Luonnon Tutkijaan	50

Luonnon Tutkija

Toimitusneuvosto:

2	Atte Komonen (puh. joht.) (atte.i.komonen@jyu.fi)
	Annina Kantelinen (annina.kantelinen@helsinki.fi)
4	Panu Kunttu (panu.kunttu@iki.fi)
	Carita Lindstedt-Kareksela (carita.lindstedt-kareksela@helsinki.fi)
8	Anna-Liisa Ruotsalainen (annu.ruotsalainen@oulu.fi)
	Ilari Sääksjärvi (ileesa@utu.fi)

Ilmoitushinnat

Kokosivu 400 euroa, puolisivu 250 euroa, takakansi 600 euroa.

Vuonna 2022 ilmestyy neljä numeroa.

Lehden taitto ja ulkoasu:

Pasi Reunanen

ISSN 0024-7383

Vanamon jäsenyys

Vanamon jäsenyys
Vanamon jäseneksi voi liittyä täyttämällä lomakkeen seuran verkkosivuilla (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 kotivut www.vanamo.fi

Societas pro Fauna et Flora Fennica – 200 vuotta luonnontutkimusta

Mikael von Numers ja Henry Pihlström



Societas pro Fauna et Flora Fennica seura on edistänyt suomalaista eläin- ja kasvitiedettä nyt 200 vuotta. Seuran tarkoitus oli kerätä edustava kokoelma Suomen eläimistä ja kasveista ja perustaa niitä varten luonnontieteellisen museo. Societas vakiinnutti asemansa Suomen luonnontieteellisen tutkimuksen tärkeänä vaikuttajana jo 1800-luvulla. Seura järjesti tutkimusretkiä ja tieteelliset esitelmätilaisuudet ovat olleet sen ohjelmassa alusta pitäen. Seura on pysynyt kautta ajan uskollisena sen päätavoitteille edistää Suomen eläin- ja kasvimaailman tuntemusta, tukea luonnon tutkimusta sekä luonnonsuojelua.

Societas pro Fauna et Flora Fennica, eli lyhyemmin Societas, on Suomen vanhin tieteellinen seura. Societas perustettiin Turussa 1. marraskuuta 1821 professori Carl Reinhold Sahlbergin aloitteesta (Kuva 1). Sahlberg kutsui koolle joukon luonnontutkijoita, jotka päättivät perustaa seuran edistämään suomalaista eläin- ja kasvitiedettä ("Ett sällskap för finsk zoologi och botanik", myöhemmin "Sällskapet pro Fauna et Flora Fennica"). Societaksen perustajien tavoitteet olivat osittain kansallismieliset. Tämän vuoksi toiminta määriteltiin koskemaan Suomen maantieteellisten rajojen sisällä tapahtuvaa tutkimusta, joskin sitä laajennettiin myöhemmin koskemaan myös Suomen lähialueita.

Societas pyrki keräämään edustavan kokoelman Suomen eläimistä ja kasveista. Turun akatemian tiloissa säilytetyt Societaksen alkuperäiset kokoelmat valitettavasti tuhoutuivat suurilta osin Turun palossa vuonna 1827. Vuonna 1829, yliopiston siirryttyä Helsinkiin, myös Societas siirsi toimintansa tähän kaupunkiin. Seura asetti tavoitteekseen perustaa alati kasvavia kokoelmiaan varten luonnontieteellisen museon, jota varten yliopisto järjesti tarvittavat tilat. Vuonna 1858 Societaksen ja Helsingin yliopiston kokoelmat yhdistettiin.

1800-luvulla Societas vakiinnutti asemansa Suomen luonnontieteellisen tutkimuksen keskeisenä vaikuttajana. Societas järjesti tutkimus-



Kuva 1. Professori Carl Reinhold Sahlberg (1779–1860), jonka aloitteesta "Ett sällskap för finsk zoologi och botanik"-niminen seura perustettiin Turussa vuonna 1821. Johan Lindhin maalaamasta muotokuvasta.

retkiä, joista eräät suuntautuivat nyky-Suomen rajojen ulkopuolelle. Niistä kunnianhimoisimpia oli "Suuri Kuolan niemimaan retki" vuonna 1887, jota johti seuran silloinen puheenjohtaja J. A. Palmén. Societaksen kokoustoiminta oli 1800-luvulla varsin vilkasta; alkuaikoina ko-

kouksia järjestettiin jopa kahden viikon välein. Seuran kokouksissa esiteltiin luonnontieteellisiä havaintoja ja käytiin keskustelua aikakauden yleisimmistä tieteellisistä kysymyksistä, esimerkiksi Darwinin evoluutioteoriasta. Societaksen vuosikokouksen ajankohdaksi vakiintui vuodesta 1853 lähtien 13. toukokuuta eli Flooran päivä. Seuran virallisiksi kieliksi vakiintuivat ruotsi ja suomi, joskin ruotsin kielen asema on säilynyt seuran käytännön toiminnassa suhteellisesti voimakkaampana. Societaksen vuosikertomukset on vuodesta 1916 lähtien julkaistu molemmilla kotimaisilla kielillä.

Alkuaikoinaan Societas peri jäsenmaksuja, mutta näistä luovuttiin vuonna 1848. Tämän jälkeen uusilta jäseniltä perittiin ainoastaan liittymismaksu, mutta sittemmin siitäkin luovuttiin. Societaksen taloutta tukemaan perus-

tettiin rahasto, josta vielä nykyäänkin saadaan varat seuran myöntämiä apurahoja varten. Aikojen saatossa Societaksen jäsenistöön on kuulunut monia tunnettuja suomalaisen luonnontieteen ja kulttuurialan henkilöitä kuten J. W. Snellman, Uno Cygnaeus, Wilhelm Ramsay, J. L. Runeberg, Zachris Topelius, A. I. Virtanen ja Ragnar Granit. Seuran ensimmäinen naispuolinen jäsen, Minna Sahlberg, valittiin vuonna 1878.

Societas aloitti tieteellisen julkaisu-toimintansa vuonna 1846, toimien vuodesta 1861 lähtien itsenäisenä julkaisijana. Societaksen keskeisimmän julkaisusarjan nimi on vuosien varrella vaihtunut useita kertoja. Vuosina 1848–1875 sarja ilmestyi nimellä *Notiser ur Sällskapetets pro Fauna et Flora Fennica Förhandlingar*, ja vuosina 1876–1923 nimellä *Medde-*



Kuva 2. Societaksen 200-vuotisjuhlasymposiumi järjestettiin 5. marraskuuta 2021 Ritarihuoneella Helsingissä. Kuva symposiumin jälkeisestä paneelikeskustelusta. Vasemmalta oikealle: dos. Aleks Lehikoinen (Helsingin yliopisto), FT Maria Hällfors (Helsingin yliopisto), prof. Mikko Mönkkönen (Jyväskylän yliopisto), prof. Erik Bonsdorff (Åbo Akademi), FT Heidi Björklund, dos. Tobias Tاملander. Kuva: Sonja Still.

landen af Societas pro Fauna et Flora Fennica. Vuonna 1924 nimeksi vaihdettiin *Memoranda Societas pro Fauna et Flora Fennica*, ja tällä nimellä sarjaa julkaistaan edelleen. Vuodesta 2015 alkaen *Memoranda* on ilmestynyt vuosikirjana. Sarjassa vuodesta 2008 eteenpäin julkaistut artikkelit ovat verkossa vapaasti luettavissa *open access* -periaatteen mukaisesti. *Memorandassa* julkaistavat tieteelliset artikkelit ovat nykyään englanninkielisiä.

Memorandan ohella Societas on julkaissut myös *Acta*-sarjoja, jotka on tarkoitettu pääasiassa pidempiä monografioita varten. Vuosina 1875–1975 julkaistiin sarjaa nimeltä *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica*. Edelleen, vaikkakin epäsäännöllisesti, ilmestyviä ovat erilliset sarjat *Acta Botanica Fennica* (vuodesta 1925) sekä *Acta Zoologica Fennica* (vuodesta 1926). Aikoinaan ilmestyivät myös sittemmin lakkautetut sarjat *Flora Fennica* (1923–1977) ja *Fauna Fennica* (1947–1977).

Societaksen julkaisusarjoissa, erityisesti *Memorandassa* ja sen edeltäjissä, painottuu

kotimainen eläin- ja kasvitieteellinen tutkimus. Seuran *Acta*-sarjoissa on kuitenkin julkaistu runsaasti myös toisenlaista tutkimusta, kuten fysiologiaa, systematiikkaa ja paleontologiaa. Esimerkkinä jälkimmäisestä voi mainita maamme kansainvälisesti ehkä tunnetuimman paleontologin, Björn Kurténin, väitöskirjaan perustuvan julkaisun ”On the variation and population dynamics of fossil and Recent mammal populations”, joka ilmestyi *Acta Zoologica Fennica* -sarjassa vuonna 1953. Societaksen julkaisuissa on seuran merkkivuosina julkaistu useita historioitteja, esimerkiksi Fredrik Elfvingin (1921) kirjoittama seuran 100-vuotishistoriikki sekä Henrik Wallgrenin (1996) kirjoittama 175-vuotishistoriikki.

Societaksen kuukausikokouksia pidetään nykyään Helsingin ohella Turussa ja satunnaisesti myös muualla (esimerkiksi Nätön biologisella asemalla vuonna 2014). Societas on viime vuosina etsinyt vaihtoehtoja perinteisille kuukausikokouksille, joiden osanottajamäärä on ollut laskusuuntainen. Turussa seuran myöntä-



Kuva 3. Nätön biologinen asema. Kuva: Magnus Östman.

mien apurahojen saajat ovat pitäneet esitelmää Åbo Akademin ja Turun yliopiston yhteisessä "Seminars in Biology" -tilaisuudessa. Helsingissä Societas on vuodesta 2017 järjestänyt ohjattuja keskustelutilaisuuksia Helsingin yliopiston Tiedekulmassa (Think Corner).

Societas on järjestänyt symposiumeja vuodesta 1971 lähtien, jolloin seura järjesti Suomen Biologian Seura Vanamon kanssa 150/75-vuotisjuhlasymposiumin "Dynamics of North European Biota". 1980- ja 1990-luvulla Societaksen symposiumit olivat vuotuisia tapahtumia; sen jälkeen niitä on järjestetty epäsäännöllisin väliajoin, toisinaan yhteistyössä muiden järjestäjien kuten OIKOS Finlandin kanssa. Societaksen viimeisin symposiumi oli marraskuussa 2021 järjestetty seuran 200-vuotisjuhlatilaisuus, "Suomen eläimistö ja kasvisto muutoksessa" (Kuva 2). Societas järjestää yhä satunnaisesti myös retkiä, jotka tosin eivät enää ole tieteellisiä tutkimusmatkoja vaan seuran jäsenille suunnattuja ekskursioita. Viimeisin retki vuonna 2017 suuntautui Helsingin Vallisaareen.

Societas ylläpitää Ahvenanmaan maakuntahallituksen kanssa Nätön biologista asemaa Ahvenanmaalla (Kuva 3). Asema perustettiin vuonna 1964. Asemarakennus on entinen maatalo, joka sijaitsee luonnonkauniissa lehdesniittymaisemassa Nätö–Jungfruskär-luonnonsuojelualueen yhteydessä. Nätön biologiselta asemalta käsin tehdään Ahvenanmaan luontoa koskevaa tutkimusta. Viimeaikaisista tutkimusprojekteista mainittakoon Tom Hoogetegerin tekemä Ahvenanmaan sammakkoeläinten esiintymiskartoitus vuosina 2020 ja 2021. Nätön biologinen asema on lisäksi monta vuotta toiminut Helsingin yliopiston tutkijoiden tekemän täpläverkkoperhosen (*Melitaea cinxia*) metapopulaatioiden kenttätutkimuksen epävirallisena päämajana.

Societas pro Fauna et Flora Fennican toiminta on pysynyt vuosien saatossa uskollisena perustavoitteilleen edistää Suomen eläin- ja kasvimaailman tuntemusta, tutkimusta sekä

luonnonsuojelua. Viime vuosikymmeninä toiminnan painopiste on siirtynyt alkuaikeiden lähes puhtaasta eläin- ja kasvitieteestä erityisesti ekologisten vuorovaikutusten ja populaatioiden tutkimiseen. Tämä kehityssuunta on selkeästi nähtävissä muun muassa siitä, millaisia gradu- ja väitöskirjaprojekteja on tuettu Societaksen myöntämällä apurahoilla. Viime vuosina ovat korostuneet esimerkiksi vieraslajien sekä ilmastonmuutoksen vaikutusten tutkimus. Societas myöntää vuosittain 40–50 apurahaa pääosin pro gradu -tutkielmia ja väitöskirjoja varten. Lisäksi seura myöntää satunnaisesti erityisiä apurahoja Nätön biologisella asemalla suoritettavaa tutkimusta varten. Varsinkin graduntekijöiden kannalta Societas on tänä päivänä eräs merkittävimpiä apurahanmyöntäjiä. Tällä tavoin Societas osaltaan edistää Suomen tulevien luonnontutkijoiden urien alkuun pääsemistä, kuten seura on tehnyt nyt jo kahdensadan vuoden ajan.

Kirjallisuus

Elfving F 1921 Societas pro Fauna et Flora Fennica 1821–1921. Acta Soc. Fauna Flora Fennica 50: 1–279.

Wallgren H 1996 Societas pro Fauna et Flora Fennica 1821–1996: a short outline. Memoranda Soc. Fauna Flora Fennica 72: 81–98.

Mikael von Numers toimii Åbo Akademiassa yliopisto-opettajana. Hänen mielenkiinnon kohteitaan ovat erityisesti saariston kasvillisuus ja linnusto. Hän on toiminut Societas pro Fauna et Flora Fennican puheenjohtajana vuodesta 2015.

Henry Pihlström toimii Helsingin yliopistossa tutkijana ja luennoitsijana. Hänen mielenkiinnon kohteitaan ovat erityisesti nisäkkäiden anatomia, fysiologia, taksonomia ja evoluutiohistoria. Hän on toiminut Societas pro Fauna et Flora Fennican sihteerinä vuodesta 2012.

Ihmisen aiheuttama defaunaatio vähentää sademetsän biodiversiteettiä

Miina Suutari

Ihmisen toiminta muuttaa väistämättä ympäristöä sekä ympäristössä eläviä eliöyhteisöjä, ja muutoksen vaikutukset voivat edetä ekosysteemissä vyöryn omaisesti. Defaunaatio on ihmisen aiheuttama ja ylläpitämä ilmiö, jolla tarkoitetaan lajien tai populaatioiden paikallista katoamista tai vähenemistä, jonka vaikutukset ulottuvat myös toisaalle koskemattomaan luontoon. Katoavat eläimet jättävät jälkeensä lajistosta köyhiä ekosysteemejä, joista puuttuu lukemattomia tärkeitä ekologisia toimintoja ja vuorovaikutuksia; vaikutukset ulottuvat eläimistä kasveihin ja uhkaavat luonnon biodiversiteettiä. Tässä kirjoituksessa tarkastellaan defaunaatiota sademetsissä.

Johdanto

Viime vuosisadan aikana ihmisten lukumäärä on kasvanut räjähdysmäisesti: 1900-luvun alussa maailman väkiluku oli noin 1,5 miljardia mutta 2010-luvulla jo yli 7 miljardia. Luonnonvarojen kulutus on kasvanut vielä tätäkin voimakkaammin (Otto 2018). Eksponentiaalinen kasvu rajallisessa maailmassa ei ole kuitenkaan ongelmatonta. Ihminen on jättänyt ympäristöön niin suuren jäljen, että geologisessa ajanlaskussa on siirrytty uuteen epookkiin, antroposeeniin, jota leimaa ihmisen maailmanlaajuinen vaikutus. Ihminen vaikuttaa ympäristöönsä suoraan ja epäsuorasti, niin paikallisesti kuin maailmanlaajuisesti. Esimerkiksi kaupungistuminen muuttaa elinympäristöjä, lisää saasteita ja voi tuoda alueelle vieraslajeja.

Tällä hetkellä elämme luonnonhistorian lajirikkainta aikaa, mutta näin ei ole välttämättä tulevaisuudessa: meneillään on maapallon kuudes massasukupuuttoaalto (Ceballos ym. 2017). Vuoden 1500 jälkeen yli 320 maalla elävää selkärangkaislajia on kuollut sukupuuttoon (Dirzo ym. 2014; Young ym. 2016), näistä 200 on hävinnyt viimeisen sadan vuoden aikana (Ceballos ym. 2017). Tahti on kiihtyvää ja jopa ennennäkemättömän nopea. Kahdensadan lajin kuoleminen sukupuuttoon sadassa vuodessa tarkoittaa keskimäärin kahta lajia vuodessa;

fossiiliaineiston perusteella on laskettu, että aiempien sukupuuttoaaltojen aikaan vastaavaan määrään olisi kulunut noin 10 000 vuotta (Ceballos ym. 2017). Vaikka sukupuutot ovat peruuttamattoman luonteensa takia vakava uhka luonnon monimuotoisuudelle, pelkkä sukupuuttojen laskeminen ei anna meneillään olevasta ilmiöstä todenmukaista ja riittävää kuvaa.

Siinä missä sukupuutot tapahtuvat yleensä hitaasti, yksilömäärät voivat laskea nopeasti (Dirzo ym. 2014). Kuudes sukupuutto onkin pidemmällä, kuin mitä pelkkä lajien sukupuuttojen tarkkailu antaisi ymmärtää. Maailman nisäkkäistä 26 % on vaarantuneita tai uhanalaisia, linnuilla vastaava luku on 13 % (IUCN Red List 2021). Kaiken kaikkiaan villieläinten yksilömäärien on arveltu laskeneen jopa yli 50 % 1950-luvun jälkeen (Ceballos ym. 2017). Tähän lukuun ei kuitenkaan sisälly vain uhanalaisia lajeja, myös elinvoimaisiksi luokiteltujen, yleisten lajien yksilömäärät ovat laskussa. Yleisyys ei suojele lajia mahdolliselta sukupuutolta. Esimerkkinä tästä on muuttokyyhky (*Ectopistes migratorius*), joka oli aikoinaan hyvin runsaslukuinen, mutta kuoli sukupuuttoon 1900-luvun alussa pitkälti metsästyksen takia.

Lajien yksilömäärien lisäksi niiden levinneisyysalueet ovat pienentyneet. Tämä tarkoittaa joko populaatioiden kriittistä pienenemistä tai

paikallista katoamista. Ekosysteemipalvelut ja ekosysteemien toiminta johtuu ensisijaisesti lajien vuorovaikutussuhteista ja siksi niiden katoaminen on vakava uhka luonnon monimuotoisuudelle: populaatioiden mukana menettään vuorovaikutusverkostoja ja lajin sisäistä muuntelua. Monet erilliset populaatiot ovat lajeja suuremman sukupuuttouhan alla. Tämä on huolestuttavaa, koska paikallinen ilmiö voi muuttua maailmanlaajuiseksi ja populaatioiden sukupuutto voi olla koko lajin sukupuuton alkua. On arvioitu, että sukupuuttoon päätyneiden populaatioiden määrät liikkuvat miljoonissa, ja useat lajit ovat menettäneet jopa 50 % entisestä levinneisyysalueestaan (Young ym. 2016). Maailmanlaajuisesti tarkasteltuna populaatioita katoaa eniten alueilta, joiden lajiversiteetti on suuri: tropiikista ja sademetsistä. Populaatioiden pienenemisen tai katoamisen taustalla voi vaikuttaa useita syitä, mutta kun ihminen aiheuttaa lajien vähenemisen niin voidaan puhua defaunaatiosta.

Mitä defaunaatio on?

Termille defaunaatio (engl. *defaunation*) ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä suomennosta, mutta samaan tapaan kuin deforestaatiosta käytetään termiä metsäkato, defaunaatiosta voitaisiin mahdollisesti puhua eläinkatona. Tässä kirjoituksessa käytetään kuitenkin termiä defaunaatio. Defaunaatio on osa kuudetta massasukupuuttoa ja tärkeä tekijä globaaleissa ekologissa muutoksissa. Defaunaatiolla tarkoitetaan eläinten paikallista katoamista, jonka ihminen on aiheuttanut (Dirzo ym. 2014). Populaatio voi joko kadota kokonaan tai pienentyä niin paljon, että sen ekologinen merkitys alueella muuttuu käytännössä olemattomaksi.

Defaunaatio voi tarkastelutasosta riippuen olla kryptistä tai ilmeistä. Ilmiöllä on kolme eri tasoa: 1) maailmanlaajuinen sukupuutto, 2) yhden populaation sukupuutto tai levenneisyysalueen pieneneminen ja 3) lajin paikallisen yksilömäärän väheneminen (Young ym. 2016). Lajistovaikutuksia havaitaan kaikilla tasoilla,

lajien sukupuuttoina, populaatioiden katoamisena ja eläinten määrän vähenemisinä. Siinä missä sukupuutot keräävät paljon huomiota ja herättävät aiheellista huolta, voi esimerkiksi yleisen lajin yksilömäärien paikallinen väheneminen jäädä huomaamatta tai se voidaan mieltää merkityksettömäksi. Maailman kaikista trooppisista metsistä 88 %:ia uhkaa defaunaatio, esimerkiksi metsästyksen tai hakkuiden takia (Osuri ym. 2016). Pohjoisella pallonpuoliskolla ilmiö on tapahtunut jo huomattavasti aikaisemmin, eoseenikaudella, jolloin esimerkiksi mammutit ja niiden ylläpitämät elinympäristöt hävisivät.

Defaunaation vaikutukset ulottuvat lajien katoamista pidemmälle. Seurauksena voi olla muutoksia alueellisissa lajikoostumuksissa ja lajien välisissä vuorovaikutuksissa, ekologisissa ja evolutiivisissa prosesseissa sekä ekosysteemipalveluissa (Culot ym. 2017). Vaikutukset voivat olla välittömiä, esimerkiksi muutokset kasvien fysiologiassa ja kasvussa tai muutokset eläinten käyttäytymisessä. Vaihtoehtoisesti muutokset havaitaan vasta pidemmän ajan kuluttua, esimerkiksi muutoksina alueen eläinten ja kasvien yhteisörakenteessa, mikä voidaan todeta häiriönä ekosysteemien toiminnassa (Galetti & Dirzo 2013). Defaunaatiolla voi olla myös evolutiivisia seurauksia, kuten fenotyyppien ja populaatioiden geneettisen koostumuksen muutoksia (Galetti & Dirzo 2013; Brodie 2017). Defaunaatiolla on havaittu olevan suoria vaikutuksia muun muassa siementen leviämiseen, tuholistorjuntaan, hiilen ja ravinteiden kiertoon, lannan poistoon sekä ekosysteemipalveluihin ja ruuan saatavuuteen, joilla on yhteys ihmisten terveyteen (Dirzo ym. 2014).

Defaunaatio ei ole satunnaista: syyt ilmiön taustalla

Defaunaatio ei ole satunnaista vaan se kohdistuu tiettyihin lajeihin tai ekologiisiin ominaisuuksiin, yleensä suuriin selkärangkaisiin. Kyseessä on ihmisen aikaansaama ilmiö, jota

ihminen myös ylläpitää suurin ja epäsuorin keinoin. Defaunaation taustalla on useita erisyyttä, jotka vaikuttavat toisiinsa ja ylläpitävät toisiaan. Tärkeimpiä defaunaatiota aiheuttavia suoria tekijöitä ovat metsästys, salametsästys, laitton eläinkauppa ja vieraslajit. Näiden lisäksi defaunaatioon vaikuttavat epäsuorat tekijät, kuten maankäytön muutokset, alueiden pirstoutuminen tai helpompi saavutettavuus (Galetti & Dirzo 2013). Maailman yhtenäisistä sademetsistä enää 12 % on kaukana teistä tai ihmisasutuksesta, joten ihmisen vaikutus ulottuu lähes jokaiseen maailman kolkkaan (Young ym. 2016).

Defaunaatio etenee yleensä kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa metsätetään yksinkertaisilla, perinteisillä välineillä, esimerkiksi ansoilla, ja saalis on tarkoitettu metsästäjän omaan käyttöön. Toisessa vaiheessa metsästys tehostuu parempien välineiden, esimerkiksi tuliaseiden ja verkkojen avulla, ja metsästys tähtää ainakin osittain, ellei kokonaan, kaupalliseen tarkoitukseen. Lopulta metsästyksestä siirrytään luonnonympäristön voimaperäiseen hyödyntämiseen, esimerkiksi hakuihin tai patojen rakentamiseen (Young ym. 2016). Viimeinen vaihe ei välttämättä kohdistu eläimiin, mutta elinympäristöjen kadotessa tai tuhoutuessa katoavat myös paikalla esiintyneet eläimet. Tällä hetkellä suuri osa maakoosteemista ja makean veden ekosysteemeistä on siirtynyt defaunaation kolmanteen vaiheeseen, elinympäristöjen hyödyntämiseen (Young ym. 2016). Vielä koskemattomat sademetsät ovat defaunaation ensimmäisessä tai toisessa vaiheessa.

