

**HAKKUUN VAIKUTUKSET HAVUMETSÄN
MAAKIITÄJÄSIIN KAHDELLA MANTEREELLA**

**Jari Niemelä¹, John R. Spence², David Langor³,
Yrjö Haila⁴ & Harri Tukia¹**

We studied the effects of clear-cutting on ground-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages in Canadian and Finnish boreal forest by comparing pitfall samples from young, regenerating forests with those from natural, primary forests. Only four of the total of 108 species found were shared between the two continents. On both continents, carabid abundance was highest in the youngest regenerating sites (<10 years since cutting) and in certain types of primary forest. Species richness and diversity was higher in the regenerating sites than in the primary forest on both continents. Three types of numerical responses of the abundant species to logging were distinguished: (1) species of open habitat appeared and/or increased in abundance, (2) forest generalists were not dramatically affected and occurred in all or most forest types, and (3) some primary forest specialists disappeared after forest cutting. Our results suggest that biotic diversity can be maintained throughout the boreal forest by a general management approach that maximizes habitat diversity on the regional scale. However, knowledge of local conditions and fauna will be essential to conserve specific assemblages of litter-dwelling invertebrates.

Johdanto

Laaja pohjoinen boreaalinen vyöhyke muuttuu ja pirstoutuu hakkuiden seurausena kiihtyväällä nopeudella (Hansson 1992). Esimerkiksi Keski-Ruotsissa

vanhojen luonnonmetsien osuus on laskenut vajaasta puolesta vain 7%:iin viimeisten 80:n vuoden aikana (Linder ja Östlund 1992). Suomessa muutos on samanlainen, sillä yli 140-vuotias metsä kattaa vain 0.9% Etelä-Suomen metsäälasta, kun taas nuoren (< 60 vuotta) metsän osuus on runsaat 50% (Aarne 1992). Vanhojen metsien väheneminen on jo aiheuttanut muutoksia eliöstössä (Heliövaara ja Väisänen 1984, Hansen ym. 1991) ja esimerkiksi Suomen uhanlaisista kovakuoriaislajeista 75% on vaarantunut nimenomaan metsähakkuiden seurauksena (Mikkola 1991).

Tarkoituksemme on tässä työssä tarkastella metsähakkkuun vaikutusta karikkeessa eläviin maakiitäjäisheimon kovakuoriaisiin Keski-Suomessa ja vastaavassa vyöhykkeessä Länsi-Kanadassa. Päämääräämme on selvittää vertailun avulla vaikutusten samankaltaisuutta ja tulosten yleistämismahdollisuuksia näillä kahdella mantereella.

Tutkimusalueet ja aineiston keruumenetelmä

Pää tutkimusalueemme Kanadassa sijaitsee Kalliovuorten itäpuolisilla esivuorilla Hintonin lähellä Albertan provinssissa (n. 53°N, 117°E). Suomen tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Hämeessä Seitsemisen kansallispuiston ja Hytyälän metsääseman alueilla (n. 62°N, 24°E). Kasvimaantieteellisesti Kanadan ja Suomen tutkimusalueet sijoittuvat eteläboreaaliseen vyöhykkeeseen ja ilmastomaantieteellisellä mereisyys-mantereisuus-jatkumolla ne kuuluvat samaan vyöhykkeeseen (Tuhkanen 1984). Molempien mantereiden tutkimusalueet ovat havupuunaltaisia: Kanadassa valkokuusi (*Picea glauca*), contortamänty (*Pinus contorta*) ja mustakuusi (*Picea mariana*) ovat valtavina, ja Suomessa mänty (*Pinus silvestris*) ja kuusi (*Picea abies*). Kanadassa tutkimusmetsien sekapuuna on pääasiassa haapaa (*Populus tremuloides*) ja Suomessa koivua (*Betula spp.*).

