

**Pro Gradu –tutkielma**

**Kantojen ja metsänreunan etäisyyden vaikutus  
kaarnakuoriaisten jakautumiseen hakkuuaukoissa**

**Kaisamari Maczulskij**



**Jyväskylän yliopisto**

Bio- ja ympäristötieteiden laitos

Biologian opettajankoulutus

22.8.2017

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Bio- ja ympäristötieteiden laitos  
Biologian opettajankoulutus

Maczulskij K.: Kantojen ja metsänreunan etäisyyden vaikutus  
kaarnakuoriaisten jakautumiseen hakkuuaukoissa

Pro Gradu –tutkielma: 19 s.

Työn ohjaajat: Dos. Jari Haimi,

Tarkastajat: Dos. Atte Komonen, Dos. Jari Haimi

Elokuu 2017

---

Hakusanat: avohakkuu, etäisyys, kaarnakuoriaiset, kannot, kantojenkorjuu

## TIIVISTELMÄ

Viime vuosina kantojen korjuu energiapuuksi on lisääntynyt, mikä vähentää eliöstön monimuotoisuutta hakkuualoilla. Hakkuuaukoille jätetyt kannot tarjoavat resursseja esimerkiksi kaarnakuoriaisille, jotka ovat nilaa syöviä kovakuoriaisia. Kaarnakuoriaiset toimivat tärkeinä lahottajina aloittaen lahotusprosessin, mutta toisaalta ne aiheuttavat myös taloudellisia tappioita vahingoittaessaan metsäteollisuudessa käytettävää puuta. Kantojen jättäminen hakkuuaukolle voi herättää taloudellisesta näkökulmasta huolen, että kaarnakuoriaiset lisääntyvät kantojen myötä myös terveessä pystymetsässä. Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, houkuttelevatko kannot kaarnakuoriaisia ja vaikuttaako kantojen sijainti hakkuuaukossa houkuttelevuuteen. Tutkimusaloina oli kaksi kahden hehtaarin kokoista kuusikon päätehakkuaalaa Jyväskylässä. Aloille asetettiin yhteensä 24 ristikkoikkunapyydystä touko-kesäkuuksi 2017. Toistoja oli neljä ja kuhunkin toistoon asetettiin kuusi pyydystä. Pyydykset asetettiin 20 m ja 50 m etäisyydelle hakkuualojen reunasta ja kummallekin etäisyydelle laitettiin pyydykset kannoille, hakkuutähdekasoille ja avomaalle. Pyydyksillä saatiin yhteensä 3641 kaarnakuoriaista, jotka määritettiin lajitasolle. Pyydyksen etäisyyden ja sijainnin vaikutusta kokonaisyksilömäärään, lajimäärään sekä runsaimpien lajien yksilömääriin testattiin keskiarvotesteillä. Etäisyydellä hakkuualan reunasta ei todettu olevan vaikutusta kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärään, mutta kannoilla oleviin pyydyksiin yksilöitä tuli muita pyydyksiä enemmän. Kuusentähkirjaajia oli enemmän lähellä hakkuuaukon reunaa kuin hakkuuaukon keskellä ja kulokaarnakuoriaisia oli enemmän keskellä. Usealla lajilla kannoilla olleissa pyydyksissä yksilöitä oli enemmän kuin muissa kohteissa olleissa pyydyksissä. Tulosten perusteella kantojen korjaamista ja jättämistä hakkuuaukolle voidaan pohtia monimuotoisuuden ja taloudellisen näkökulman kannalta. Perusteltua olisi jättää kantoja hakkuuaukon eri osiin, sillä kaarnakuoriaisten määrä ei vaihtelee eri etäisyyksillä. Näin pystymetsän lähellä kuoriaisia ei ole enemmän eikä riski terveisiin puihin iskeytymisestä kasva. Lisätutkimus hakkuuaukon eri osien houkuttelevuudesta sekä kantojen jättämisen vaikutuksista terveen metsän tuhoihin on kuitenkin tarpeen.

UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, Faculty of Mathematics and Science

Department of Biological and Environmental Science

Teacher training in Biology

Maczulskij, K.: Effects of stumps and distance from the forest edge on the dispersion of bark beetles in clear-cuts

Master of Science Thesis: 19 p.

Supervisors: Dos. Jari Haimi

Inspectors: Dos. Atte Komonen, Dos. Jari Haimi

August 2017

---

Key Words: bark beetles, clear-cut, distance, stump extraction, stumps

## ABSTRACT

Stump harvesting has become more common in the past couple of years. Stumps form a resource for many organisms, so extraction decreases local biodiversity. For example bark beetles (Curculionidae: Scolytinae) use stumps as a breeding material. Bark beetles eat phloem, live in injured trees and are important organisms to start decomposition processes. On the other hand bark beetles cause economical loss by injuring timber. Leaving stumps to the clear-cut is important to biodiversity but can cause a concern about bark beetles to use healthy trees as a breeding material. The aim of this study was to find out whether stumps and their distance from forest edge impact the abundance of bark beetles. The number of bark beetles was studied in two Norway spruce dominated clear-cuts of two hectares in Jyväskylä, Central-Finland. Bark beetles were collected with window-traps from the end of April to beginning of July 2017. There were all together 24 traps in four replications. Traps were placed in two different distances, 20 m and 50 m from the forest edge. In both distances, there was a trap in three different locations: stump, pile of harvesting residues and open land. In total, 3641 bark beetles were caught and identified. Effects of location and distance to the numbers of beetles, number of species and amount of beetles in different species were tested. Distance did not affect the abundance of bark beetles. There were more bark beetles in the traps on stumps than in the other traps. In addition, many of the species were more numerous on stumps. Distances from the forest edge differed in two species *Pityogenes chalcographus* and *Orthotomicus suturalis*. There were more *Pityogenes chalcographus* in the traps near the edge of the clear cut than in the traps center of the clear-cut. *Orthotomicus suturalis* was more common in traps in the center of the clear-cut than near the edge. Decisions about stump extraction can be discussed based on these results. According to these results, it is safe for the standing forest to leave stumps in any part of the clear-cuts. The distance doesn't effect to the number of bark beetles, so stumps may not increase the amount of bark beetles in standing trees. Further studies about the effects of different parts of clear-cuts to amount of bark beetles are needed. It is also important to study whether stumps effect to the bark beetle abundance in healthy standing forests.

## Sisältö

<b>1. JOHDANTO</b> .....	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
<b>2. AINEISTO JA MENETELMÄT</b> .....	<b>7</b>
2.1. Tutkimusasetelma.....	7
2.2 Aineiston käsittely.....	9
<b>3. TULOKSET</b> .....	<b>10</b>
<b>4. TULOSTEN TARKASTELU</b> .....	<b>15</b>
<b>KIITOKSET</b> .....	<b>17</b>
<b>KIRJALLISUUS</b> .....	<b>18</b>
<b>LIITTEET</b>	

## 1. JOHDANTO

Suomen maapinta-alasta suurin osa, noin 73 prosenttia, on metsän peitossa (FAO 2015). Tehostuneen metsätalouden myötä metsät ovat kuitenkin pitkälti talousmetsää ja vanhat, luonnontilaiset ja monimuotoiset metsät ovat vähentyneet (WWF 2017). Talousmetsissä puusto on yksipuolista, lahoppuuta on vähän ja etenkin vanhojen metsien sekä lahoppuista riippuvainen lajisto on vähäistä. Metsien kasvatuksessa pyritään saamaan mahdollisimman suuri taloudellinen hyöty, jolloin luonnonmukaisuus kärsii, vaikka metsälaki ja metsäsertifioinnit velvoittavatkin metsien käytön olevan ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestävä (Äijälä ym. 2014).

Talousmetsien hakkuut ovat lisääntyneet Suomessa tasaisesti viimeisten vuosikymmenten aikana (Luonnonvarakeskus 2016). Kasvava energiantarve sekä uusien uusiutuvien energianmuotojen etsiminen on johtanut siihen, että nykyisin ainespuun lisäksi myös esimerkiksi kantoja ja hakkuutähteitä korjataan energiapuuksi (Metla 2014). Vaikka kantojen korjuusta voidaan saada taloudellista hyötyä, sen on todettu vähentävän eliöstön monimuotoisuutta (Victorsson & Jonsell 2013b). Kun metsään syntyy hakkuiden myötä kuorellista hakkuutähdettä, tarjoaa se sopivia resursseja monille eliöille (Nuorteva 2010). Jos kannot ja muu hakkuutähte kerätään hakkuuaukoilta pois, ei uudistuvalla alalla jää juuri ollenkaan lahoppuuta, joka on resurssi monelle eliölle ja sen myötä tärkeä edellytys monimuotoisuudelle.

Hakkuualoille jätetyt kannot tarjoavat ravintoa ja elintilaa muun muassa eräille kaarnakuoriaisille (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset ovat kovakuoriaisiin kuuluvien kärsäkkäiden (Coleoptera, Curculionidae) alaheimo (Scolytinae) (Wood 1982). Kaikkiaan lajeja on löydetty yli 6000 (Wood 1982), joista Suomessa tavataan yli 60 (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaiset elävät puissa kaarnan alla ja käyttävät ravintonaan puun nilaa ja siinä elävää sienirihmastoja (Nuorteva 2010). Kuoriaiset hyödyntävät yleensä vain jollakin tapaa vioittuneita puita, mutta nilan tulee olla tuoretta, eikä esimerkiksi täysin kuollut ja kuivunut puu kelpaa niille ravinnoksi. Sopivia lisääntymispaikkoja ovat muun muassa kuivuudesta kärsivät puut tai myrskykaadot. Terveet puut pystyvät estämään kuoriaisten kaivautumista kaarnan läpi esimerkiksi erittämällä pihkaa, ja vain muutama kaarnakuoriaislaji pystyy iskeytymään elävään puuhun (Wood 1982).

