

# Muurahaisia ja ihmisiä – sota, rauha ja avunanto

■ Liselotte Sundström

**Sota, rauha ja rakkaus ovat ihmisen kulttuurin ytimessä. Ne kuvaavat voimakkaita tunnetiloja ja keskeisiä käyttäytymismalleja, joita kohdistetaan oman tai muiden ryhmien jäseniin. Mutta esiintyvätkö nämä ilmiöt luonnossakin ja miten ne mahdollisesti liittyvät ihmisen evoluutioon? Entä muiden eliöiden, kuten muurahaisten, runsasväkiset yhteiskunnat? Ohjaavatko näitä samat pelisäännöt kuin ihmisen yhteisöjä?**

*Homo homini lupus est* – ”ihminen on ihmiselle susi” – totesi Plautus jo noin 184 eKr. Sodankäynti konseptina on siis helppo yhdistää luontoon, sillä ajatus olemassaolon taistelusta on alusta alkaen värittänyt keskustelua Charles Darwinin luonnonvalinnan teoriasta. Varsinkin 1800-luvun Englannissa tämä näkemys luonnosta kiteytyi sekä runoudessa (esim. Lordi Tennysonin runossa ”In Memoriam A.H.H.” [1844] lauseessa ”Nature red in tooth and claw”) että tieteellisessä diskurssissa filosofi Herbert Spencerin kuvauksessa Darwinin luonnonvalinnan teorias-  
(1) olemassaolon kamppailuna. Konsensus oli siis siitä, että eliöiden sopeutuminen vallitseviin olosuhteisiin on pääasiassa yksilöiden välisten negatiivisten vuorovaikutusten seurausta.

Tämä kuva luonnosta ei kuitenkaan vallinnut kaikkialla 1800-luvun lopun ja 1900-luvun alun Euroopan tiedeyhteisössä, vaan ruhtinas Pjotr Kropotkin nosti esille ajatuksen että sopeutuminen ja sen tuottaman evoluution taustalla ei niinkään ole taistelu olemassaolosta, vaan että niukkojen resurssien maailmassa vastavuoroinen yhteistyö tuottaa suotuisamman elinympäristön, jossa monet eliölajit voivat kukoistaa (2). Kropotkinin ajatukset olivat vahvasti sidoksissa ajan ilmapiiriin ja hänen omien poliittisten näkemystensä värittämiä. Sen sijaan tieteellinen

fundamentti, jolle hän nämä ajatukset rakensi, ei ollut kovin vahva ja hänen edustamansa näkemys vaipui unohduksiin.

Darwin kuitenkin jo itse pohti yhteistyön olemassaoloa luonnossa, muurahaiset ja mehiläiset esimerkkeinä, joten avunannon konsepti ei ollut mitenkään vieras tuohon aikaankaan (1). Hän kuitenkin lähinnä pohti miten työläismuurahaisten kaltainen muoto voi luonnonvalinnan valossa säilyä luonnossa, kun ne eivät itse lisäänty. Tätä Darwin piti selkeänä ongelmana luonnonvalinnan teorialleen, mutta ratkaisi sen olettamalla, että steriiliys voi edustaa adaptiivista vaihtelua, jota esiintyy jokaisen lisääntyvän eliön jälkeläistöissä. Näin ollen ajatus avunannosta oli alusta alkaen osa Darwinilaisen luonnonvalinnan periaatetta, eikä Darwin itse ottanut kantaa siihen johtaako luonnonvalinta aina kamppailuun, vaan käytti esimerkkejä sekä kilpailusta että yhteistyöstä teoriasensa keskeisiä periaatteita pohtiessaan.

Darwin ei kuitenkaan pohtinut ehkä keskeisintä kysymystä: steriiliydestä koituu evolutiivisia kustannuksia yksilölle, jolla on se ominaisuus. Vasta 1900-luvun loppupuoliskolla käyttäytymistutkimus nosti tämän kysymyksen esille korostaen evolutiivisten kustannusten merkitystä ominaisuuksien runsastumiselle populaatioissa (3, 4). Avunantoa ei enää tarkasteltu ilmiönä, jonka esiintymistä sääti yksinomaan vanhempien edut, vaan ominaisuutta kantavan yksilön edun näkökulmasta. Syntyi paradigman muutos, jonka myötä luonnonvalinnan seurauksia ruvettiin tarkastelemaan ominaisuuksien hyötyjen ja kustannusten valossa ja tultiin ymmärtämään, että luonnonvalinta voi suoraan suosia altruismia evolutiivisten kustannusten vallitessakin.