Ihmiset ovat metsästäneet villieläimiä tuhansia vuosia, mutta eivät koskaan samassa mittakaavassa kuin nykyään. Aseiden yleistyminen ja liikenneyhteyksien paraneminen mahdollistavat laajamittaisen metsästyksen kaupalliseen tarkoitukseen, kun saaliin saaminen ja kuljettaminen kauppapaikoille, jopa satojen kilometrien päähän, on vaivatonta. Perinteinen kotitarvemetsästys ei ole kestä-

mätöntä, mutta defaunaation toisen vaiheen metsästys on (Young ym. 2016). Eläinten populaatiokoot laskevat rajusti, kun metsästys muuttuu kaupalliseksi (Benítez-López ym. 2017). Metsästys on merkittävä uhka biodiversiteetille ja koskee noin 19 %:ia trooppisista selkärangkaisista ja vaikuttaa niiden populaatiokokoihin ja yksilömääriin kaikkialla tropiikissa, aiheuttaen jopa paikallisia sukupuuttoja (Bello ym. 2015). Alueilla, joihin kohdistuu voimakas metsästyspaine, lintujen, nisäkkäiden ja kalojen määrät ovat vähentyneet 58–90 % (Correa ym. 2015; Benítez-López ym. 2017). Paikoin esimerkiksi Kaakkois-Aasiassa osa sademetsistä on jo tyhjentyneet eläimistä (Benítez-López ym. 2017). Metsästys on siinä määrin merkittävä tekijä, että eläinten yleisyys riippuu nykyään enemmän metsästyksestä kuin metsätyypistä, elinympäristöstä tai sen suojeleasteesta (Harrison 2011; Benítez-López ym. 2017). Monet viimeisen 200 vuoden aikana tapahtuneista sukupuutoista ovat seurausta eläinten liikäyksestä (Otto 2018).

Metsästyksen voimakkuus riippuu kauppapaikkojen läheisyydestä, alueen suojelusta, metsätyypistä, mutta kaikkein tärkein tekijä on alueen saavutettavuus. Lintujen ja nisäkkäiden populaatiot pienenevät 7–40 kilometrin matkalla lähtöpisteestä, josta metsästäjät kulkevat alueelle (Benítez-López ym. 2017). Jokiekosysteemeissä vaikutukset voivat ulottua vielä laajemmalle; kalastus vaikuttaa esimerkiksi mustapakun (*Colossoma macropomum*) kantaan vielä 1000 kilometrin päässä Manauksen miljoonakaupungista (Tregidgo ym. 2017). Metsästyspaine on kaikista suurin kaupunkien eli tärkeiden kauppapaikkojen lähellä. Yleis-tään voidaan sanoa, että jos alueelle kulkee tie, siellä metsätetään. Tämä koskee myös suoje-lualueita. Noin 18 % trooppisista sademetsistä on lain nojalla suojeltu (Harrison 2011), mutta defaunaatiosta kärsii 88 % sademetsistä (Osuri ym. 2018). Tästä voidaan päätellä, että salametsästys on yksi suurimmista defaunaation syistä. Metsästyksen lisäksi elinympäristöjen tuhoutu-

minen on merkittävä defaunaatiota aiheuttava tekijä. Sademetsien kaupungistuminen on kiihtynyt ja väestö lisääntynyt, mikä lisää painetta asutuskeskusten leviämislle. Kaupungit vaikuttavat ympäristöönsä, ja väestön lisääntyminen ja muutokset maankäytössä luovat pirstoutuneita elinympäristöjä. Villieläimet ovat korvautuneet kotieläimillä, joiden biomassa on moninkertaisesti suurempi kuin luonnossa elävien nisäkkäiden ja lintujen biomassa yhteensä (Bar-On ym. 2018).

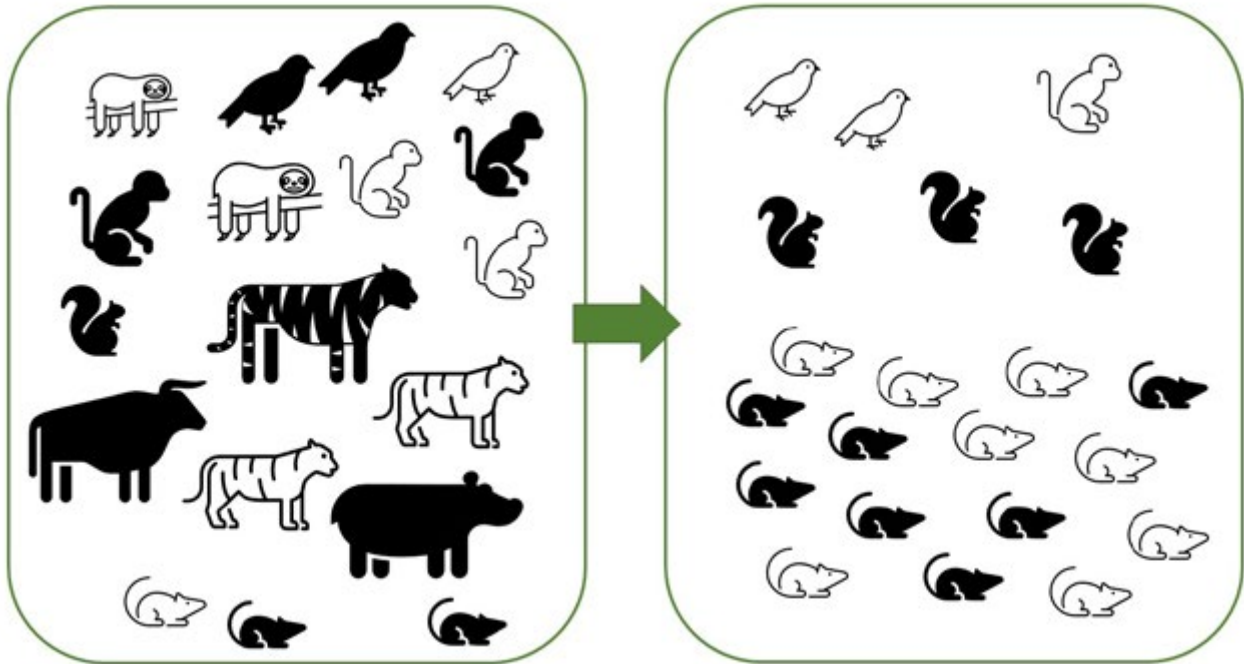
Sekä metsästys että elinympäristöjen pirstoutuminen vaikuttavat ensimmäiseksi suuriin selkärangkaisiin. Metsästäjät suosivat suurta saalista, joista saatu lihamäärä ja muu taloudellinen tuotto yhtä eläintä kohti on suurempi. Suurten eläinten ekologia eroaa pienistä eläimistä, koska ne tarvitsevat suuremman alueen elinvoimaisen populaation ylläpitoon ja ne ovat usein pieniä eläimiä hitaampia lisääntymään. Siksi esimerkiksi toisistaan erillään olevat metsälaikut eivät kykene yksin ylläpitämään riittävän suurta populaatiota. Hitaampi lisääntymistahti tarkoittaa sitä, että populaatio palautuu hitaasti liikametsästyksen jälkeen, eikä toipumista ehdi välttämättä tapahtua, jos metsästys jatkuu. Maantieteellisestä alueesta riippuen esimerkiksi nisäkkäiden defaunaation voidaan odottaa vaikuttavan kaikkiin yli kilon painoisiin eläimiin (Dantas de Paula ym. 2018).

Defaunaatio vaikuttaa eläinten diversiteettiin, tiheyteen ja biomassaan

Ihmistoiminta ja maankäyttö vaikuttavat eläimiin suoraan ja vähentävät niiden määrää. Defaunaatio voidaan havaita eläinten lajidiversiteetin, kannan tiheyden ja lajiston biomassan eroina eri alueiden välillä (Kuva 1). Metsästyspaine on tärkein muuttaja, mitä tulee eläinten runsauteen ja sen merkitys korostuu, kun vertaillaan alueen koko eläinlajistoa riistaeläimiin (Galetti ym. 2016). Riistaeläinten populaatiotiheys laskee metsästyspaineen lisääntyessä ja on korkeimmillaan suojelluilla alueilla, joilla ei metsästetä (Galetti ym. 2016; Benítez-López

ym. 2017). Jos tutkimukseen otetaan mukaan kaikki alueella tavattavat lajit, eläinten tiheydessä ei välttämättä tapahdu muutosta tai se voi olla jopa korkeampi alueilla, joilla metsästetään paljon. Pelkkä tiheyden tarkastelu ei siksi riitä defaunaation toteamiseen. Eläinten biomassa antaa paljon suoraviivaisemman tuloksen. Nisäkkäiden biomassa voi olla jopa 98 % pienempi alueilla, joilla metsästetään paljon (Galetti ym. 2016). Tämä johtuu siitä, että metsästyksen kohteena olevat riistaeläimet ovat kooltaan suurempia, kuin esimerkiksi siltä välttyvät jyräjät. Biomassa, sekä yksin riistaeläinten tai kaikkien nisäkkäiden yhdessä, laskee metsästyspaineen noustessa. Tämä tulos pätee myös silloin, kun eläinten tiheys kasvaa defaunaation aikana. Biomassan menetys voi olla suurempi kuin tiheyden menetys: metsästettyjen ja koskemattomien alueiden välillä eläinten tiheys voi vaihdella 16-kertaisesti ja biomassa jopa 70-kertaisesti (Galetti ym. 2016). Esimerkiksi Amazonin sademetsässä metsästys laskee kädellisten biomassaa ja tiheyttä. Hämähäkkia-pinoiden (*Ateles* spp.) yksilömäärät pinta-ala-yksikköä kohden laskevat yli kymmenestä alle yhteen metsästyksen myötä ja villa-apinoiden (*Lagothrix* spp.) vastaava lasku on lähes 20:stä alle yhteen yksilöön (Peres ym. 2016). Apinoiden populaatiokoot ovat laskeneet 0–4 prosenttiin siitä, mitä ne ovat ei-metsästetyillä alueilla. Biomassassa laskettuna menetys on noin 96 %.

Eläinten tiheys ja biomassa voivat siis muuttua samalla alueella eri tavalla. Siinä missä biomassa antaa aina samantapaisia tuloksia, tiheys voi vaihdella riippuen siitä, otetaanko mukaan kaikki alueen lajit vai ainoastaan metsästyksen kohteena olevat lajit. On mahdollista, että eläinten tiheys ja yksilömäärät kasvavat defaunaation edetessä. Kun biomassa laskee tiheyden kasvaessa, voidaan olettaa, että pienet eläimet yleistyvät. Defaunaatio voi todellakin hyödyttää joitakin lajeja: suurten eläinten kadotessa pienet yleistyvät (Galetti ym. 2016; Benítez-López ym. 2017). Esimerkiksi jyräjät



Kuva 1. Defaunaatio vaikuttaa alueen diversiteettiin, biomassaan ja tiheyteen. Defaunaatio kohdistuu suuriin eläimiin ja kun ne vähenevät, pienikokoiset eläimet etenkin jyrsijät lisääntyvät. Jyrsijöiden massa on pieni, joten eläinten yhteen laskettu biomassa vähenee. Näistä muutoksista huolimatta yksilöitä voi olla aikaisempaa enemmän ja eläinten tiheys voi kasvaa.

voivat lisääntyä huomattavan paljon. Alueilla, joilta suuret sorkkaeläimet ovat kadonneet jyrsijöitä voi olla lähes puolet enemmän kuin alueilla, jotka eivät kärsi defaunaatiosta (Galetti ym. 2015).

Eläinten biomassan ja tiheyden lisäksi defaunaatio vaikuttaa niiden diversiteettiin. Defaunaatio ei välttämättä muuta α -diversiteettiä, mutta β - ja γ -diversiteetti pienenevät (Young ym. 2016). Alueet alkavat muistuttaa toisiaan lajistoltaan ja toiminnoltaan, ja defaunaatio vähentää koko sademetsän diversiteettiä. Alueen lajirikkaus ei näin ollen ole yksinään riittävä mittari, mitä tulee ekosysteemin hyvinvointiin. Lajidiversiteetin lisäksi tulee ottaa huomioon myös toiminnallinen ja fylogeneettinen diversiteetti (Young ym. 2016). Yleistäen voidaan sanoa, että defaunaation köyhdyttämissä metsissä biomassa on pienentynyt, jyrsijöiden määrä lisääntynyt ja diversiteetti vähentynyt. Sekä eläimet että eläinyhteisöt pienenevät ja tällä on vaikutuksia

ekosysteemin toimintaan.

Eläimet vaikuttavat ympäristöönsä: ekosysteemi rakentuu vuorovaikutusten varaan

Luonto ei koostu vain yksittäisistä lajeista, vaan se on kokonaisuus, jonka toiminta perustuu lajien välisille vuorovaikutussuhteille. Toimiva ekosysteemi rakentuu lajien ja tuotanto- eli trofiatasojen välisten vuorovaikutusten varaan. Lajien kadotessa katoavat myös niiden toiminnalliset ominaisuudet; itse asiassa lajien tarjoamien toimintojen ja palvelujen katoaminen tapahtuu usein ennen varsinaista populaation tai lajin sukupuuttoa (Young ym. 2016). Luonnon monimuotoisuudesta, biodiversiteetistä, puhuttaessa tuleekin lajidiversiteetin lisäksi ottaa huomioon toimintojen diversiteetti ja lajien katoamisen lisäksi on huomioitava toimintojen katoaminen. Alueen toiminnallinen diversiteetti voi pienentyä, vaikka α -diversiteetti pysyisi samana (Young ym. 2016). Näin voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun alueen

suuret eläimet korvautuvat jyrsoilla, jotka vastaavat toiminnoiltaan toisiaan.

Sademetsien ekosysteemipalvelut ovat vaarantuneet metsästyksen takia: eläinten ja kasvien väliset mutualistiset suhteet, jotka ylläpitävät sademetsää ovat katoamassa (Peres ym. 2016). Defaunaatio aiheuttaa trofiatasolta toiselle ulottuvia, perättäisiä ja toisistaan riippuvia biologisia tapahtumia (kaskadeja), jotka häiritsevät eläinten ja kasvien välisiä vuorovaikutussuhteita. Populaatiot ja yksilöt ovat paikoin niin harvassa, että niiden välillä ei ole vuorovaikutusta; pienentyneen populaation vaikutus ekosysteemiin voi olla käytännössä olematon (Galetti ym. 2016). Defaunaatio voi siis aiheuttaa paikallisen lajikadon lisäksi myös toiminnallisen tyhjiön ekosysteemiin, jossa kriittiset vuorovaikutukset ovat lakanneet. Lopputuloksena voi olla kasvillisuudeltaan lajirikas ja näennäisesti hyvinvoiva ympäristö, josta suuri osa lajien välisistä vuorovaikutuksista puuttuu eläinten katoamisen vuoksi. Toiminnallisesti köyhtyneestä metsästä puhutaan tyhjän metsän syndroomana (Beck ym. 2013; Peres ym. 2016; Young ym. 2016). Ylimetsästetyt, lajistosta tyhjentyneet ekosysteemit ovat yleistymässä kaikkialla tropiikissa (Benítez-López ym. 2017).

Defaunaatio vaikuttaa tulevaisuuden sademetsään

Defaunaation vaikutus tulevaisuuden sademetsien eläinyhteisöihin on ilmiselvää, mutta mikäli ihmisen toiminta jatkuu samanlaisena kuin nykyään, vaikutukset ulottuvat myös kasviyhteisöihin. On arveltu, että trooppinen defaunaatio muuttaisi kasviyhteisöjä ja vähentäisi niiden diversiteettiä kaskadien kautta.

Eläimet voivat vaikuttaa ympäristöönsä troofisten ja ei-troofisten yhteyksien kautta (Beck ym. 2013). Troofisia vaikutuksia ovat muun muassa kasvien siementen syöminen ja niiden levittäminen tai trofiatasolla alaspäin kohdistuva alassuuntainen (top down) -kontrolli (Bello ym. 2015; Dantas de Paula ym.

2018). Ei-troofisia tekijöitä ovat mm. maan taloutuminen ja muokkautuminen sorkkaeläinten liikkuaessa alueella (Camargo-Sanabria ym. 2015). "Tyhjästä metsästä" nämä toiminnot puuttuvat. Suurten eläinten katoaminen vaikuttaa kasvien lisääntymiselle olennaisesti prosesseihin: ne ovat ainoita, jotka pystyvät levittämään suuria siemeniä ja säätelemään siementuholaisten kantaa, esimerkiksi resurssikilpailun tai saalistuksen kautta. Alueesta riippuen selkärankaisten hedelmäsyöjät levittävät 70–95 % trooppisten puulajien siemenistä (Correa ym. 2015). Defaunaation takia yleistyvät jyrsoit eivät pysty korvaamaan suuria eläimiä, koska pienet eläimet eivät kykene kokonsa puolesta nielemään kookkaita siemeniä kokonaisina vaan tuhoavat ne (Bello ym. 2015; Correa ym. 2015). Pienten selkärankaisten yleistyminen voikin muuttaa kasvien ja eläinten välisen mutualistisen suhteen antagonistiseksi, jopa päinvastaiseksi vaikutukseksi.

Kasvien kannalta defaunaatio ja satunnaiset sukupuutot eroavatkin oleellisesti toisistaan: esimerkiksi taimien diversiteetti ja siementen keskimääräinen koko vähenevät voimakkaammin kuin satunnaisissa sukupuutoissa (Donoso ym. 2017). Satunnaisissa sukupuutoissa eläinten samankaltaiset ja päällekkäiset toiminnot suojaavat ekosysteemiä, mutta defaunaatiossa toiminnallinen diversiteetti voi laskea nopeasti, koska defaunaatio kohdistuu tiettyihin lajeihin ja toiminnallisiin ominaisuuksiin. Defaunaatio koskettaa erityisesti kasveja, joilla on suuret eläinten levittämät siemenet. Kasvit, joiden siemenet leviävät tuulen tai veden matkassa tai pienten eläinten levittämänä, pystyvät levittämään normaalisti defaunaatiosta huolimatta. Suurten eläinten katoaminen voi kuitenkin hyödyttää yleisiä lajeja. Normaalitylanteessa eläimet talloivat ja syövät eniten yleisten puuvartisten lajien taimia, mutta defaunaatiossa tämä ekosysteemivaikutus katoaa. Defaunaatio ja tallomisen puute lisäävät taimien määrää ja niiden tiheyttä mutta vähentävät niiden diversiteettiä (Beck ym. 2013; Harrison ym. 2013;

Camargo-Sanabria ym. 2015).

Defaunaatiossa kasviyhteisöt muuttuvat yksipuolisemmiksi muutaman lajin vallitsemiksi kasvustoiksi (Kurten 2013). Nisäkkäiden puuttuminen vaikuttaa negatiivisesti lajirikkauteen mutta positiivisesti yleisiin lajeihin (Camargo-Sanabria ym. 2015). Yleiset pienisemeniset lajit ovat esimerkiksi Etelä-Amerikassa yleensä pioneerilajeja, joita on lajimääräisesti vähän (Dantas de Paula ym. 2018). Nämä lajit ovat yleensä myös nopeakasvuisia ja pieniä. Sademetsien lajisto siirtyy kohti varhaista sukukessiota, jossa vain muutama laji on yleinen. Tämä muutos näkyy jo pienillä metsälaikuilla, joilta suuret eläimet puuttuvat: suurisemenisiä lajeja on selvästi vähemmän kuin suuremmilla metsäalueilla (Dantas de Paula ym. 2018). 15 vuoden pitkäaikaisseurannassa havaittiin, että lajeilla, joiden siemeniä suuret eläimet levittivät, oli vähemmän nuoria taimia kuin passiivisesti leviävillä lajeilla (Harrison ym. 2013). Alueen puulajiston diversiteetti laski hitaasti mutta tasaisesti. Vaikka selviä kasviyhteisön koostumuksen muutoksia voidaan havaita jo näin lyhyen ajan sisällä, eläinten katoaminen kasvattaa tällä hetkellä ennen kaikkea suurisemenisten kasvien sukupuuttovelkaa. Metsän puusto uudistuu hitaasti, joten defaunaation todelliset vaikutukset selviävät vasta paljon myöhemmin (Dantas de Paula ym. 2018). ”Tyhjä metsä” voivat siis vaikuttaa normaaleilta hyvinkin pitkään.

Sademetsän kyky sitoa hiiltä riippuu sen lajistosta: defaunaatiolla on vaikutusta

Sademetsien defaunaatiolla voi olla kauaskantoisia, tropiikin ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia. Yksi tärkeimmistä sademetsän ekosysteemipalveluista on hiilen varastointi: trooppiset metsät ovat suurimpia maanpäällisiä hiilivarastoja ja näin ollen tärkeitä ilmastonmuutoksen säätelijöitä (Osuri ym. 2016). Tällä hetkellä sademetsät ovat tärkeitä hiilinieluja, mutta jos niiden toiminta häiriintyy ja hiilen sitomiskyky heikkenee, vaikutukset voivat olla

ilmastoa lämmittäviä. Maailmanlaajuisesti metsien varastoima hiili on noin puolet ilmakehän hiilestä, noin 400 miljardia tonnia, ja metsien väheneminen vastaa noin 20 %:sta ilmakehään vapautuvista kasvihuonekaasuista (Peres ym. 2016). Sademetsät varastoivat maailmalaajuisesti 55 %:ia metsien hiilestä (Peres ym. 2016).

Defaunaatio vaikuttaa sademetsän kasviyhteisöön kaskadien kautta ja pienisemeniset ja passiivisesti leviävät puuvartisten lajit yleistyvät. Siemenen koon ja aikuisen puun koon välillä on yhteys. Siemenen suurempi koko tarkoittaa myös suurempaa täysikasvuista puuta, ja näin ollen myös suurempaa biomassaa ja kykyä varastoida hiiltä (Bello ym. 2015). Puun kyky sitoa hiiltä riippuu sen tiheydestä, halkaisijasta ja korkeudesta. Neotropiikissa puut, joilla on suuret eläinten levittämät siemenet ovat tiheämpiä, joten ne sitovat enemmän hiiltä itseensä (Osuri ym. 2016). Näiden puiden katoaminen ja korvautuminen pienillä laskee koko sademetsän biomassaa ja sen kykyä sitoa hiiltä. Koska puiden kato johtuu levittäjien kadosta, defaunaatio vaikuttaa sademetsän hiilitasapainoon.

Sademetsiin varastoitunutta hiiltä menetetään eniten laajoilla metsäkatoalueilla, mutta defaunaatioalue on tätä aluetta suurempi (Peres ym. 2016). Metsästyksellä ulottuu suuremmalle alueelle kuin metsäkato ja hakkuut yhteensä (Harrison ym. 2013). Jos defaunaatio muuttaa kaikkien näiden vaikutusalueiden kasviyhteisöjä, seuraukset alueiden ekologialle ovat huomattavat. Pahimmillaan lajiston vaihtuminen voi vapauttaa ilmakehään noin 2,6 Pg hiiltä (Osuri ym. 2016). Defaunaation odotetaan siis vähentävän merkittävästi sademetsän kykyä sitoa hiiltä, mutta tarkoista määristä ei vallitse yksimielisyys: biomassan arvellaan vähenevän 2,5–37 % (Osuri ym. 2016, Dantas de Paula ym. 2018). Näiden muutosten aikajänteen arvioiminen on vaikeaa, mutta koska muutos on yhteydessä puulajiston vaihtumiseen, vaikutukset havaitaan vasta tulevaisuudessa, mahdollisesti vasta sadan vuoden päästä. Etelä-Amerikassa, Afrikassa ja Etelä-Aasiassa sademetsiin sitou-

tuneen hiilen määrä todennäköisesti laskee, koska eläinten levittämien puulajien osuus on suuri verrattuna passiivisesti leviäviin lajeihin. Sen sijaan Kaakkois-Aasiassa ja Australiassa defaunaatiolla ei nähtävästi ole vaikutusta hiilen sidontaan, sillä siellä on paljon passiivisesti leviäviä puulajeja (Osuri ym. 2016). Kuitenkin jo Etelä-Amerikan ja Afrikan sademetsien hiilinielujen supistumisella voi olla kauaskantoisia seurauksia. Nykyinen metsien käyttö kuitenkin määrittää olennaisesti tulevien hiilivarantojen määrän ja puiden sukupuuttovelan lisäksi defaunaatio kasvattaa ihmiskunnan ilmastovelkaa.

Yhteenveto

Defaunaatio on ihmisen aikaansaama ja ylläpitämä ilmiö, jonka vaikutukset näkyvät ennen kaikkea maailman lajirikkaimmilla alueilla trooppisissa. Suurilla selkärangkaisilla on tärkeitä ja korvaamattomia vaikutuksia ekosysteemien toimintaan ja juuri nämä lajit ovat haavoittuvimpia ihmisen vaikutuksille: metsästykselle, salametsästykselle, elinympäristöjen pirstoutumiselle ja tuhoutumiselle.

Defaunaation vaikutukset eivät rajoitu yksilöiden, populaatioiden tai lajien paikalliseen katoamiseen, vaan sen vaikutukset etenevät kaskadina ekosysteemissä. Ns. tyhjiä metsistä, joista eläimet puuttuvat, puuttuu myös lukemattomia tärkeitä ekologisia vuorovaikutuksia ja toimintoja. Tämä elinympäristöjen laadullinen ja määrällinen tyhjiö vaikuttaa esimerkiksi kasvien lisääntymiseen ja voi muuttaa sademetsän puiden lajikoostumusta. Defaunaation vaikutuksesta suuremmat lajit korvautuvat pienillä ja ekosysteemin toimintojen diversiteetti vähenee (Culot ym. 2013; Galetti ym. 2016; Dantas de Paula ym. 2018). Koko sademetsän biodiversiteetti laskee ja alueet voivat alkaa muistuttaa ekologisesti toisiaan. Suurten eläinten katoaminen vaikuttaa erityisesti suurisiemenisten, suurten puiden lisääntymiseen. Suurten puiden korvautuminen pienillä laskee sademetsän kykyä sitoa hiiltä ja voi lopulta vai-

kuttaa ilmastonmuutokseen (Bello ym. 2015).

