

Jouni Kilpeläinen

Kekomuurahaiset ja puiden kasvu

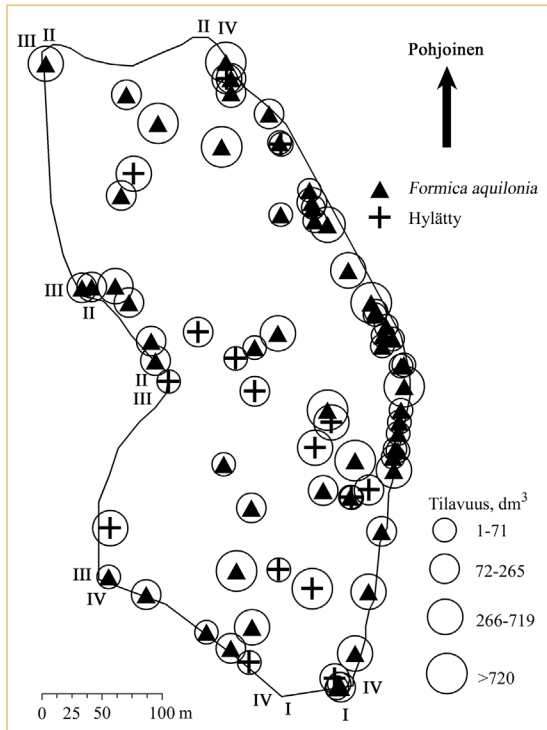
Kekomuurahaiset ovat Euraasian pohjoisten havumetsien avainlajeja

Suomessa kekoja rakentavia muurahaisia tavaataan valtakunnan metsien viimeisimmässä inventoinnissa kerätyn aineiston perusteella 14 lajia. Näistä viisi lajia kuuluu varsinaiseen kekomuurahaisryhmään (*Formica rufa* -ryhmä), jonka suuret, pitkäikäiset neulas- ja karikekeot ovat kaikille metsissä liikkuville tuttu näky. Kekomuurahaiset ovat runsaslukuisia – keskimäärin muutama keko ja helposti miljoona työläistä hehtaarilla – kaikissa metsäympäristöissä läpi koko Suomen, mutta eniten kekoja on Etelä-Suomessa, keskiravinteisissa vanhemmissa kuusisekametsissä. Keot ovat myös suurempia vanhoissa kuin nuorissa metsissä.

Metsän avohakkuu aiheuttaa rajun muutoksen kekomuurahaisten elinolosuhteisiin mm. poistamalla ravintopuut ja maamerkit ja äärevöittämillä ilmasto-oloja (kuva 1). Tämä johtaa varttuneisiin metsiin sopeutuneiden muurahaisten häviämiseen avohakkuualoilta, jotka avonaisten ympäristöjen muurahaislajit asuttavat nopeasti. Nämä pioneirilajit yhdessä yksikuningattaristen ja samalla yksikekoisten kekomuurahaisten kanssa ovatkin yleisiä metsikön kehityksen alkuvaiheissa. Yksikuningattariset kekomuurahaiset väistyvät kilpailussa kovempien monikuningattaristen kekomuurahaisten tieltä latvuston sulkeutuessa, missä vaiheessa myös kekoja rakentavien muurahaisten lajimäärä on suurimmillaan. Monikuningattariset ja samalla monikekoisia yhdyskuntia muodostavat lajit ovat yleisimpiä van-



Kuva 1. Kekomuurahaiset voivat hyvin varttuneissa metsissä (A) toisin kuin avohakkuualoilla (B), missä resurssien puutteesta pienevät yhteiskunnat voivat sinnitellä rapistuvissa keoissaan vielä muutaman vuoden hakkuun jälkeen.