Avunantoa esiintyy luonnossa sekä lajin sisällä että lajien välillä. Useat lajin sisäiset ja kaikki lajien väliset allianssit perustuvat vastavuoroisuuden periaatteeseen, jolloin molemmat osapuolet hyötyvät tilanteesta. Avunannosta syntyy kustannuksia tavalla tai toisella molemmille osapuolille, mutta toisen avunannosta saatu hyöty ylittää annetusta avusta koituvat kustannukset. Näitä niin sanottuja mutualistisia (vastavuoroisia) suhteita löytyy luonnosta runsaasti, yksi mielenkiintoisimmista on vastikään löydetty muurahaisen (*Camponotus schmitzi*) ja lihaa syövän kannukasvin (*Nepenthes bicalcarata*) symbioosi, jossa muurahaiset vahingoittomina uivat kasvin pyyntinesteessä pyydystämällä eläviä, kasvin pyytämiä saaliita syöviä, hyttysten toukkia. Muurahaisen toiminta kasvattaa kasvin saamaa typen määrää ja edistää siten kasvin hyvinvointia, kasvua ja ajan myötä lisääntymistä (5). Muurahaiset puolestaan saavat yksinoikeuden ruokailuun aina katetun pöydän ääressä, pesäpaikan ja suojaa vihollisilta.

Kilpailun ja hyödyntämisen olemassaolo luonnossa ei siis yleensä kyseenalaisteta, ja näistä tilanteista oppikirjat ovat täynnä esimerkkejä. Samoin vastavuoroinen avunanto on hyvinkin selitettävissä luonnonvalinnalla, kuten Darwin itse teki kirjassaan *The Origin of Species* (1859). Hän myös painotti, että luonnonvalinta ei voi suosia sellaisten ominaisuuksien runsastumista, jotka hyödyttävät vain toista lajia, ellei siitä koidu vastavuoroisesti suoraa hyötyä tämän ominaisuuden kantajalle. Luonnonvalinnan toimintaperiaate siis käsittää sekä positiivisia että negatiivisia vuorovaikutussuhteita. Mutta esiintyykö luonnossa pyyteetöntä avunantoa tai edes neutraalia yhdessäeloa? Yhteiskuntahyönteiset (muurahaiset, ampiaiset, mehiläiset ja termit) nostetaan tässä yhteydessä esille esimerkkinä pyyteettömästä avunannosta – näin esimerkiksi hevosmuurahaisen sukuun kuuluvan *Camponotus saundersin* työläiset puolustavat pesäänsä sananmukaisesti räjäyttämällä itsensä, jonka seurauksena takaruumiin myrkkyräuhasiin varastoitunut liimamainen neste vapautuu ja takertuu tunkeilijaan (6). Mitä yksilö tässä tapauksessa saa vastineeksi hengestään? Pesän

muut yksilöt tietenkin hyötyvät tunkeilijan tuhoutumisesta, mutta kenenkään ei kannattaisi ensimmäisenä asettua tulilinjalle. Samanlainen on tilanne myös ihmisen sodankäynnissä, sillä luonnonvalinnan perusteella yksilön on edullisempaa antaa muiden uhrata henkensä ja itse päästä lisääntymään. Molemmissa tapauksissa yksilöt uhrautuvat pyyteettömästi ryhmän edun nimissä, jolloin syntyy paradoksi – miten luonnonvalinta voi suosia käyttäytymistä joka vähentää yksilön evolutiivista kelpoisuutta? Kuitenkin sekä ihmisen että yhteiskuntahyönteisten yhteisöt ovat monella mittarilla erittäin menestyksekkäitä. Tropiikeissa yhteiskuntahyönteiset ovat ekologisesti dominoiva ryhmä muodostaen jopa 30 % sademetsien eläinbiomassasta (7); ihmisen globaalista vaikuttavuudesta tuskin kukaan on epätietoinen.