Kaarnakuoriaiset talvehtivat aikuisena tai toukkana lajista riippuen (Wood 1982, Nuorteva 2010). Aikuisena talvehtivat kuoriaiset etsivät keväällä sopivan lisääntymispuun ja kaivautuvat sen kuoren alle (Nuorteva 2010). Yleensä koiras kaivautuu puuhun ensin ja muodostaa siitoskammion, johon naaraat tulevat parittelemaan. Pariteltuaan naaraat kaivautuvat omiin käytäviinsä munimaan. Kuoriutuvat toukat syövät nilaa muodostaen omia toukkakäytäviään, ja koteloitumisen jälkeen uudet aikuiset syövät nilaa käytävien väleistä. Loppukesästä uudet aikuiset kuoriaiset kaivautuvat ulos syntymäpuustaan ja jäävät talvehtimaan lähistölle esimerkiksi karikkeeseen tai kaarnan sisälle (Wood 1982, Nuorteva 2010). Seuraavana keväänä kuoriaiset lentävät talvehtimispaikoiltaan uusille lisääntymisalueille pitkänkin matkan päähän (Nuorteva 2010). Tätä siirtymistä kutsutaan parveiluksi. Kaarnakuoriaiset löytävät isäntäpuun siitä haihtuvien yhdisteiden perusteella (Lindelöw ym. 1992). Sopivan puun löydyttyä ne erittävät feromoneja niin, että muutkin yksilöt löytävät paikalle (Wood 1982).

Kaarnakuoriaiset toimivat tärkeänä osana metsien hajotusprosessia (Wood 1982). Ne ovat usein ensimmäisiä eliöitä, jotka alkavat hajottaa heikentyneitä puita. Kuolevan puumassan hajotus on tärkeä osa metsän luontaista toimintaa ja takaa ravinteiden tasaisen vapautumisen kasvien käyttöön. Kaarnakuoriaiset myös kuljettavat puihin muita hajottajia, kuten sienisiä, joiden kanssa ne elävät symbioottisessa suhteessa. Kuoriaiset ja niiden toukat käyttävät sienirihmastoja ravinnokseen, ja sienet kulkeutuvat niiden avulla uusiin

isäntäpuihin (Nuorteva 2010). Kaarnakuoriaisten mukana kaarnan alle kulkeutuu myös esimerkiksi sukkulamatoja, jotka käyttävät ravintonaan syömäkäytävien purua.

Kaarnakuoriaiset myös luovat elintilaa muille eliöille (Nuorteva 2010, Beudert 2015). Beudert ym. (2015) totesivat, että uhanalaisten lajien määrä kasvoi alueilla, joilla kaarnakuoriaiset olivat eläneet. Kaarnakuoriaisten valloituksen seurauksena esimerkiksi myrskytuhoalueille syntyy paljon lahoppua (Schroeder 2007). Lahopuu toimii tärkeänä elinympäristönä monille lajeille (Siitonen 2001), mikä voi selittää kaarnakuoriaisten myötä syntyneen biodiversiteetin kasvun. Beudert ym. (2015) painottavat, että etenkin suojelualueilla kaarnakuoriaisten tuhoja ei tulisi rajoittaa, jotta monimuotoisuus säilyisi.

Toisaalta kaarnakuoriaiset lukeutuvat metsätuholaisiin, jotka aiheuttavat taloudellista tappiota edistämällä puiden kuolemista (Nuorteva 1982). Nilaa syömällä kuoriaiset häiritsevät puun vedenkiertoa, jolloin puu kuivuu ja lopulta kuolee. Kaarnakuoriaisten mukana kulkevat muut lajit myös edesauttavat puiden kuolemaa. Esimerkiksi harkitsemattomien hakkuiden yhteydessä syntyvä kuorellinen puu voi tarjota kaarnakuoriaisille suotuisat olosuhteet, jolloin voi seurata kuoriaisten massaesiintymisiä. Suomessa suurimmat kuusten taloudelliset tappiot aiheuttaa kirjanpainaja (*Ips typographus*), joka voi massaesiintymien yhteydessä vahingoittaa myös terveitä puita, kun puu ei pysty puolustautumaan suurelta hyönteismäärältä. Kirjanpainajat tarvitsevat metsiä stressaavien olosuhteiden, kuten kuivuuden tai myrskyn (Wermelinger 2004) lisäksi 3-4 lämmintä päivää iskeytyäkseen terveisiin puihin (Weissbacher 1999).

Kuusenniluri (*Hylastes cunicularius*) aiheuttaa tuhoja etenkin muutaman vuoden ikäisissä avohakkuualoille istutetuissa kuusentaimikoissa (Metla 2013). Pystynävertäjä (*Tomicus piniperda*) taas voi iskeä primarisesti männyn latvan vuosikasvaimiin kuivattaen elävää pystypuuta. Se elää kuitenkin myös heikentyneiden mäntyjen paksun kaarnan alla. Monet kaarnakuoriaiset eivät välttämättä itse aiheuta puun kuivumista mutta voivat aiheuttaa taloudellisia kustannuksia muilla tavoin. Esimerkiksi havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*) voi levittää puihin sinistäjäsieniä, jotka värjäävät puun siniseksi jopa sydänpuuta myöten. Tämä heikentää puun taloudellista arvoa ja lisää puunjalostuksessa käytettävien valkaisuaineiden määrää aiheuttaen lisäkustannuksia. Kaarnakuoriaisten massaesiintymisiä talousmetsissä voidaan välttää monin eri keinoin. Näitä ovat esimerkiksi kuorellisen puun poisvienti hakkuuaukosta, suurten avohakkuiden välttäminen, säilytettävän puun peittäminen ja kastelu sekä pyydykset, joihin laitetaan kuoriaisia houkuttelevia feromoneja (Nuorteva 2010). Näistä luonnonmukaisin keino on avohakkuiden välttäminen, mutta esimerkiksi pyydykset tappavat kuoriaisia valikoimatta.

Hakkuuaukon reunalla olevat puut kärsivät metsän sisäosien puita helpommin esimerkiksi tuulesta ja auringonpaisteesta, jolloin ne ovat alttiimpia kaarnakuoriaisten hyökkäykselle (Nuorteva 2010). Kautz ym. (2013) havaitsivat, että metsänreunat, joista kaarnakuoriaisten iskeytymisen seurauksena kuolleet puut raivattiin pois, ovat kaikkein alteimpia uudelle tuholle. Tämä johtuu reunan puiden lämpötilasta, joka on korkeampi silloin, kun kuolleet puut raivataan pois. Kaarnakuoriaiset viihtyvät lämpimässä, joten ne suosivat isäntäpuuta, joiden lämpötila on korkeampi kuin muiden puiden. Tutkimustulokset metsänreunan kaarnakuoriaismäärästä kuitenkin vaihtelevat. Peltosen (1999) mukaan metsänreunassa ei ollut enempää kuoriaisia kuin syvemmillä metsässä, ja jotkin lajit jopa välttivät reunaa. Peltonen ja Heliövaara (1999) havaitsivat, että yksi laji näytti suosivan reunaa. Hedgren ym. (2003) taas havaitsivat, että metsänreunan kaatuneet puut lisäävät lähellään olevien puiden kuolleisuutta kaarnakuoriaisten vaikutuksesta. Myös Schroeder & Lindelöw (2002) havaitsivat, että myrskytuhoalueen reunassa oli enemmän kaarnakuoriaisten vaikutuksesta kuolleita puita kuin sisämetsässä huolimatta siitä, oliko kaatuneet puut raivattu pois vai ei.

Avoimilla paikoilla päivälämpötila on korkeampi kuin esimerkiksi metsässä, koska puut eivät estä auringonsäteilyn pääsyä maanpinnalle (Stoutjesdijk & Barkman 2014). Toisaalta tuulisuus ja lämpötilaerot yön ja päivän välillä kasvavat. Hakkuuaukon lämpötila on siis korkeampi kuin viereisen metsän, mutta hakkuuaukon kasvaessa isommaksi tuulisuuden kasvu voi vähentää lämpötilan kasvua (Lindholm 2014). Kaarnakuoriaiset viihtyvät lämpimässä, joten niiden voisi olettaa suosivan hakkuuaukon osia, joissa lämpötila on korkein (Nuorteva 2010). Wermelinger ym. (2007) havaitsivat, että puuhun kaivautuvien kuoriaisten määrä oli jakautunut tasaisesti metsän, sen reunan ja avomaan välillä, vaikka tutkimuksessa käytetty avoin maa oli maatalouskäytössä eikä siellä näin ollut esimerkiksi kovakuoriaisia houkuttelevia kantoja. Avoimen alueen suuret kuoriaismäärät voisivat johtua pitkistä dispersaalimatkoista, jolloin kuoriaiset lentäisivät myös avomaan yllä sopivaa aluetta etsiessään. Fossetøl ja Sverdrup-Thygeson (2009) taas havaitsivat, että kaarnakuoriaisia ja muita puusta riippuvaisia kovakuoriaisia oli enemmän hakkuuaukon kantojen viereen asetetuissa pyydyksissä kuin metsänreunan kantojen tai puunrunkojen pyydyksissä.