Kuva 2. Muurahaiskekojen laji- ja kokojakauma kontiolahtelaisessa 60-vuotiaassa kuusikossa sekä ympäröivien alueiden kehitysluokka: I taimikko, II nuori kasvatusmetsikkö, III varttunut kasvatusmetsikkö, IV tie. Monikuningattarin tupsukekomuurahainen oli alueen yksinvaltiainen, jonka keoista suurin osa sijaitsi pysyvästi valoisilla reunoilla eli teiden varsilla. Hylättyjä kekoja ja suuria asuttuja kekoja löytyi enemmän metsikön varjoisista keskiosista.

hemmissä ja yhtenäisemmissä metsissä. Monikuningattariset lajit pitävät yllä suurempaa työläisvoimaa, joka pystyy pitämään keon lämpö- ja kosteusolosuhteet suotuisina ilman suoraa auringonvaloa, ja lisäksi monikekoinen yhteiskunta voi siirtää resursseja eri kekojen välillä. Yksikuningattarisia lajeja pidetään parempina pitkän matkan levittäytyjinä, mutta monikuningattariset yhteiskunnat leviävät tehokkaasti lyhyitä matkoja muodostamalla sisarpesiä ja voivat vallata ajan oloon suuriakin alueita. Väitöskirjatyönsäni saatiin aiemmista tutkimuksista poiketen viitteitä siitä, että jo vakiintuneet monikuningattariset yhteiskunnat voivat selvitä nykyisten pienialaisten hakuiden muodostamassa hienojakoisessa vanhempien metsien mosaiikissa levittäytymällä läheisiin jäljellä

oleviin metsäsaarekkeisiin tai niiden reunoille. Tällöin ne voimakkaina kilpailijoina voivat estää muiden territoriaalisten eli aluettaan puolustavien lajien kolonisaation ja siten runsastua yksikuningattaristen kekomuurahaislajien kustannuksella.

Suurin osa muurahaiskeoista sijaitsee erilaisissa reunaympäristöissä, kuten metsänreunoilla teiden varsilla (kuva 2). Valoisat ja siten lämpimät metsänreunat ovat oivallisia paikkoja uusien yhdyskuntien perustamiselle ja myös vanhojen yhdyskuntien säilymiselle. Valtakunnan metsien inventoinnin aineistojen perusteella muurahaiskekojen määrä onkin lisääntynyt metsissämme 1950-luvulta (keskimäärin 2,5 kekoa/ha) nykypäivään (yli 4 kekoa/ha) erilaisten reunaympäristöjen lisääntyessä mm. kuviokokojen pienentymisen ja erittäin tiheän metsäautotieverkoston rakentamisen takia. Myös soiden ojittaminen on lisännyt kekomuurahaisille sopivan elinympäristön määrää ja samalla kaventanut soille erikoistuneiden muurahaislajien elintilaa.

Kekomuurahaiset ovat boreaalisten metsien avainlajeja, jotka toiminnallaan vaikuttavat resurssien jakautumiseen muille lajeille. Kekomuurahaiset mm. muokkaavat maata ja sen rakennetta, kierrättävät ja keräävät hiiltä ja ravinteita, vaikuttavat suoraan tai epäsuorasti monien selkärangattomien ja selkärankaisten (esim. puukiipijä) levinneisyyteen sekä kasvien tuottoon, ja ovat itse mm. palokärjen ravintoa. Todennäköisesti kekomuurahaisten määrä metsissämme johonkin rajaan asti edelleen lisääntyy, joten niiden rooli avainlajeina kasvaa.

Muurahaiskeot ovat ravinnevarastoja

Muurahaiset kantavat kekoihinsa eloperäistä ainetta eli neulasia, oksanpätkiä, mesikastetta ja saaliseläimiä, mikä kasvattaa kekojen ravinnepitoisuuksia korkeammiksi kuin ympäröivässä maaperässä. Väitöskirjaani sisältäneen, Kolin ympäristössä ja Kontiolahtella tehdyn tutkimuksen mukaan hiili- ja fosforipitoisuudet olivat 30–60 % suuremmat asuttujen muurahaiskekojen maanpäällisissä osissa (ei sisällä muurahaisia) kuin ympäröivän maan orgaanisessa kerroksessa 5–100-vuotiaissa tuoreen kankaan kuusikoissa (taulukko 1). Metsikön ikäluokasta riippuen kekojen maanalaisissa osissa hiili- ja typpipitoisuudet olivat 2–4-kertaisia ja liukoisen fosforin pi-