## Muurahaiset ja ihmiset

Yhteiskuntahyönteisillä ja ihmisillä onkin useita yhteisiä piirteitä. Muurahaiset esimerkiksi muodostavat ihmisen tapaan hyvinkin väkirikkaita monivuotisia yhteisöjä, joissa vallitsee työnjako ja avunanto (8). Yhteisöllisyys ja avunanto ovat todennäköisin syy näiden ryhmien ekologiseen dominanssiin. Vanhimmat työmuurahaisen fossiililöydökset ovat lähes 100 miljoonaa vuoden takaa – eli aikakaudelta ennen hirmuliskojen (lintujen sukulinjaa lukuun ottamatta) sukupuuttoa. Ihminen on lajina vain noin 200 000 vuoden ikäinen, joskin ihmiskukuisia, ryhmässä eläviä ihmisen kaltaisia lajeja on yli miljoonan vuoden takaa (9). Yhteisöllisyys ja etenkin työnjako ryhmien sisällä ovat mahdollistaneet monia uusia innovaatioita, kun tehtäviin on voitu erikoistua.

Muurahaisilla tämä tehtäviin erikoistuminen onkin mennyt pisimmälle – työmuurahaisen joukossa on joillakin lajeilla eri tehtäviin erikoistuneita kasteja. Esimerkiksi lehenleikkaajamuurahaisen (*Atta* sp.) työläisistä eri kokoluokan yksilöt hoitavat tietyt tehtävät lehtien leikkuussa, kuljetuksessa ja prosessoinnissa ravinnoksi käyttämiensä sienirihmastoensa kasvualustaksi (10). Periaate on sama kuin ihmisen käyttämässä liukuhihnatyössä ja maan-

viljelyssä. Kutojamurahaisten (*Oecophylla* sp.) työläiset puolestaan käyttävät silkkiä tuottavia toukkia lehtien ompelemisessa yhteen pesän rakennuksessa, samaan tapaan kuin ihminen käyttää ompelukoneita. Havumetsiemme kekomuurahaiset (*Formica* sp.) käyttävät puolestaan rasvavarantojaan tuottamaan metabolista lämpöä ja nostavat näin keon keskiosien lämpötilaa jopa 30 asteeseen lumipeitteen alla (11), eli käyttävät uusiutuvaa energiaa asuntojensa lämmittämiseen. Työnjako mahdollistaa myös erilaisten tehtävien samanaikaista toimittamista, tietokoneissa käytettävän rinnakkaisprosessoinnin tapaan. Muurahaiset myös verkostoituvat, muodostaen laajoja pesäverkostoja, jotka ovat yhteydessä toisiinsa. Näistä ehkä tunnetuin lienee argentiinanmuurahaisen (*Linepithema humile*) koko Välimeren alueen kattava pesäverkosto (12). Lopuksi muurahaiset myös orjuuttavat muiden lajien yksilöitä ja käyvät sotaa pesiensä territorioiden rajoilla.

### Sodasta kohti rauhaa

Väkirikkaat yhteisöt siis mahdollistavat toimintatapojen virtaviivaistamista ja edesauttavat sopeutumista uusiin tilanteisiin, mutta ne myös tuovat mukanaan haasteita. Ihmisyhteisöjen vakavimpia haasteita ovat patogeenit ja niiden aiheuttamat globaalit epidemiat. Runsasväkisillä alueilla taudit leviävät helposti, mikä puolestaan usein myös johtaa siihen, että ne luonnonvalinnan myötä kehittyvät yksilölle vaarallisemmiksi (13). Myös muurahaiset käyvät sotaa taudinaiheuttajia vastaan, tosin näillä on ollut 100 miljoonaa vuotta enemmän aikaa ratkaista ongelmat. Pitkään ajateltiin että muurahaisilla on harvinaisen vähän tauteja – niitä pidettiin jopa esimerkkinä siitä, miten hyvin ne ovat onnistuneet suojautumaan erilaisia patogeenijä vastaan. Viime vuosien tutkimus on kuitenkin osoittanut, että hyönteisillä on erittäin tehokas immuunipuolustusjärjestelmä, joka pohjautuu puolustukseen usealla eri rintamalla (13). Uudempi tutkimus on myös osoittanut, että kyllä yhteiskuntahyönteisillä, ja niiden joukossa myös muurahaisilla, on koko joukko patogeenijä (bakteereja, viruksia, alkueläimiä ja sie-

niä), jotka pommittavat niiden linnakkeita (14).