Kaarnakuoriaiset siis lisäävät monimuotoisuutta, mutta toisaalta aiheuttavat taloudellista haittaa. Koska on oletettavaa, ettei metsätalous tule pieneneään tulevaisuudessa, olisi oleellista löytää keinoja, joilla lajien monimuotoisuutta voitaisiin säilyttää talousmetsissä (Kuuluvainen 2002). Kantojen myötä syntyvä lahopuu on tärkeä tekijä monimuotoisuuden kannalta, mutta metsätaloudellisesta näkökulmasta se voi aiheuttaa huolen, että kaarnakuoriaiset lisääntyvät kantojen jättämisen myötä myös terveissä talousmetsän puissa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, houkuttelevatko kannot kaarnakuoriaisia ja vaikuttaako kantojen etäisyys aukon reunasta houkuttelevuuteen. Kaarnakuoriaisten esiintymistä metsässä, metsän reunalla sekä avoimella maalla on tutkittu, mutta hakkuuaukon eri osien houkuttelevuudesta tutkimusta ei ole. Tutkimuksen tarkoituksena on saada tietoa siitä, houkuttelevatko nimenomaan kannot kaarnakuoriaisia ja missä kohdin hakkuuaukkoa kaarnakuoriaiset on eniten. Parveiluun vaikuttavia tekijöitä olisi hyvä tutkia, jotta ne voidaan ottaa huomioon esimerkiksi kantojenkorjuussa. Tulosten avulla voidaan pohtia mistä kohtaa uudistusalaan kantoja voi raivata pois ja mihin niitä voisi jättää niin, ettei taloudellisen tuhon todennäköisyys kasva, eikä monimuotoisuus toisaalta vähene. Tutkimuskysymykset olivat:

- 1) Houkuttelevatko hakkuuaukon kannot kaarnakuoriaisia?
- 2) Vaikuttaako etäisyys hakkuuaukon reunasta kaarnakuoriaisten määrään hakkuuaukolla?

Nollahypoteesina oli, etteivät kannot houkuttele kaarnakuoriaisia ja ettei etäisyydellä ole vaikutusta kaarnakuoriaisten määrään. Vaihtoehdohypoteesina on, että kuoriaisia on enemmän kannoilla kuin muualla aukossa sekä eniten aukon keskellä, jossa parveilulle on hyvin tilaa ja kuoriaisia houkuttelevat yhdisteet pääsevät leviämään vapaasti.

## 2. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 2.1 Tutkimusasetelma

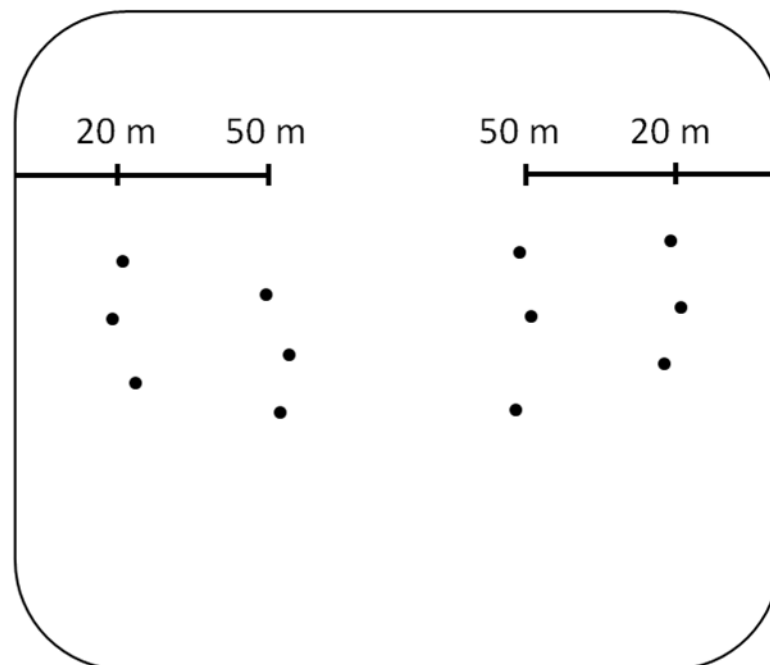
Tutkimusalueina oli kaksi noin kahden hehtaarin kokoista Jyväskylän kaupungin omistamaa metsikköä, joiden valtapuulajina oli metsäkuusi (*Picea abies*). Alat sijaitsivat Jyväskylässä Ylä-Myllyjärvellä sekä Keljonkankaalla noin kahden kilometrin päässä toisistaan. Alueille oli tehty päätehakkuut talvella 2016–2017 ja hakkuuaukoille oli jätetty

kuusten kannot sekä hakkuutähteet kasoihin. Metsiköt olivat OMT-tyypin lehtomaisia kankaita. Ylämylly-järven hakkuuala oli 2 ha ja päätehakuussa korjatun puun määrä oli yhteensä 923,6 m<sup>3</sup>, josta kuusta oli 882,3 m<sup>3</sup>. Keljonkankaan hakkuuaukko oli 1,9 ha ja sieltä korjattiin puuta yhteensä 582,2 m<sup>3</sup>, josta kuusta oli 514,5 m<sup>3</sup>.

Tutkimuksessa verrattiin kaarnakuoriaisten yksilömääriä 20 metriä hakkuuaukon reunasta ja 50 metriä aukon reunasta. Etäisyydet valikoitiin sillä perusteella, että 20 metriä oli hakkuuaukon ympärillä kasvavien kuusten vaikutusalueella, sillä metsänreunan puiden keskipituus oli noin 30 m, ja 50 metriä oli jo keskellä hakkuuaukkoa. Lisäksi verrattiin kuoriaisten yksilömääriä kannoilla ja muualla aukossa.

Aineistona oli ristikkoikkunapyydyksillä kerätyt kaarnakuoriaisnäytteet. Pyydyksissä oli keltainen muovivati, jonka halkaisija oli 30 cm. Vadin päällä oli pystyssä ristikkäin kaksi läpinäkyvää pleksilevyä, joiden leveys oli 30 cm ja korkeus 40 cm. Jokaiseen vatiin laitettiin säilöntäliuokseksi noin 3 l suolaliuosta, jossa oli suolaa (NaCl) 250 g/l. Liuokseen lisättiin muutama tippa astianpesuainetta vähentämään pintajännitystä. Vadin sivussa oli harsolla peitetty reikä, josta ylimääräinen sadevesi valui pois.

Ristikkoikkunapyydyksiä asetettiin kummallekin etäisyydelle (20 ja 50 m) kolme: yksi kannon päälle (kanto), toinen maahan kiinni hakkuutähdekasaan (kasa) sekä kolmas maahan kohtaan, jossa ei ollut kumpaakaan, ja etäisyys kantoihin ja kasoihin oli vähintään viisi metriä (avo) (Kuva 1). Aineistoa käytettiin myös toisessa tutkimuksessa, jossa tutkittiin houkuttelevatko kannot ja hakkuutähdekasat eri tavalla kaarnakuoriaisia (Eemeli Saarikoski). Tämän vuoksi aineistossa oli mukana myös hakkuujättekasoille asetetut ikkunapyydykset. Toisaalta näin saatiin kattava kuva etäisyyden vaikutuksesta, kun otettiin huomioon erilaiset kohteet hakkuuaukossa. Toistoja oli neljä, joista kaksi oli Ylä-Myllyjärvellä ja kaksi Keljonkankaalla. Etäisyys mitattiin rullamitalla hakkuuaukon reunassa olevien puiden juurelta. Pyydysten paikat valittiin niin, että niiden etäisyys toisistaan oli vähintään noin 5 m.



Kuva 1. Kaavamainen esitys pyydysten sijoittelusta hakkuuaukossa. Ristikkoikkunapyydyksiä asetettiin kummallekin hakkuuaukolle kaksi toistoa eli yhteensä 12 pyydystä. Yhdessä toistossa 20 m reunasta ja 50 m reunasta oli kolme pyydystä: kannolla, hakkuutähdekasassa sekä avomaalla.



Kummaltakin etäisyydeltä tai sen välittömästä läheisyydestä valittiin kanto, jonka halkaisija oli tarpeeksi iso vadille. Lisäksi valittiin satunnainen hakkuutähdekasa, jonka viereen pyydys asetettiin. Kolmas pyydys asetettiin niin, että sen etäisyys kantoihin ja hakkuutähdekasoihin oli vähintään viisi metriä. Hakkuutähdekasoissa ja muualla aukossa olevat pyydykset asetettiin metallijalkojen varaan, ja jalat upotettiin maahan niin, että vati oli lähes maanpinnassa. Näin pyydykset pysyivät tukevasti pystyssä. Kannoille asetettujen pyydysten ympärille naulattiin kolmesta neljään naulaa pitämään pyydykset paikallaan. Lisäksi tuulialttiimmille paikoille vatiin lisättiin kivet painoksi. Pyydysten viereen laitettiin kepit, joissa oli keltainen nauha. Näin metsäkoneenkuljettajat näkivät pyydysten paikat, ja ne oli helppo paikantaa tyhjennystä varten. Muut kuin tutkimuksessa käytetyt hakkuutähdekasat kerättiin pois hakkuualoilta viikolla 19 toukokuussa 2017. Viikolla 22 hakkuuaukoille tehtiin kääntömätöstys ja viikolla 23 kuusen taimien istutus. Metsäkoneenkuljettajat eivät ajaneet pyydysten lähelle, vaan jättivät toimenpiteissä noin viiden metrin suojavyöhykkeen pyydysten ympärillä.