Taulukko 1. Kontiolahdella ja Kolin ympäristössä sijaitsevien kuusikoiden asuttujen muurahaiskekojen lukumäärä ja tilavuus, hiili- (C), typpi- (N) ja fosforipitoisuudet (P) keoissa ja niiden alla sekä C-, N- ja P-määrät keoissa, ja metsiköiden kuusten runkoluku sekä muurahaisten ja kirvojen intensiivisesti hyödyntämien isäntäpuiden osuus runkoluvusta. Jokaisessa ikäluokassa oli neljä metsikköä (keskiarvon keskivirhe suluisissa). Näytteet ravinneanalyysejä varten otettiin kahdeksasta keosta metsäikäluokittain. Isäntäpuiden osuus määritettiin seuraamalla mesikastetta hakevien muurahaisten määriä metsiköihin perustettujen koealojen puiden rungoilla. Ikäluokassa 5 vuotta huomioitiin yli 20 cm pitkät puut ja vanhemmissa luokissa rinnankorkeusläpimitaltaan yli 4 cm puut.

| Ikäluokka (vuotta) | 5 | 30 | 60 | 100 |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Kekoja (ha ⁻¹) | 2,5 (1,0) | 3,2 (0,9) | 5,4 (1,6) | 4,1 (0,7) |
| Tilavuus (m ³ ha ⁻¹) | 0,41 (0,08) | 0,75 (0,16) | 2,61 (1,61) | 4,22 (1,52) |
| C, keko (g kg ⁻¹) | 459 (17) | 428 (23) | 486 (18) | 504 (20) |
| N, keko (g kg ⁻¹) | 10,73 (0,78) | 12,12 (0,75) | 10,45 (0,52) | 10,31 (0,78) |
| P, keko (g kg ⁻¹) | 0,730 (0,047) | 0,793 (0,055) | 0,807 (0,037) | 0,785 (0,092) |
| C, alla (g kg ⁻¹) | 55,6 (10,7) | 57,3 (10,1) | 52,6 (9,2) | 81,8 (10,6) |
| N, alla (g kg ⁻¹) | 2,46 (0,54) | 2,97 (0,70) | 2,58 (0,45) | 4,10 (0,61) |
| Liukoinen P, alla (g kg ⁻¹) | 0,009 (0,002) | 0,044 (0,024) | 0,034 (0,017) | 0,095 (0,040) |
| C, keko (kg ha ⁻¹) | 25 (8) | 26 (6) | 93 (49) | 180 (63) |
| N, keko (kg ha ⁻¹) | 0,5 (0,2) | 0,7 (0,1) | 2,1 (1,1) | 3,7 (1,3) |
| P, keko (kg ha ⁻¹) | 0,04 (0,01) | 0,05 (0,01) | 0,15 (0,09) | 0,25 (0,09) |
| Kuusia (ha ⁻¹) | 1697 (105) | 1242 (232) | 752 (150) | 681 (218) |
| Isäntäkuusia (%) | 2,0 (0,6) | 0,9 (0,3) | 1,2 (0,2) | 1,2 (0,2) |

toisuus 6–34-kertainen ympäröivän kivennäismaan pitoisuuksiin nähden.

Kekojen hiili-, typpi- ja fosforivarastot olivat suuremmat vanhemmissa kuin nuoremmassa metsiköissä, koska kekojen hehtaarikohtainen tilavuus kasvoi metsikön iän mukana. Hiilen osalta puhutaan satojen kilogrammojen, typen osalta kilogrammojen ja fosforin osalta satojen grammojen varastoista keoissa hehtaaria kohti (taulukko 1). Kekojen hiili- ja ravinnevarastot olivat alle 1 % metsämaan (21 cm paksu kerros) pitoisuuksista. Ravinteiden keskittyminen pienille alueille voi kuitenkin olla paikallisesti merkityksellistä. Lisäksi ravinteiden vapautuminen voi olla nopeampaa hylätyistä keoista. Puut hyödyntävät kekojen ravinteita, koska tutkimuksessa puiden ohutjuuria löytyi enemmän kekojen alta kuin ympäröivästä kivennäismaasta.