Hakkuun seurauksia eliöstöön tarkasteltiin vertaamalla kummassakin maassa vanhasta, luonnontilaisesta metsästä kerättyjä näytteitä hakkuun jälkeisiltä kehitysvaiheilta kerättyihin näytteisiin. Ikäluokat olivat 1, 2, 10, 11-20 ja 21-60 vuotta hakkuun jälkeen. Tarkempi tutkimusalueiden kuvaus on artikkelissa Niemelä ym. (1993, 1994).

Maakiitäjäsnäytteet kerättiin kuoppapyydyksillä, jollaisina toimivat maahan suutaan myöten kaivettuja muovipurkkeja täytettynä osittain säilöntääaineella. Menetelmä on yleisesti käytetty maaperän nivelsalkaisten näytteenotossa (esim. Niemelä ym. 1990). Keruu toteutettiin koko kasvukauden kattavana Kanadassa ja jaksoittain kesän aikana Suomessa. Koska näytteenotto ei ollut täsmälleen

samanlainen, tasoitimme tilastomatermaattisella rarefaktio-menetelmällä (Kouki ja Haila 1985) näytteiden yksilömäärit lajimäärien vertailemiseksi.

Hakkuun vaikutus maakiitäjäisyhteisöihin

Yhteensä aineistosta tavattiin 108 maakiitäjäislajia, 58 Suomesta ja 54 Kanadasta. Näistä lajeista vain 4 tavattiin molemmista maissa, joten vaihtuma uuden ja vanhan mantereen boreaalisen vyöhykkeen maakiitäjäislajistossa on lähes täydellinen.

Maakiitäjäisten yksilömäärit vaihtelivat selvästi metsän kehitysvaiheiden välillä. Muutokset olivat samansuuntaisia molemmilla mantereilla siten, että yksilömäärit suhteutettuna pyyntiponnistukseen olivat korkeimmillaan nuorissa ikäluokissa ja kosteissa vanhoissa metsissä Kanadassa ja kuivissa Suomessa (kuva 1). Myös lajimäärien vaihtelu oli suurta ja jälleen samanlaista molemmilla mantereilla siten, että nuorissa metsättyypeissä lajimäärit olivat korkeammat kuin vanhoissa metsissä (kuva 2). Erityyppisten ja eri mantereilla sijaitsevien vanhojen metsien lajimäärit olivat hämmästyttävän samanlaiset.

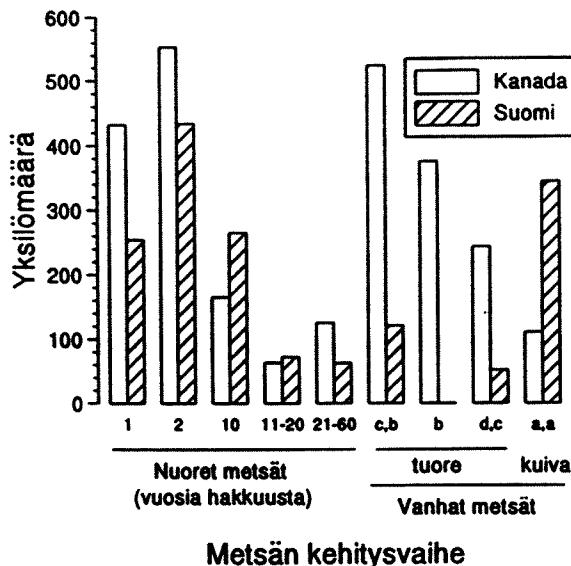
Hakkuun vaikutus maakiitäjäislajeihin

Maakiitäjäslajien runsaudenmuutokset metsän eri kehitysvaiheissa jakautuivat kolmeen tyyppiin:

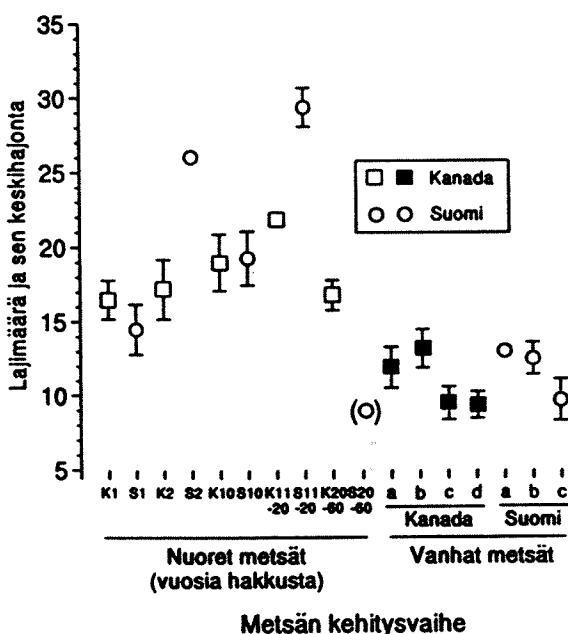
(1) Avomaita suosivat lajit runsastuivat hakkuuaukeilla. Tällaisia ovat varsinkin *Amara*, *Bembidion* ja *Harpalus*-sukuihin kuuluvat lajit. Nämä lajit saapuivat ja runsastuivat hakkuualueilla nopeasti, yleensä parissa vuodessa. Niiden runsastuminen näyttää kuitenkin olevan voimakkaampaa Kanadassa kuin Suomessa. Yli 20 vuotiaissa taimikoissa tällaisten lajien yksilömäärit laskivat ja vahnoista metsistä ne puuttuivat lähes täysin.

(2) Metsän yleislajit esiintyvät melko runsaina kaikissa metsän kehitysvaiheissa eikä hakkuu tunnu juurikaan vaikuttavan niiden yksilömääriin.

(3) Vanhaan metsään erikoistuneet lajit kärsivät selvästi metsähakkuusta. Tällaisia lajeja oli Suomessa 2-3, mutta Kanadassa jopa 10. Esimerkiksi liekokureitäjäinen (*Agonum mannerheimii*), jota tavataan sekä Suomessa että Kanadassa, ei esiintynyt lainkaan 10-60 vuotiailla aloilla.



Kuva 1. Maakiitäjäisten yksilömäärät eri ikäisissä ja eri typpisissä havumetsissä Suomessa ja Kanadassa. Yksilömäärät eri ikäuokissa ja metsämetsätyypeissä ovat suoraan vertailukelpoisia maiden sisäisesti, koska ne on suhteutettu samaan pyyntiponnistukseen. Vanhojen metsien tarkemmassa tyypittelyssä käytetty kirjainkoodit (a-d) on selvitetty julkaisuissa Niemelä ym.(1993, 1994).



Kuva 2. Rarefaktio-menetelmällä lasketut odotetut lajimäärät eri ikäisille ja eri typpisille havumetsille Kanadassa ja Suomessa. Nuorten metsien kirjainkoodi tarkoittaa Kanadaa (K) tai Suomea (S) ja luku kirjaimen perässä vuosia hakkuusta. Vanhojen metsien tarkemmassa tyypittelyssä käytetyt kirjainkoodit (a-d) on selitetty julkaisuissa Niemelä ym. (1993, 1994).

Vanhojen metsien pirstoutumisen seuraukset

Hakkuun vaikutukset sekä maakiitäjäisyhteisöihin että yksittäisiin lajeihin olivat hämmästyttävän samankaltaiset molemmilla mantereilla, vaikka lajisto eroi lähes täydellisesti. Merkittävimmät muutokset maakiitäjäisfaunassa olivat: (1) korkea yksilömäärä ja lajimäärä juuri hakatuilla aloilla ja (2) useiden vanhaan metsään sopeutuneiden lajen harvinaistuminen ja häviäminen.