Toistaiseksi yhteenkään defaunaatiota aiheuttavaan tekijään ei ole puututtu tehokkaasti. Päinvastoin, eläinten metsästys on lisääntynyt ja ihmiset ovat levittäytyneet yhä laajemmille alueille sekä synnyttäneet ilmastonmuutoksesta uuden uhkatekijän (Dirzo ym. 2014). Eläinten ja ekosysteemipalveluiden katoaminen koskettaa kuitenkin myös ihmisiä. Eläimet ovat tärkeitä siementen levittäjiä ja pölyttäjiä, ne kontrolloivat tuholaisia ja muokkaavat ympäristöä. Näiden toimintojen häviäminen on menetys myös ihmiselle.

Kirjallisuus:

- Bar-On Y, Phillips R & Milo R 2018 The biomass distribution on Earth. *Proc Nat Acad Sci* 115: 6506–6511.
- Beck H, Snodgrass J & Thebpanya P 2013 Long-term enclosure of large terrestrial vertebrates: Implications of defaunation for seedling demographics in the Amazon rainforest. *Biol Cons* 163: 115–121.
- Bello C, Galetti M, Pizo M, Magnago L, Rocha M, Lima R, Peres C, Ovaskainen O & Jordano P 2015 Defaunation affects carbon storage in tropical forests. *Science Advances* 1. doi: 10.1126/sciadv.1501105.
- Benítez-López A, Alkemade R, Schipper A, Ingram D, Verweij P, Eikelboom J & Huijbregts M 2017 The impact of hunting on tropical mammal and bird populations. *Science* 356: 180–183.
- Brodie J 2017 Evolutionary cascades induced by large frugivores. *Proc Nat Acad Sci* 114: 11998–12002.
- Camargo-Sanabria A, Mendoza E, Guevara R, Martínez-Ramos M & Dirzo R 2015 Experimental defaunation of terrestrial mammalian herbivores alters tropical rainforest understorey diversity. *Proc R Soc B* 282: 2014–2580.
- Ceballos G, Ehrlich P & Dirzo R 2017 Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population

- losses and declines. *Proc Nat Acad Sci* 114: 6089–6096.
- Correa S, Araujo J, Penha J, Nunes da Cunha C, Stevenson P & Anderson J 2015 Overfishing disrupts an ancient mutualism between frugivorous fishes and plants in Neotropical wetlands. *Biol Cons* 191: 159–167.
- Culot L, Bovy E, Vaz-de-Mello F, Guevara R & Galetti M 2013 Selective defaunation affects dung beetle communities in continuous Atlantic rainforest. *Biol Cons* 163: 79–89.
- Culot L, Bello C, Batista J, do Couto H & Galetti M 2017 Synergistic effects of seed disperser and predator loss on recruitment success and long-term consequences for carbon stocks in tropical rainforests. *Scientific Reports* 7: 7662.
- Dantas de Paula M, Groeneveld J, Fischer R, Taubert F, Martins V & Huth A 2018 Defaunation impacts on seed survival and its effect on the biomass of future tropical forests. *Oikos* 127: 1526–1538.
- Dirzo R, Young H, Galetti M, Ceballos G, Isaac N & Collen B 2014 Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345: 401–406.
- Donoso I, Schleuning M, García D & Fründ J 2017 Defaunation effects on plant recruitment depend on size matching and size trade-offs in seed-dispersal networks. *Proc R Soc B* 284: 2016–2664.
- Galetti M & Dirzo R 2013 Ecological and evolutionary consequences of living in a defaunated world. *Biol Cons* 163: 1–6.
- Galetti M, Guevara R, Neves C, Rodarte R, Bovendorp R, Moreira M, Hopkins J & Yeakel J 2015 Defaunation affects the populations and diets of rodents in Neotropical rainforests. *Biol Cons* 190: 2–7.
- Galetti M, Brocardo C, Begotti R, Hortenci L, Rocha-Mendes F, Bernardo C, Bueno R, Nobre R, Bovendorp R, Marques R, Meirelles F, Gobbo S, Beca G, Schmaedecke G & Siqueira T 2016 Defaunation and biomass collapse of mammals in the largest Atlantic forest remnant. *Anim Cons* 20: 270–281.
- Harrison R 2011 Emptying the Forest: Hunting and the Extirpation of Wildlife from Tropical Nature Reserves. *BioScience* 61: 919–924.
- Harrison R, Tan S, Plotkin J, Slik F, Detto M, Brenes T, Itoh A & Davies S 2013 Consequences of defaunation for a tropical tree community. *Ecol Lett* 16: 687–694.
- IUCN 2021 The IUCN Red List of threatened species. Versio 2021-3. Saatavissa <https://www.iucnredlist.org>. [Viittauspäivä 28.2.2022]
- Kurten E 2013 Cascading effects of contemporaneous defaunation on tropical forest communities. *Biol Cons* 163: 22–32.
- Osuri A, Ratnam J, Varma V, Alvarez-Loayza P, Hurtado Astaiza J, Bradford M, Fletcher C, Ndoundou-Hockemba M, Jansen P, Kenfack D, Marshall A, Ramesh B, Rovero F & Sankaran M 2016 Contrasting effects of defaunation on aboveground carbon storage across the global tropics. *Nature Comm* 7:11351 doi: 10.1038/ncomms11351.
- Otto S 2018 Adaptation, speciation and extinction in the Anthropocene. *Proc R Soc B* 285: 2018–2047.
- Peres C, Emilio T, Schiatti J, Desmoulière S & Levi T 2016 Dispersal limitation induces long-term biomass collapse in overhunted Amazonian forests. *Proc Nat Acad Sci* 113: 892–897.
- Tregidgo D, Barlow J, Pompeu P, de Almeida Rocha M & Parry L 2017 Rainforest metropolis casts 1,000-km defaunation shadow. *Proc Nat Acad Sci* 114: 8655–8659.
- Young H, McCauley D, Galetti M & Dirzo R 2016 Patterns, Causes, and Consequences of Anthropocene Defaunation. *Annu Rev Ecol Evol Syst* 47: 333–358.

Miina Suutari on biologian maisteriopiskelija Helsingin yliopistosta. Defaunaation jälkeen hän on tehnyt Vanamon rahoittaman maisteritutkielman lepakoiden antipredaatiivasteista BatLab Finland -ryhmän jäsenenä.

Amiraaliperhosen vaellukset ja siipikuviovariaatiot Pohjois-Pohjanmaalla vuosina 2015–2021

Eira Ainalinpää

Suomen pohjoisosat saavat vuosittain lisätäydennystä vaeltajaperhosista. Kesällä 2021 amiraaliperhosia tavattiin maassamme paikoitellen hyvin runsaasti. Tässä kirjoituksessa tarkastelen Pohjois-Pohjanmaan maaseudulle sijoittuvan tutkimuspaikan amiraaliperhosen esiintymistä 7-vuoden päiväperhosseurantakauden aikana. Lisäksi teen huomiota kesän 2021 amiraaliperhosten siipikuvioiden variaatioista. Amiraaliperhosen siipikuvioista löytyi yksilökohtaista vaihtelua kesän 2021 otannasta.

Johdanto

Maailmalla vaeltajaperhosten arvioidut maksimilukumäärät näyttäytyvät suurempina kuin Suomessa. Esimerkiksi ohdakeperhosia (*Vanessa cardui*) arvioitiin olevan Afrikan keskiosissa noin 20 000 yksilöä hehtaarilla ja Välimeren seudulla puhuttiin jo miljoonista yksilöistä (Talavera & Vila 2017). Myös Israelissa ohdakeperhosen yksilömäärien tiedotettiin olevan useita satoja miljoonia (Dobronosov 2019). Suomen paikallisuutisoinneissa ilmoitettiin amiraaliperhosia (*Vanessa atalanta*) nähdyn kesällä 2021 parhaimmillaan satoja yksilöitä metsäteiden varsilla Satakunnassa (Satakunnan Kansa 2021). Suomen ympäristökeskuksen maatalousalueiden päiväperhosseurannan tulokset kesällä 2021 osoittivat amiraali- ja ohdakeperhosen esiintyvän runsaslukuisena, vaikka lukumäärällisesti niitä ilmoitettiin paikallisiin maksimiesiintymiin nähden huomattavasti vähemmän (Suomen ympäristökeskus 2021a). Kesällä 2021 kyseisen seurannan yksilömäärä oli 22 laskentalinjalla yhteismäärältään 101 amiraalia ja 22 ohdakeperhosta (Suomen ympäristökeskus 2021b). Suomessa pitkäaikaishavainnot näyttävät amiraaliperhosen lukumäärien runsastuneen kesää kohden aikavälillä 1970–2021 (Jalava & Suomen Lajitietokeskus 2021). Myös tässä tutkimuksessa Pohjois-Pohjanmaalla kesän 2021 amiraalien lukumäärä oli

aikaisempiin havaintovuosiin 2015–2020 nähden poikkeuksellisen korkea.

Vaeltajaperhosten dokumentointiin vaikuttavat havainnoitsijamäärien, laskentatapojen ja -määrien erot. Vaeltajaperhosten kannanarvioinneissa pystytään harvoin havainnoimaan hehtaarin kokoista aluetta ilman yksilöiden pyydystämistä, koska pienien nopeasti lentävien lajien laskeminen tunnistettavasti pienemmälläkin alueella on vaikeaa. Kansainvälisissä tutkimuksissa otokset kerätään pienemmältä alalta ja suhteutetaan laskennallisesti isommalle alueelle. Tähän laskentamenetelmään kuitenkin sisältyy virhemarginaalin mahdollisuus suhteessa elinympäristön laatuun. Lajit eivät sijoitu elinympäristötyypeille tasaisesti, sillä ne liikkuvat usein lajikohtaisesti tietyntyyppisillä alueilla.

Tässä tutkimuspaikassa päiväperhosia on vuosittain laskettu eniten puutarhaelinympäristössä, jossa kasvilajeja on lähiympäristöä enemmän ja mesikasvien kukinta ajoittuu tasaisemmin kasvukauden koko pituudelle. Kesän 2021 elokuussa amiraalit oleskelivat vain noin kymmenen neliömetrin suuruisella alueella. Dobronosov (2019) ilmoitti käyttäneensä aikayksikköön suhteutettua laskentaa ja digitaalikuvausta laskennan tukena, koska menetelmä mahdollisti eettisemmän perhoshavainnoinnin ilman pyyntiä. Myös tässä tutkimuksessa pyydystäminen korvattiin digi-

valokuvauksella, joka toimi havainnointiapuna selvitettyä perhosen ilmiä, siipikuviota ja niiden muita rakenteita.

Perhosten siipirakenteiden ja -kuvioiden tutkimusta sovelletaan nykyään myös tekniikan alalla. Siipirakenteiden toimintaa hyödynnetään muun muassa drone-lennokkien ja piipohjaisten aurinkokennojen rakenteiden suunnittelussa (Johansson & Henningsson 2021; Huang ym. 2020). Luonnossa perhosten siipirakenteet ja kuviot ovat moninaisia. Määrällisten ominaisuuksien syntyä (esim. ruumiin rakenne) ohjaavat polygeenit eli useat geenit samanaikaisesti. Niiden myötä keskivertoyksilöitä syntyy yleensä ääriyoppiominaisuuksia enemmän. Oman lisävaikutuksensa yksilön ominaisuuksiin aiheuttavat ympäristökijät (Beldade & Brakefield 2002; Papa ym. 2008).

Ulkonäöllisesti siipirakenteet kuvioineen muuttuvat perhosen elinkaaren aikana mm. ympäristöolosuhteiden vaikuttaessa värityksen voimakkuuteen ja siiven pintarakenteeseen (Beldade & Brakefield 2002). On tyypillistä, että loppukesällä monien lajien siipiväriytyminen on huomattavan kulunut alkukesän väritykseen nähden. Perhospopulaation yksilöissä saattaa syntyä harvakseltaan myös gynandromorfeja, jolloin yksilön ilmiäsuun tulee todennäköisesti solunjakautumisen mitoosivaiheessa näkyviin puolet koiraan ja puolet naaraan ilmiäsuusta (Heikkinen 2021).

Siivillä yhdessä täydellisen muodonmuutoksen kanssa on arvioitu olevan tärkeä merkitys hyönteisten heimotason makroevoluutioon (Nicholson ym. 2014). Merkityksen laajuus vaatii kuitenkin lisätutkimuksia. Siivet antavat lentokykyä ja keuhkokuoren, joka edistää lajin levittäytymistä ja vähentää siten lajin sukupuutoriskiä (Mayhew 2002). Toisaalta hyönteisen ruumiin rakenne ja lajin ekologinen erikoistuminen voivat heikentää lajin levittäytymistä ja vaarantaa siten lajin selviytymisen elinympäristömuutoksissa (Mattila ym. 2011).

Tutkija Ossi Nokelaisen mukaan siipirakenteet ja niiden väripigmentit heijastavat eri

tavoin valoa ja niiden lähettämä viesti voidaan tulkita eri tavoin saalistajan ja lajitoverin näkökulmasta. Esimerkiksi täpläsiilikään (*Arctia plantaginis*) punaiset ja keltaiset värit ovat varoitussignaaleja saalistajille, mutta lyhyet ja ultraviolettia heijastavat sävyt ovat tehokkaita viestimiä lajitovereille. Värien havaittavuus ei silti aina toimi suoraan suhteessa saalistajan käyttäytymiseen vaan taustalla arvioidaan olevan myös kognitiivisia toimintoja. Joillakin perhoslajeilla on siipikuvioiden maantieteellistä vaihtelua, mutta myös vaihtelua populaation sisällä. Suomessa täpläsiilikällä on kaksi valkoista ja yksi keltainen koiraan siipien värimuoto, ja naaraissa on puna-, oranssi- ja keltasiipisiä yksilöitä. (Nokelainen ym. 2012; Nokelainen ym. 2014; Heikkinen 2019.)

Tutkimuskysymykset, tutkimusalue ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa tarkastelen amiraalin ja ohdakeperhosen esiintymisrunsautta Pohjois-Pohjanmaalla vuosina 2015–2021 ja hyödynnän kesän 2021 poikkeuksellista amiraalien vaelluspysähdyksen suomaa tilaisuutta tarkastella yksilöiden siipikuviota yhdellä ajankohdalla tietyllä yhdellä paikalla. Siipikuviolla tarkoitetaan yleensä päiväperhosten yhteydessä värin voimakkuuden ja sävyn vaihteluita, pieniä tai keskisuuria pilkkuja, isompia täpliä, kaarevia juomuja, ohuita viiruja tai leveämpiä juovia (vrt. Silvonen ym. 2014, 38). Tutkimus antaa lisätietoa amiraalien siipikuvioiden ja Pohjois-Suomessa esiintyvistä amiraalien joukkoesiintymisistä.

Tarkastelen asiaa seuraavin tutkimuskysymyksin:

- 1) Millaisia vaeltajaperhosten runsauden vaihtelut ovat Pohjois-Pohjanmaan maaseutualueen tutkimuspaikalla?
- 2) Onko amiraalien siipikuvioiden vaihtelua tietyllä alueella ja jos on, niin millaista?
- 3) Löytyykö alustavia yhteyksiä amiraalien siipirakenteiden ja sudenkorentojen saalistuspaineeseen välillä?

Elokuun paikallisessa joukkoesiintymisessä amiraalit pysyivät paikallaan noin kahden viikon ajan. Tällaisia tilaisuuksia ilmenee Suomen pohjoisosissa harvoin ja tälläkin tutkimuspaikalla se tapahtui vasta seitsemäntenä päiväperhosten havaintokesänä.

Tutkimusalue sijoittuu Pohjois-Pohjanmaan maaseutualueelle (64° 8' 15" N, 25° 22' 0" E) ja kuuluu eläinmaantieteellisesti Keski-Pohjanmaahan. Päiväperhosten määrä on tutkimuspaikalla laskettu vuodesta 2015 alkaen, ja mikroilmastollisia mittauksia on tehty vuodesta 2014 alkaen. Näiden ohella paikalla tehdään myös putkilokasvien sekä kimalaisten, jänisten ja sudenkorentojen monivuotisia lajiseurantoja. Tässä artikkelissa sivutaan sudenkorentohavaintoja saalistuspainetta suhteessa siipivariaatioihin pohdintakappaleen yhteydessä. Seuranta on osa tutkimuskohteen monitieteistä kestävyystutkimusta. Paikka sijoittuu metsien ja peltoalueiden reunavyöhykkeelle ja on kahden hehtaarin kokoinen. Siihen sisältyy noin 500 kasvilajin tutkimus- ja kasvitaidealue, niin kutsuttu Taidearboretum (Ainalinpää 2019; Ainalinpää 2020a). Paikan luonnontieteelliset tutkimukset ovat lähtökohdiltaan alfadiversiteettitutkimusta. Seurannan saadessa ajallista laajuutta ja verrokkeja, tutkimus muotoutuu betadiversiteettitutkimukseksi (Anderson ym. 2011).

Kesällä 2021 päiväperhosten linjalaskentahavaintoja tehtiin tutkimusalueella 72 päivänä. Amiraalien lukumäärä varmistettiin kolminkertaisena otantana alueen lajirunsaimmista kasvillisuuspaikoista ja yksilöt valokuvattiin ja videoitiin. Näin kerätiin lisätietoa tutkimusalueella esiintyvien lähinnä toisen sukupolven amiraaliperhosten paikallisen populaation siipikuvioiden vaihtelusta. Siipikuvioiden vertailuun käytettiin 16 valokuvaa siiven yläpuolen etusiivistä ja 15 valokuvaa yläpuolen takasiivistä. Alapuolen siipikuvioita ei tässä yhteydessä tutkittu. Tässä kirjoituksessa esitetään kooste keskeisimmistä siipikuvion muutoskohdista. Paikallaan ruokailevilta amiraaleilta mitattiin

viivaimella myös satunnaisotantana siivenkärkiväli. Tutkimusalueelta on kerätty myös mikroilmastotilastoja vuodesta 2014 alkaen.

Tutkimuksessa amiraaleja ei pyydystetty eikä huumattu tarkasteluja varten, sillä ne viivivät tuntikausia päivässä samoilla paikoilla ruokailemassa. Tarkastelussa huomioitiin perhosen siipien liikehdinnän vaikutus kuvaan eli miten valo osui siipiin, ovatko siivet taipuneina tai limittäin, onko siipi kulunut tai vaikuttaako repeämä kuvion muodostumiseen. Lähempään tarkasteluun hyväksyttiin vain selkeästi siipensä avanneet perhoset, jotta eliön asento ei tuottaisi erilaisia heijastumia ja siten vaikeutta siiven pintarakenteen tulkintaa. Sävyjen samankaltaisena pysymisen vuoksi kuvista valikoitiin myös ottamisajaltaan kirkkaimpina säähetkinä otetut tarkimmat kuvat.

Amiraalien paikallispopulaation osuutta kauempaa vaeltaneesta kannasta ei selvitetty, mutta todennäköisesti mukana oli molempia. Pohjoismaissa syksyajan amiraalipopulaatio koostuu usein sekä lähialueelta että muualta tulleista yksilöistä (Brattström ym. 2010). Tutkimusta voidaan hyödyntää ekologisissa lajisopeutumisen seurantatutkimuksissa, mikäli vastaavia aineistoja ajan kuluessa saataisiin lisää.

Tutkimuskysymys kolme tarkastelee alustavasti amiraalien siipikuvioiden merkitystä saalistukselle. Kesällä 2021 alkaneiden sudenkorentoseurannoilla kerätään tietoa sudenkorentojen käyttäytymisestä ja määristä paahde-elinympäristössä. Tilastoituja laskentoja edelsi kolme vuotta yleishavaintoja, joiden pohjalta laskennat aloitettiin tutkimusalueella. Yleensä sudenkorentojen elinympäristöt sijoituvat erityyppisiin vesiympäristöihin. Laskennat kestivät koko kasvukauden ja niitä tehtiin 33 päivänä kello 10.00–22.00 välisenä aikana siten, että päivään kertyi kolme otantaa sudenkorentojen keskeisimmältä lentoalueelta. Otantojen keskiarvo tilastoitiin. On kuitenkin huomattava, että sudenkorennot ovat vain yksi amiraalien potentiaalinen saalistajaryhmä, jonka saalistukseen saaliin siipiominaisuudet

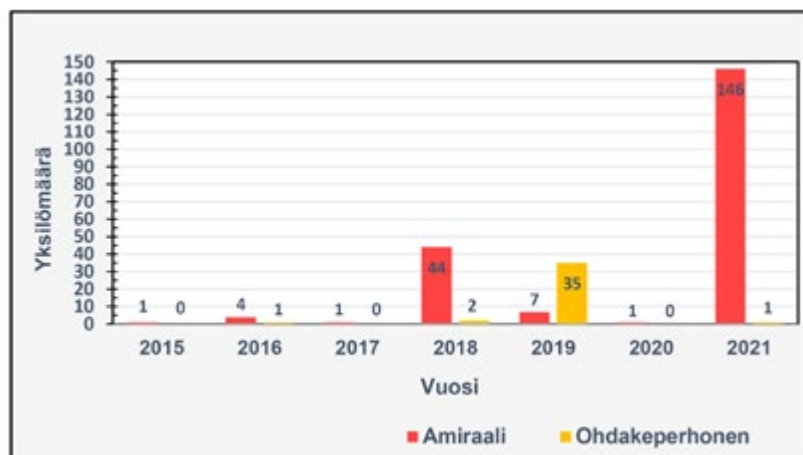
voisivat vaikuttaa. Sudenkorennot ovat ekosysteemeissä huippupetoja, jotka saalistavat suuria määriä hyönteisiä elinympäristöstään (Kaunisto ym. 2020). Esimerkiksi sirokeijukorennon (*Lestes ponsa*), okatytönkorennon (*Enallagma cyathigerum*) ja tummasyyskorennon (*Sympetrum danae*) aikuisvaiheen ruokavaliosta on löydetty 41 hyönteislajia. Niistä pääosa koostuu harso- ja surviaissääskistä, mutta mukana on myös yökkösiä, mittariperhosia, kovakuoriaisia ja toisia sudenkorentoja (Kaunisto ym. 2017; Vesterinen ym. 2020).

Tulokset

Vaeltajaperhosten runsauden vaihtelut tutkimuspaikalla

Pohjois-Pohjanmaalla Taidearboretumin tutkimusalueella kesä 2021 osoittautui amiraaliperhosille seitsenvuotiskauden parhaimmaksi ajaksi, ohdakeperhosella vuosi oli tavanomainen (Kuva 1). Kesän 2021 aikana tehtiin 146 amiraalihavaintoa. Havaintopäiviä oli 72, joista amiraaleja havaittiin 35 havaintokerralla. Määrä oli huomattavasti suurempi kuin kesällä 2018, jolloin amiraaleja laskettiin 44 yksilöä. Amiraaleilla seitsemän vuoden aikana havaittujen yksilöiden yhteismäärä oli 204 yksilöä.

Ohdakeperhosten runsaimmat määrät on



Kuva 1. Amiraaliperhosen ja ohdakeperhosen 7-vuotiskauden esiintymiset (2015–2021) Pohjois-Pohjanmaan tutkimusalueella.

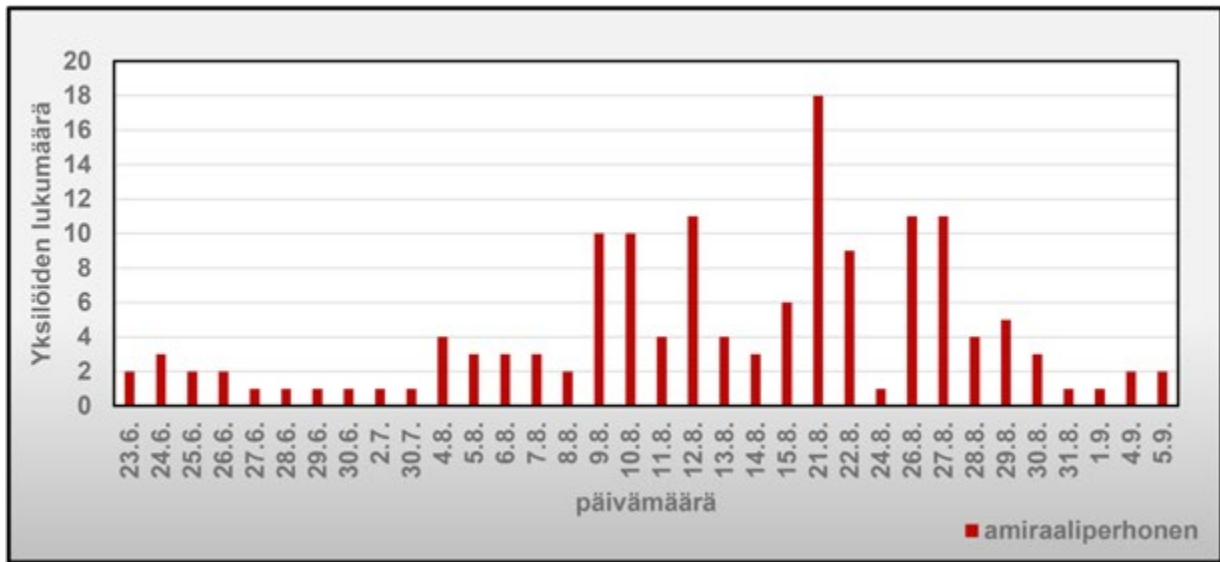
laskettu tähän mennessä tutkimusalueella 2019, jolloin havaintoja kertyi 35 yksilöstä. Seitsemän vuoden havaintokauden havaintojen yhteismäärä on vain 39 yksilöä. Keskimäärin aiempina vuosina näiden molempien vaeltajaperhosten kesää kohden lasketut yksilömäärät ovat jääneet alle kymmeneen yksilöön. Runsaimmin amiraaleja eri vuosina on esiintynyt elokuussa, jolloin suurin osa yksilöistä edustaa toista sukupolvea. Suurin päiväkohtainen määrä amiraaleja, 18 yksilöä, laskettiin vuoden 2021 elokuun lopulla (21.8.) (Kuva 2).