Vaikka kekojen ravinnevarastot ovat suhteellisen pieniä, kekomuurahaiset kierrättävät huomattavia määriä hiiltä ja ravinteita metsäekosysteemeissä. Muurahaiset toivat ruoan (mesikaste ja saaliseläi-

met) mukana kekoihinsa samoissa itäsuomalaisissa kuusikoissa (nuorin ikäluokka ei mukana) suunnilleen saman määrän typpeä ja fosforia kuin kekojen maanpäällisiin osiin on varastoitunut, mutta hiiltä kannettiin kekoihin 10–25 % varastoon nähden. Kekoihin tuotavan hiilen, typen ja fosforin määrät olivat 2–6, 12–33 ja 27–58 % verrattuna kuusikoissa suurimman osan karikkeesta muodostavan neulaskarikesadon vuotuisiin hiili- ja ravinneväriin. Kekojen kautta kiertää siis huomattava määrä erityisesti fosforia.

Kekomuurahaiset pitävät lypsykarjaa ja toimivat metsien terveystoimijoina

Kekomuurahaiset elävät mutualistisessa eli molempia osapuolia hyödyttävässä suhteessa kirvojen kanssa (kuva 3). Kirvat imevät puiden nilasta yhteyttämisuotteita ja luovuttavat ruoansulatuksensa läpikäyneen mesikasteen muurahaisille. Kesän aikana

yksittäiseen kekoon kannetaan satoja kilogrammoja mesikastetta, joka onkin muurahaisten määrällisesti tärkein ravintoresurssi ja erityisesti hiilihydraattien lähde. Muurahaist suojelvat kirvoja saalistajilta, mutta myös osa kirvoista syödään. Kirvojen nesteimentä aiheuttaa puille kasvutappioita, mutta muurahaist kompensoivat kasvutappiota vähentämällä kasvinsyöjähyönteisten määrää. Havupuilla on vähemmän kasvinsyöjähyönteisiä kuin lehtipuilla, joten havupuut hyötyvät vähemmän muurahaisten saalistuksesta ja siten muurahais–kirva-mutualismi voi heikentää havupuiden kasvua.

Tšekin tasavallassa tehdyssä tutkimuksessa kuusten on havaittu kasvavan parhaiten kaukana (> 200 m) keoista, toiseksi parhaiten muurahaiskekojen välitömmässä läheisyydessä (0–1 m) ja huonoiten näiden etäisyyksien välissä (3–5 ja 10–50 m). Muurahais–kirva-mutualismi on vahvin kekojen läheisyydessä, mutta kekojen ravinnevaikutus kompensoi aivan lähimpien kuusten kasvutappiota. Edellä mainittujen itäsuomalaisen kuusikoiden ikäluokassa 30 vuotta havaittiin muurahaisten ja kirvojen eniten hyödyntämällä puilla tilastollisesti merkitsevä, keskimäärin seitsemän prosentin hävikki vuotuisessa rungon sädekasvussa verrattuna puihin, joilla muurahais–kirva-mutualismi oli estetty. Havainto perustui kolmivuotiseen kokeeseen, joka on melko lyhyt kasvunseurantaa ajatellen. Lisäksi on muistettava, että puun kasvusta vain osa allokoituu rungon kasvuun samalla, kun juuret ja latvus vievät suuren osan kasvupotentiaalista. Kirvojen on myös todettu aiheuttavan pitkittynyttä hidaskasvuista esim. sitkankuusella. Kasvuvaikutus voi siis olla merkittävä yksittäisillä puilla, mutta hehtaarisella vaikutus on pieni (em. 30-vuotiaissa kuusikoissa rungon tilavuuskasvuvähennys n. 0,01 m³/ha/v), koska metsähehtaarilla muutaman keon muurahaist lypsävät kirvoja intensiivisesti (tarkoittaa tässä, että muurahaistia oli puussa mediaania enemmän) vain parinkymmenen metrin säteellä keoista ja siten vain parissa prosentissa puita (taulukko 1).