Useimmat kaarnakuoriaislajit parveilevat touko-kesäkuussa, joten aineisto kerättiin huhti-kesäkuussa 2017. Pyydykset vietiin koelaoille 27.4.2017 ja ne tyhjennettiin kerran kahdessa tai kolmessa viikossa. Tyhjennyksiä oli neljä, 11.5, 26.5, 8.6 ja 1.7.2017. Tyhjennyksessä pyydyksen suolavesi kaadettiin kahden siivilän ja suppilon läpi muovivatiin. Siivilöitä oli kaksi, sillä ensin siivilöitiin suuremmalla ja harvemmillä siivilällä suurin osa näytteestä, mutta pienimpienkin selkärangattomien keräämiseksi suppilon alapuolella käytettiin silmäkooltaan 0,5 mm tiheää pientä siivilää. Siivilöistä näytteet huuhdeltiin veden avulla lasipurkkeihin, joihin laitettiin pyydyksen tiedot sekä keräysaika. Siivilöity vesi kaadettiin takaisin pyydykseen, joihin lisättiin tarvittaessa vettä ja astianpesuainetta. Pyydykset käytiin tarkistamassa ja niihin lisättiin vettä kerran tai kaksi kertaa tyhjennysten välissä. Pyydykset haettiin pois 1.7.2017.

## 2.2 Aineiston käsittely

Tyhjennysten jälkeen pyydyksiin kertyneet kaarnakuoriaiset poimittiin erilleen muista selkärangattomista laboratoriossa preparointimikroskooppia apuna käyttäen. Kaarnakuoriaiset säilöttiin lasipurkkeihin 70 % alkoholiin. Myös muut selkärangattomat siirrettiin säilöntäalkoholiin. Kaarnakuoriaiset tunnistettiin preparointimikroskoopin ja määritysoppaan (Heliövaara 1998) avulla lajitasolle.

Laji- ja yksilömäärät laskettiin pyydyksittäin ja ne kirjattiin ylös. Eri pyyntijaksojen yksilömäärät laskettiin yhteen tilastollisia testejä varten. Tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää kantojen houkuttelevuutta hakkuuaukossa, joten eri lajien parveiluajoja ei ollut aiheellista tutkia. Lisäksi pyyntijaksot olivat eripituisia, joten suoria johtopäätöksiä eri lajien fenologiasta ei pystynyt tämän näytteenoton avulla tekemään.

Kahdella hakkuuaukolla sijainneita neljää eri pyydysryhmää käsiteltiin riippumattomina toistoina, sillä ne sijaitsivat eri puolilla hakkuuaukkoja ja pyydykset asetettiin mittaamalla etäisyys eri metsänreunoista. Toisaalta ne olivat keskenään vertailukelpoisia, koska hakkuuaukot sijaitsivat samalla metsäalueella noin 2,2 km päässä toisistaan.

Aineiston normaalisuus tarkistettiin ja varianssien yhtäsuuruus testattiin Levenen testillä. Yksilömäärille tehtiin logaritimuunnokset ( $\ln + 1$ ), koska alkuperäisessä aineistossa varianssit olivat erisuuria. Etäisyyden ja sijainnin vaikutusta kokonaisuksilömääriin, lajimääriin sekä runsaimman 12 lajin yksilömääriin testattiin kaksisuuntaisella varianssianalyysillä. Yhteisörakennetta testattiin monimuuttujaisella varianssianalyysillä, jossa testisuurena käytettiin Wilks' Lambdaa ja jossa oli mukana 12 runsainta lajia. Parittaisia eroja pyydysten sijaintien välillä testattiin Tukeyn testillä. Tilastolliset testit tehtiin IBM Statistics SPSS 24 -ohjelmalla.

### 3. TULOKSET

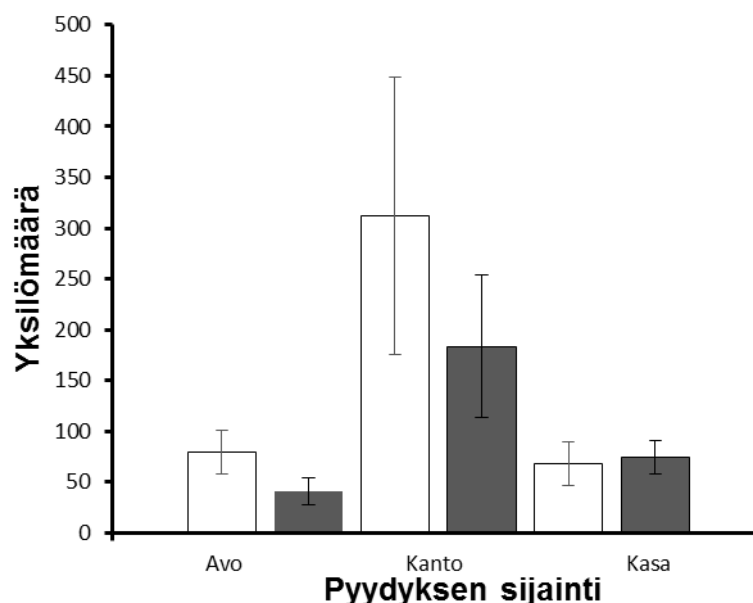
Aineisto koostui kaikkiaan 3641 kaarnakuoriaisesta (Kuva 2). Runsaimmat lajit olivat kuusentähtikirjaaja (*Pityogenes chalcographus*), havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*) sekä kannonhutikirjaaja (*Dryocoetes autographus*) (Taulukko 1). Lajimäärä pyydyksittäin vaihteli kuudesta lajista kahteentoista (Kuva 3).

Kokonaisyksilömäärässä etäisyydet eivät eronneet toisistaan, mutta sijainnit erosivat (Taulukko 2). Kannoilla olleissa pyydyksissä kokonaisyksilömäärä oli suurempi kuin muissa pyydyksissä. Lisäksi kokonaislajimäärä oli kannoilla suurempi kuin hakkuutähdekasoissa.

Kuusentähtikirjaajia saatiin yhteensä 941 yksilöä (Kuva 4). Lajin yksilöitä oli enemmän 20 metrin etäisyydellä metsänreunasta kuin keskellä aukkoa, mutta pyydyksen sijainti ei vaikuttanut lajin yksilömääriin (Taulukko 2). Myös kulokaarnakuoriaisella (*Othotomicus suturalis*) etäisyys vaikutti yksilömäärään, ja kuoriaisia oli enemmän 50 m metsänreunasta kuin metsän vaikutusalueella (Taulukko 2, Kuva 5). Tällä lajilla myös pyydyksen sijainti vaikutti, ja kannoilla olleissa pyydyksissä yksilöitä oli enemmän kuin muissa pyydyksissä.

Muilla erikseen testatuilla lajeilla etäisyydellä ei ollut vaikutusta yksilömäärään, mutta sijainnilla oli (Taulukko 2, Liite 1). Kannoilla olleissa pyydyksissä oli muita pyydyksiä enemmän havutikaskuoriaisia, himmeänilureita (*Hylastes opacus*), kannonhutikirjaajia sekä karvakääpiökirjaajia (*Crypturgus hispidulus*). Lisäksi kannoilla oli hakkuutähdekasoja enemmän kuusennilureita (*Hylastes cunicularis*) ja kerokaarnakuoriaisia (*Orthotomicus laricis*) sekä avomaata enemmän vaippanilureita (*Hylurgops palliatus*).

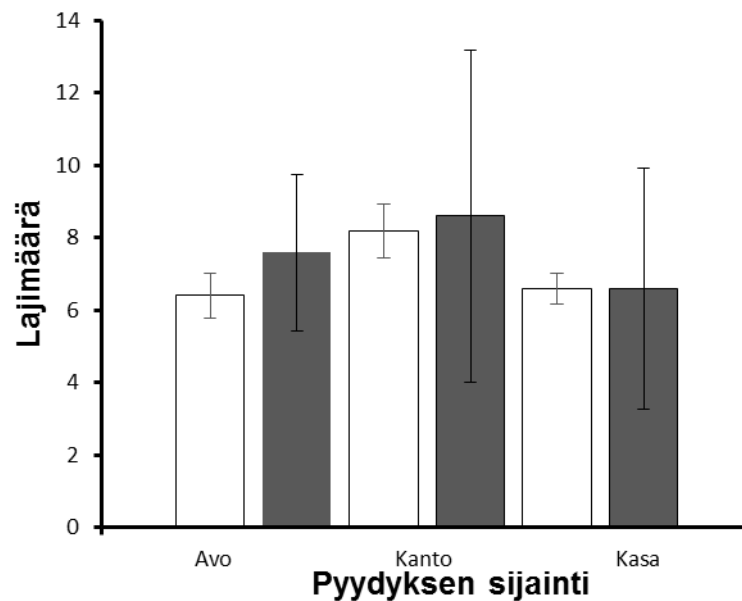
Etäisyydellä tai sijainnilla ei ollut vaikutusta rungonhutikirjaajan (*Dryocoetes hectographus*), kirjanpainajan tai pystynävertäjän (*Tomicus piniperda*) yksilömääriin (Taulukko 2, Liite 1). Rungonhutikirjaajista suurin osa oli avomaalla. Kirjanpainajien 42 yksilöstä vain kaksi tavattiin avomaalla (Kuva 6). Lisäksi lähellä hakkuuaukon reunaa yksilöitä oli kaksi kertaa enemmän kuin keskellä aukkoa. Pystynävertäjistä 30 oli kannoilla, yhdeksän kasoissa ja seitsemän avomaalla.



Kuva 2. Kaarnakuoriaisten kokonaisyksilömäärien keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet (n=4) pyydyslajeittain. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).

Taulukko 1. Kunkin lajin kokonaisyksilömäärät kaikissa pyydyksissä yhteensä.