Ohdakeperhosen esiintyminen tutkimuspaikalla on ollut keskimäärin niukkaa jääden alle viiden yksilön kesää kohden. Vuoden 2019 ohdakeperhosten runsaampi esiintyminen osoitti yksilöiden lentävän alueelle tasaisemmin sekä kesä- että elokuun aikana. Amiraalihavaintoja tehtiin joka havaintovuosi myös syyskuussa. Myöhäisin amiraalin lentoajankohta kirjattiin 24.9.2017.

Amiraaliperhosen etusiipien yläpinnan kuviovariaatiot

Kesän 2021 Taidearboretumin amiraalien etusiipien yläpinnan kuviovariaatio jakautui havaintoaineistossa seuraaviin neljään siipi-kohtaan.

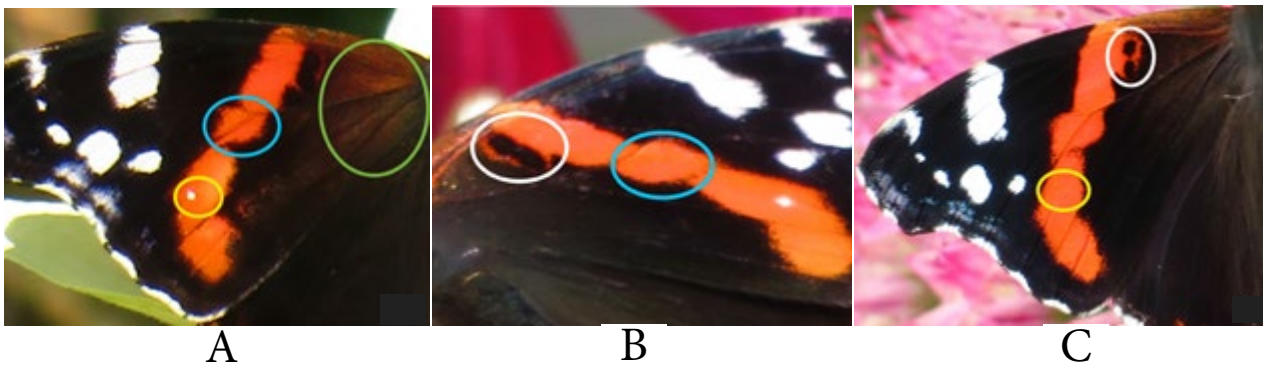
- 1) Etusiipien yläpinnan mustan värialueen punaisen sävyn laajuudessa ja erottuvuudessa ilmeni amiraaleilla vaihtelua. Tämä kuitenkin edellytti, ettei siiven kallistuskulma vaikuttanut punaisen sävyn havaittavuuteen. Laajahko punaisen sävy mustalla alueella oli yleisempää kuin se, että siiven pinta olisi ollut pelkästään mustasävyinen (Kuva 3A, vihreä ympyrä). Täysin ilman punaista laajentumaa oli vain yksi 16 yksilöstä. Tutkitun yksilön siivet eivät olleet kuluneita ja siiven lähes olemaan kallistuskulma ei vaikuttanut punaisen alan ilmenemiseen.



Kuva 2. Amiraaliperhosen päiväkohtainen esiintyminen Pohjois-Pohjanmaan tutkimusalueella kesällä 2021.

2) Etusiipien yläpinnan viiden valkean täplän jonossa esiintyi joillakin yksilöillä kuudes pieni valkea pilkku punaisen juovan alueella. Pilkku erottui punaiselta alueelta keskimäärin hyvin, ollen noin 0,5–1 mm halkaisijaltaan. Kuluneiden yksilöiden kohdalla pilkun erottaminen onnistuu vain lähietäisyydeltä katsottuna tai digikuvana voimakkaasti suurentamalla. Kuudes valkea pilkku näkyi valokuvassa kuudella yksilöllä

juovan yläosa oli toisinaan yksilöllisesti muotoutunut. Tällöin mustavärialue rikkoi punaisen leveän juovan muodostaen joko pienehkön punaisen "salamaviivan", tai musta väri näyttäytyi yhtenä tai kahtena mustana pisteenä leveän punaisen juovan alueella. Toisinaan mustat pisteet olivat yhdistyneet, jolloin ne muodostivat mustan lyhyen viivan. (vrt. kuva 3B ja 3C valkeat ympyrät).



Kuvat 3A–C. Amiraalin etusiipien yläpinnan siipikuvion variaatiokohdat. Kuviomuutoksia sisältävät kohdat on merkitty kuviin värillisin rengastuksin. Valokuvat: Eira Ainalinpää.

kuudestatoista. Se, että mukana oli vasta-kuoriutuneita voimakassävyisiä yksilöitä, joilla kuudetta valkeaa pilkkua ei ollut, kertoi ettei kyseessä ollut kulumisen vaikutus. (vrt. Kuvat 3A ja 3C, keltaiset ympyrät).

3) Etusiiven yläpinnan leveän punaisen

4) Punaisen juovan keskikohdassa muoto voi ilmetä hieman irrallisena punaisena kuviona tai jatkua verrattain yhtenäisenä myös keskikohdassa. (vrt. Kuva 3A ja 3B, siniset ympyrät).



Kuvat 4A–C. Amiraalin takasiipien yläpinnan siipikuvion variaatio-kohtat. Kuviomuutoksia sisältävät kohdat on merkitty kuviin värillisin rengastuksin. Valokuvat: Eira Ainalinpää.

Amiraaliperhosen takasiipien yläpinnan kuviovariaatiot

Amiraalien havaintoaineistossa takasiipien yläpinnan siipikuviot kesällä 2021 voitiin jakaa seuraaviin kahteen siipikohtaan.

1) Mustat pisteet takasiiven punaisella juovalla.

a) Näistä yksi mahdollisuus oli, että mustat pisteet olivat tavanomaista pienempiä alle 0,5 mm (Kuva 4A). Tutkimusvalokuvista näitä heikosti näkyviä pikkupisteitä esiintyi neljällä yksilöllä 15 yksilöstä.

b) Yleisimmin takasiipikuvioissa mustat pis-

teet olivat selkeitä ja pyöreähköjä yli 0,5 mm halkaisijaltaan.

c) Aineistossa ilmeni myös kuviovaihtoehto, joissa oli 1–3 pistemäistä kuviota ja lisäksi 1–3 kolmiomuotoa (Kuvat 4A ja 4B, vihreät ympyrät).

d) Osa kolmiomuodoista oli selkeästi muotoutunut sydämenmuotoisiksi (Kuva 4C). Sydänkuviot oli harvinaisin ja sitä näkyi vain yhdellä 15 yksilöstä tutkimuskuvissa.

2) Takasiiven punaisen juovan yläreunan muodon vaihtelu jakaantui kahteen muotoon, joko aaltoreunaiseen tai tasareunaiseen muotoon (vrt. kuvat 4A ja 4B, valkeat ympyrät).

Amiraaliperhosen koon vaihtelu

Amiraaliperhosissa kaksi perhosta kymmenestä oli selvästi pienempikokoisia. Keskimääräinen amiraalien siiven kärkivälin vaihteluväli oli 4,6–6,6 senttimetriä (Jalava & Lajitietokeskus 2021). Kesän 2021 mittauksissa pienimmän yksilön yhden siiven korkeus oli vain 3,3 cm. Amiraaleissa oli nähtävissä kolme kokoluokkaa, joista suurimpien siipien kärkiväli oli 5–6,6 cm (Kuva 5). Kesäkauden kuivuus voi vaikuttaa paitsi kokonaisen perhospopulaation selviytymiseen, myös perhosyksilöiden kokoon (Saastamoinen 2015).

Taidearboretumilla kesä-, heinä- ja elokuun sadannan keskiarvo kahdeksan vuoden aikana (2014–2021) on yhteensä 233 mm. Viiteen viimeisimpään vuoteen sisältyy kolme vuotta (2017–2019), joiden kuukautta kohden tulevan sadannan yhteismäärä on jäänyt alle 70 mm. Myös vuonna 2021 sadanta jäi alle 70 mm kesä- ja heinäkuussa ja vasta elokuussa satoi 161 mm. Hyvin kuiva alkukesä lienee vaikuttanut alueella kesän 2021 amiraalien pienikokoisten toisen sukupolven yksilöiden määrään.

Amiraalin siipirakenteen mahdollinen yhteys saalistuspaineeseen

Perhosten siipikuvioilla on todettu usein olevan merkitystä lajin suojautumiselle saalistajilta. Silmäkuvioilla ajatellaan olevan pelotevaikutus joihinkin saalistajiin. Tässä tutkimuksessa ilmenneet siipikuviot olivat niin vähäisiä,



Kuva 5. Kolmen kokoluokan amiraaleja Pohjois-Pohjanmaalla kesällä 2021. Valokuva: Eira Ainalinpää.

etteivät ne ainakaan nykyisessä ilmiössä vaikutta lajin suojautumiseen. Pois ei voida kuitenkaan sulkea mahdollisuutta, että ne saattavat olla amiraaliyksilöillä jonkinasteisia tunnisteita toisilleen. Tutkimusalueella esiintyvien sudenkorentojen saalistukselle amiraalien siipikuvioinnilla ei näyttänyt olevan merkitystä yhden havaintokesän perusteella. Perhosten pääsaalistajia olivat isoimmat ukonkorennot ja vain näiden lajien lentoaikana.

Esimerkiksi rakennusten seinustalla ollessaan amiraalit ja sudenkorennot oleilivat toisistaan 50 senttimetrin etäisyydellä, reagoimatta mitenkään toisiinsa. Myöskään kasveilla ruokaileviin amiraaleihin sudenkorennot eivät kohdistaneet saalistusta. Elokuussa maasta löytyi vain yhden amiraalin jäännökset, mitä ilmeisimmin sudenkorennon saalistuksen jäljiltä. Alkukesällä "perhossiepparina" toiminut harmaasieppo (*Muscicapa striata*) ei ollut enää uhka perhosille loppukesällä. Myöskään alueella pesineet räystäspääsky (*Delichon urbicum*) ja haarapääsky (*Hirundo rustica*) eivät pyydys-

täneet missään vaiheessa perhosia, sillä niiden ravinto koostuu etupäässä muista hyönteisistä.

Nopeasti lentävä amiraali ei ole ilmeisen helppo saalis sudenkorennonle. Takaa-ajosta johtuen sudenkorennon puraisu kohdistuu yleensä takasiipiin (Kuva 6). Laajatkään siipirepeämät ja siipipintojen kuluminen eivät kuitenkaan estäneet perhosen lentämistä.

Tästä on tutkimusalueella satunnaishavaintoja amiraalin osalta, mutta myös keisarinviitalta (*Argynnis paphia*) ja nokkosperhoselta (*Aglais urticae*). Nokkosperhosen on myös nähty pakenevan sudenkorentoa rakennuksen räystäsrakenteisiin, jonne sudenkorento ei kuitenkaan seurannut saalistaan. Pienemmistä päiväperhosista loistokultasiiven (*Lycaena virgaureae*) havaittiin olevan useana kesänä sudenkorentojen saalistuskohteena. Sudenkorentojen määrät tutkimuspaikalla olivat enimmillään elokuussa eli samoihin aikoihin kuin amiraalien toinen sukupolvi oli liikkeellä (kuvat 2 ja 7). Kesällä 2021 tutkimusalueella sudenkorentoja laskettiin 33 päivänä ja päivittäin avoimella piha-alueella lensi keskimäärin kaksi sudenkorentoa. Enimmillään sudenkorentoja lensi piha-alueella kuusi yksilöä elokuun kuudes päivä iltapäivällä. Reilut viikko myöhemmin (14.8.) alueella lensi neljä sudenkorentoa samanaikaisesti. Isoimmat sudenkorennot "skannasivat" saalistusaluetta edestakaisin lentäen noin 10 metrin korkeudella maasta ja vastaavalla taval-

la keskikokoiset sudenkorennot lensivät 3–5 metrin korkeudella niiden alapuolella. Samaan aikaan paikalla olleet päiväperhoset välttelivät lentämistä ja pysyivät paikoillaan. Myöhäisimmät havainnot sudenkorennoista pihalla olivat elokuussa vielä kello 22 jälkeen iltahämärissä. Viimeisimmät sudenkorentohavainnot olivat 19. päivä syyskuulta (Kuva 7).

Sudenkorentojen vaikutus muihin hyönteislajeihin on merkittävä maailman laajuisesti tarkasteltuna, sillä ne sijoittuvat hyönteismaailman ravintoverkon huipulle (Aaltonen 2018). Lisäksi niiden saalistusmatkat ulottuvat vesistöalueiden ulkopuolelle (Karjalainen 2010). Tutkimusalueen avoimella osalla sudenkorennot oleilivat toistuvasti päivittäin pitkiä aikoja, vaikka mikroilmasto maksimilämpötiloiltaan vastaa paahteista elinympäristöä (ks. Kuva 7). Ilmeisesti soveltuva ja runsas hyönteisravinto



Kuva 6. Saalistajien jälkiä amiraalien siivissä. Valokuva: Eira Ainalinpää.

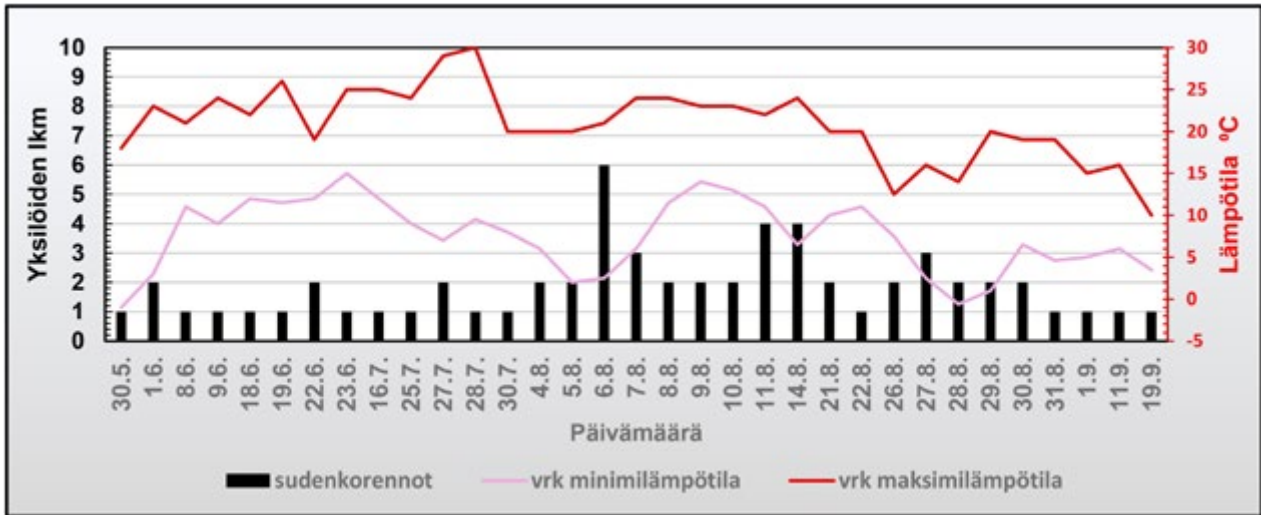
houkuttaa ne paikalle. Alueen sudenkorentojen lajihavaintoja on kertynyt ruskoukkorennoista (*Aeshna grandis*), siniukkonorennoista (*Aeshna juncea*), tummista syyskorennoista (*Sympetion danae*) sekä keihästytkorennoista (*Coenagrion hastulatum*). Näistä ainakin kahden jälkimmäisen lajin on aiemmin todettu käyttävän perhosravintoa (Vesterinen ym. 2020, 3).

Pohdinta

Siipikuvioidin ja siiven rakenteen merkitys muuttuvissa luonnon oloissa

Ilmastonmuutos luo perhosille muuttopainetta löytää sopivia elinympäristöjä. Tilanteen arvellaan olevan hankala etenkin kylmään ilmanalaan sopeutuneille perhoslajeille, jotka hyötyvät laajempialaisista elinympäristöistä lämpimään sopeutuneita lajeja enemmän (Fourcade 2021). Luonnonolot muuttuvat ilman ilmastonmuutostakin ja vieläpä hyvin nopeasti. Perhosten, kuten monien muidenkin hyönteisten ongelmana on pitkään todettu olevan maatalouden tehostuminen, jolloin muun muassa kasvinsuojeluaineiden runsas käyttö ja pientareiden häviäminen ovat vaikuttaneet pölyttäjähönteisten selviämiseen (vrt. Hyvönen ym. 2020, 73; Powney ym. 2019). Oman muutoksensa elinympäristöolosuhteisiin tuo geodiversiteetin liikakäyttö, joka osaltaan johtaa biodiversiteetin vähenemiseen (Ainalinpää 2021). Elinympäristön muutos jättää monille lajeille, kuten perhosille, vaihtoehdoksi vain joko sopeutua, paeta tai hävitä.

Päiväperhosten vuosien välisen esiintymiseen vaikuttavat etenkin lämpötilat ja sadanta. Lajien kantojen nousun syyt on kytketty vallitsevan tai edellisen kesän suotuisiin lämpötiloihin, mutta myös vähäiseen sadantaan vallitsevana kesänä ja runsassateiseen edeltävään kesään (Roy ym. 2001). Toisaalta hyvin pienialainenkin mikroilmasto voi vaikuttaa monien hyönteislajien, kuten päiväperhosten ja kimalaisten selviytymiseen alueella. Elämänkaaren eri vaiheissa perhosella on erilaiset elinympäristötarpeet ja ainakin osalle lajeja on eduksi, jos elinympäristölaikut ovat vaihtelevia olosuhteiltaan (Rytteri 2021; Ainalinpää 2019). Maa- ja kallioperän ominaisuudet sekä kasvilisuuden koostumus säätelevät mikroilmastoa paikalla. Jo hyvin pienialainenkin alue, kuten hiekkainen maaperä, voi vaikuttaa päiväperhosten käyttäytymiseen. Päiväperhoset voivat käyttää ison osan ajastaan oleiluun muilla kuin



Kuva 7. Sudenkorentojen yksilömäärät ja havaintopäivien paikallisilmaston maksimi- ja minimilämpötilat tutkimusalueella Pohjois-Pohjanmaan tutkimusalueella kesällä 2021.

kasvipinnoilla. (Ainalinpää 2020b.)

Ilmiasun variaatiot ovat yksi keino sopeutua ympäristön muutoksiin ja välttyä saalistajilta (Perveen & Khan 2017). Esimerkiksi jotkut perhoslajit ovat sopeutuneet kaupunkiympäristöjen muuttuviin olosuhteisiin juuri tiettyjen ulkoisten ilmasujen toimiessa suojakeinona saastuneilla kaupunkialueilla. Usein uusiin elinolosuhteisiin sopeutuminen vie aikaa. Nyt emme tiedä, riittääkö perhosilla aikaa sopeutua ilmastonmuutoksen synnyttämiin toisenlaisiin elinolosuhteisiin. Pieniä populaation sisäisiä yksilöeroja ilmasussa kuitenkin muodostuu kaiken aikaa. Myös lajin käyttäytymisessä tapahtuu muutoksia sattuman tai opitun käyttäytymisen kautta. Uusimpien tutkimusten valossa yli sadan eläinlajin käyttäytyminen (aggressiivisuus, sosiaalisuus, ympäristön tarkkailu, rohkeus, aktiivisuus) on todettu muuttuneen ihmisen aiheuttamien ympäristön muutosten vuoksi (Gunn ym. 2021). Suomessa päiväperhosista esimerkiksi neitoperhonen, on muuttunut vaeltajaperhosesta paikalliseksi talvehtimisten onnistuttua toistuvasti. Nähtäväksi jää, laajenevatko amiraalien siivissä lämpöä säätelevät värikohtat eli kasvaako esimerkiksi viilentävien vaaleiden siipivärien osuus lämpenevässä ilmastossa. Samoin herää kysymys, riittävätkö siipikuviomuutokset auttamaan

lajeja selviämään rajuista ja nopeista elinympäristömuutoksista. Osalla eliöitä sopeutumiseen tarvitaan enemmän aikaa.

Ilmaston lämpenemisen arvellaan olevan vaeltajaperhoslajeille eduksi, sillä niiden perimä ja käyttäytyminen sisältää kokemuksen pohjoismaita lämpimämmistä olosuhteista. Toisaalta sään ääriolosuhteiden nopeat muutokset ja yhteydet kasvillisuuteen, sairaudet, peto-saalissuhteiden muutokset ja ihmisen nopean aikataulun muutokset elinympäristöihin tuovat omat lisähaasteensa perhosten ilmastonmuutokseen sopeutumiseen. Osalla perhosia erityisesti kuivien kesien vaikutus voi heijastua kielteisesti perhosten populaation määrään (Bergen ym. 2020). Osa yksittäisistä perhospopulaatioista voi hävitä, mutta metapopulaatioissa laji voi säilyä ja välttyä häviämislähtöä siirtymällä toiseen populaatioon, mikäli sellainen on tarjolla (vrt. Nieminen päiväämätön artikkeli). Kaikkiaan kuitenkin lajien selviytymisen kannalta ympäristön kokonaisvaikutukset ovat erittäin ratkaisevia (Hanski 2007). Ympäristömuutoksissa olisi huomioitava muun muassa kulutuksen ja maankäytönkytkökset yhteydet toisiinsa ja edelleen lajikatoihin. Isojen suojelualueiden rinnalla on tärkeää vaalia myös pieniä ja paikallisia elinympäristötyyppien kohteita raken-

netuissa tai luontaisemmissa ympäristöissä, joiden populaatioiden häviämiskahva on suuri. Esimerkiksi omalla tutkimusalueellani päiväperhoslajistossa on havaittu lajien ja niiden lukumäärän kasvua muuttamalla paljas maa-alue monipuoliseksi elinympäristöksi kasvittamalla sekä avaamalla hiekkapintoja ja raivaamalla umpeen kasvanut lähimetsä valoisammaksi (Ainalinpää 2019). Seitsemässä vuodessa (2015–2021) linjalaskennoissa päiväperhosten lukumäärä on noussut 22 päiväperhosyksilöstä 1064 yksilöön ja lajimäärä on kasvanut 14 lajista keskimäärin 35 lajiin.

Johtopäätökset

Luonnontieteellinen tutkimus kohtaa erilaisia luonnon satunnaistapahtumia, jotka kumpuavat sekä lajien perinnöllisistä ominaisuuksista että lukuisista fysikaalisista ympäristöilmiöistä. Pohjois-Pohjanmaan Taidearboretumilla tehtävän tutkimuksen yksi perustarkoituksista on ollut keskittyä lajien pitkäaikaisseurantoihin ja lajienvälisten vuorovaikutusten selvittämiseen. Toisinaan kuitenkin lajien satunnaisilmiöt, kuten päiväperhosten joukkoesiintymät, rikastuttavat sen tuloksia.

Kesän 2021 tutkimustulokset olivat päiväperhoslajien ja lajimäärien osalta hyvin samansuuntaisia kuin aikaisempina kuutena vuonna, mutta elokuussa paikalla havaittiin poikkeuksellinen amiraaliperhosten joukkoesiintyminen. Perhosyksilöitä oleili samalla paikalla noin viikon ajan enimmillään 10–18 yksilöä. Tämä mahdollisti amiraalin kakkosukupolven siipikuviointien tarkemman tarkastelun. Tarkastelussa hyödynnettiin myös kesän 2021 sudenkorentohavaintoja.

Tuloksista voitiin havaita amiraalien siipikuvioissa pieniä yksilökohtaisia eroja, jotka toistuivat tutkitussa otannassa. Kuvioerot voitiin jakaa yläpinnan etusiivissä neljään ja yläpinnan takasiivissä kahteen kohtaan. Muutokset näkyivät etusiivissä etenkin punaisen juovan erisuuruusina laajentumina ja punaisen juovan valkean pisteen vaihteluina. Takasiiven alareu-

nan mustissa pisteissä ilmeni vaihtelua koossa, pistemuodoissa kolmiosta jopa sydänmuotoihin, sekä punaisen juovan yläreunan vaihtelua tasaisesta aaltomaiseen. Pienestä otannasta johtuen tutkimuksesta ei voi tehdä laajoja johtopäätöksiä, mutta se antoi alustavia todisteita amiraalin siipikuvioiden muunteluista.

Amiraalien siipien kärkivälissä esiintyi keskimääräiseen normaaliin kokoon nähden pienisiipisyyttä. Pienimpien yksilöiden siiven kärkiväli oli 3,3 cm. Pienikokoisuus saattoi johtua alueen vähäisestä sadannasta viimeisten viiden vuoden aikana, ja etenkin alkukesän 2021 kuivuus saattoi vaikeuttaa ravintokasvien hyödyntämistä ja amiraalin muodonmuutosta. Määrällisesti amiraalin ravintokasvia nokkosta (*Urtica dioica*) ja ohdakeita (*Cirsium*) esiintyi alueella yleisesti, joten kyse ei liene ravintokasvin häviämisestä vaan pikemminkin ravinnon laadun muutoksesta.