Kekomuurahaist vaikuttavat ravinteiden ja puiden kasvun jakautumiseen metsissä

Kekomuurahaist lisäävät merkittävästi paikallista vaihtelua hiilen, ravinteiden, juurten ja selkärangat-



Kuva 3. Kirvakatras paimenineen kuusentaimella. Kirvat tiivistävät puun nesteistä mesikastetta, jolla maksetaan muurahaisten tarjoama turva saalistajia vastaan.

tomien määrissä sekä puiden kasvussa metsäekosysteemeissä. Toisaalta muurahaiskekojen osuus metsämaan hiili- ja ravinnevarastoista ja juurten biomassasta on pieni, ja muurahais–kirva-mutualismin vaikutus kuusen kasvuun on vähäinen metsikkötasolla. Kuitenkin kekojen ja niissä olevien ravinteiden keskittyminen reunametsiköihin voi lisätä reuna-työhykkeen ennestään korkeampaa tuottavuutta metsikön sisäosiin verrattuna. Muurahaisten ja kirvojen yhteisvaikutus voi samalla lehtipuiden osalta kasvattaa ja havupuiden osalta tasoittaa eroa puiden kasvussa tuottavamman reunan ja vähemmän tuottavan metsikön sisäosan välillä.

Muurahais–kirva–puu-interaktioon liittyy muurahaisten saalistuksen, kekojen ravinteiden ja kirvojen nesteimentän lisäksi myös monia muita tekijöitä (kuten puiden oma puolustautuminen sekä muurahaistilta keräämättä jäävän mesikasteen vaikutukset puiden latvuksissa ja maaperässä), joita ei tässä yhteydessä käsitellä ja joista monet kaipaisivat lisätutkimusta. Kekomuurahaist ovat näkyvä osa boreaalista metsäluontoa ja niillä on monia merkittäviä teh-

täviä metsissämme. Niitä ei esimerkiksi yksittäisille kuusille ja männyille aiheutuvien kasvutappioiden takia kannata yrittää hävittää – eikä se helposti onnistuisikaan!

Kirjallisuutta

- Domisch, T., Finér, L., Neuvonen, S., Niemelä, P., Risch, A.C., Kilpeläinen, J., Ohashi, M. & Jurgensen, M.F. 2009. Foraging activity and dietary spectrum of wood ants (*Formica rufa* group) and their role in nutrient fluxes in boreal forests. *Ecological Entomology* 34: 369–377.
- Frouz, J., Rybníček, M., Cudlín, P. & Chmelíková, E. 2008. Influence of the wood ant, *Formica polyctena*, on soil nutrient and the spruce tree growth. *Journal of Applied Entomology* 132: 281–284.
- Hölldobler, B. & Wilson, E. 1996. Muurahaiset. [Alkuteos: *Journey to the ants: a story of scientific exploration*. Suom. K. Pietiläinen]. Art House. 244 s.
- Kilpeläinen, J. 2008. Wood ants (*Formica rufa* group) in managed boreal forests: implications for soil properties and tree growth. *Dissertationes Forestales* 66. 33 s. + 5 osajulkaisua. Saatavissa: <http://www.metla.fi/dissertationes/df66.htm>.
- Punttila, P. & Kilpeläinen, J. 2009. Distribution of mound-building ant species (*Formica* spp., Hymenoptera) in Finland: preliminary results of a national survey. *Annales Zoologici Fennici* 46: 1–15.
- Sorvari, J. & Hakkarainen, H. 2009. Forest clear-cutting causes small workers in the polydomous wood ant *Formica aquilonia*. *Annales Zoologici Fennici* 46: 431–438.

■ MMT Jouni Kilpeläinen, Metsäntutkimuslaitos, Joensuu toimipaikka. Sähköposti jouni.kilpelainen@metla.fi