Korkea yksilö- ja lajimäärä hakkuuaukeilla ja taimikoissa johtuu ruohoisia ja avoimia ympäristöjä asuttavien avomaiden lajen runsastumisesta. Kanadassa nämä lajit muodostivat nuorissa kehitysvaiheissa lajistosta jopa puolet. Taimikon varttuessa ja metsän sulkeuteuessa avomaan lajit häviävät, mutta vanhan metsän lajit palautuvat hitaasti, sillä niitä ei löydetty vanhimmistakaan taimikoista. Tämä osoittaa, että vanhojen metsien spesialistikot ovat todellakin hyvin erikoistuneita ympäristövaatimuksiltaan. Esimerkiksi liekokurekiitäjäinen elää vanhojen metsien ympäröimissä pienalaisissa kuusikorpipainanteissa (Niemelä ym. 1987, Tukia & Niemelä 1988). Siten lajin elinympäristö on jo luonnostaan laikuttainen 'tilkkutäkki'. Tällaisille lajeille hakkuu on kohtalokasta kahdesta syystä: puunkaadon yhteydessä herkkä elinympäristölaikku kiitääispopulaatioineen tuhoutuu, ja toisaalta jäljelle jäädien korpipainanteiden etäisyys kasvaa heikentäen leviämistä laikusta toiseen. Yksittäisissä painanteissa populaation häviämistodennäköisyys saattaa luonnontilassakin olla suuri, mutta hävinnyt populaatio voi korvautua muista laikuista leviävillä yksilöillä. Hakkuiden seurauksena asuttuja laikkuja saattaa kuitenkin olla niin harvassa, että hävinnyttä populaatiota korvaamaan ei muualta saavu yksilöitä.

Seurauksena tällaisesta 'laikkudynamikasta' on myös se, että mikäli liekokurekiitäjäistä ei löydetä sopivaksi arviodusta korpiraikusta, ei se välttämättä tarkoita, että laikku olisi sille kelvoton. Populaatio saattaa olla sieltä tilapäisesti hävinnyt ja laikku mahdollisesti asutetaan uudelleen seuraavana vuonna tai kenties viiden vuoden kuluttua. Metsien käyttöä suunniteltaessa tulisi siis ottaa huomioon se, että luonnostaankin 'tyhjiä' elinympäristöjä saattaa esiintyä.

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.) 1992: Metsätaloustilinen vuosikirja 1990-91. - Folia Forestalia 790.
- Hansen, A. J., Spies, T. A., Swanson, F. J. & Ohmann J. L. 1991: Conserving biodiversity in managed forests. Lessons from natural forests. - BioScience 41:382-392.
- Hansson, L. 1992: Landscape ecology of boreal forest. - Trends in Ecology and Evolution 7:299-302.
- Heliövaara, K. & Väistönen, R. 1984: Effects of modern forestry on northwestern European forest invertebrates: a synthesis. - Acta Forestalia Fennica 189:1-32.
- Kouki, J. & Haila, Y. 1985: Lajimääriä, näyttekkö ja rarefaktio - lajimääriän vertailun ongelma. - Luonnon Tutkija 89:156-159.
- Linder, P. & Östlund, L. 1992: Förändringar i norra Sveriges skogar 1870-1991. - Svensk Botanisk Tidskrift 86:199-215.
- Mikkola, K. 1991: The conservation of insects and their habitats in northern and eastern Europe. - Teoksessa: Collins, M. N. & Thomas, J. A. (toim.), The conservation of insects and their habitats. pp. 109-119. Academic Press, London.
- Niemelä, J., Haila, Y., Halme, E., Pajunen, T., Punttila, P. & Tukia, H. 1987: Habitat preferences and conservation status of Agonum mannerheimii Dej. in Häme, southern Finland. - Notulae Entomologicae 67:175-179.
- Niemelä, J., Halme, E. & Haila, Y. 1990: Balancing sampling effort in pitfall trapping of carabid beetles. - Entomologica Fennica 1:233-238.
- Niemelä, J., Langor, D. & Spence, J. R. 1993: Effects of clear-cut harvesting on boreal ground-beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in western Canada. - Conservation Biology 7:551-561.
- Niemelä, J., Spence, J. R., Langor, D., Haila Y. & Tukia, H. 1994: Logging and boreal ground-beetle assemblages on two continents: implications for conservation. - Teoksessa: Gaston, K., Samways, M. & New, T. (toim.), Perspectives in insect conservation. Intercept Publications, Andover. (in press)
- Tuhkanen, S. 1984: A circumboreal system of climatic-phytogeographical regions. - Acta Botanica Fennica 127:1-50 + appendices.
- Tukia, H. & Niemelä, J. 1988: Liekokurekiitäjäinen - taigan uhanalainen. - Suomen Luonto 6:27.