Esiintyykö sitten muurahaisilla ja muilla yhteiskuntahyönteisillä mittavia epidemioita, jotka pyyhkivät maan pinnalta kokonaisia yhteisöjä? Tällaisista tapahtumista on hyvin vähän tietoa kirjallisuudessa, ja omankin 30 vuotisen urani aikana olen nähnyt vain yhden tällaisen nopean populaatiokuoleman, eikä sekään välttämättä johtunut taudeista. On kuitenkin myös mahdollista, että suojautuminen patogeenijä vastaan on niin tehokasta, että ne vain hyvin harvoin aiheuttavat edes yksittäisten pesien kuoleman. Tilanne olisi siis samankaltainen kuin ihmisellä – yksilöitä kuolee tauteihin, mutta mittavia epidemioita ei kovin usein pääse syntymään. Näissäkin epidemioissa vain muutammat pienet kaupungit pyyhkiytyi kartalta. Vallitseeko siis rauha, jota ylläpitää eräänlainen kauhun tasapaino patogeenien ja isäntien välillä? Jos näin on, herää kysymys, miten tähän on päästy ja eroavatko keinot ihmisten ja muurahaisien välillä.

Ihmisellä, kuten muurahaisillakin, on yksilötason immuunijärjestelmä, joka taltuttaa infektioita ja tuhoaa tunkeilijat. Ihmisellä on lisäksi järjestelmällinen epidemioiden torjunta mm. rokotosohjelmien, tautien kulunvalvonnan ja lääkkeiden myötä. Tämä järjestelmä nimenomaan nousee ihmisen yhteisöllisyydestä ja avunannosta. Mutta miten asianlaita on muurahaisilla? Miten ne torjuvat pesiä uhkaavia epidemioita? Itse asiassa muurahaiset käyttävät hyvin pitkälti samoja strategioita. Sylvia Cremer on tutkinut muurahaisien sosiaalista immuniteettia *Lasius neglectuksella* (15). Sienitartunnan saanut yksilö joutuu pesätovereidensa huomion kohteeksi, jolloin kuoren pintaan jääneet itiöt poistetaan. Samalla puhdistusta tekevät yksilöt saavat pienen annoksen patogeenijä, joka toimii niiden osalta rokotuksena – kokeet ovat osoittaneet, että nämä yksilöt toisinaan myös sairastuvat, joten tästä käyttäytymisestä on kustannuksia yksilölle. Toisaalta, ne avustajat, jotka jäävät henkiin, eivät myöhemmin sairastu suurempiinkaan annoksiin kyseistä patogeenijä. Sen sijaan altistumattomat yksilöt ja ne, joilta evätään puhdistus, kuolevat suuremmalla todennäköi-

syydellä. Tilanne tuo mieleen ihmisyhteisöissä käytävää kiistelyä laajamittaisten rokotusten tarpeellisuudesta ja rokotteisiin liittyvistä riskeistä.

Muurahaisten pesät, varsinkin kekomuurahaisten suuret keot, ovat erinomaista kasvualustaa kaikenlaisille eliöille, myös potentiaaleille patogeeneille. Näin ollen tärkeä keino estää epidemioiden syntyä on huolehtia lähiympäristön hygieniasta. Michel Chapuisat kollegoineen ihmetteli resiniin, eli kuivien pihkapallojen, määrää kekomateriaalissa. Kävi ilmi, että muurahaiset aktiivisesti keräävät resiniä ympäristöstään ja käyttävät sitä lääkkeenomaisesti torjumaan bakteeri- ja sieni-infektioita (16). Lopuksi, epidemioiden hallitsemiseksi sekä ihminen että muurahaisten tapauksessa sairastuneet yksilöt itse poistuvat pesästä kuolemaan (17). Näin ollen ihmisen ja muurahaisten käyttävät samoja keinoja sodassa tauteja vastaan: estetään yksilöitä sairastumasta, hoidetaan sairaat ja eristetään tautipesäkkeet estäen taudin leviäminen yhteisön sisällä tai yhteisöjen välillä.