Sudenkorentojen ja amiraalien petosallisuhteesta tulokset ovat vielä alustavia. Kahden harvinaisen ilmiön yhteensattuma: sudenkorentojen esiintyminen paahdealueella ja amiraalien joukkoesiintyminen samanaikaisesti samalla paikalla antavat suuntaa-antavia tuloksia. Sudenkorentojen amiraaleihin kohdistamalla saalistuksella ja havaituilla siipikuvioilla ei havaittu laajempaa yhteyttä. Siipirepeämät eivät estäneet yksilöiden lentoa. Amiraalien ja sudenkorentojen runsaimmat esiintymisajankohdat olivat alustavan tutkimuskierroksen valossa samanaikaisia, mikä lisännee amiraaleille saalistusuhkaa. Ennen varsinaista sudenkorentojen laskentaseurantaa yleishuomiona havaittiin pienikokoisempien päiväperhosten altistuvan sudenkorentojen saalistukselle. Jälkimmäiset huomiot kuitenkin antavat syyn jatkaa tutkimusta tulevinä kesinä.

Kirjallisuus

Aaltonen H 2018 DNA-tutkimus selvitti sudenkorentojen ruokavalion. *Loimu-lehti* 4/2018. <https://www.loimu.fi/lehti/artikkelit/2018/4/DNA-tutkimus_selvitti_suden-

- korentojen_ruokavalion>. [Viittauspäivä 25.11.2021.]
- Ainalinpää E. 2019 Kasvitaiteen ekologiset ulottuvuudet. Elämäsidonnoisista vuorovaikutustarkasteluista kestävyystavoitteiseen taidetoimintaan. Väitöskirja. Acta Universitatis Lapponiensis 386, Lapin yliopisto, Rovaniemi.
- Ainalinpää E 2020a Kohti hiljaista suojelua. *Lajivuorovaikutukseen kasvaminen lähiympäristössä*. EA, Lahti.
- Ainalinpää E 2020b Maa siipien alla – geodiversiteetin merkityksiä päiväperhosten ja ihmisen elämään. *Sahlbergia* 26: 1–2 ja 29–33. <http://koivu.luomus.fi/sahlbergia/2020/sahlbergia_26_1-2_2020.pdf>. [Viittauspäivä 23.2.2021].
- Ainalinpää E 2021 Ilmastotekojen energiavalinnat törmäävät geo- ja biodiversiteetin suojelutarpeisiin. Maantieteen, yhteiskuntatieteen ja ympäristötutkimuksen *Versus*-verkkojulkaisu 4.5.2021. <<https://www.versuslehti.fi/kriittinen-tila/ilmastotekojen-energiavalinnat-tormaavat-geo-jabiodiversiteetin-suojelun-tarpeisiin/>>. [Viittauspäivä 7.3.2022.]
- Anderson M J, Christ, T O, Chase J M, Vellend M, Inouye B D, Freestone A L 2011 Navigating the multiple meanings of β diversity: a road map for the practicing ecologist. *Ecol Lett* 14: 19–28. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2010.01552.x>
- Beldade P & Brakefield P M 2002 The genetics and evo-devo of butterfly wing patterns. *Nat Rev Gen* 3: 442–452. DOI: 10.1038/nrg818
- van Bergen E, Dallas T, DiLeo M F, Kahilainen A, Mattila A L K & Luoto M 2020 The effect of summer drought on the predictability of local extinctions in a butterfly metapopulation. *Cons Biol* 34: 6, 1503–1511. <https://doi.org/10.1111/cobi.13515>
- Brattström O, Bensch S, Wassenaar L I, Hobson K A & Åkesson S 2010 Understanding the migration ecology of European red admirals *Vanessa atalanta* using stable hydrogen isotopes. *Ecography* 33: 720–729. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05748.x>
- Dobronosov V 2019 About Mass Migration of Painted Lady Butterfly (*Vanessa cardui* L.) to Eurasia in 2019. *Cons Dairy Vet Sci* 2: 244–248. DOI: 10.32474/CDVS.2019.02.000149
- Fourcade Y, Wallis De Vries M, Kuussaari M, van Swaay C A M, Heliölä J & Öckinger E 2021 Habitat amount and distribution modify community dynamics under climate change. *Ecol Lett* 24: 950–957. <https://doi.org/10.1111/ele.13691>
- Gunn R L, Hartley I R, Algar A C, Niemelä P & Keith S A 2021 Understanding behavioural responses to human-induced rapid environmental change: a meta-analysis. *OIKOS*: 1–13. <https://doi.org/10.1111/oik.08366>
- Hanski I 2007 Kutistuva maailma. Elinympäristöjen häviämisen populaatioekologiset seuraukset. Gaudeamus, Helsinki.
- Heikkinen T 2021 Kahden sukupuolen gynandromorfi yllätti perhoslaboratoriossa. Jyväskylän yliopiston *JYUNTY-lehti* 7.9.2021. <<https://jyunity.fi/ajassa/kahden-sukupuolen-gynandromorfi-yllatti-perhoslaboratoriossa/>>. [Viittauspäivä 24.11.2021.]
- Heikkinen T 2019 Perhosen siipi iskee kohtalokkaan viestin. Jyväskylän yliopiston *JYUNTY-lehti* 19.6.2021. <<https://jyunity.fi/tieteessa/perhosen-siipi-iskee-kohtalokkaan-viestin/>>. [Viittauspäivä 24.11.2021.]
- Huang Z, Wang G, Leukunen P, Huttula M & Cao W 2020 Antireflective design of Si-based photovoltaics via biomimicking structures on black butterfly scales. *Solar Energy* 204: 738–747. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.031>
- Hyvönen T, Heliölä J, Koikkalainen K, Kuussaari M, Lemola R, Miettinen A, Rankinen K, Regina K. & Turtola E 2020 Maatalouden ympäristötoimenpiteiden ympäristö- ja kustannustehokkuus (MYTTEHO). Loppuraportti. Luonnonvarakeskus. <<http://urn.fi/>

- URN:ISBN:978-952-326-919-4>. [Viittauspäivä 25.11.2021.]
- Jalava H & Suomen Lajitietokeskus 2021 *Amiraali – Vanessa atalanta*. <<https://laji.fi/taxon/MX.60910/biology?showTree=true>>. [Viittauspäivä 23.11.2021.]
- Johansson L C & Henningsson P 2021 Butterflies fly using efficient propulsive clap mechanism owing to flexible wings. *R S Pub* 18: 1–10. <https://doi.org/10.1098/rsif.2020.0854>
- Karjalainen S 2010 Suomen Sudenkorennot. Uudistettu painos. Tammi, Helsinki.
- Kaunisto K M, Roslin T, Forbes M R, Morrill A, Sääksjärvi I E, Puisto A I E, Lilley T M, & Vesterinen E J 2020 Threats from the air: damselfly predation on diverse prey taxa. *J Anim Ecol* 89: 1365–1374. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13184>
- Kaunisto K M, Roslin T, Sääksjärvi I E & Vesterinen E J 2017 Pellets of proof: First glimpse of the dietary composition of adult odonates as revealed by metabarcoding of feces. *Ecol Evol* 7: 8588–8598. <http://dx.doi.org/10.1002/ece3.3404>
- Mattila N, Kaitala V, Komonen A, Päivinen J & Kotiaho J S 2011 Ecological correlates of distribution change and range shift in butterflies. *Ins Cons Div* 4: 239–246. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00141.x>
- Mayhew P J 2002 Shifts in hexapod diversification and what Haldane could have said. *Proc R Soc B* 269: 969–974. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.1957>
- Nicholson D B, Ross A J & Mayhew P J 2014 Fossil evidence for key innovations in the evolution of insect diversity. *Proc R Soc B* 281: 1823. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.1823>
- Nieminen M (päiväämätön artikkeli) Täpläverkkoperhosen metapopulaatio Ahvenanmaalla – populaatiobiologian hiukaskiihdytin. <<https://journal.fi/tt/article/download/57921/19665/58067>>. [Viittauspäivä 30.11.2021.]
- Nokelainen O, Hegna R H, Reudler J H, Lindstedt C, & Mappes J 2012 Trade-off between warning signal efficacy and mating success in the wood tiger moth. *Proc R Soc B* 279: 257–265. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0880>
- Nokelainen O, Valkonen J, Lindstedt C, & Mappes J 2014 Changes in predator community structure shifts the efficacy of two warning signals in Arctiid moths. *J Anim Ecol* 83: 598–605. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12169>
- Papa R, Martin A & Reed R D 2008 Genomic hotspots of adaptation in butterfly wing pattern evolution. *Curr Op in Gen Dev* 18: 559–564. <https://doi.org/10.1016/j.gde.2008.11.007>
- Perveen F K & Khan A 2017 *Lepidoptera*. DOI: 10.5772/intechopen.70452
- Powney G D, Carvell C, Edwards M, Morris R K A, Roy H E, Woodcock & Isaac N J I 2019 Widespread losses of pollinating insects in Britain. *Nat Comm* 10 (1018). <<https://www.nature.com/articles/s41467-019-08974-9>>. [Viittauspäivä 25.11.2021.]
- Roy D B, Rothery P, Moss D, Pollard E & Thomas J A 2001 Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. *J Anim Ecol* 70: 201–217. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2001.00480.x>
- Rytteri S 2021 Butterflies in changing weather conditions: implications for ecology and conservation. Väitöskirja. Helsingin yliopisto. <<https://ethesis.helsinki.fi>>. [Viittauspäivä 10.11.2021.]
- Saastamoinen M 2015 Ympäristön aiheuttama stressi – Kuinka perhonen siitä selviää? Tietysti.fi. <<https://www.aka.fi/tietysti/luonto-ja-ymparisto/nyt-pinnalla1/ympariston-aiheuttama-stressi-kuinka-perhonen-siita-selviaa/#1cc9176d>>. [Viittauspäivä 30.11.2021.]
- Satakunnan Kansa 2021 Noormarkun amiraaliperhosarmeija herätti hämmennystä – Alkukesä saattaa selittää suurta esiintymää.

- 5.8.2021. <<https://www.satakunnankansa.fi/satakunta/art-2000008171015.html>>. [Viit-
tauspäivä 22.10.2021.]
- Silvonen K, Top-Jensen M & M Fibiger 2014
Suomen päivä- ja yöperhoset – maastokä-
sikirja. A field guide to the butterflies and
Moths of Finland. Bugbook Publishing, Øs-
termarie.
- Suomen ympäristökeskus 2021a Päiväper-
hoset ovat nauttineet helteisestä kesästä.
Tiedote 18.8.2021. <[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Paivaperhoset_ovat_nauttineet_helteisest\(61306\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Paivaperhoset_ovat_nauttineet_helteisest(61306))>. [Viittauspäivä
19.11.2021.]
- Suomen ympäristökeskus 2021b Maatalo-
usympäristön päiväperhosseurannan en-
nakkotiedot perhoskesästä 2021. <www.syke.fi>. [Viittauspäivä 19.11.2021.]
- Talavera G & Vila R 2017 Discovery of mass
migration and breeding of the painted lady
butterfly *Vanessa Cardui* in the Sub-Saha-
ra: the Europe-Africa migration revisited.
Biol J Linn Soc 120: 274–2865. <https://doi.org/10.1111/bij.12873>
- Vesterinen E J, Kaunisto K M & Lilley T M 2020
A Global class reunion with multiple groups
feasting on the declining insect smorgas-
bord. Scientific Reports 10: 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-73609-9>
- Eira Ainalinpää (TaT, FM) on vapaa tutkija ja Oulun yliopiston affiliaatti. Hänen tutkimuksensa pääkiinnostuksen kohteita ovat lajivuorovaikutukset, ympäristöfilosofia ja kestävyystutkimus.*

Pastori Dzierzonin epäilyttävä hypoteesi partenogeneesistä

Pasi Reunanen

Tieteen historia on ihmettelyn, tarkkojen havaintojen ja oivalluksen historiaa. Sleesialainen pastori Johannes Dzierzon teki mehiläishoidon ja biologian historiaa 1800-luvun alkupuolella keksimällä partenogeneesi-ilmion tarkkailemalla mehiläisyhteiskunnan elämää. Väite oli kiistanalainen, ja vei yli puolivuosisataa ennen kuin hänen hypoteesinsa varmistui osaksi biologian kaanonia. Hänen keksintönsä jälkijäritykset ulottuivat 1960-luvulle saakka. William Hamilton esitti silloin teorian sukulaisvalinnan evoluutiosta. Hänen teoriasensa perustui haplodiploidiaan, mikä mahdollisti yksilöiden sukulaisuusasteen määrittämisen kehittyneillä yhteiskuntahyönteisillä.

Johannes Dzierzonin (1811–1906) kipinä mehiläishoitoon syttyi hänen hoitaessaan mehiläisiä vanhempiensa maatilan muiden töiden ohessa (Kuva 1). Mehiläisten vetovoima oli niin kova, että hän perusteli kirkolliselle uralle ryhtymistään ajatuksella, että pastorin ammatissa voisi vapaammin omistautua rakkaalle harrastukselleen, mehiläisille. Vielä 1800-luvun alkupuolella mehiläistenhoito perustui yhteiskuntien kasvattamiseen pölkkö- ja olkipesissä. Mehiläistenpidon varjopuolena oli, että sadonkurjuudessa pesä piti rikkoo ja mehiläiset tuhota. Muuta keinoa hunajan ottamiseksi ei oltu keksitty (Huotari 1994). Tämä julma menettely vaivasi Dzierzonia. Hän ei ollut ainoa mehiläispesien kehittäjä, mutta hänen kehittämänsä uusi pesämalli, josta hunaja voitiin satokauden päätteeksi korjata mehiläisiä surmaamatta, toimi myöhempien, siirreltävien latomapesien esikuvana (Dzierzon 1849, 1861). Toinen, ehkä tärkeämpi kannustin kehittää mehiläisille uudenlainen pesärakennelma, oli mahdollisuus tarkkailla yhteiskunnan elämää. Lasisten seinien, kattojen ja ovien läpi yhteiskunnan menoa saattoi seurata mehiläisiä häiritsemättä.

Aristoteleen selitykset

Ihminen on kerännyt hunajaa ja pitänyt mehiläisiä kotieläimenä vuosituhansia (Ruttner 1992). Ennen sokerin aikakautta hunaja oli ih-



Kuva 1. Johannes Dzierzonin tarkat empiiriset havainnot mehiläisten yhteiskuntaelämästä johtivat johtopäätelmään, että kuhnurit eivät kehity hedelmöityneestä munasta. Kuva: Wikimedia commons.

miskunnan merkittävin makeutusaine. Siksi tietoa mehiläisyhteiskunnasta, sen rakenteesta ja toiminnasta oli kertynyt ajan saatossa paljon. Tiedot olivat usein anekdoottisia ja perustuivat esittäjiensä omintakeisiin käsityksiin. Kysymys

yli muiden oli, miksi mehiläisyhteiskunnassa oli useita jäseniä: kuningatar, työläiset ja kuhnurit, ja miten ne syntyivät. Aristoteles pohti teoksissaan Eläinoppi (*Historia animalium*) ja Eläinten syntymisestä (*De generatione animalium*) kysymystä laajasti todeten retorisesti, että ”mehiläisten syntymisessä on paljon vaikeuksia”. Vaihtoehtoisia mutta ristiriitaisia teorioita oli olemassa useita, jotka perustuivat mehiläistenpitäjien omiin havaintokokemuksiin. Yhden selityksen mukaan mehiläinen ei parittele (parittelevaa mehiläistä ei oltu koskaan nähty) eikä kasvata omia jälkeläisiään, vaan uudet mehiläiset noudetaan jostakin, esimerkiksi kukista. Syntyvätkö mehiläiset omaehtoisesti, vai mikä olento synnytti ne? Tai jos työmehiläiset olivat johtajamehiläisen jälkeläisiä, kuhnurit haettiin kukista. Kuhnurien käyttäytyminen mehiläispesässä oli muutenkin poikkeavaa: ne eivät tuntuneet osallistuvan pesän töihin ollenkaan eikä niillä ollut pistintä!

Aristoteles pähkäili selitystä havinnoista loogisesti kohti uskottavaa johtopäätöstä. Hän esitti teoksissaan kaikki kuviteltavissa olevat mehiläisen lisääntymisvaihtoehdot. Aristoteleen suuri ongelma oli kuitenkin, mitä sukupuolta yhteiskunnan lukuiset erilaiset yksilöt olivat. Aristoteles kutsui johtajamehiläistä kuninkaaksi. Saiko jokainen tyyppi itsensä kaltaisia jälkeläisiä vai tuottiko jokin tyyppi muiden tyyppisiä jälkeläisiä. Kuhnureita tuntui syntyvän yhteiskuntaan kuin itsestään, mutta työmehiläisiä ei tullut ilman kuningasta. Aristoteles pohti myös, että sukupuolen täytyi liittyä olennaisesti paritteluun; jos parittelua ei tapahtunut, niin yksilö oli sukupuoleton tai molemmat sukupuolet ilmenivät samassa yksilössä kuten joissakin kasveissa. Yhtenä selitysmallina kuhnurien ilmaantumisellemme oli niiden syntyminen ilman pariutumista. Aristoteles myönsi auliisti, että hänen teorioidensa ja havaintojen välillä oli ristiriita. Valtavista tietoukoista huolimatta Aristoteles oli totuuden jäljillä. Osan teorioista historia oli hylkäävä, mutta osa niistä johti kohti oikeaa selitystä

mehiläisten lisääntymisestä. Kukkateoriaan ei myöhemmin uskonut kukaan, mutta teorioita kuhnurien ilmaantumisesta yhteiskuntaan kehiteltiin silti: kuhnureilla oli oma äitimehiläinen, tai että munien nuoleminen aiheutti niiden muuttumisen kuhnureiksi. Johannes Dzierzonin mielestä nämä selitykset olivat epäuskottavia. Asia kumminkin askarrutti häntä.

Havainto on luonnontieteen edellytys

Oli hyvin tiedossa 1800-luvulle mennessä, että kuningatarmehiläinen muni pesän kaikki munat ja että kaikki pesän mehiläiset olivat sen jälkeläisiä. Johannes Dzierzon tunsikin mehiläisensä ja tiesi myös milloin normaalissa pesän menossa oli jotain outoa. Erääseen pesään oli syntynyt siipirikko, lentokyvytön kuningatar, joka ei kyennyt tekemään häälentoa. Pesän kaikki jäsenet olivat kuhnureita. Dzierzon tiesi, että nuori kuningatar teki häälennon pari päivää kuoriutumisen jälkeen ja vasta palattuaan takaisin pesään se alkoi vähitellen munia ja yhteiskunta kasvaa. Toisinaan vanhan kuningattaren kaikki jälkeläiset muuttuivat mystisesti kuhnureiksi. Dzierzon tiesi myös, että jos yhteiskunta jostain syystä menetti kuningattarena työläiset alkoivat munia. Nekin tuottivat pelkästään kuhnureita. Dzierzon vertaili paljain silmin kirkasta valoa vasten nuoria, vasta kuoriutuneita kuningattaria vanhoihin emoihin. Niiden ulkomuoto ja takaruumiin sisäosat poikkesivat yhdessä seikassa: vanhojen kuningattarien siittiösäiliö, spermatheca, oli täynnä, nuorten tyhjä. Nämä havainnot vahvistivat Dzierzonin käsitystä. Hän päätteli, että kuhnurit syntyivät hedelmöittymättömästi munasta, ne syntyivät neitseellisesti.

Johannes Dzierzon tuli johtopäätökseen jo 1835, mutta julkaisi havaintonsa vasta kymmenen vuotta myöhemmin paikallisessa mehiläisalan lehdessä, Eichstadter Bienenzeitungissa sen ensimmäisessä numerossa (Dzierzon 1845; lehti on maailman ensimmäinen mehiläisalan ammattilehti). Hänen hypoteesinsa kohtasi heti vastustusta. Eikä vähiten hengenmies-

ten keskuudessa. Vallalla oli näet käsitys, että eläinten lisääntyminen oli aina suvullista eli uusien yksilöiden tuottaminen edellytti isää ja äitiä. Katolisessa kirkossa neitseellisellä syntymällä oli aivan erityinen merkitys, eikä sitä sopinut sotkea biologisiin ilmiöihin. Dzierzonin oppia pidettiin sopimattomana rienauksena. Dzierzon oli ajautunut hankaukseen kirkon kanssa muissakin opillisissa asioissa, mistä syystä häneltä evättiin lupa toimia seurakuntapastorina ja lopulta hänet erotettiin kirkon yhteydestä. Enemmän Dzierzonia lienee kuitenkin harmittanut mehiläishoitajien ja tutkijoiden penseä suhtautuminen hänen huolella tehtyyn tutkimukseensa.



Kuva 2. Gregor Mendelin ei onnistunut näyttää toteen, että hänen periytymislakinsa pätevät myös eläinmaailman mehiläisillä. Kuva: Wikimedia commons.

Eläintieteilijät Karl von Siebold ja Rudolf Leuckart tutkivat 1855 toisistaan riippumatta mehiläisten neitseellistä syntymää. He käyttivät uudenaikaista mikroskooppimenetelmää ja vertailivat kuhnurikennoista otettuja muniä työläiskennon muniin. Tulos vaikutti selvältä:

kuhnurimunissa ei havaittu hedelmöittyneen munan rakenteita eikä siemennestettä, työläisten munista niitä pääasiassa löytyi. Kuhnurin täytyi kehittyä suvuttomasti. Tutkimukset antoivat tukea Johannes Dzierzonin käsitykselle hedelmöittymättömyydestä. Pian Johannes Dzierzon alkoi epäillä omia johtopäätelmiään. Italiasta oli löydetty mehiläisrotu, joka oli erityisen ahkera keräämään hunajaa, mutta ennen kaikkea säyseä ja kiltti luonteeltaan. Preussinmaalla harrastettu tummamehiläinen talvehti hyvin, mutta se oli vihamielinen ja piste- liäs. Dzierzon alkoi italialaistaa yhteiskuntiaan. Tarkkaillessaan yhteiskuntia, joiden emot olivat puhtaita italialaisia tai italialaisen ja tumman rodun risteymiä, hän joutui ymmälle. Toisinaan kuhnurit olivat emonsa värisiä, toisinaan eivät ja työläisissä saattoi ilmetä molempia muotoja. Tämä huolestutti Dzierzonia. Se, mikä viime kädessä määräsi mehiläisen sukupuolen, ei selvinnyt. (Page, Gadau ja Beye 2002.)

Johannes Dzierzonin hypoteesi joutui tieteelliseen testiin, kuten vallitseva luonnontieteellisen tutkimuksen tapa edellytti. Eläintieteen professori Herman Landlois teki vuonna 1860 järjestelmällisiä munansiirtokokeita. Hän siirteli työläiskennojen muniä kuhnurikennoihin ja päinvastoin. Tutkimusten johtopäätöksenä hän esitti, että mehiläisten sukupuolen määräytyminen johtui "elämän fyysisistä olosuhteista", jolla hän tarkoitti toukkien saaman ravinnon laatua ja määrää. Johtopäätökselleen hän sai tukea muista hyönteisryhmistä, joissa oli havaittu sama ilmiö. Vertaileva anatomi ja eläintieteilijä Jean Pérez teki 1878 risteystykokeita mehiläisellä. Hän risteytti italialaisen kuningattaren ja tummanmehiläisten kuhnureita keskenään. Hän ennusti, että kaikkien jälkeläisten tulisi F1-sukupolvessa olla väriltään keltaisia. Jälkeläistö koostui kuitenkin sekavärisistä yksilöistä. Koetulokset eivät kumonnet eivätkä vahvistaneet Dzierzonin hypoteesia. Tuloksia pidettiin ristiriitaisina, koska Pérez ei voinut varmistua italialaisen kuningattarensa rotupuhtaudesta.

Gregor Mendel, toinen biologian historian merkkihenkilö, oli myös oppinut hoitamaan mehiläisiä jo nuoruudessaan (Kuva 2). Mendel ei tullut tunnetuksi mehiläisistään, vaan puutarhaherneellä tekemistään tutkimuksista, jotka mullistivat käsityksemme ominaisuuksien periytyvyydestä. Mendel onnistui valitsemaan tutkimuskohteekseen kasvilajin, jolla oli useita aiheelle otollisia ominaisuuksia: herne oli itsepölytteinen ja lisääntyi suvullisesti. Lisäksi sillä oli muuttumattomia selvästi havaittavia ominaisuuksia, kuten kukan ja siemenen väri sekä kasvin koko, jotka esiintyivät vain kahtena mahdollisena vaihtoehtona. Teke- miensä risteytyskokeiden perusteella hän päätteli kuuluisat Mendelin periytymislait ja julkaisi havaintonsa Brnon tieteellisen seuran lehdessä vuonna 1865. Kuten tunnettua tieteellinen tiedonanto *Experiments on Plant Hybridization* jäi tiedeyhteisöltä huomaamatta. Mutta olivatko lait yleispäteviä koko eliökunnassa? Tätä selvittääkseen Mendel tutki mehiläisiä luostarin puutarhassa lähinnä jalostaakseen niitä paremmiksi hunajankerääjiksi, mutta myös tutkiakseen, miten erilaiset ominaisuudet periytyivät ja noudattiko periytyvyys herneellä osoitettuja lakeja. Mendelin mehiläiskokeista ei tullut toivottuja tuloksia, vaikka hän yritti kaikkien keinoin estellä yhteiskuntien sekoittumista ja kontrolloida ristisiitosta. Herneitä tutkiessaan Mendel oli pölyttänyt tutkimuskasvit yksitellen pensselillä, mutta miten mehiläiset pariutui- vat jäi hänelle ikuisiksi arvoitukseksi. (Dostál 2012.)