The effects of clear-cutting on ground-beetle assemblages. 1994. Niemelä, J.; Spence, J.R.; Langor, D.W.; Haila, Y.; Tukia, H. Metsätutkimuslaitoksen Tiedonantoja 482: 105-110.

Introduction

As a result of clear-cutting, the extensive northern boreal zone is undergoing change and fragmentation at an increasing speed (Hansson 1992). In Middle Sweden, for example, the share of natural primary forests has dropped from somewhat less than half to only 7% during the last 80 years (Linder and Ostlund 1992). The change is similar in Finland, as forests older than 140 years cover only 0.9% of the forested area of southern Finland, while the share of young forests (<60 years old) amounts to more than 50% (Aarne 1992). Decline of primary forests has already lead to changes in living organisms (Heliovaara and Vaisanen 1984, Hansen et al. 1991). For example, 75% of Finland's beetle species at risk are endangered expressly as a result of forest cutting (Mikkola 1991).

The objective of the present study is to investigate the effect of forest cutting on litter-inhabiting beetles of the Carabidae family both in Middle Finland and in a corresponding zone in Canada. The study aims to examine, by comparison, the similarities of the effects and the possibilities of generalizing the results obtained on the two continents.

Study areas and method of collecting material

In Canada, the main study area consists of the eastern foot mountains of The Rockies near Hinton, Alberta (about 53°N 117°E). The Finnish study area is in a region located around the Seitsemisen National Park and the Hytylä Forest Station in northern Hame (about 62°N 24°E). Phytogeographically, the Canadian and Finnish study areas are in the southern boreal zone, and climatogeographically, in view of local maritime-continental continuum, they also belong to the same zone (Tuhkanen 1984). On both continents, the study areas are dominated by coniferous trees; *Picea alba*, *Pinus contorta*, and *Picea mariana* in Canada and *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in Finland. In Canada, the studied forests are mixed mainly with *Populus tremuloides* and in Finland, with *Betula spp.*.

The consequences of forest cutting for populations was examined in each country by comparing specimens collected from natural primary forests with those collected from the different forest growth stages that follow cutting. Age groups were 1, 2, 10, 11-20, and 21-60 years after cutting. For a more accurate description of the study areas, see article by Niemela et al. (1993, 1994).

Ground beetle specimens were collected with pitfall traps made of plastic jars dug into the ground up to their mouths and partly filled with preservative. This method is commonly used for collecting specimens of soil-living arthropods (for example Niemela et al. 1990). In Canada, the collecting was carried out throughout the entire growth period and in Finland periodically during the summer. As the collecting was not conducted in exactly the same manner in the two countries, comparison between numbers of species was made possible by equalizing the numbers of individuals by means of a mathematical-statistical rarefaction method (Kouki and Haila 1985).

Effect of forest cutting on ground beetle communities

All in all, the material contained 108 ground beetle species, with 58 species found in Finland and 54 in Canada. Only 4 of these species were encountered in both countries, which means that the sets of ground beetle species inhabiting the boreal zones of the Old World and those of the New World are almost fully distinct.

Abundance of ground beetle individuals varied distinctly between the different forest growth stages. The variations were found to be parallel between the two continents in the sense that abundance of individuals, when seen in proportion to sampling effort, was highest in the younger age groups and in moist primary forests in Canada and in dry forests in Finland (Fig. 1). Also numbers of species varied greatly and again in a similar manner on both continents in the respect that younger forest types had greater numbers of species than primary forests (Fig. 2). Primary forests of different types and on different continents had surprisingly similar numbers of species.