### **Erilaiset yhteisöt, samat periaatteet**

Mutta palataan kysymykseen pyyteettömästä avunannosta – onko sitä? Edellä esitetyt esimerkit sisältävät kaikki tavalla tai toisella saatavaa hyötyä myös avustavalle yksilölle. Immunisaatiolla on kustannuksia, mutta hyödyt ovat yksilötasollakin keskimäärin kustannuksia korkeammat. Lääkkeet ja muut hygieniahyödykkeet sekä niiden kehittäminen (tai muurahaisten kohdalla kerääminen luonnosta) tulevat kaikkien hyödyksi ja ylläpitävät terveellisempää elinympäristöä tai auttavat tautien hoidossa. Näin ollen nämä käyttäytymiskuviot voisivat syntyä vastavuoroisuusperiaatteen pohjalta edellyttäen, että yhteisö on riittävän yhtenäinen, jotta anonyymistikin annettu apu aikanaan palautuu antajalle. Täten jokainen saa ainakin periaatteessa itselleen evolutiivisen hyödyn avunannosta.

Kuitenkin eräässä suhteessa sekä muurahaisten (ja muut yhteiskuntahyönteiset) että ihmiset ovat aidosti altruistisia. Selkeimmillään ihmisen altruismi ilmentyy uhrautumisena yhteisön hyväksi esimerkiksi sodankäynnissä. Myös arki-

sessä elämässä ihminen toimii tavalla, jota parhaiten voidaan kuvata altruistiseksi. Ekonomi Ernst Fehr ja matemaatikko Karl Sigmund ovat yksinkertaisilla kokeilla osoittaneet, että ihminen tekee oikeudenmukaisuuden nimissä valintoja, joista hänelle koituu kustannuksia (18, 19). Tämä täyttää altruismin määrittelyn kriteerit, sillä nämä kustannukset voidaan katsoa edustavan lisääntymisarvoa. Muurahailla, kuten muillakin yhteiskuntahyönteisillä, yksilöt yhtä lailla uhraavat henkensä yhteisön hyväksi, kuten olen kuvannut. Ne ovat kuitenkin menneet askeleen pidemmälle, eli ovat aitososiaalisia, sillä työläisyksilöt ovat pääsääntöisesti lisääntymiskyvyttömiä, eivätkä näin ollen voi saada suoraa kelpoisuushyötyä käyttäytymisestään. Miten siis luonnonvalinta on voinut suosia käyttäytymistä, jonka seurauksena yksilön evolutiivinen kelpoisuus heikkenee?

Lähtökohta ihmisen ja yhteiskuntahyönteisten altruismille on todennäköisesti ollut sama. Ensimmäiset ihmisyhteisöt olivat kaikella todennäköisyydellä perhekuntia, kuten tänä päivänä suurin osa yhteiskuntahyönteistenkin yhteisöistä. William Hamilton ratkaisi avunannon paradoksin osoittaen, että sukulaisille kohdistettu apu koituu epäsuorasti avunantajan evolutiiviseksi hyödyksi, kun yksilöiden välillä vallitsee positiivinen sukulaisuus ja hyöty avunsaajalle on suurempi kuin kustannukset avunantajalle (3). Näillä ja vain näillä ehdoilla voi valinta suosia piirteitä, jotka johtavat alennettuun henkilökohtaiseen lisääntymiseen. Ihmisen ja muurahaisten yhteisöllä on kuitenkin myös fundamentaalisia eroja. Ensinnäkin, ihminen ei ole aitososiaalinen, vaan kaikki yksilöt ovat periaatteessa lisääntymiskykyisiä. Toiseksi, yhteisöjen toimintatavat ovat erilaiset, sillä ihmisellä on johtajakeskeinen ja muurahailla hajautettu päätöksenteko. Jälkimmäinen lienee mahdollinen vain koska steriileillä työläiskasteilla ei ole evolutiivista tulevaisuutta vaikka irtautuisivat ryhmästä. Kolmanneksi, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, yhteiskuntahyönteiset kohdistavat apunsa sukulaisilleen, mutta ihminen kohdistaa apunsa myös täysin tuntemattomille yksilöille.