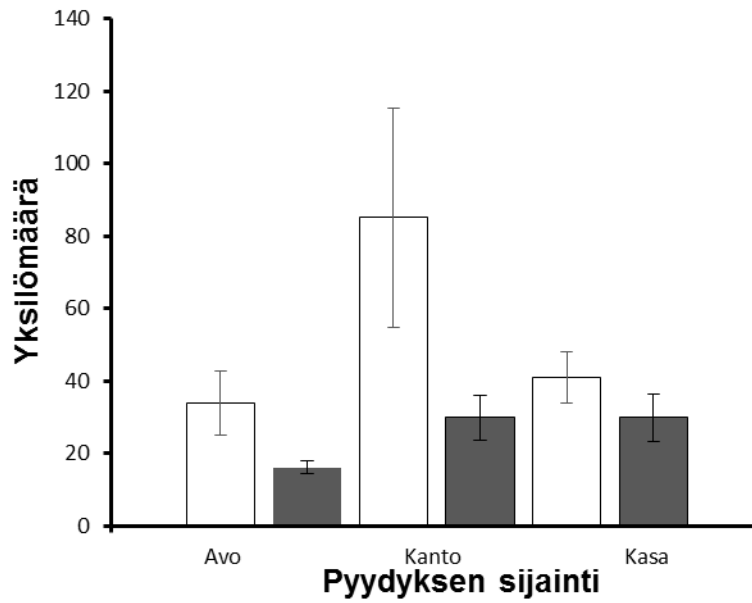
Laji		Määrä
Kuusentähtikirjaaja	( <i>Pityogenes chalcographus</i> )	941
Havutikaskuoriainen	( <i>Trypodendron lineatum</i> )	836
Kannonhutikirjaaja	( <i>Dryocoetes autographus</i> )	647
Vaippaniluri	( <i>Hylurgops palliatus</i> )	471
Kuusenniluri	( <i>Hylastes cunicularius</i> )	315
Himmeäniluri	( <i>Hylastes opacus</i> )	166
Kerokaarnakuoriainen	( <i>Orthotomicus laricis</i> )	69
Pystynävertäjä	( <i>Tomicus piniperda</i> )	46
Kirjanpainaja	( <i>Ips typographus</i> )	42
Kulokaarnakuoriainen	( <i>Orthotomicus suturalis</i> )	35
Karvakääpiökirjaaja	( <i>Crypturgus hispidulus</i> )	30
Rungonhutikirjaaja	( <i>Dryocoetes hectographus</i> )	19
Kaljuniluri	( <i>Hylurgops glabratus</i> )	8
Silokätkökaarnuri	( <i>Cryphalus saltuarius</i> )	4
Lustokuoriainen	( <i>Xyleborus dispar</i> )	3
Idäntähtikirjaaja	( <i>Pityogenes irkutensis</i> )	3
Pikkutikaskuoriainen	( <i>Trypodendron domesticum</i> )	2
Nyhäkaarnakuoriainen	( <i>Orthotomicus proximus</i> )	2
Kaksiammaskirjaaja	( <i>Pityogenes bidentatus</i> )	1
Kuusenoksakirjaaja	( <i>Pityophthorus micrographus</i> )	1



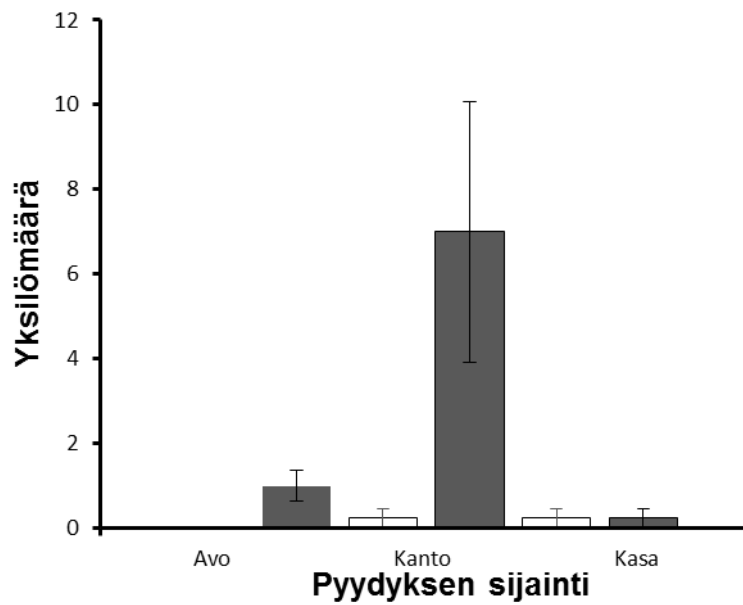
Kuva 3. Kokonaislajimäärien keskiarvot ja keskiarvojen keskivirheet (n=4) pyydyslajeittain. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).

Taulukko 2. Etäisyyden ja sijainnin vaikutus kokonaisyksilömäärään, lajimääriin sekä runsaimpien lajien yksilömääriin. Tulokset eri testeistä.

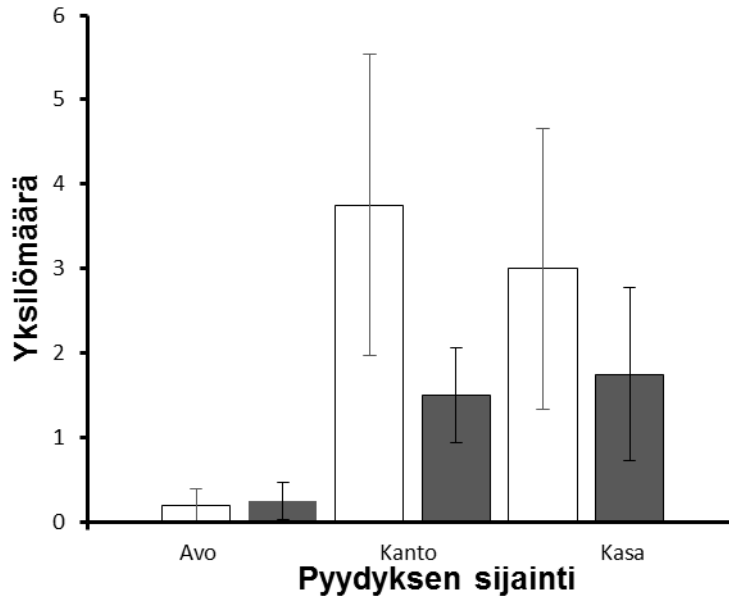
	Etäisyys (df=1)	Sijainti (df=2)	Interaktio (df=2)
2-ANOVA	F (p)	F (p)	F (p)
Kok. yksilömäärä	1,783 (0,198)	10,821 (0,001)	0,189 (0,829)
Lajimäärä	0,960 (0,340)	4,020 (0,036)	0,420 (0,633)
Kuusentähkirjaaja	6,371 (0,021)	2,912 (0,080)	0,403 (0,674)
Havutikaskuoriainen	0,111 (0,743)	18,212 (0,000)	0,741 (0,491)
Kannonhutikirjaaja	0,764 (0,394)	5,718 (0,012)	0,171 (0,844)
Vaippaniluri	2,235 (0,152)	22,545 (0,045)	0,528 (0,599)
Kuusenniluri	0,554 (0,466)	3,937 (0,038)	0,250 (0,781)
Himmeäniluri	0,22 (0,884)	22,545 (0,000)	0,218 (0,806)
Kerokaarnakuoriainen	0,177 (0,679)	4,924 (0,020)	0,971 (0,398)
Pystynävertäjä	0,081 (0,779)	1,351 (0,284)	1,583 (0,233)
Kirjanpainaja	0,427 (0,521)	2,449 (0,115)	0,131 (0,878)
Kulokaarnakuoriainen	13,437 (0,002)	5,952 (0,010)	5,291 (0,016)
Karvakääpiökirjaaja	0,452 (0,510)	4,332 (0,029)	1,978 (0,167)
Rungonhutikirjaaja	0,073 (0,790)	0,942 (0,408)	0,775 (0,475)
Kulokaarnakuoriainen pyydyksen sijainnin suhteen			
Avo	7,420 (0,034)		
Kanto	10,040 (0,019)		
Kasa	0,000 (1,000)		
	Etäisyys (df=12)	Sijainti (df=24)	
	F (p)	F (p)	
Monimuuttujainen ANOVA	2,929 (0,081)	2,951 (0,020)	2,181 (0,066)



Kuva 4. Kuusentähtikirjaajan (*Pityogenes Chalcographus*) yksilömäärien keskiarvot ja keskiarvon keskivirheet (n=4) eri pyydystyypeissä. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).



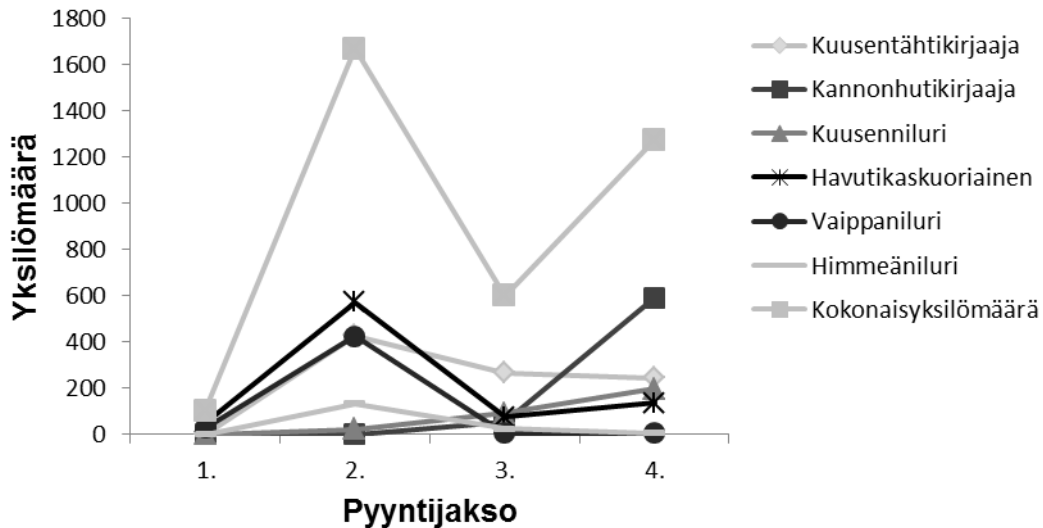
Kuva 5. Kulokaarnakuoriaisen (*Orthotomicus suturalis*) yksilömäärät ja keskiarvon keskivirheet (n=4) eri pyydystyypeissä. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).