Effect of forest cutting on ground beetle species

Numbers of ground beetle species inhabiting the different forest growth stages indicated changes of the following three types:

- 1) Species favouring open habitats became more numerous in cut areas. These included especially species belonging to the genera *Amara*, *Bembidion* and *Harpalus*. These species showed up in the cut areas and increased in abundance quickly, generally in a couple of years. The increase in their abundance seems to have been greater in Canada than in Finland. In sapling stands over 20 years of age, the species in question showed decreasing numbers of individuals, and in primary forests, they were fully absent.
- 2) The generic forest-dwelling species occurred in fair abundance in all forest growth stages. As for numbers of individuals, cutting seems to hardly affect them at all.
- 3) Species specializing in primary forest suffered distinctly from cutting. Finland had 2-3 species like this, while Canada had as many as 10. For example *Agonum mannerheimii*, which occurs in both Finland and Canada, was not found at all in forest areas 10-60 years old.

Figure 1. Numbers of ground beetle individuals in different types and ages of coniferous forests in Canada and Finland. Numbers of individuals in forests of different ages and different types are directly comparable between the two countries, because they have been proportioned to sampling effort. The letter codes (a–d) used in more accurate categorization of primary forests are explained in publications by Niemela et al. (1993, 1994).

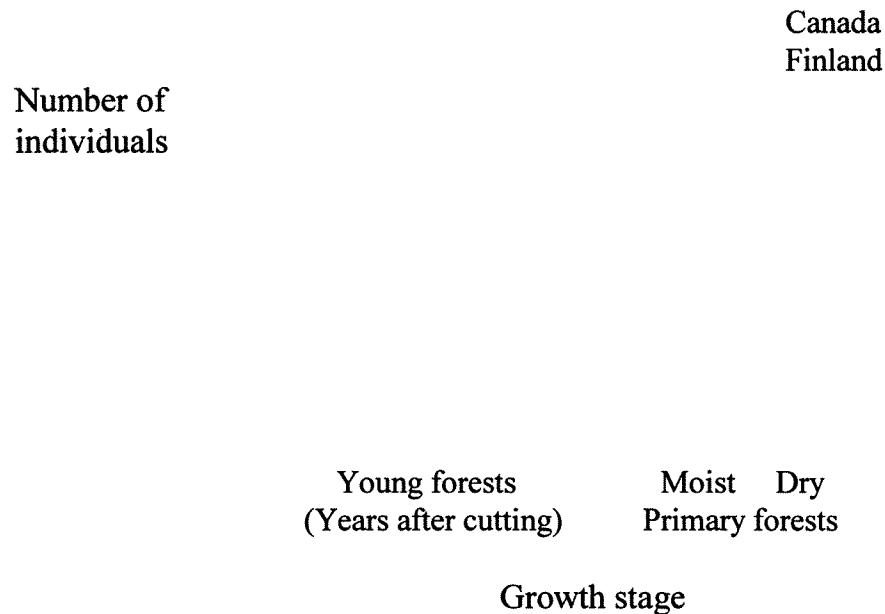
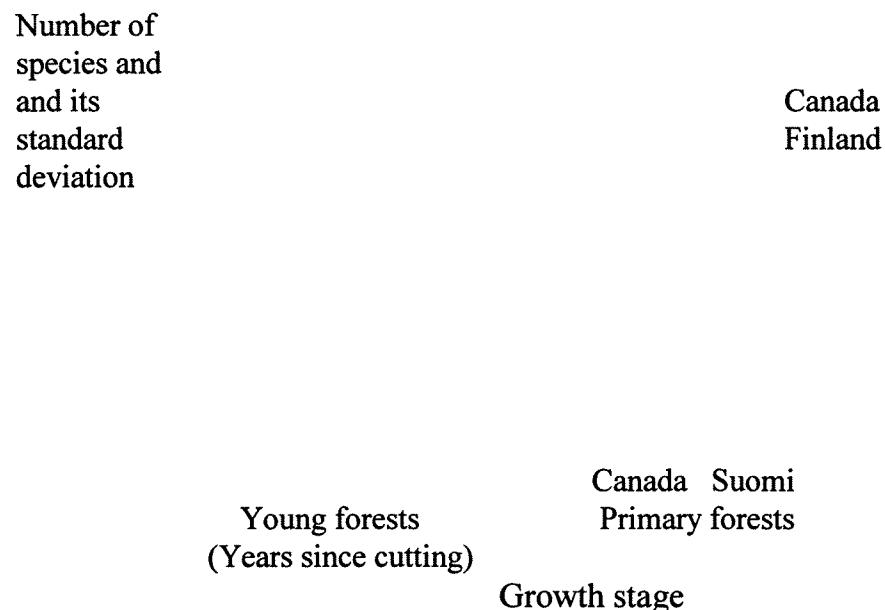