On siis suhteellisen helppo ymmärtää, mik-

si muurahainen avustaa pesätovereitaan. Mutta miksi ihminen kohdistaa apua tuntemattomalle? Pohtiessaan ihmisen moraalisuuden evoluutioita luonnonvalinnan valossa Darwin nosti esiin sodankäynnin yhtenä laukaisijana:

There can be no doubt that a tribe including many members who, from possessing in a high degree the spirit of patriotism, fidelity, obedience, courage, and sympathy, were always ready to give aid to each other and to sacrifice themselves for the common good, would be victorious over most other tribes; and this would be natural selection (22).

Ekonomi Samuel Bowles on mallintanut, mitä tapahtuu tilanteessa, jossa heimot sotivat keskenään resursseista (20). Tulokset osoittivat, että heimot, jotka koostuvat altruisteista, tulivat ajan myötä dominoimaan. Onko siis niin, että ihmisen altruismin yleistyminen perustuu sodankäyntiin? Alkukantaisissa yhteisöissä yksilön altruismi sodassakin hyvin todennäköisesti koi-tui sukulaisten hyväksi, mutta ajan myötä ihmisen yhteisöt ovat laajentuneet paljon perhekuntia suuremmiksi. Suuremmat ryhmät puolestaan helposti valtaavat pienempien ryhmien territorioita, mutta kytkös sukulaisuuteen on kadonnut. Mitä todennäköisimmin ne yhteisöt, jotka menestyksekkäästi ovat kyenneet säilyttämään ryhmänsä koheesion, ovat myös perineet maailman. Vaihtoehtoisen selitysmallin on esittänyt David Sloan Wilson. Tässä nimenomaan paikalliset yhteydet ja siitä seuraava anonymiteetin puute ylläpitävät yhteisöllisyyttä edesauttaen altruismia (21).

Riippumatta altruismiin johtaneista evoluutiopoluista yhteisö on resurssi, ja yhteisön jäsenmäärän kasvaessa syntyy väistämättä tilanne, jossa vapaamatkustajat voivat nauttia etuja osallistumatta talkoisiin. Lisäksi houkutus hyödyntää yhteisiä resursseja yli niiden kantokyvyn, eli yhteislaitumien tragedia, on aina läsnä (23). Näin ollen resurssien käytön säätelystä syntyy yhteisöjen sisäisiä konflikteja, niin muurahaisten kuin ihmisenkin yhteisöissä. Evoluutiivinen perusta näille konflikteille vaan on eri, sillä muurahaisilla konfliktit perustuvat geneettisiin eroihin ja allianssien syntyyn näiden pohjalta. Muurahaisyhteisöissä konfliktit voivat konkretisoitua monella eri tavalla, esimerkiksi työläisten ja kuningattari- en erilaisena resurssikäytön optimina, työläisten

itsekkäänä käyttäytymisenä siten, että ne ryhtyvät tuottamaan omia koirasjälkeläisiä<sup>A</sup> tai tappavat niille geneettiseltä arvoltaan alhaisen kuningattaren<sup>B</sup> (24–27). Konflikteja voi myös syntyä työläisten kesken, siten että kollektiivin edun mukaista olisi kasvattaa kuningattaren jälkeläisiä, mutta yksilön edun mukaista olisi tuottaa omia koirasjälkeläisiä. Ihmisellä konfliktit syntyvät selkeämmin vapaamatkustajien ja tunnollisten altruistien välille tai ei-geneettisin perustein muodostuneiden koalitioiden, esimerkiksi uskontojen tai poliittisten näkemysten, välille.