Gregor Mendel kompastui tiedon puutteeseen, koska tuolloin ei vielä tiedetty, että mehiläiskuningatar pariutuu häälentonsa aikana lukuisten kuhnureiden kanssa, mistä syystä sen jälkeläistössä voi esiintyä monenlaisia väriyhdistelmiä. Ludwig Armbruster ratkaisi



Kuva 3. Ludwig Armbrusterin tutkimukset paljastivat, että mehiläiskuningatar parittelee lukuisten kuhnurien kanssa häälentonsa aikana. Kuva: Wikimedia commons.

kysymyksen vasta 1910-luvulla (Armbruster 1919; Kuva 3). Dzierzonin hypoteesia testattiin ahkerasti puolesta ja vastaan, mutta lopullista selvyttä asiaan ei vain saatu.

Ehkä sinnikkäin Johannes Dzierzonin vastustaja oli mehiläistarhaaja Ferdinand Dickel. Hänen vastalauseensa kohdistuivat 1898 puutteisiin von Sieboldin tutkimuksissa. Von Siebold oli käyttänyt tutkimuksissaan munia, jotka otettiin loppukesällä pesisistä, joissa tiedettiin olevan vanhan kuningattaren läsnä. Dickel piti tutkimuksessa tutkittujen munien määrää, otosta, liian pienenä. Hänen kantava ajatus oli luonnon yhdenmukaisuusvaatimus: jos luonnossa esiintyy kaksi sukupuolta, suvutonta ja suvullista lisääntymistä ei voi esiintyä samaan aikaan. Hän kumosi myös käsityksen, että työmehiläiset ruokkimalla toukkia vaikuttaisivat sukupuoleen, koska jos sukupuoli oli määrätty jo aiemmin ei ollut enää tarkoituksenmukaista hoitaa toukkia. Dickel ryhtyi yhteistyöhön kuuluisan soluteorian luojaan August Weismannin kanssa. Weismann oppilaineen selvitti modernien metodien avulla suvuttoman syntymän mysteeriä kolme vuotta ja päätyi väistämättömästi tulokseen, ettei kuhnureiden munista löytymyt merkkejä

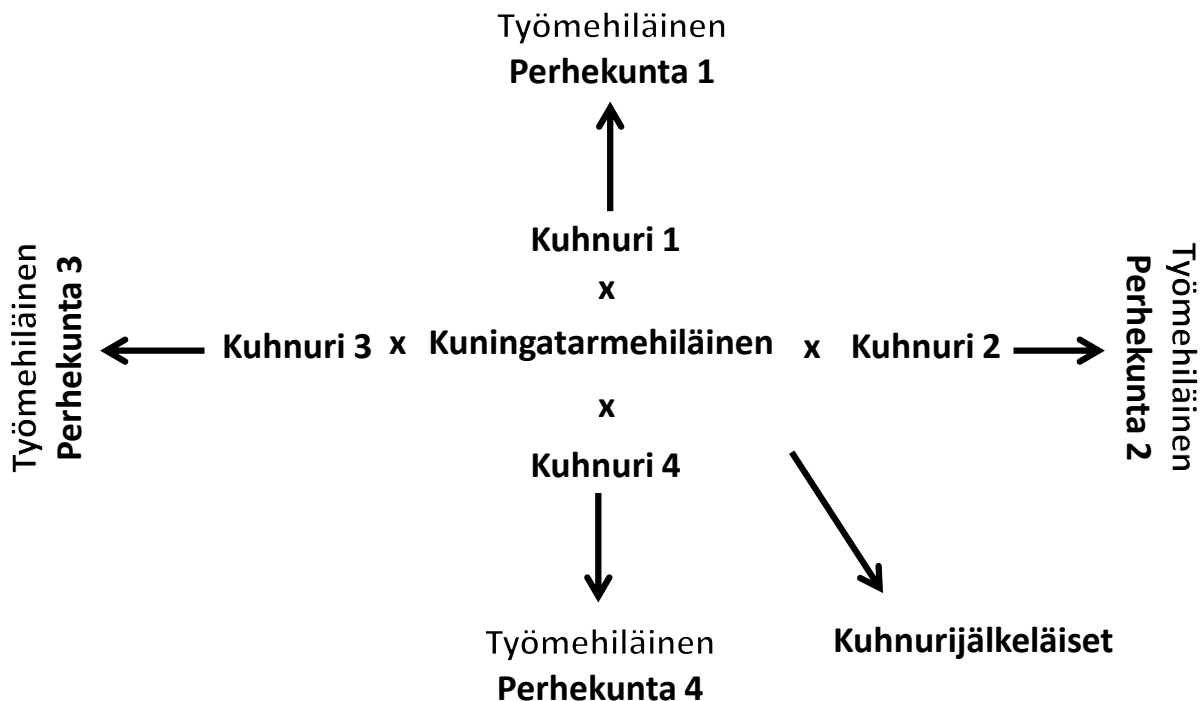
siittiösoluista eikä hedelmöittämisestä. Hans Nachtsheim osoitti 1913, että kuhnurin munassa on 16 kromosomia, työläismunassa 32. Kiista mehiläisen neitseellisestä syntymästä ratkesi Dzierzonin eduksi. (Page, Gadau ja Beye 2002.)

Yhteiskuntahyönteisten arvoitus

Charles Darwin piti yhteiskuntahyönteisiä koko luonnonvalintateoriasa koetinkivenä (one special difficulty). Darwinin oli vaikea selittää, miksi yhteiskunnassa oli lisääntymiskyvyttömiä yksilöitä, neutereita, jotka puolustivat yhteiskuntaa ja saattoivat uhrautua sen puolesta. Miten luonnonvalinta voi aikaansaada steriilin kastin? Toiseksi Darwin hämmästeli, miten luonnonvalinta saattoi tuottaa niin monia morfologisesti erilaisia työläisjäseniä muurahaisyhteiskunnassa. Evoluutioteorian keskeinen oppi nojasi kamppailuun pariutumiskumppanista ja jälkeläisten tuottoon. Yksilön menestyksen mittari oli sen kyky tuottaa jälkeläisiä seura-

vaan sukupolveen. Yksilöt olivat luonnonvalinnan raaka-ainetta. Darwin selitti teoriansa epäjatkuvuuskohtaa kaarrellen, mutta mainitsi ohimennen, että ongelmaa ei olisi, jos muistaa että luonnonvalinta voi toimia yksilötason lisäksi yksilöjoukon, perheen tasolla. Tämä luonnonvalintateorian lisähuomautus jäi lepäämään vuosikymmeniksi. Darwin ei tietävästi tuntenut aikalaisensa Johannes Dzierzonin hypoteesia. Jos Darwin olisi ollut tietoinen suvuttomasta lisääntymisestä mehiläisyhteiskunnassa, yhteiskuntahyönteinen olisi aiheuttanut Darwinille arvatenkin melkoisesti lisäpäänvai-va (Darwin 1859; Herbers 2009; Ratnieks, Foster ja Wenseleers 2011).

John Haldanea, Sewall Wrightia ja Ronald Fisherä pidetään modernin genetiikan ja evoluutioteorian tienraivaajina. He muotoilivat viime vuosisadan alussa matemaattisiin mallein teorian, miten evoluutio etenee luonnonvalinnan avulla. He olivat hyvin tietoisia Darwinin ongelmasta ja pohtivat kysymystä,

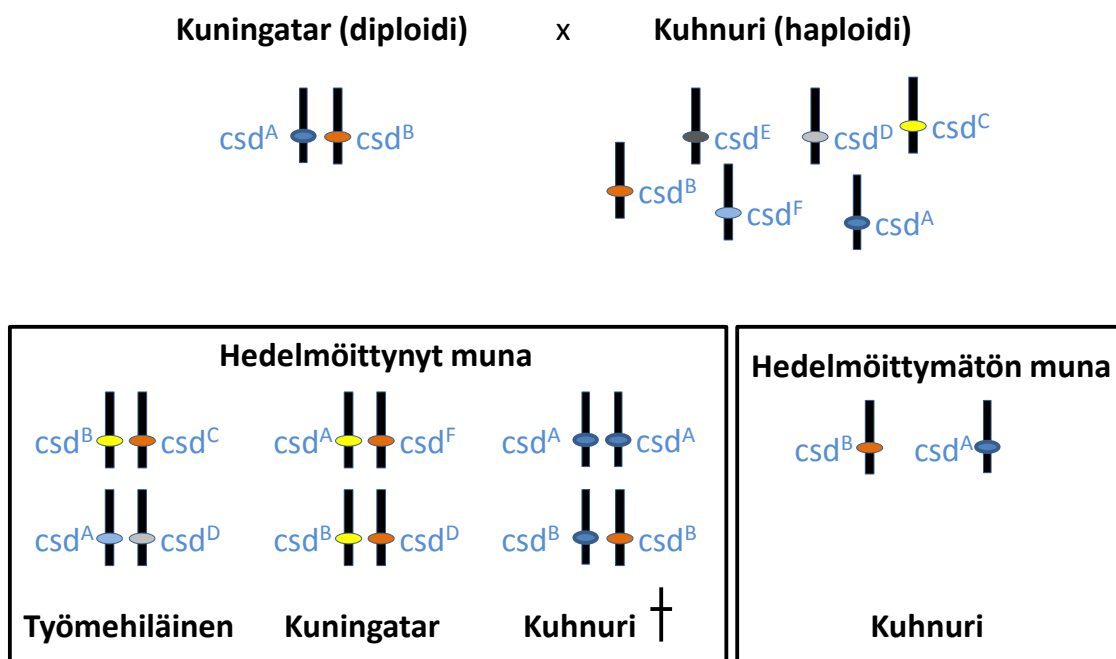


Kuva 4. Mehiläiskuningattaren pariuduttua häälennon aikana useiden kuhnurien kanssa yhteiskuntaan syntyy perhekuntia, joilla on eri isä-kuhnuri. Perhekunnassa työmehiläisten sukulaisuusaste on 0,75, kun taas perhekuntien välillä sukulaisuusaste on 0,25. Emolla ja tyttärellä on puolet yhteisiä perintötekijöitä.

miten verisukulaisuus voisi aiheuttaa altruistista, pyyteetöntä käyttäytymistä. Miksi yksilön alentunut valintaetu (*fitness*) voi johtaa yksilöryhmän valintaedun kasvuun. Heistä yksikään ei päätenyt esittämään ratkaisua ongelmaan (Dugatkin 2007). Vasta 1960-luvulla William Hamilton muotoili teoreettisen mallin siitä, miten sukulaisuus voidaan ottaa huomioon kun aitososiaalisen käyttäytymisen evoluutiota halutaan selittää. Hamilton huomasi, että haplodiploidia (tilanne jossa hyönteisyhteiskunnassa esiintyy sekä haploideja että diploideja yksilöitä) johtaa merkillisiin poikkeamiin yhteiskunnan jäsenten sukulaisuusasteessa. Kuhnurin kaikki perintötekijät ovat samoja kuin kuningattaren, kuningattaren geeneistä vain puolet on samoja kuin kuhnurin, työläisillä kaksikolmasosa geeneistä on yhteisiä. Yhteiskuntahyönteisillä työläisten korkeampi geneettinen sukulaisuusaste lisää työläisten kokonaiskelpoisuutta (*inclusive fitness*). Hamiltonin teoria selitti, miten evoluutio aikaansaa altruistisen ominaisuuden, jos lähisukulaisia autta-

malla voi saavuttaa kelpoisuusedun (Hamilton 1964, 1972).

William Hamiltonin teoria työllisti evoluutiotutkijoita kymmenen vuotta, kunnes Robert Trivers tunnisti teoriassa heikkouden, joka johtui emon ja sen jälkeläisten välisestä ristiriidasta (*parent-offspring conflict*). Hamiltonin teorian pätevyys riippui yhteiskunnan jäsenten lukumääräsuhteista! Trivers esitti, että työläisten korkeampi sukulaisuusaste kasvattaa niiden kokonaiskelpoisuutta vain siinä tapauksessa, että työläisisarusten määrä suhteessa kuhnureihin on selvästi tasajakoa suurempi. Näin on monen muurahaislajin kohdalla. Johannes Dzierzonin hypoteesi neitseellisestä syntymästä ja haplodiploidia johtivat lopulta evoluutioteoreettiseen kysymykseen eläinten sosiaalisen käyttäytymisen kehittymisestä. Sukulaisuuden koko kirjo on nähtävissä aitojen sosiaalisten hyönteisten yhteiskuntaelämässä. Haplodiploidian merkitys yhteiskuntahyönteisten evoluutiossa on edelleen vilkkaan teoreettisen tutkimuksen kohde, ja lopullinen tie-



Kuva 5. Monella mesipistiäislajilla yksilöiden sukupuolen määrää sukupuoligeeni (*csd*). Mehiläiskuningattarella ja työmehiläisellä ($2n$) alleelit ovat eriparia, kuhnurilla ($1n$) on vain yksi alleeli. Diploidilla kuhnurilla on kummassakin kromosomissaan sama alleeli. Yhdistelmä on letaali, tappava, eikä luonnossa esiinny diploideja kuhnureita.

teellinen selitys ilmiölle antaa sitkeästi odottaa itseään (mm. Rautiala, Helanterä ja Puurtinen 2019).

Sosiaalista käyttäytymistä, lisääntymiskyvyttömiä yksilöitä ja altruismia koskeva tieteellinen teoria on vieläkin kiinteän tutkimuksen kohde, sillä kysymys, miten sukupuoli määräytyy haplo-diploidisilla yhteiskuntahyönteisillä askarrutti pitkään geneetikkoja (Page, Gadau ja Beye 2002). Jos kuningatar pariutuu tusinan kuhnurin kanssa häälennollaan, sukulaisuusasteeseen tulee lisää vaihtelua. Jokaisen kuhnurin jälkeläiset muodostavat yhteiskunnan sisälle omia perhekuntiaan, jotka ovat läheisempiä sukulaisia toisilleen kuin muille työläisille (Kuva 4). Mehiläisellä ei ole erityistä sukupuolikromosomia, vaan sukupuoli määräytyy sukupuoligeenin vaikutuksesta (*complementary sex determination*). P. W. Whiting esitti ensimmäisenä jo 1920-luvulla, että pistiäisillä geenit määräävät yksilöiden sukupuolen, eivät kromosomit (Whiting 1933). Mehiläisen sukupuoligeenillä on arviolta 17 alleelia. Haplodiploideilla lajeilla diploidit, heterotsygoottiset yksilöt ovat naaraita, haploidit ja diploidit homotsygoottiset yksilöt koiraita (Kuva 5). Diploideja koiraita ei mehiläisyhteiskunnassa esiinny, koska ominaisuus on tappava ja yksilöt poistetaan pesästä heti kehityksen alkuvaiheessa. Diploidien koiraiden esiintyminen näkyy mehiläisyhteiskunnassa aukkoisena sikiöalana, mikä kertoo karusti myös yhteiskuntaa vaivaasta sisäsiittoisuudesta. Jos Johannes Dzierzon olisi ollut tietoinen sukupuolen määrätymisen genetiikasta, hänellä ei olisi ollut aikoinaan syytä epäillä omaa hypoteesiaan. Mehiläisen genomitutkimus on osoittanut myöhemmin, että mehiläisen geneettinen rekombinaatioaste on eliökunnan suurimpia, mikä johtaa entistä mutkikkaampiin geeniyhdistelmiin mehiläisyksilöissä. Mehiläistenjalostajille tämä tietää harmaita hapsia ja odottamattomia yllätyksiä jalostuslinjoihin (The Honeybee Genome Sequencing Consortium 2006).

Johannes Dzierzonin onneksi hän ei tutki-

nut kapmaanmehiläisen yhteiskuntaelämää. Kapmaanmehiläinen on ainoa hunajamehiläisen rotu (tai melkein alalaji), jonka jotkut työläiset kykenevät kasvattamaan työläismunasta uuden kuningattaren (Ruttner 1992). Ilmiötä kutsutaan telytokiaksi. Siinä kaksi meioosisa syntynyttä haploidia munasolua sulautuu yhteen ja muodostaa ilman hedelmöitystä diploidin munasolun, josta kehittyy diploidi yksilö. Toukkaa ruokitaan emomaidolla, kuten muulloinkin kuningatartoukkaa, jolloin yhteiskuntaan saadaan uusi kuningatar. Häälennon jälkeen kuningatar jatkaa yhteiskunnassa ja yhteiskuntaa uhannut emottomuus ja katastrofi väistyy.

Partenogeneesi on paljon Johannes Dzierzonin ajattelemaa ilmiötä monimutkaisempi biologinen tapahtuma. Partenogeneettinen lisääntyminen on melko yleistä eläinkunnassa ja sitä esiintyy hyönteisten ohella myös korkeammassa eläinryhmissä, kuten rusto- ja luukaloilla, matelijoilla ja sammakoilla. Joissakin ryhmässä partenogeneettinen lisääntyminen on ehdollista, toisilla peräti ehdotonta. Tunnetaan useita kala-, matelija- ja sammakoeläinlajeja, joilla ei ole koskaan tavattu koirasyksilöitä! Koirasyksilöiden puuttuminen voi johtaa yksilöiden haitallisten mutaatioiden kasaantumiseen populaatiossa, sillä rekombinaatio, uudet geeniyhdistelmät ja geneettisen monimuotoisuuden säilyminen edellyttävät suvullista lisääntymistä. Voittopuolelle jää mahdollisuus nopeaan lisääntymiseen, koska pariutumiskumppanin etsiskelyyn ei tuhlaannu aikaa ja kaikki yksilöt voivat lisääntyä.

Luonto opettaa kärsivällistä katsojaa

Johannes Dzierzonin oppi eläinten suvuttomasta lisääntymisestä hyväksyttiin perinpohjaisen koettelun jälkeen tieteelliseksi tosiasiaksi. Intohimoisen mehiläishoitajan tietämys ja tarkkasilmäisyys johtivat hypoteesiin, jonka totuuden arviointi kesti yli 70 vuotta. Dzierzon oli keksinyt neitseellisen lisääntymisen, joka

aiheutti evoluutiotutkijoille päänvaivaa vielä vuosikymmeniksi. Tieteellisen keksinnön tunnusmerkki on sen saama huomio ja uudet avaukset, jotka synnyttävät vuosiksi vilkasta keskustelua ja uutta tutkimusta alan tutkijoiden keskuudessa. Dzierzonin paljaalla silmällä tehty tieteellinen löytö kertoo selvin sanoin, että havainto on kaiken luonnotieteellisen tiedon perusta. Vuotta ennen Dzierzonin kuolemaa katolinen kirkko teki sovinnon Dzierzonin kanssa. Pastori Dzierzon vaikutti keksinnöllään paitsi tiedemaailman myös katolisen kirkon maailmankuvaan. ”Totuus, totuus ennen kaikkea. Valheet ja harhakuvitelmat väistävät, mutta totuus säilyy”, tiivistä vaatimaton Dzierzon elämänviisautensa.

Kirjallisuus

- Armbruster L 1919 Bienenzüchtungskunde. Theodor Fischer, Berlin.
- Darwin C 1859 Lajien synty. Karisto, 3. painos.
- Dostál O 2012 Gregor Johann Mendel – A Legend of Brno, The City of Science and Research. Educational material for the participants of the project To Know and to Share.
- Dugatkin L A 2007 Inclusive Fitness Theory from Darwin to Hamilton. *Genetics* 176: 1375–1380.
- Dzierzon J 1845 Gutachten über die von Herrn Direktor Stöhr im ersten und zweiten Kapitel des General-Gutachtens aufgestellten Fragen. *Eichstädter Bienenzeitung* 1: 109–113, 119–121.
- Dzierzon J 1849 Theorie u. Praxis des neuen Bienenfreundes oder Neue Art der Bienenzucht.
- Dzierzon J 1861 Rationelle Bienenzucht oder Theorie und Praxis des schlesischen Bienenfreundes. Brieg.
- Hamilton W D 1964 The genetical evolution of social behaviour. I-II. *J Theor Biol* 7: 1–52.
- Hamilton W D 1972 Altruism and related phenomena, mainly in the social insects. *Annu Rev Ecol Syst* 3: 193–232.
- Herbers J M 2009 Darwin’s ‘one special difficulty’: celebrating Darwin 200. *Biol Lett* 5: 214–217.
- Huotari K 1994 Mehiläishoidon kotiutuminen Suomeen ja vaiheet järjestäytymiseen asti itsenäisyyden ajan alulla. Väitöskirja, Jyväskylä.
- Page R E Jr, Gadau J ja Beye M 2002 The Emergence of Hymenopteran Genetics. *Genetics* 160: 375–379
- Ratnieks F L W, Foster K R ja Wenseleers T 2011 Darwin’s special difficulty: the evolution of “neuter insects” and current theory. *Behav Ecol Sociobiol* 65: 481–492.
- Rautiala P, Helanterä H ja Puurtinen M 2019 Extended haplodiploidy hypothesis. *Evol Lett* 3: 263–270. doi:10.1002/evl3.119
- Ruttner F 1992 Naturgeschichte der Honigbienen. Ehrenwirth Verlag, München.
- The Honeybee Genome Sequencing Consortium 2006. *Nature* 443: 931.
- Trivers R L 1974 Parent-offspring conflict. *Am Zool* 14: 249–264.
- Trivers R L ja Hare H 1976 Haplodiploidy and the evolution of the social insects. *Science* 191: 249–263.
- Whiting, P W 1933 Selective fertilization and sex-determination in Hymenoptera. *Science* 78: 537–538.

Kirjoittaja on Luonnon Tutkijan päätoimittaja

Edward Osborne Wilson (1929–2021)

Timo Vuorisalo

Maailmankuulu biologi Edward O. Wilson menehtyi jouluna 2021 92 vuoden kypsässä iässä. Wilsonia voidaan pitää yhtenä merkittävimmistä 1900-luvun jälkipuoliskon biologeista. Hänen uransa tosin jatkui pitkään eläköitymisen jälkeenkin aktiivisena, joten julkaisu-uralle kertyi lopulta pituutta yli 70 vuotta. Wilson itse katsoi olleensa hyvin onnekas, kun pääsi pitkällä urallaan todistamaan biologian nousua luonnontieteiden kärkikastiin fysiikan ja kemian rinnalle.

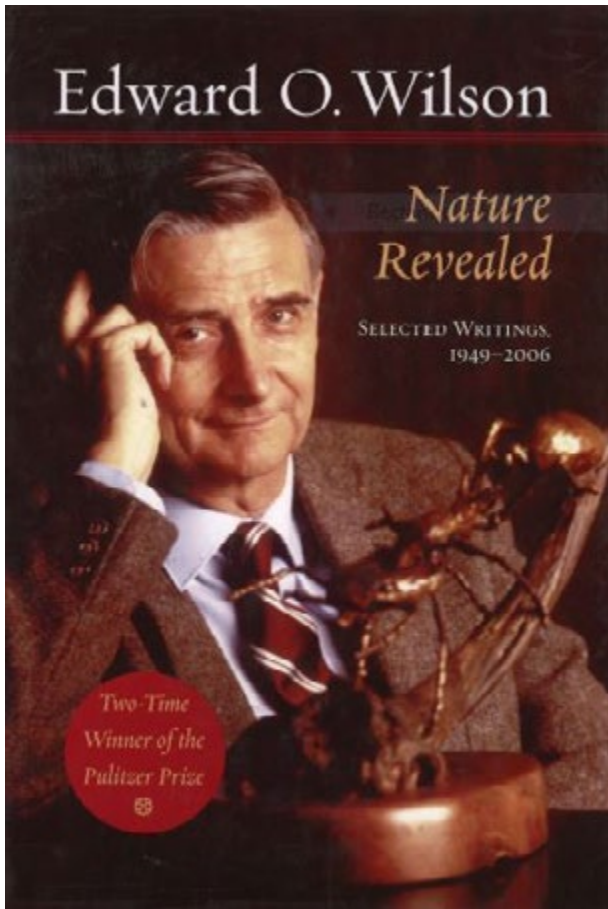
Wilsonin perhetausta oli vaatimaton, jopa siinä määrin, että hän kantoi nuorena miehenä huolta taloudellisista mahdollisuuksistaan yliopisto-opintoihin. Wilson oli taustaltaan etelävaltiolainen. Hän syntyi 10.6.1929 Alabaman Birminghamissa. Kaupunki oli terästeollisuuden keskus, joka sai myöhemmin kyseenalaista mainetta itsepintaisen vanhoillisesta rotuerottelupolitiikastaan. Wilsonin isä oli alkoholisti, ja hänen vanhempansa erosivat pojan ollessa 7-vuotias. Samoihin aikoihin pojan toinen silmä vammautui kalastusretkellä. Kiinnostus luontoon heräsi Wilsonissa jo teinivuosina, jolloin hän pyrki käyttämään kaiken liikenevän aikansa luonnossa retkeilyyn. Nuori Wilson lienee ollut poikkeuksellisen määrätietoinen ja laaja-alainen luonnonharrastaja. Oltuaan vuorollaan kiinnostunut perhosista, muurahaisista, käärmistä, linnuista ja makeanveden kaloista, hän päätti 16-vuotiaana valita tutkittavakseen jonkin sellaisen hyönteisryhmän, jonka asiantuntijana voisi saada maailmanmainetta. Niinpä Wilson valitsi kohteekseen kärpäset. Niitä hän on kaikkialla, ja ne ovat kiistatta tärkeitä. Kävi kuitenkin ilmi, että kaksisiipisten tutkimiseen olisi tarvittu erikoisvalmisteisia hyönteisneuloja, joita toisen maailmansodan pulavuosina ei ollut saatavilla. Oli siis palattava

muurahaistutkijaksi, sillä muurahaisia saattoi helposti säilöä apteekista saatavaan isopropyylialkoholiin.