Figure 2. Expected numbers of species in coniferous forests of different ages and different types in Canada and Finland, computed by rarefaction method. For young forests, the letter code K refers to Canada and S to Finland, and the number following the letter code refers to years since cutting. The letter codes (a–d) appearing in the more accurate categorization of primary forests are explained in publications by Niemela et al. (1993, 1994).



Consequences of fragmentation of primary forests

The effects of forest cutting on ground beetle communities as well as individual species were surprisingly similar on both continents, even though the species occurring were not the same at all. The most remarkable changes in the ground beetle fauna were a) high number of individuals and species in areas recently cut and b) increased rareness and disappearance of several species specializing in primary forest.

The high numbers of individuals and species in clear-cuts and sapling stands are explained by an increase in the abundance of species inhabiting open habitats in grassy and open environments. In Canadian young forests, these species constituted as much as half of all species. Species favouring open habitats disappear when sapling stands grow and the forest closes up, but on the other hand, species inhabiting primary forests return slowly; they were not found even in the oldest sapling stands. This indicates that primary forest specialists are truly very specialized as for their environmental requirements. *Agonum mannerheimii*, for example, dwells in small depressed spruce swamps patches surrounded by primary forest (Niemela et al. 1987, Tukia & Niemela 1988). The environment inhabited by the species therefore already naturally resembles a patchwork quilt. Cutting is fatal for this kind of species for two reasons: Tree felling will result in destruction of the vulnerable patch habitat with its ground beetle population, and on the other hand, distance between the remaining swamp patches will increase and make spreading from one patch to another more difficult. Even under natural conditions, the probability that the population of an individual patch disappears can be high, but a disappearing population can always be replenished by individuals moving in from other patches. Cutting may have the consequence, however, that inhabited patches become so widely scattered, that no individuals can move in from other patches to replenish a population that has disappeared..

This kind of “patch dynamics” also has the consequence that if no *Agonum mannerheimii* is found in a spruce swamp patch judged to be suitable for it, the absence of the beetle does not necessarily mean that the patch is unsuitable. A population may have temporarily disappeared from the patch which could be possibly re-inhabited the following year or perhaps some time during the next five years. Therefore, plans for forest use must take into consideration that some habitats may exist that are naturally “empty”.

Literature

1. Aarne, M. (ed.) 1992. Annual of Forest Statistics 1990-91. Folia Forestalia 790.
2. Kouki, J. & Haila, Y. 1985. Species abundance, sample size and rarefaction – problems of species abundance comparisons. Luonnon Tutkija 89:156-159.
3. Linder, F. & Ostlund, L. 1992. Changes in forests of northern Sweden 1870-1991. Svensk Botanisk Tidskrift 86:199-215.
4. Tukia, H. & Niemela, J. 1988. Agonum mannerheimii – a threatened species of the taiga. Suomen Luonto 6:27.