Kuva 6. Kirjanpainajien (*Ips typographus*) yksilömäärät ja keskiarvon keskivirheet (n=4) eri pyydystyypeissä. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).

Eniten kaarnakuoriaisia saatiin toisella pyyntijaksolla 11.5.–26.5.2017 (Kuva 7). Eri lajit kuitenkin parveilivat eri aikaan ja runsaimpien lajien määrä vaihteli eri pyyntikerroilla. Kaikkien seitsemän runsaimman lajin yksilömäärä oli alhaisin ensimmäisessä pyynnissä, mutta joko toisella tai neljännellä pyyntikerralla lajit olivat runsaimmillaan.

Ensimmäisessä ja toisessa pyyntijaksossa runsain laji oli havutikaskuoriainen. Kolmannen pyyntijakson runsain laji oli kuusentähtikirjaaja ja neljännen kannonhutikirjaaja.



Kuva 7. Kokonaisyksilömäärä ja runsaimpien lajien yksilömäärät eri pyyntijaksoilla. Pyydykset asetettiin paikalleen 27.4.2017 ja tyhjennettiin 2-3 viikon välein. Tyhjennykset tehtiin 11.5., 26.5, 8.6 ja 1.7.2017.

#### 4. TULOSTEN TARKASTELU

Etäisyydellä hakkuuaukon reunasta ei ollut vaikutusta useimpien kaarnakuoriaisten yksilömäärään. Kuoriaisten määrä oli yhtä suuri pystymetsän vaikutusalueella ja aukon keskellä. Vain kuusentähtikirjaajan ja kulokaarnakuoriaisen kohdalla etäisyydellä oli vaikutus yksilömääriin: kuusentähtikirjaajia oli enemmän 20 metriä hakkuuaukon reunasta kuin keskellä aukkoa ja kulokaarnakuoriaisia taas oli enemmän keskellä. Kannot taas houkuttelivat kaarnakuoriaisia ja kannoilla olleissa pyydyksissä oli huomattavasti enemmän kuoriaisia kuin muualla aukossa olleissa pyydyksissä. Myös kannoilla olleiden pyydysten lajimäärä oli suurempi kuin hakkuutähdekasojen pyydyksissä. Vaihtoehtohypoteesin mukaan kaarnakuoriaisia olisi enemmän kannoilla sekä hakkuuaukon keskellä kuin sen reunoilla. Keskellä houkuttelevat yhdisteet pääsevät leviämään paremmin, jolloin kuoriaisia voisi olla siellä enemmän kuin lähempänä hakkuuaukon reunaa. Näin ei nyt saatujen tulosten mukaan ollut, joten hakkuuaukon keskellä olosuhteet eivät eronneet hakkuuaukon reunasta niin, että eri etäisyydet olisivat houkutteleet kuoriaisia eri tavoin. Vaihtoehtohypoteesi voidaan siis kumota osittain etäisyyden osalta, mutta kantojen osalta se piti paikkansa.

Myöskään pystymetsän vaikutus ei näkynyt yksilömäärissä, sillä se ei houkuttellut kaarnakuoriaisia enempää kuin aukon keskiosa. Tulokseen voi vaikuttaa se, että pyydykset eivät sijainneet aukon rajassa pystymetsän runkojen läheisyydessä, vaan esimerkiksi kannoissa. Kannot houkuttelivat kuoriaisia selvästi luokseen missä kohtaa aukkoa tahansa, joten pystymetsän läheisyys ei vaikuttanut kantojen houkuttelevuuteen. Toisaalta etäisyydellä oli vaikutusta runsaimmalla lajilla, joten otoskoon kasvattaminen olisi voinut tuoda erilaisen tuloksen myös vähälukuisempien lajien kohdalla. Joidenkin kuoriaislajien määrä oli hyvinkin vähäinen, eikä tulosten perusteella voida vetää suoria johtopäätöksiä.

Saatujen kaarnakuoriaislajien ekologia poikkeaa paljon toisistaan. Runsaimmista kolmesta lajista vain kuusentähtikirjaajan tiedetään vahingoittavan eläviä, jollakin tapaa vioittuneita puita (Metla 2013). Havutikaskuoriainen ja kannonhutikirjaajat käyttävät ravintonaan ainoastaan kuollutta puuta (Metla 2013). Suomessa pahimman tuholaisen, kirjanpainajan, yksilömäärä tutkimuksessa oli vähäinen, vain 42 yksilöä koko pyynnin aikana. Muutama laji, kuten kaljuniluri (*Hylurgops glabratus*), suosii kaatuneita puita, etenkin varjoisia paikkoja ja puiden alapintoja. Kulokaarnakuoriainen esiintyy etenkin palaneella puulla. Se oli tutkimuksen lajeista ainoa, jolla sekä pyydysten etäisyys hakkuuaukon reunasta että niiden sijainti vaikuttivat yksilömäärään. Lisäksi havaituissa lajeissa oli harvalukuisena esimerkiksi lehtipuiden lajeja. Kaikista lajeista 17 havaittiin kannoilla, joten kannot tarjoavat resurssia monimuotoiselle joukolle kaarnakuoriaisia.

Pyyntijaksoista eniten kuoriaisia saatiin toisella jaksolla eli 11.5–26.5.2017. Toiseksi eniten kuoriaisia oli viimeisessä pyynnissä, mutta jakso oli yli kolme viikkoa, kun muut olivat kaksi viikkoa. Toisen jakson yksilörunsaus tukee kaarnakuoriaisten yleisiä parveiluaikoja keväällä ja alkukesästä (Heliövaara 1998). Vuoden 2017 toukokuu oli myös tavallista kylmempi, sillä keskilämpötila oli 8,1 °C, joka oli kolme astetta tavallista matalampi (Sääasema Jyväskylä, Nenäinniemi 2017). Monien lajien parveilu saattoi siis myöhästyä hieman ja siirtyä kesäkuulle, jonka lämpötila oli 1,5 °C keskimääräistä kylmempi.

Kaarnakuoriaisia oli enemmän kannoilla kuin muualla, joten kantojen korjaamisella voi olettaa olevan vaikutusta kuoriaisten parveiluun hakkuuaukoissa. Myös Fossestøl ja Sverdrup-Thygeson (2009) havaitsivat kuoriaisten suosivan kantoja hakkuuaukoilla metsänreunan kantojen ja puunrunkojen sijaan. He kehottavat metsänomistajia jättämään sekä kantoja että runkoja hakkuuaukkoon ja metsän reunaan, jotta kuoriaisilla olisi monenlaisia resursseja käytettävissä. Myös Göthlin ym. (2000) havaitsivat, että

kirjanpainaajat ja kuusentähkirjaajat suosivat tuulen kaatamia puita aukoissa pystymetsän sijaan. Toisaalta lajit eivät suosineet kantoja, kun mukana tutkimuksessa oli tuulen kaatamia puita. Göthlin ym. (2000) toteavat, että metsänsuojelun näkökulmasta vahingoittunut puumateriaali tulisi poistaa metsästä, mutta samalla toteavat, että toisaalta useat uhanalaiset lajit ovat riippuvaisia lahoppuusta. Yleiset tuholaisina tunnetut kaarnakuoriaiset eivät suosineet kantoja, joten kannot voisi tulosten perusteella jättää aina metsään.

Toisaalta Park ja Reid (2007) havaitsivat, että havutikaskuoriainen suosii alueita, joilta löytyy kantoja ja eläviä kuusia eikä esimerkiksi täysin raivattua hakkuuaukkoa. Park ja Reid (2007) ehdottavatkin, että taloudellisten tappioiden minimoimiseksi metsästä raivattaisiin tuore puuaines pois eikä sitä säilytettäisi metsän vieressä. Myös hakkuutähte kehoitetaan korjaamaan, koska tähteet nostavat houkuttelevien yhdisteiden määrää alueella. Havutikaskuoriaisen ei kuitenkaan tiedetä iskeytyvän elävään puuhun, joten hakkuutähteen jättämisellä metsään ei pitäisi olla merkitystä pystymetsälle. Tukkipuun kuljettaminen ja varastoiminen muualla on järkevää, koska kuoriainen voi kuljettaa sinistäjäsiäntä puihin ja sitä kautta pienentää sen taloudellista arvoa. Myös korjatut kantokasat voivat toimia joillekin kuoriaislajeille resurssina ja ekologisen ansana, kun ne korjataan pois kuoriaisten vielä eläessä kasoissa (Victorsson & Jonsell 2013a). Victorsson ja Jonsell (2013a) kuitenkin havaitsivat, että kaarnakuoriaiset suosivat hakkuuaukkoja kantokasojen sijaan.

Lisäksi Saaristo ja Vanhatalo (2015) kehottavat jättämään myös vahingoittuneet puut metsään lahoppuun lisäämiseksi. He havaitsivat, että kirjanpainaajan vahingoittamien puiden poistaminen kuoriaisten lähdeyttä ei vähentänyt kirjanpainajakantaa. Itse asiassa tällaiset puut tarjoavat elintilaa kirjanpainaajan luonnollisille vihollisille, joten puun jättäminen metsään voi jopa vähentää kantaa. Toisaalta Suomessa laki metsätuhojen torjunnasta velvoittaa metsänomistajaa poistamaan vahingoittuneet puut sekä nostetut kannot (Finlex 2013). Tämä koskee 10 m<sup>3</sup> /ha ylittyvää puumäärää.