Miten sitten konfliktit ratkaistaan, eli saavutetaan rauha? Muurahaisten kohdalla voidaan todeta, että kaikki tuntemamme muurahais-lajit rakentavat yhteiskuntia, ja ne, jotka eivät aikanaan kyenneet ratkaisemaan tätä ongelmaa eivät ole jättäneet jälkipolvia. Sosiaalinen kontrolli toimii, sillä jokainen työläinen on potentiaalinen poliisi, joka poistaa ei-toivotut muiden työläisten tuottamat munat niiden geneettisestä arvosta riippuen (28). Käytännössä siis muurahaisyhteisöissä ja muiden yhteiskuntahyönteisten yhteisöissä toimii kansalaispoliisi. Tom Wenseleers ja Francis Ratnieks osoittivat, että tämä poliisi toimii mehiläisillä niin tehokkaasti, että työläiset ovat tyystin luopuneet lisääntymisyrityksistä, jolloin niiden muuten vajaa työpanos tulee kokonaan pesän käyttöön (29).

Vaikka Fehrin ja Sigmundin varhaisten töiden perusteella näyttäisi siltä, että ihminen on pyyteettömästi altruistinen, todellisuus on karumpi. Kun kokeet toistetaan useamman kierroksen verran, yhteistyö ja altruismi loppuvat hyvin nopeasti yhteislaitumien tragedian seurauksena (18, 19). Onko siis niin, että tie yhteistyöhön ihmisyhteiskunnassa vain toimii orwellilaisen painajaisen kautta, vai onko ajateltavissa, että paikalliset vuorovaikutukset voisivat pelastaa tilanteen? Jyväskylän yliopiston Mikael Puurtinen kollegoineen on tutkinut tätä kysymystä ja havainnut, että mikäli interaktioita on sekä ryhmien sisällä (lisäämässä ryhmän koheesiota) että ryhmien välillä (lisäämässä kilpailua), yhteistyö säilyi samalla tasolla koko kokeen ajan. Kun lisäksi rankaiseminen velvollisuuksista laistamisesta sallitaan, vaikutus on vähän voimak-

kaampi (30,31). Näyttäisi siis siltä, että ihmisen altruismin ylläpitämiseen tarvitaan sekä paikallisia interaktioita että paikallisen yhteisön yhteinen vihollinen/kilpailija. On selvää, että nämä kokeet ovat välttämättä todellisuuden yksinkertaistuksia, mutta ne antavat ainakin osviittaa siitä, mitkä perussäännöt voisivat karkeasti säädellä ihmisen käyttäytymistä, ja ne luovat pohjan tuleville töille. Tämä herättää tietenkin myös kysymyksen, miten voidaan aikaansaada globaalia yhteistyötä ratkaisemaan koko ihmiskuntaa uhkaavia kriisejä, kuten ilmastonmuutosta ja puhtaan veden riittävyyttä.

## Viitteet

- A Muurahaiset, kuten muutkin pistiäiset, ovat haplodiploideja, eli naaraat (kuningattaret ja työläiset) syntyvät hedelmötetyistä munista ja ovat diploideja, koiraat syntyvät sen sijaan hedelmöittämättömistä munista ja ovat haploideja. Työläiset, joilla monesti on munasarjat, mutta ei siittämissä, voivat munia hedelmöittämättömiä munia, joista kehittyvät koiraita.
- B Monella muurahaislajilla on useampi kuningatar pesässä, ja ne voivat siten tappaa näistä osan vaarantamatta pesän jatkuvuutta.