Nuoren Wilsonin unelma maailmanmaailmasta entomologiassa toteutui sittemmin juuri muurahaistutkijana. Muurahaisaiheinen oli myös hänen ensimmäinen tieteellinen julkaisunsa vuodelta 1949. Aloittelevan 19-vuotiaan tutkijan artikkeli käsitteli nykyään erittäin haitallisena vieraslajina pidettyä tulimuurahaista (*Solenopsis invicta*). 1950-luvulla Wilson tutki muurahaisia muun muassa Melanesian saaristossa. Uransa aikana Wilson kuvasi kaikkiaan yli 400 tieteelle uutta muurahaislajia.

Wilson onnistui pääsemään opiskelemaan biologiaa Alabaman yliopistoon, jossa hän aloitti opintonsa syksyllä 1947. Maisterin tutkinnon vuonna 1950 siellä suoritettuaan Wilson siirtyi maineikkaaseen Harvardin yliopistoon, jossa hän väitteli tohtoriksi vuonna 1955. Hän työskenteli Harvardin yliopistossa lopuikänsä eri professorinimikkeillä ja vuodesta 1997 alkaen emeritusprofessorina. Lisäksi hän toimi Harvardin yliopiston museossa hyönteistieteen kuraattorina. Wilson kuoli Massachusettsin Burlingtonissa 26.12.2021.

Pitkällä urallaan Wilson sai lähes kaikki kuviteltavissa olevat kunnianosoitukset ja palkinnot, joista mainittakoon amerikkalaisten arvostama Pulitzer-palkinto vuosina 1979 ja 1991 sekä Ruotsin kuninkaallisen tiedeakatemian Crafoord-palkinto, ekologian nobeliksikin kutsuttu, vuonna 1990. Tämän arvostetun tunnustuksen Wilson sai saarieliömaantieteen perustamisesta. Vuonna 2005 perustettiin hänen nimeään kantava säätiö "E.O. Wilson Biodiversity Foundation" edistämään luonnonsuojelua. Wilsonin yli kolmestakymmenestä kirjasta on suomennettu *Elämän monimuotoisuus* (1995),



Muurahaiset (1996, yhdessä Bert Hölldoblerin kanssa), *Konsilienssi* (2001), *Elämän tulevaisuus* (2002) sekä *Mitä ihmisen olemassaolo merkitsee* (2014).

Saariteoria ja luontokato

On poikkeuksellista, että tutkija uransa aikana käynnistää kokonaan uuden tieteenalan. Vielä hämmästyttävämpää on, jos hän käynnistää niitä useita. Näin kuitenkin kävi Wilsonille. Wilson muistetaan etenkin saarieliömaantieteen, sosiobiologian ja modernin biodiversiteettitutkimuksen merkittävänä uranuurtajana. Sosiobiologian hän perusti melkein yksin, ja saarieliömaantieteen yhdessä vain 42-vuotiaana munuaissyöpään kuolleen matemaatikko-biologi Robert H. MacArthurin kanssa.

Saarieliömaantieteen lähtökohtana on oletus, jonka mukaan saaren lajimäärä vaihtelee yhtäältä sen pinta-alan ja toisaalta lajikuole-

mien ja saavuntojen tasapainon mukaan. Lajikuolemia tapahtuu sitä todennäköisemmin, mitä pienempi on saaren pinta-ala. Saavuntojen määrä sitä vastoin riippuu etäisyydestä lähimpään leviämiskeskukseen. Voidaan siis otaksua, että lajimäärä on tasapainotilanteessa paljon suurempi lähellä mannerta sijaitsevilla suurilla saarilla kuin etäämpänä olevilla pienillä saarilla. Saariteoriaan Wilson päätyi muun muassa Melanesian saaristossa tekemiensä muurahaistutkimusten perusteella.

On mahdollista, että saariteorian luominen jää Wilsonin pysyvimmäksi saavutukseksi ainakin sovellustensa osalta. Käytännön luonnonsuojelubiologiaa tai suojelualueiden suunnittelua on nykyään mahdotonta kuvitella ilman elinympäristöjen saarekkeistumisen huomioon ottamista. Saariteoriaa sovelletaan nykyään täysin rutiininomaisesti myös esimerkiksi kaupunkien viherverkostojen suunnittelussa. Saarekkeistumisen huomioon ottamisen juuret ovat kiistatta MacArthurin ja Wilsonin tasapainomallissa, minkä lisäksi suuri merkitys on ollut myöhemmin kehitetyillä metapopulaatiomalleilla, joiden kansainvälisesti merkittävimpiin kehittäjiin kuului edesmennyt suomalainen akateemikko Ilkka Hanski.

Mielestäni Wilsonin panos ei ollut biodiversiteettitutkimuksen käynnistäjänä aivan yhtä ratkaiseva kuin edellä mainituilla kahdella muulla alalla, vaikka hän kiistatta kuului tunnetuimpiin ja kuunnelluimpiin luontokatohuolen herättäjiin. Toki saariteoriatutkimukset ja Wilsonin luoma taksonisyklin käsite auttavat merkittävästi ymmärtämään lajirikkauden maantieteellisiä ja ajallisia vaihteluita etenkin alueellisessa mittakaavassa. Vuonna 1984 julkaisemassaan kirjassa *Biophilia* Wilson esitti, että meillä ihmisillä on luontainen taipumus arvostaa monimuotoista luontoa ympärillämme. Vuonna 1988 Wilson oli toimittamassa konferenssijulkaisua, joka vakiinnutti termin "biodiversity" tieteelliseen kirjallisuuteen. Vuonna 1992 Wilson julkaisi biodiversiteettitutkimusta popularisoivan kirjan *Elämän*

monimuotoisuus, ja vuonna 2014 hän varsin provosoivasti suositteli puolen maapallon pinta-alasta jättämistä muiden lajien kuin ihmisten käyttöön. Tätä toimenpidettä hän piti jo mittasuhteiltaan riittävänä luontokadon pysäyttämiseksi.

Sosiobiologia

Wilsonin uran kiistellyin – joidenkin mielestä kiitellyin – ja muiden kuin biologien keskuudessa varmasti myös tunnetuin teos oli vuonna 1975 ilmestynyt monumentaalinen *Sociobiology: The New Synthesis* (Belknap Press), joka lähes 600 sivullaan käsitteli perusteellisesti sosiaalista evoluutiota, sosiaalisuuden mekanismeja sekä sosiaalisuutta eri eläinryhmissä. Ehdoton valtaosa kirjasta oli huippututkijan perinteistä biologista tekstiä eläinten sosiaalisuuden eri muodoista ja niiden evoluutiosta. Kirjan tämän osan huomattavia ansioita ei liene kukaan kiistänyt. Sosiobiologian Wilson määritteli sosiaalisen käyttäytymisen biologisen perustan tutkimukseksi. Teos oli tavallaan aitososiaalisten hyönteisten yhdyskuntia käsitelleen Wilsonin aiemman teoksen *Insect Societies* (1971) laajennus muitakin eläinyhdyskuntia ja ihmisten yhteiskuntia koskevaksi.

Sosiobiologia-kirja perustui lähestymistavataan vahvasti W. D. Hamiltonin sukulaisvalintateoriaan ja G. C. Williamsin geenikeskeiseen evoluutionäkemykseen, jonka ytimen Wilson tiivistä nasevasti lausumaan ”eliö on DNA:n keino tuottaa uutta DNA:ta”. Pian *Sociobiologyn* julkaisemisen jälkeen geenikeskeisen evoluutiotulkinnan keulakuvaksi nousi brittiläinen Richard Dawkins. Yksittäiset eliöt ovat geenien tilapäisiä kantajia, joiden olemassaolo tähtää ensisijaisesti niiden omien geenien lisäämiseen. Sosiobiologian keskeiseksi ongelmaksi Wilson nimesi altruistisen käyttäytymisen, jonka selittäminen on vaikeaa yksilön itsekäseen etuun perustuvalla luonnonvalinnalla. Wilson painotti ongelman ratkaisuna sukulaisvalintaa, jossa yksilöt voivat edistää omien geeniensä runsastumista paitsi itse li-

säntymällä myös edistämällä sukulaistensa kantamien samojen geenien kopioiden lisääntymistä. Kiinnostavaa kyllä Wilson myöhemmin urallaan sanoutui pitkälti irti sukulaisvalintaan perustuvasta altruismin selitysmallista, ja palasi osittain jo Darwinin esittämään ryhmävalintaselitykseen. Altruismin evoluutiota käsitellessään Wilson mainitsi erityisen laadukaina suomalaisen pikkunisäkästutkijan Olavi Kalelan populaatioiden itsesääätelyä koskeneet tutkimukset. Varsinainen kohu syntyi kirjan viimeisestä, ihmisen sosiaalista käyttäytymistä käsitelleestä luvusta, joka oli paljon puhuvasti otsikoitu ”sosiobiologiasta sosiologiaan”. Wilson otti luvussa rohkeasti kantaa ihmistieteiden asemaan tieteenaloina, ja piti näiden alojen biologisoimista suotavana ellei suorastaan väistämättömänä. Wilsonin mielestä ”ei ehkä ole liikaa sanottu, että sosiologia ja muut yhteiskuntatieteet, samoin kuin humanistiset tieteet, ovat viimeisiä evoluutioteorian moderniin synteisiin liitettäviä *biologian* osa-alueita” (kursivointi minun). Hän myös ehdotti etiikan tilapäistä poistamista filosofien käsistä, jotta tämäkin ala voitaisiin kunnolla biologisoida. Wilson toisin sanoen katsoi, että yksi tärkeimmistä sosiobiologian tehtävistä olisi uudelleen muotoilla yhteiskuntatieteiden teoreettiset perusteet siten, että ne voitaisiin liittää biologian osa-alueiksi. Myös myöhemmässä *Konsiilienssi*-kirjassaan Wilson kirjoitti innostuneesti tulevasta sosiaali- ja luonnontieteiden liitosta.

Wilson sai vastaansa kritiikin ryöpyn niin monilta biologeilta kuin luultavasti valtaosalta kirjaan tutustuneista yhteiskuntatieteilijöistä. Häntä syytettiin biologismista eli pyrkimyksestä selittää yhteiskunnallisia ilmiöitä biologisten teorioiden ja käsitteiden avulla. Biologistisen ajattelun mukaan ihmisen sosiaalisuuden ilmentymät kuten yhteiskunta ovat itse asiassa luonnonilmiöitä tai sellaisiksi tulkittavia. Biologian saralla Wilson itse piti päävastustajinaan vasemmistolaisesti suuntautuneita nimekkäitä tutkijoita Richard Lewontinia ja Stephen Jay Gouldia. Kuten turkulainen professori Martti

Soikkeli eräässä kirjoituksessaan totesi, ideologisen kritiikin ytimessä oli huoli siitä, että ihmisen käyttäytymisen hyväksyminen perinnöllisesti ohjatuksi merkitsisi samalla ihmisen helpon ideologisen kasvatettavuuden kieltämistä. Osa arvostelijoista leimasi Wilsonin kannattajineen peräti taantumuksellisiksi rasisteiksi. Tutkija itse sai tappouhkauksia, ja Amerikan tiedeseuran kokouksessa protestoija kaatoi hänen päälleen kannullisen vettä.

Sosiobiologiasta kiisteltiin kiivaasti myös Suomessa. Eero Silvasti rinnasti *Helsingin Sanomien* kolumnissa sosiobiologiaa kritisoivat tiedemiehet taikauskoihin velhoihin. Turkulainen genetiikan professori Petter Portin puolestaan piti sosiobiologiaa perusteettomana ja epäkypsänä yleistyksenä, joka ei ottanut lainkaan huomioon sitä, että tiedämme lopultakin ole mattoman vähän geenien vaikutuksesta korkeampiin henkisiin toimintoihimme. Vuonna 1979 Symbioosi ja Tutkijaliitto julkaisivat sosiobiologian ongelmia käsitelleen, Olli Järvisen ja Seppo Kuuselan toimittaman kirjoituskoelman *Homo sapiens – johdatus biologiseen ihmiskuvaan*. Turun yliopistossa työskennellyt sosiologi Ahti Laitinen julkaisi vuonna 1985 ansiokkaan monografian *Biologismi yhteiskuntatieteissä*, jossa hän käsitteli niin biologisen ajattelun pitkää historiaa yhteiskuntatieteissä (sosiaalidarwinismi, rotuhygieniä) kuin Wilsonin ja hänen kannattajiensa ajattelun lähtökohtia ja ongelmia. Itse asiassa Wilson ei mennyt edes yhtä pitkälle kuin jotkut edeltäjänsä. Olihan muuan amerikkalainen sosiaalidarwinisti jo 1800- ja 1900-lukujen vaihteessa esittänyt kapitalistisen talousjärjestelmän olevan suorastaan luonnonvalinnan tuote.

Joonialainen lumo ja Wilsonin jälkimaine

Lienee ennenaikaista puhua yhdenkään tutkijan jälkimaineesta vain joitakin kuukausia hänen poismenonsa jälkeen. Wilson eli kuitenkin niin pitkän elämän, että joidenkin hänen uransa huippuvuosien saavutusten arviointi on jo perusteltua. Saariteoria ja huoli luonnon

monimuotoisuuden köyhtymisestä eivät varmasti katoa mihinkään, urauurtavista muurahaistutkimuksista puhumattakaan.

Vaikeampi on arvioida Wilsonin yhteiskunnallisten mielipiteiden kantavuutta. Kirjassaan *Konsilienssi* Wilson myönsi olleensa jo Alabaman opiskeluvuosistaan alkaen ”joonialaisen lumon” vallassa. Sillä hän viittasi Gerald Holtonin nimeämään pyrkimykseen kohti tieteenalojen yhtenäisyyttä. Wilson ilmeisesti ajatteli, että maailma on perimmältään varsin järjestynt ja muutamalla luonnonlailla selitettävissä. Wilsonin ajattelussa joonialaisen lumon lähteenä oli evoluutioteoria ja etenkin sen moderni synteesi, jonka väljiin raameihin ihmistieteetkin hänen mielestään hyvin mahtuisivat.

Enemmän kuin sosiobiologiasta puhutaan nykyään evoluutiopsykologiasta, joka pyrkii selittämään ihmisen käyttäytymistä biologisen sopeutuneisuuden näkökulmasta. Sosiobiologia ja evoluutiopsykologia ovat tieteellisinä näkökulmina ja etenkin luonnontieteen painotuksessaan lähellä toisiaan, ja niiden teoriapohja on miltei sama. Merkittävä ero on siinä, että sosiobiologian tutkijaa kiinnostavat muutkin eläinlajit kuin ihminen. Tuoreessa kirjassa *Lisääntymisen vimma – seksuaalivalinta ihmisellä ja muilla eläimillä* (Art House, 2022) seksuaalivalinnan eri muotoja käsitellään ansiokkaasti ja runsain esimerkein höystettynä, ja pitkälti juuri näiden tieteenalojen näkökulmasta. Toinen kirjoittajista, Helsingin yliopistossa työskentelevä Petri Nummi kertoi *Turun Sanomien* haastattelussa (8.2.2022) kiinnostuneensa aiheesta alun perin juuri E. O. Wilsonin kirjoitusten herättämänä. Kiistely perityn ja opitun suhteesta ihmisen käyttäytymisessä siis varmasti jatkuu.

Kirjallisuus

Järvinen O ja Kuusela S (toim) 1979 *Homo sapiens – johdatus biologiseen ihmiskuvaan*. Symbioosi & Tutkijaliitto, Loviisa.
Koskinen P ja Nummi P 2022 *Lisääntymisen vimma*. Seksuaalivalinta ihmisellä ja muilla

eläimillä. Art House, Tallinna.
Laitinen A 1985 Biologismi yhteiskuntatieteis-
sä. Turun yliopiston julkaisuja Sarja C osa 54.
Turun yliopiston offsetpaino, Turku.
Soikkeli M 1997 Evoluutiopsykologian biologi-
sista perusteista. Psykologia 32: 211–214.
Soikkeli M 1981 Sosiobiologia – tiedettä vai
tieteen väärinkäyttöä? Turun Sanomat
19.9.1981.

Uutta kirjallisuutta



Hannu Pankakoski 2021 Luonnontieteiden opiskelua
1930-luvulla. Omakustanne. BoD – Books on Demand.
Helsinki. ISBN 978-952-80-6077-2.

Luonnontieteiden opiskelua 1930-luvulla

Hannu Pankakoski on toimittanut isänsä Antero Pankakosken (1911–2001) elämästä antoisan teoksen. Antero opiskeli Helsingin yliopistossa luonnontieteellisiä aineita 1930-luvulla. Hän suoritti kasvitieteessä ja maantie-

Wilson E O 2001 Konsilienssi. Tiedon yhtenäisyys. Suom. Kimmo Pietiläinen. Terra Cognita, Helsinki.

Wilson E O 2006 Nature Revealed. Selected Writings 1949–2006. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.

teessä laudaturin, eläintieteessä cum lauden sekä geologiassa ja kemissa approbaturin. Nämä tieteenalat tulivat tämän kirjoittajallekin tutuiksi 1950-luvun lopulla. Täten lukiessa tuli ilmeiseksi, että opinnoissa saattaa olla yhteisiä piirteitä.

Vastaan tuli kirjaa lukiessa heti toinenkin asia. Sortavalassa Anteron isä oli nimittäin Sortavalan seminaarin luonnontieteiden ja maantieteen lehtori ja johtaja. Sodan jälkeen Sortavalan lyseo siirrettiin Etelä-Pohjanmaalle ja sen toimintaa on jatkanut Seinäjoen Lyseo, jossa minä kävin kouluni. Sieltä siirryin minäkin ylioppilaana opiskelemaan Helsingin yliopistoon.

Heti kirjan alussa on lainaus Anteron puheesta vuodelta 1977. Se on pidetty Lepaan Puutarhaoppilaitoksen itsenäisyysjuhlassa 1.12.1977. Hän oli laitoksen johtajana vuodet 1955–1972.

Antero toteaa, että Sortavalassa kansalais sodan jättämät poliittiset haavat olivat 1920-luvulla vähemmän vereksiä kuin monilla muilla seuduilla. Suojeluskunta ja Lotta Svärd olivat keskeisessä roolissa. Suomen- ja ruotsinkielisten välinen kieliriita jatkui vielä pitkälle 1930-luvun puolelle. Sama Helsingin yliopistossa. Ajan hengen mukaista oli Anteron sukunimen suomentaminen Hällströmistä Pankakoskeksi vuonna 1931. Antero liittyi AKS:ään ja muistaa Suur-Suomi-aatteen. Myös Lapuanliike mainittiin puheessa.

Kirjan keskeisenä lähteenä on Anteron kirjeenvaihto kotiväen kanssa. Lukuisten vanhimpien kirjeiden joukko on aluksi sivuilla 22–74. Monet niistä kuvaavat elämää Sortavalassa.

Ensimmäiset Helsinkiin siirtyneen Anteron kirjeet lähtevät 1929. Niissä ylioppilaiden poliittiset aktiiviteetit hallitsevat elämää. Kirjeessä 19.2.1932 hän ilmoittaa osallistuneensa lakoon "Yliopiston suomalaistuttamisen kiirehtimiseksi". 12.3.1932 Antero kertoo professorien kieliaktiiviteetistä: "Linkola piti kolmesta luennoistaan vain yhden, silloin 4:lle ruotsikolle. Kotilainen, Kujala, Leiviskä, Auer eivät pitäneet yhtään luentoa. Leiviskän luennolle 1 ruotsalainen oli kyllä pyrkimässä. Collander piti molemmat luentonsa, toisella kertaa siellä istui vain 1 ahkera sveesi ainoana kuuntelijana."

On mielenkiintoista verrata opintoja 1930- ja 1950-luvuilla. Itse muistan 1950-luvun lopun ja 1960-luvun alun. Silloin oppiaineissa oli ruotsinkieliset professuurinsa. Niiden hoitajat keskittyivät ruotsinkielisiin oppilaisiin ja laitoksilla oli yleensä ruotsinkieliset osastonsa. Esimerkiksi maantieteen laitoksella kartanpiirtäjä käytti vuoroviikkoina suomenkielisen ja ruotsinkielisen osaston omia piirustusvälineitä. Eläintieteen laitos oli kiinteästi omaleimainen. Siihen kuului läheisesti Tvärminnen eläintieteen asema, jossa suomenkielisenä en päässyt käymäänkään, vaan kesäkurssini suoritin Lammin biologisella asemalla. Ruotsinkieliset luennot jatkus myös suomeksi. Niinpä esimerkiksi kasvitieteen professori Runar Collander luennoi kevätlukukaudella 1960 kasvitieteen historian luennot suomeksi. Kuuntelin tämän laudatur-tason luennon. Muistan myös professorin pitkien jalkojen askaleet kasvitieteen laitokselle, kuten oli tehty jo Anteron aikana 1935. Runar Collanderin kasvitieteen harrastus näkyi myös siinä, että hän oli aloittamassa Suomen Tiedeseuran julkaisuhanketta "The History of Learning and Science in Finland 1828–1918". Sarjan ensimmäisen numeron "Botany" Collander kirjoitti vuonna 1965. Tämän kunniaakaan sarjan viimeinen osa filosofian historiasta ilmestyi viime vuonna (2021).

Antero ylistää Kaarlo Linkolan merkitystä kasvitieteen professorina 1930-luvulla. Hän kävi luennoilla, jotka käsittelivät fylogeneettis-

tä kasvisystematiikkaa. Professori tuli siinäkin mielessä läheiseksi, että hän kävi Sortavalassa 1923. Linkolan professorikausi kesti 1925–42. Hänen jälkeensä ihaltavaksi professoriksi tuli Mauno Kotilainen (1943–61), jonka erikoisalaa oli kasvimaantiede. Hän piti jokaisena vuotena uusille opiskelijoille avajaisluennon, jossa selvensi kasvitieteen perusolemusta ja opetuksen mahdollisuuksia kasvitieteen laitoksella. Hänen luentonsa sai ihastuneen vastaanoton. Minäkin ajattelin Kotilaista ilman muuta laitoksen esimieheksi. Mutta käytävällä nähtiin esimies, professori Aarno Kalela. Opintokirjassani on merkintä Kotilaisen luennosta, jonka muistan aktiivisuudestani. Yritin nimittäin päästä osalliseksi Kotilaisen kolikkovarastolle, jota hän helisytteli taskussaan. Rahaa sai nimittäin se, joka osasi vastata luennolla oikein jonkun kasvin pohjoisimman sijaintikunnan Suomessa. Minäkin vastasin viittaamalla käsi pystyssä, mutta väärin. Kysytyn kasvin pohjoisin löytöpaikka ei ollut Evijärvi. Mutta ei hätää, sillä Mauno pyysi tulemaan luokseen ja antoi minulle taskustaan markan. Sanoi antavansa sen, koska olen aina niin innokas.

Aarno Kalela oli kasvitieteen professori 1946–73. Hänestä jäivät mieleen kasviorganologian luennot ja oppikirja. Hän kirjoitti tenttikysykset käsin epäselvästi. Kerran en osannut tulkita tekstikysymystä "Siperian metsistä", jonka luin ja vastasin väärin kysymykseen "Ligurian metsistä". Kalelan perhe asui kasvitieteen laitoksella yliopiston virka-asunnossa, kuten erällä muillakin laitoksilla, kuten kemiassa ja tähtitieteessä oli tuohon aikaan tapana.

Antero mainitsee kirjeissään useasti Risto Tuomikosken, joka oli 1930-luvulla vielä opiskelija. 1950-luvulla hän touhusi jo monipuolisesti luonnontieteiden kentässä ja sai apulais-professorin 1947 ja varsinaisen professorin myöhemmin. Muistan Tuomikosken luennoimassa itiökasvien systematiikkaa ja liikumassa luentosalissa silmät ummessa. Tenttiä varten oli luettava Strasburgerin teoksen alkuosa. Toinen opintotapahtuma oli Tuomikosken

johtama sienikurssi espoolaisessa metsässä. Nuorena perheenisänä kysyin eräästä valkoisesta sienestä, että voiko niitä syödä. Tuomikoski sanoi äkäisesti, ettei se ole tieteellisesti tärkeää. Olen ajatellut, ettei vastaus ollut hieno. Myöhemmin vuosina näin Tuomikosken usein TempPELLIAUKIOLLA koti-ikkunan valojen ääressä analysoimassa pieniä itiökasveja ja äyriäisiä.