Kaarnakuoriaisten lajimäärä oli kannoissa suurempi, joten kantojen poistamisella voidaan olettaa olevan vaikutusta monimuotoisuuteen hakkuuaukolla, kun sopiva resurssi viedään pois. Jonsell (2016) sekä Victorsson ja Jonsell (2013b) havaitsivat, että puuta hyödyntävät kuoriaiset, mukaan lukien kaarnakuoriaiset, kärsivät kantojen korjuusta. Osa lajeista oli uhanalaisia. Ruotsissa laki edellyttää jättämään 5-25 % kannoista hakkuualalle (Victorsson ja Jonsell 2013b). Tämä ei kuitenkaan ole riittävä määrä monimuotoisen kaarnakuoriaislajiston ylläpitämiseksi. Jonsell ja Hansson (2011) havaitsivat, että kannot tarjoavat puuta hyödyntäville kuoriaisille yhtä hyvän elintilan kuin kaatuneet puunrungot. Lajirikkaus on molemmissa yhtä suuri, joten kantoja voisi jättää kaadettuihin metsiin lahoppuun lisäämiseksi ja resurssiksi esimerkiksi kaarnakuoriaisille. Suomessa maatalouden kehittämiskeskus Tapio on antanut oman suosituksensa hakkuualalle jätettävien kantojen määrästä (Äijälä ym. 2010). Kantoja tulisi jättää 25 kappaletta hehtaarille ja savi- ja silttimailla 50 kantoa hehtaarille.

Viime vuosina on myös kehitelty talousmetsien hoitomuotoja, jotka ottavat paremmin huomioon kaikki kestävyuden osa-alueet. Tällainen hoitomuoto on esimerkiksi metsien luonnonhoito, jonka periaatteissa otetaan huomioon esimerkiksi lahoppuun määrä sekä pohjavesien kunto (Saaristo & Vanhatalo 2015). Luonnonhoidossa määritellään myös kantojenkorjuun periaatteet (Saaristo & Vanhatalo 2015). Korjuussa tulisi ottaa huomioon kantolahoppuun jättäminen eli kaikkia kantoja ei tulisi korjata hakkuualueilta pois.

Kantojen sekä vahingoittuneen puun korjaamispäätökset ovat kompromisseja taloudellisen ja ekologisen aspektin välillä. Oletettavaa on, ettei metsätalous tule pienemään tulevaisuudessa, joten lahoppuun lisääminen talousmetsiin olisi tärkeää monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Puumateriaalia tulisi jättää kuoriaisten, niiden luonnollisten vihollisten sekä muiden eliöiden elintilaksi. Metsätalouden kannalta kantojen



jättäminen voi kuitenkin aiheuttaa huolen siitä, että kaarnakuoriaiset lisääntyvät kantojen myötä myös terveissä puissa talousmetsissä. Tämän tutkimuksen perusteella kannot selvästi houkuttelevat kaarnakuoriaisia, mutta eivät enempää lähellä metsän reunaa kuin muualla aukossa, joten kantojen jättämistä voidaan pitää turvallisena myös taloudellisesta näkökulmasta. Toisaalta kuusentähtikirjaajia oli enemmän pystymetsän läheisyydessä kuin keskellä aukkoa. Tämän voi ottaa huomioon hakkuu- ja kantojenkorjuupäätöksissä niin, että mahdollinen kantojen korjuu toteutettaisiin pystymetsän läheltä. Toisaalta kuusentähtikirjaajan yksilömäärissä ei ollut eroa eri sijainneissa, joten voidaan olettaa, että pystymetsä houkutteli kuoriaisia. Näin esimerkiksi kantojen korjuu ei välttämättä vähennä kuoriaisten määrää pystymetsän läheisyydessä, vaikka metsätalouden kannalta niin toivottaisiin.

Lisätutkimus hakkuuaukon eri osien houkuttelevuudesta on tarpeen. Jatkotutkimuksissa otoskokoa voisi kasvattaa, jolloin harvinaisemmista ja vähälukuisemmista lajeista saataisiin luotettavampia ja toistettavampia tuloksia. Toistot voisivat myös sijaita vielä kauempana toisistaan, sillä kaarnakuoriaisten dispersaalimatkat voivat olla pitkiä. Näin toistot eivät ainakaan vaikuttaisi toistensa tuloksiin. Yhdelle etäisyydelle voisi laittaa vielä useamman pyydyksen, jotta mahdolliset erot näkyisivät selkeämmin. Myös valitun hakkuuaukon koko voi vaikuttaa tuloksiin, koska pienilmasto voi vaihdella paljon erilaisissa aukoissa. Erikokoisten aukkojen tutkiminen voi siis olla tarpeen. Lisäksi tutkimuksessa lajien tunnistus sisälsi joitakin epävarmuuksia, sillä esimerkiksi idäntähtikirjaaja (*Pityogenes irkutensis*) on Suomessa harvinainen, mutta tunnistuskaavan avulla tunnistettiin neljä yksilöä.

Tutkimuksessa pyydykset sijaitsivat aivan maanpinnasta noin puolen metrin korkeuteen. Useissa tutkimuksissa on käytetty korkeammalla roikkuvia ikkunapyydyksiä. Matalalla olevat pyydykset keräävät luultavasti kuoriaisia, jotka ovat esimerkiksi jo laskeutumassa kannolle, jonka päällä pyydys on. Korkeammalla olevat pyydykset voivat kerätä myös sopivalle lisääntymisalueelle vaeltavia kuoriaisia, jotka sattuvat lentämään pyydykseen. Eri korkeuksilla olevien pyydysten käyttö voisi siis olla perusteltua. Tämän tutkimuksen pyyntijaksoon mahtui lämpimiä ja aurinkoisia päiviä, mutta pitkiä lämpimiä jaksoja ei ollut. Eri vuosien olosuhteet vaihtelevat, joten pidempiaikainen tutkimus, jossa kaarnakuoriaisten määrää tutkittaisiin useana peräkkäisenä vuonna, voisi antaa kattavamman kuvan kaarnakuoriaisten yksilömääristä eri puolilla aukkoa.

Toisaalta erillinen tutkimus kantojen vaikutuksesta pystymetsän tuhoihin olisi tarpeen, jotta tutkimusten tuloksia voitaisiin paremmin pohtia tuhojen kannalta. Näin kantojen jättämisen tai korjuun mahdollisista vaikutuksista monimuotoisuuteen ja toisaalta metsätuhoriskiin saataisiin lisätietoa.

Tutkimuksen tuloksia hakkuuaukon kantojen houkuttelevuudesta ja eri sijaintien vaikutuksesta kaarnakuoriaisten määriin voidaan hyödyntää sekä metsätalouden, että monimuotoisuuden näkökulmasta. Oleellista on, että kaarnakuoriaisille tarjotaan resursseja myös talousmetsissä monimuotoisuuden säilyttämiseksi.

## KIITOKSET

Haluaisin kiittää ohjaajaani Jari Haimia erittäin kärsivällisestä ja ammattitaitoisesta ohjauksesta sekä suuresta panoksesta aineistonkeruussa. Iso kiitos myös Eemeli Saarikoskelle sujuvasta yhteisestä aineistonkeruusta. Lisäksi kiitos Mustapha Boucelhamille, joka auttoi pyydysten tyhjennyksessä sekä aineiston säilyttämisessä. Kiitos Jyväskylän kaupungin metsäosastolle ja Merja Kytömäelle tutkimusalueiden tarjoamisesta

ja hyvin sujuneesta yhteistyöstä. Olen kiitollinen myös läheisilleni, jotka ovat monella tapaa tukeneet minua kirjoitusprosessin aikana.