## Kirjallisuus

- Darwin, C. (1859) *The origin of species*. John Murray, London.
- Kropotkin, P. A. (1902) *Mutual aid: a factor of evolution*. McClure Philips & Co., New York.
- Hamilton, W. D. (1964) The genetical evolution of social behaviour. I & II. *Journal of theoretical Biology* 7:1–52.
- Trivers, R.L. (1985) *Social Evolution*. Benjamin Cummings.
- Thornham, D.G., Smith, J.M., Grafe, T.U., Federle, W. (2012) Setting the trap: cleaning behaviour of *Camponotus schmitzi* ants increases long-term capture efficiency of their pitcher plant host, *Nepenthes bicalcarata*. *Functional Ecology* 26, 11–19.
- Jones, T.H., Clark, D.A., Edwards, A.A., Davidson, D.W., Spande, T.F., Snelling, R.R. (2004) The Chemistry of Exploding Ants, *Camponotus* spp. (*Cylindricus* complex). *Journal of Chemical Ecology* 30, 1479–1492.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Harvard NJ.
- Bourke A.F.G. (2012) *Principles of Social Evolution*. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford University Press, Oxford
- Stanford, C., Allen, J.S., Anton, S.C. (2012) *Biological Anthropology* (2nd Edition), Prentice Hall.
- Anderson, C., Boomsma, J.J., Bartholdi, J.J. (2002) Task partitioning in insect societies: bucket brigades. *Insectes Sociaux* 49, 171–180.
- Rosengren, R. (1987) Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland. *Annales Zoologici Fennici* 24, 147–155.
- Giraud, T., Pedersen, J.S., Keller, L. (2002) Evolution of supercolonies: The Argentine ants of southern Europe. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99, 6075–6079.
- Schmid-Hempel, P. (2011) *Evolutionary Parasitology*. Oxford University Press, Oxford.
- Schmid-Hempel, P. (1998) *Parasites in Social Insects*. Princeton University Press, Princeton.
- Konrad, M., Vyleta, M.L., Theis, F.J., Stock, M., Tragust, S., Klatt, M., Drescher, V., Marr, C., Ugelvig, L.V., Cremer, S. (2012) Social transfer of pathogenic fungus promotes active immunisation in ant colonies. *PLoS BIOLOGY* 10, e1001300 DOI: 10.1371/journal.pbio.1001300
- Castella, G., Chapuisat, M., Christie, P. (2008) Prophylaxis with resin in wood ants *Animal Behaviour* 75, 1591–1596.
- Chapuisat, M. (2010) Social evolution: Sick ants face death alone. *Current Biology* 20, R104–R105, DOI: 10.1016/j.cub.2009.12.037
- Fehr, E. & Gächter, S. (2002) Altruistic punishment in humans. *Nature* 415, 137–140.
- Sigmund, K. (2007) Punish or perish? Retaliation and collaboration among humans. *Trends in Ecology and Evolution* 22, 593–600.
- Choi, J. K. & Bowles, S. (2007) The Coevolution of Parochial Altruism and War. *Science* 318, 636–640.
- O'Brien, D.T., Gallup, A.C., Wilson, D.S. (2012) Residential Mobility and Prosocial Development Within a Single City. *American Journal of Community Psychology* 50, 26–36.
- Darwin, C. (1871) *The Descent of Man*. Penguin, London.
- Hardin, G. (1968) The tragedy of the commons. *Science* 162:1243–1244.
- Sundström, L., Chapuisat, M. & Keller, L. (1996) Conditional manipulation of sex ratios by ant workers: A test of kin selection theory. *Science*, 274:993–995.
- Sundström, L. (2013) Sociala interaktioner – evolution på gen-, cell- och individnivå. *Sphinx* Årsbok 2012–2013.
- Sundström, L. (2008) Sosiaalisuuden evoluutio. Teoksessa *Evoluutio nyt*, toim. Timo Vuorisalo & Petter Portin. Kirja Aurora, s. 209–222.
- Sundström, L. (2009) Itsekäs geeni, evoluutio ja altruismi. Teoksessa *Kaikki evoluutiosta*, toim. Ilkka Hanski, Ilkka Niiniluoto, Ilari Hetemäki. Gaudeamus, s. 72–74.
- Ratnieks, F.L.W., Visscher, P.K. (1989) Worker policing in the honeybee. *Nature* 342, 796–797.
- Wenseleers, T. & Ratnieks F.L.W. (2006) Enforced altruism in insect societies. *Nature* 444, 50.
- Puurttinen, M. & Mappes, T. (2009) Between-group competition and human cooperation. *Proc. R. Soc. B* 276, 355–360.
- Sääksvuori, L. Mappes, T. & Puurttinen, M. (2011) Costly punishment prevails in intergroup conflict *Proc. R. Soc. B* 278, 3428–3436.
- 

**Kirjoittaja on Helsingin yliopiston evoluutiobiologian professori. Artikkelin perustuu Tieteen päivillä 11.1.2013 pidettyyn esitelmään.**