Anteron kirjeissä on lukuisia muistoja eläintieteen kurseista. Kuvituksena on myös itse piirrettyjä lintuja ja kaloja. Kurseja varten tarvittiin kissoja analysointia varten. Kissoja etsittiin kaupungilta, mikä harmitti kissojen omistajia. Sama kissojen pakkokeruu jatkui myös 1950-luvulla. Kissojen tappo tehtiin nyt myrkyttämällä ne metallisäiliöissä. Helmikuussa 1930 23-vuotias Pontus Palmgren väitteli tohtoriksi Ahvenanmaan linnustosta. Täten alkoi lahjakkaan tutkijan ura. Hän sai ensimmäisen ruotsinkielisen eläintieteen professorin viran 1940, jota hoiti vuoteen 1971. Loppuajanaan hän oli matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan virkaiältään vanhin jäsen. Hän oli henkilönä sopuisin, kun kolme eläintieteen professoria usein riitelivät tiedekunnassa. Palmgrenin lisäksi jäseninä olivat Paavo Suomalainen ja Ernst Palmén.

Antero kommentoi 13.3.1930: "Maantieteen seminaariharjoituksissa on hauska käydä. Prof. Auer, joka on tavattoman miellyttävä ja kunnoittava henkilö. Johtaa harvinaisen tasa-puolisella ja hauskalla tavalla. Prof. Auerissa herättää myös kunnioitusta hänen vaatimaton esiintymisensä... Hänhän on nykyään maailman etevin suotutkija." Auerin maailmanmaine ja opetusaktiivisuus jatkui 1950-luvulla. Hän oli suuri innostaja ja neuvonantaja tieteen polulla. Minäkin sain ohjeistusta hänen Munkkiniemen kodissaan. Hän tähdensi, ettei kannattanut hajottaa itseään uusiin hankkeisiin ennen kuin väitöskirja on valmis. Lisäksi hän varoitti illalla tekemästä liian myöhään töitä, koska silloin menee unirytmiksi sekaisin kuten hänelle itselleen oli käynyt. Samoin hän neuvoi syömään

usein silakoita sanoen: "Jos silakka ei olisi niin halpaa, se olisi maailman herkku." Auer osallistui myös koulumaantieteen kehittämiseen. Hän kirjoitti yhdessä Poijärven kanssa teoksen Suomen maantiede.

Anteron opintoihin 1930-luvulla kuului myös perehtyminen rotuihin. Keskeisenä opettajana oli Kaarlo Hildén (1893–1960). Toisen maailmansodan jälkeen rotuajattelu maantieteen laitoksessa väheni. Tenttikirjana oli kuitenkin vielä 1950 teos: E. Vatter, Die Rassen und Völker der Erde. Geomorfologian opettajana 1930-luvulla oli professori Väinö Tanner. Hän teki Anterolle selvää varsinkin Lapin oloista. Geomorfologia oli yleisemminkin tuolloin keskeinen maantieteen tutkimusala. Tilanne muuttui 1950-luvulla, jolloin keskeiseksi tuli keskus- ja vaikutusalue tutkimus.

Anteron kirjeissä vilahtelee hänen nuorten opintokavereittensa nimiä, kuten Soveri ja Koutaniemi. Myöhemmin heidät tapaa oman alansa akateemisina tekijöinä. Kirjeissä näkyy tärkeänä yksityiskohtana se, että opintojen keskeisenä kielenä oli saksa. Se oli ollut sitä jo kouluaineena ja nyt tenttikirjoissa. Toinen maailmansota ja Hitlerin aika ei kuitenkaan ehtineet muuttaa saksan kielen roolia vielä 1950-luvulla.

Kirja Antero Pankakosken opiskelusta 1930-luvulla valottaa joitakin yleisiä havaintoja yksilöistä ja yhteiskunnasta: Opettajina keskeiseksi nousivat tietyt yksilöt. Heitä oli sekä kasvitieteessä, eläintieteessä että maantieteessä. He olivat innostavia tieteen ja elämän viisauksien opettajia. Toiseksi opiskeluaikana opiskelija eli tiiviissä suhteessa oman aikansa yhteiskunnan rytmikkaan. Antero eli hiljattain itsenäistyneen Suomen aikaa ja liittyi suojeluskuntien henkeen. Hän oli myös lähellä suomen- ja ruotsinkielisten kieliriitaa.

Anteron kirja antaa mielenkiintoisen vertailukohteen sille, millaista oma opiskeluni oli kahtakymmentä vuotta myöhemmin.

Kalevi Rikkinen



Laine J, Sallantaus T, Syrjänen K ja Vasander H 2020: *Sammalten kirja*. 256 s. Metsäkustannus, Helsinki. Paino: Jelgava Printing House, Latvia 2020. ISBN 978-952-338-081-3.

Sammalille oma kirja

Taustaa

Sammalien tunnistamisesta ollaan kiinnostuneita ja määritysoppailla näyttää olevan niin hyvä kysyntä, että painokset myydään muutamassa vuodessa. Sammalspesialistikvarretti – Jukka Laine, Tapani Sallantaus, Kimmo Syrjänen ja Harri Vasander – on julkaissut jo kolmannen – ensi näkemältä varsin tutunolaisen – kirjan sammalista. Muutamassa vuodessa kirjan kantaäiti (Sata sammalta 2013) on sisällöllisesti kehittynyt ja ulkoisesti paisunut vaiheittain kuin venäläinen maatuska-nukke. Tekijät eivät puhu toisen kirjan (Sammalten kirja 2016) sen paremmin kuin käsillä olevaan kirjan (Sammalten kirja 2020) kohdalla korjatuista uusintapainoksista, vaan kukin kirja

on saanut omat identifointitietonsa. Tekijöille on ominaista suomen kielen elävä käyttö, joka heijastuu myös kirjojen nimiin kätkeydyssä sanaleikeissä. Ja eihän tietokirjan tarvitsekaan olla ilmeetön – kunhan poissuljetaan väärinkäsitysten mahdollisuus.

Ensimmäisen kirjan nimi kertoi kuvattujen sammallajien määrän. Kirjan sisällöllinen anti osoittautui kuitenkin kasvuhakuiseksi. Toinen kirja kirjoi sammalpeitettä myös puunrungoille, lahopuulle ja kiville. Kasvupaikkojen monimuotoisuuden laajennus merkitsi samalla lehtisammallajien määrän kasvua 137:ään. Käsillä oleva *Sammalten kirja* on kartuttanut lehtisammalten määrän 169:ään. Näiden lisäksi mukana on nyt maksasammallajeja 27.

Kohderyhmä ja tavoite

Sammalten kirja on tarkoitettu sekä maastoon jalkautuville tavallisille luontoihmisille että jo asiantuntemusta omaaville sammaltajille. Jälkimmäiseen kuulunevat ammattibiologien lisäksi asiantuntemustaan vakaasti kartuttaneet harrastelijat, jotka nöyrtyvät kumartumaan tarkastellessaan pohjakerroksen lajistoa. Mikäli kirjan lisäksi metsään ja suolle saa mukaansa itseään varttuneemman sammaltajan, ymmärrys ja oivallus kasvavat ahaa-elämyksiksi.

Esipuhe lupaa toiveikkaasti kirjaan valikoituneiden sammallajien olevan sellaisia, että lajituntemerkit voidaan maastossa tunnistaa – jollei ihan paljaalla silmällä niin ainakin lupin avulla. Tästä tavoitteesta on tosin jouduttu myös tinkimään (esim. s. 53, 82). Sammallajin tunnistaminen perustuu kuitenkin pääsääntöisesti lajiesittelyyn ja kuviin. Lupin avulla tarkasteltavat rahkasammalten varsilehtien koko ja muoto ovat oleellisia seikkoja lajin tunnistamisessa. Mittajanaan suhteutetut varsilehtien muotopiirroksiset ovat Anna Laineen. Paria poikkeusta lukuun ottamatta kirjan erinomaiset valokuvat ovat Jukka Laineen. Sammalten rakennetta kuvaavat piirroksiset ovat Hannu Nousiaisen.

Kirjan rakenne ja keskeinen terminologia

Oppaan lukemisen ja luetun ymmärtämisen kannalta kuuden sivun mittainen pääluku 'Sammallajien tunnistaminen maastossa' on oleellisen tärkeä. Tunnistamista ei voi opettaa eikä oppia ilman termien käsitteisisältöjen yksiselitteistä ymmärtämistä. Siten tämän luvun alaluvuissa 'Sammalten yleiset piirteet' ja 'Kasvinosien rakenteeseen ja muotoon perustuvat tuntomerkit' selitetyt termit ja olettavat käsitteet yhtenäisesti läpi koko kirjan. Näyttää siltä, että kirja kirjalta tämä pyrkimys on edistynyt, mutta yhä vieläkin näyttäisi olevan hapuilua esim. sammalten muodon ja lehtirakenteen nimitysten käytössä.

Kasviorganologiaan vihkiytymätön lukija saattaa jäädä pohdiskelemaan, onko lehden reuna (s. 13), reunus (s. 12) ja laita (s. 12) synonyymejä? Tarkoittaako hampaaton reunus (s. 47) samaa kuin ehytlaitainen lehti (s. 46)? Entä olisiko pitäydyttävä rahkasammalten varsilaidan risareunaisuudessa vai tarkoitetaanko risalaitaisuudella jotain tästä todella poikkeavaa? Asiatekstissä – kaunokirjallisuudesta poiketen – tautologia on sallittua, jos asian yksiselitteinen ymmärtäminen sitä vaatii. Sana 'leviämiskappale' muistuttaa yleiskieltä, mutta mitähän se käytetyssä yhteydessään mahtaa tarkoittaa (s. 242)? Lukija saattaisi olla kiinnostunut kokeilemaan myös maksasammalten tunnistamista hajun perusteella, mutta kirja jättää tarkemmin selittämättä tämän mielenkiintoisen konstin (s. 11). Ei kuulune sammaltieteen lyhyen oppimäärään!

Kukin sammallaji esitellään siinä keskeisimmässä elinympäristöryhmässä, johon tekijät katsovat sen kuuluvan, ja vielä siten, että toisiaan muistuttavat lajit sijoittuvat kirjan sivuille lähekkäin.

Kirjan taittaja on innovatiivisesti asemoinut pariin muutoin tyhjäksi jäävään kohtaan erinomaiset mutta nimeämättömät sammalkuvat (s. 252, 256). Näillä viimeisten sivujen kuvituskuvilla opiskelija voi testata itsearvioinnin tapaan sammaltuntemustaan!

Sisällöllisiä laajennuksia

Käsillä olevaan kirjaan elinympäristöryhmiä on tullut kaksi lisää. Tämä ja muut lisäykset ja tarkennukset ovat kasvattaneet sivumäärää edeltäjänsä verrattuna lähes 50 sivulla. Kirjan alkuun sijoitettu uusi elinympäristöryhmä on otsikoitu muotoon 'Järvet, kosket ja purot'. Järvillä tarkoitetaan vakaavetistä ekosysteemiä; kosket ja purot ovat virtavesiä. Viime mainituissa veden virtausnopeus ja sen mukana uoman seinämiä ja pohjaa kuluttavat voimat vaativat erityistä sopeumaa pintaansa kiinnittyviltä sammalilta. Sekä järvioltaissa että virtavesissä ranta- ja tulvavyöhykkeet monipuolistavat ekosysteemiä: sammalten tulee olla sopeutuneita sekä vedenpeittämään että ajoittain kuivahtavaan ympäristöön.

Kirjan viimeisessä ja myös uudessa elinympäristöryhmässä esitellään 'Pihojen ja pientareiden sammat'. Ihmisen muuttamien ympäristöjen lisäksi tämän väljäläisen ryhmän sammallajeja voi esiintyä myös täysin luonnonvaraisilla kasvupaikoilla. Joka tapauksessa aloitteleva sammalharrastaja voi kirjaan tukeutuen pyrkiä perehtymään vaikkapa huonosti hoidetun kotipihansa nurmikon alla sinnitteleviin ja pohjakerroksen valtiaksi pyrkiviin sammallajeihin.

Leikkimielisesti tekemäni teksti- ja rakennanalyysi osoitti, että näissä kahdessa uudessa elinympäristöryhmässä jotkin merkintätavat ja väliotsikoinnit poikkesivat aiemmissa kirjoissa käytetyistä: Sammalten versojen pituudet/ korkeudet on ilmaistu kaksinkertaisin epävarmuuksin (eli siis merkinnällä noin ja vaihteluväli), esim. purotierasammalten pystyversojen kerrotaan olevan n. 3–8 cm korkuisia. Tietokirjateksteissä pitäisi kuitenkin välttää mittalukujen tuplaepävarmuuksia.

Yksittäisen sammalten verbaalinen kuvaus on yleensä jaettu systemaattisesti kolmen väliotsikon alle: Tunnistaminen, Samankaltaisia lajeja, Esiintyminen. Nyt kuitenkin 'Sammalten kirjan' uusissa tekstiosioissa Esiintyminen on korvattu usean lajin kohdalla otsikolla Ekologia

ja levinneisyys. Onkohan ote tekstin luomiseen ja väliotsikoinnin yhtenäisyyteen vain herpaantunut vai onko näissä kohdin joku julkilausumaton syy väliotsikon painotuksen muuttamiseen?

Sammallajin tunnistuksen ja nimeämisen päivityksiä

Tunnistamisopas seuraa tiukasti sammaltutkimuksen kehittymistä. Vuosikymmenet suolla tarponut asianharrastaja joutuu toteamaan käyttäneensä karujen rämeiden ja avosoiden matalien mättäiden möyheälehtisestä punarahkasammalesta täysin väärää tieteellistä nimeä *Sphagnum magellanicum* Brid. Tätä kun ei uusimman tutkimuksen mukaan edes tavata Euroopassa. Punarahkasammalen tuntomerkit täyttävä laji on nyt *S. medium* Limpr. Sitä muistuttava pohjavesivaikutteisten avosoiden, nevakorpien ja -rämeiden laji on määritetty ja nimetty omaksi lajikseen, punaterärahkasammal (*S. divinum* Flatber & Hassel). Näiden kahden lajin yleishabitus ja tarkat tuntomerkit on kuvattu Euroopan rahkasammalten kirjassa (Laine ym. 2018).

Sammalten uhanalaisuudesta

Sammallajin mahdolliseen uhanalaisuuteen kiinnitetään huomiota merkinnöillä: kanta vaarantunut (VU) ja kanta silmälläpidettävä (NT). Ravinteisinta kasvupaikkaa vaativan rahkasammallajimme, käyrälehtirahkasammal, kohdalla aiemmin puuttunut silmälläpidettävyyden lyhenne (NT) on nyt merkitty (s. 84). Rannikkorahkasammal (*S. affine*) mainitaan harvinaiseksi ja uhanalaiseksi tosin ilman luokkalyhennettä (s. 96). Levinneisyytensä ääri rajoilla kuljunrahkasammalkin näyttää tulevan alueellisesti uhanalaiseksi (s. 98)? Vähiin käy, ennen kuin kokonaan loppuu!

Suomen kielen ihmeellisyyksiä ja lapsuksia

Nopeasti luettaessa palokeuhkosammaleeseen

liitetystä sanasta 'kasvihuonerikka' ei heti tule mieleen, että kyseessä on sammal, joka on rikakasvin tapaan vallannut kasvihuoneen kasvualustassa tilaa hyötykasveilta (s. 58). Suomen kielessä lauseen sanajärjestys on melko vapaa, mutta sitäkin kirjoittaja joutuu tarkkailemaan. Rämeenkarhunsammaleen kuvauksesta saa sen käsityksen, että kosteus muuttaisi lehtien pituutta (s. 104). Virkkeessä kuitenkin tarkoitetaan, että lyhyehköt lehdet ovat kuivina pystyt ja kosteina enemmän tai vähemmän harittavat. Entä suojataanko vai suojellaanko luonnon-suojelulla luontotyyppi 'tervaleppäkorpi' (s. 117)? Lapsuksena lienee pidettävä sitä, että otaluhtasammalen versojen kärkiosat olisivat lieriömäisiä – vain kartiomainen muoto voi muistuttaa teroitettua heinäseipään kärkeä (s. 51). Ei olisi haitaksi, jos kustannustoimittaja tarkistaisi etevienkin tietokirjailijoiden tekstit. Liki anteeksi antamattomana voidaan pitää sitä, että sekä vuoden 2016 kirjassa (s. 33) että vuoden 2020 kirjassa (s. 55) hetealvesammalen kuvauksessa teksti 'änkyttää' lehden kärjen olevan hieman hieman sisään kaartunut. Näin ei olisi käynyt, jos kustannustoimittaja olisi ollut hereillä.

Lopuksi

Onko perusteltua, että tässä käsiteltyjen opaskirjojen elinkaari on vaivaiset 3–4 vuotta? Näennäisistä saman kaltaisuuksistaan huolimatta kukin kirja on kuitenkin oma hengentuotteensa, jossa ytimen systemaattinen rakenne on säilytetty. Lisäykset ovat perusteltuja. Mikäli lajikuvaukset ovat kohdallaan, niin niitä ei ole lähdetty väkisin muuttelemaan. Aiemmista kirjoista osoitetut epätäsmällisyydet ja virheet on pääosin korjattu. Sammalten kirja edeltäjineen vie nyt omassa luontokirjojen hyllyssäni hyllypituutta 35 mm. Perikunnan kolme jäsentä arpokoon, kuka saa viimeisimmän ja paksuimman.

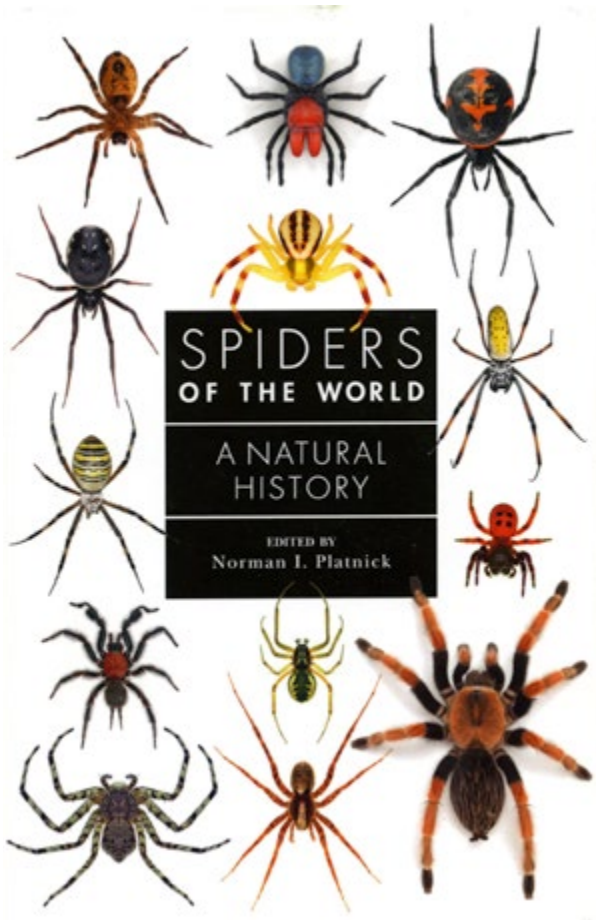
Kirjallisuutta

Laine J, Sallantaus T, Syrjänen K ja Vasander H
2013: Sata sammalta. 144 s. Metsäkustannus,
Helsinki. ISBN 978-952-6612-13-3.

Laine J, Sallantaus T, Syrjänen K ja Vasander H
2016: Sammalten kirjo. 208 s. Metsäkustannus,
Helsinki. ISBN 978-952-6612-74-4.

Laine J, Flatberg K I, Harju P, Timonen T, Minkinen K, Laine A, Tuittila E-S ja Vasander H
2018: Sphagnum mosses. The stars of European mires. 326 s. Department of Forest Sciences, University of Helsinki, Sphagna Ky, Helsinki.

Juhani Päivänen



Platnick, N.I. (ed.) 2020: *Spiders of the World. A Natural History*. - Ivy Press. London. 256 s. ISBN 978-1-78240-750-8.

Araknologian kärkitutkijan jäähyväisteos

Maailman tunnetuin ja arvostetuin nykyaraknologi Norman I. Platnick (1951–2020) väitteli tohtoriksi Harvardin yliopistossa jo 21-vuotiaana ja toimi koko uransa American Museum of Natural History'ssa New Yorkissa. Norman Platnick kasvatti museon hämähäkkikokoelmat maailman laajimmiksi ja merkittävimmiksi, ne käsittävät yli miljoona näytettä ja 4000 tyyppiyksilöä. Hän julkaisi hämähäkkien taksonomian, fylogenia ja eläinmaantieteen alalta noin 340 julkaisua, kuvaten 158 sukua ja 2023 lajia tieteelle uusina. Kuvattujen uusien lajien määrässä hänet ylittää araknologeista vain ranskalainen Eugène Simon (1848–1924).

Norman Platnick kollegoineen uudisti hämähäkkien fylogeniakäsitystä paljolti 1960- ja 1970-luvuilla tapahtuneen hämähäkkiluoittelun vallankumouksen pohjalta. Tämän mullistuksen johtohahmoja olivat turkulainen Pekka T. Lehtinen (monumentaalinen väitöskirja 1967) ja uusiseelantilainen Raymond R. Forster (1922–2000). Platnickin perustama *World Spider Catalog* on ollut yli 30 vuoden ajan kaikkien hämähäkkitutkijoiden taksonomiaa ja nimityksiä koskeva peruslähde, "raamattu", jota päivitetään jatkuvasti. Tapanamme olikin sanoa "Platnickin mukaan". Hän osallistui aktiivisesti araknologien järjestötoimintaan (mm. kansainvälisen araknologiseuran presidenttinä) ja oli vakio-osallistuja alan kongresseissa, kuten XI Kansainvälisessä araknologikongressissa Turussa 1989. Norman Platnickin jäähyväistyöksi jäi "*Spiders of the World. A Natural History*", jossa hän on sekä toimittaja että yksi kirjoittajista. Kirja ilmestyi pari kuukautta hänen tapaturmaisen kuolemansa jälkeen.

Muutkin kirjoittajat ovat tutkimiensa ryhmien huippunimiä: Gustavo Hormiga (USA), Peter Jäger (Saksa), Rudy Jocqué (Belgia), Martín Ramírez (Argentina) ja Robert Raven (Australia). Kirjassa käydään läpi maailman hämähäkkiheimot (lähes 120) esimerkkisivun (ja -lajin) avulla; joistakin heimoista esitellään useampikin suku. Sivun tai aukeaman alalla

on valokuva (joskus useampikin), levinneisyyskartta, luonteenomaiset tunto-merkit ja laajempi esittelyteksti kyseessä olevasta suvusta. Tieteellisten nimien lisäksi annetaan myös englanninkieliset nimet. Kuvat ovat edustavia ja hyvätasoisia ja lyhyehköt tekstit tarkoituksenmukaisia sisältäen runsaasti mielenkiintoista tietoa biologiasta (kirjan nimessä "A Natural History" on siis paikallaan). Koska kartat ovat koko maailman kattavia, on levinneisyysalue toisinaan merkitty hieman suurpiirteisesti. Lisäksi olisin toivonut koko heimon esiintymisalueen merkintää karttaan nyt näytetyn esimerkkisuvun alueen ohella; silloin myös heimon kokonaislevinneisyys olisi tullut esille.

Kirjassa on myös lyhyt johdanto hämähäkkien rakenteeseen ja luokitteluun. Hämähäkkien lahon esitetyt alaryhmät poikkeavat jonkin verran yleisesti aikaisemmin käytetyistä. Erityisesti "RTA-clade" on melko uusi alaryhmä; siihen yhdistetään heimot, joiden koiraiden pedipalpin tibiassa on sivulle suuntautuva uloke (RTA = *retrolateral tibial apophysis*). Tämä liittyy niiden parittelukäyttäytymiseen. Muuten RTA -cladiin viedyt heimot ovat hyvin erilaisia; peräti kolmannes kaikista hämähäkkiheimoista (noin 40) ja yli puolet Suomen heimoista kuuluu RTA -cladiin.

Kokonaisuutena kirja on mainio yleisesitys maailman hämähäkkiheimoista. Hämähäkkien

monimuotoisuus, usein erikoiset elintavat, levinneisyysalueet ja monet erittäin mielenkiintoiset detaljit tulevat tutuksi. Hinnaltaan teos on edullista hankkia. Suomalainen lukija vaikuttaa trooppisten alueiden ja esimerkiksi Australian suuresta heimojen määrästä. Näistä monet ovat lajimääriltään varsin vaatimatonta, mutta niiden katsotaan ansaitsevan heimostatuksen – ainakin toistaiseksi. Meillä esiintyy vain noin neljännes maailman hämähäkkiheimoista. Tekijät painottavat heimoja koskevien käsitysten nopeitakin muutoksia epäillen, että kirja voi olla joiltakin osin vanhentunut jo ilmestyessään; tässä he olivat oikeassa. Muutokset voi todeta *World Spider Catalogin* päivityksistä (<https://wsc.nmbe.ch/>).

Ehkä parhaiten *Spiders of the World. A Natural History* -kirja sopii hämähäkkiheimojen moninaisuuden ja erikoisten muotojen ja sopeutumien tarkasteluun ja heimotason perustietojen tarkistamiseen, erityisesti biologisten erikoispiirteiden osalta. Tuntemattomien eksoottisten heimojen edustajien määrittämiseen kirja on hyvä apu, mutta määritysten varmistamiseksi kannattaa käyttää tukena kirjaa *Spider families of the world* (R. Jocqué & A. Dippenaar-Schoeman, 2006, Royal Museum for Central Africa).

Seppo Koponen

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 tekeväälle 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 vierailevien kirjoittajien kirjoituksia. Pääkirjoitus on pituudeltaan noin yhden liuskan pituinen (so. 3700 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 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 biologija 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 menneisyydessä.