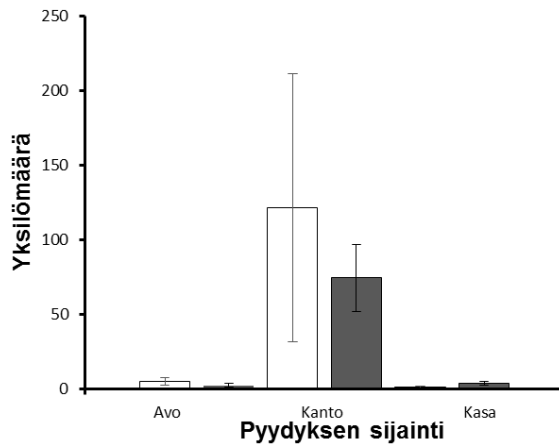
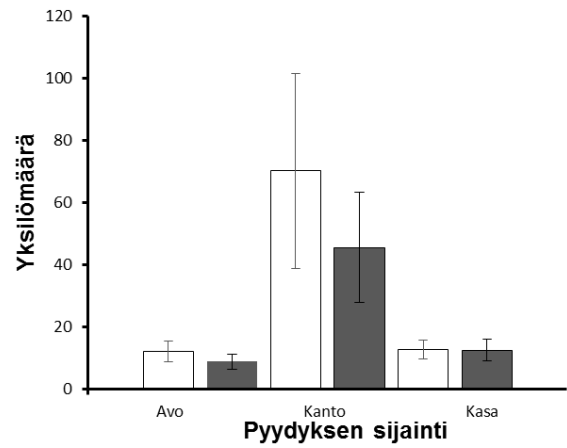
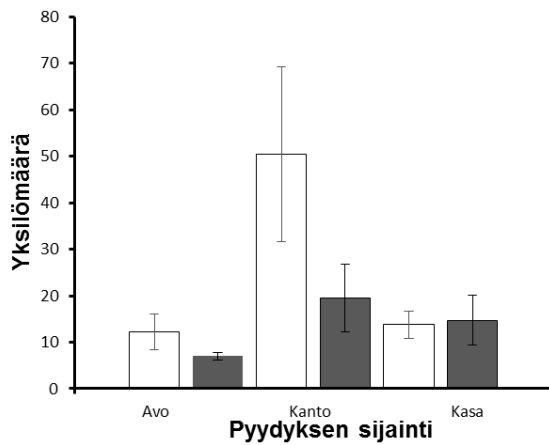
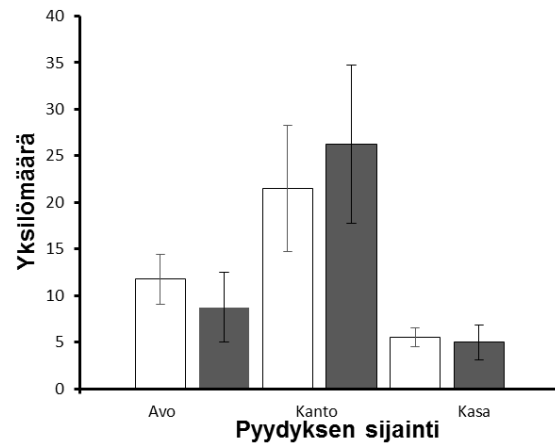
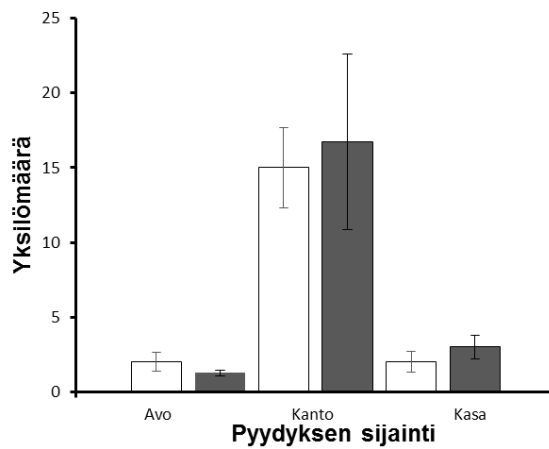
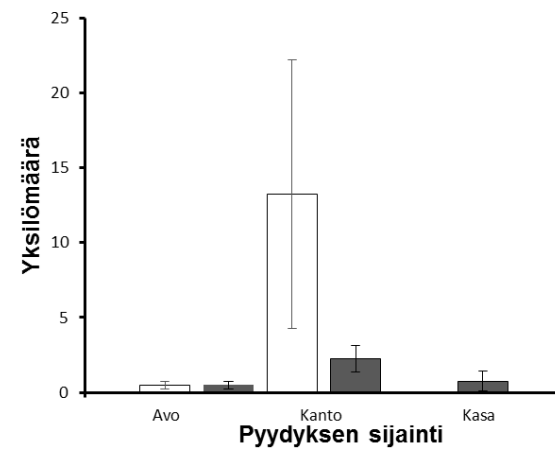
## KIRJALLISUUS

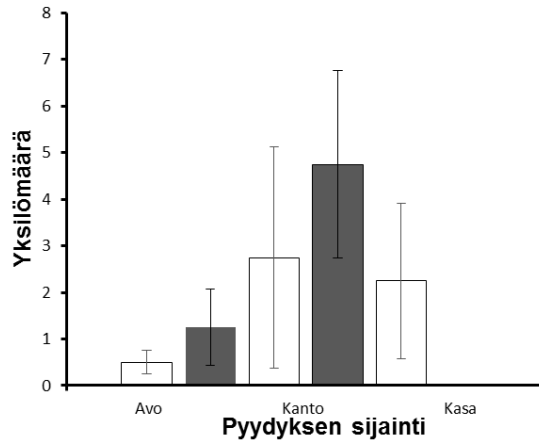
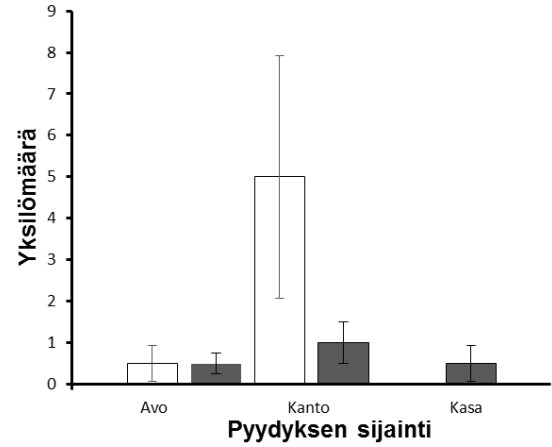
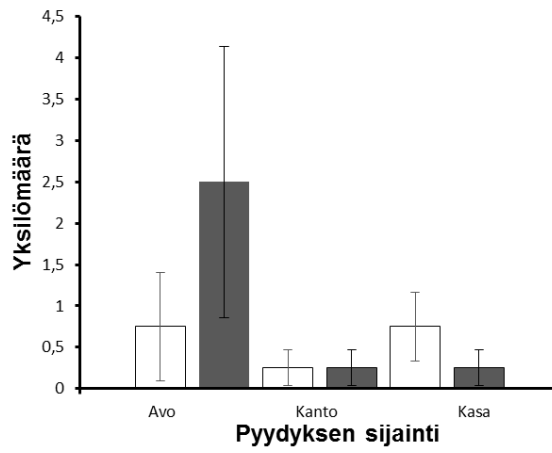
- Beudert B., Bässler C., Thorn S., Noss R., Schröder B., Dieffenbach-Fries H., Foullois N. & Müller J. 2015. Bark beetles increase biodiversity while maintaining drinking water quality. *Conserv. Lett.* 8: 272–281.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations 2015. <http://www.fao.org/3/a-i4808e.pdf> luettu 28.7.2017.
- Fossestøl K. O. & Sverdrup-Thygeson A. 2009. Saproxylic beetles in high stumps and residual downed wood on clear-cuts and in forest edges. *Scand. J. Forest Res.* 24: 403-416.
- Göthlin E., Schroeder L.M. & Lindelöw A. 2000. Attacks by *Ips typographus* and *Pityogenes chalcographus* on windthrown spruces (*Picea abies*) during the two years following a storm felling. *Scand. J. Forest Res.* 15: 542-549.
- Hedgren P.O., Schroeder L.M. & Weslien J. 2003. Tree killing by *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at stand edges with and without colonized felled spruce trees. *Agric. For. Entomol.* 5: 67–74.
- Heliövaara K. 1998. *Suomen kaarnakuoriaiset (Coleoptera: Scolytidae)*. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Jonsell M. 2016. Stubbrytning – ett hot mot vedskalbaggar? *Entomologisk Tidskrift* 127:151-161.
- Jonsell M. & Hansson J. 2011. Logs and stumps in clearcuts support similar saproxylic beetle diversity: implications for bioenergy harvest. *Silva Fennica* 45:1053-1064.
- Kuuluvainen T. 2002. Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva Fennica*, 36: 97–125.
- Laki metsätuhojen torjunnasta. 5 § (20.12.2013/1087) <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20131087#P5> luettu 14.7.2017.
- Lindelöw A., Risberg B. & Sjodin K. 1992. Attraction during flight of scolytids and other bark- and wood-dwelling beetles to volatiles from fresh and stored spruce wood. *Can. J. Forest Res.* 22: 224–228.
- Lindholm K. 2014. Osaran aukeat varttuvat päätehakkuuikään <http://maatilanello.fi/2014/10/02/osaran-aukeat-varttuvat-paatehakkuuikaan/> luettu 13.4.2017.
- Luonnonvarakeskus 2016. Hakkuukertymä ja puuston poistuma [verkkojulkaisu]. <http://www.stat.fi/til/hapup/index.html>. Luettu 18.4.2017.
- Metla Metsätuho-opas 2013. <http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/opas/tuhonaiheuttajaluettelo.htm> Luettu 17.7.2017.
- Metla 2014. Metlan työraportteja 289. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2014/mwp289-12.pdf> Luettu 15.7.2017.
- Nuorteva M. 1982. *Metsätuholaiset*. Kirjayhtymä, Helsinki.
- Nuorteva M. 2010. *Puun ja kuoren välissä. Kaarnakuoriaisten eliöyhteisöjen elämää*. Maahenki Oy, Helsinki.
- Park J. & Reid M.L. 2007. Distribution of a bark beetle, *Trypodendron lineatum*, in a harvested landscape. *Forest ecol. manag.* 242: 236-242.
- Peltonen M. 1999. *Bark Beetles at forest edges: effects of cutting on species' occurrence*. Helsinki, University of Helsinki.
- Peltonen M. & Heliöniemi K. 1999. Attack density and breeding success of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) at different distances from forest-clearcut edge. *Agric. For. Entomol.* 1: 237–242.
- Saaristo L. & Vanhatalo K. (toim.) 2015. Metsänhoidon suosittu talousmetsien luonnonhoitoon, työopas. Tapion julkaisuja.

- Schroeder L.M. 2007. Retention or salvage logging of standing trees killed by the spruce bark beetle *Ips typographus*: consequences for dead wood dynamics and biodiversity. *Scand. J. Forest Res.* 22: 524–530.
- Schroeder L.M & Lindelöw Å. 2002. Attacks on living spruce trees by the bark beetle *Ips typographus* (Col. Scolytidae) following a storm-felling: a comparison between stands with and without removal of wind-felled trees. *Agric. for. Entomol.* 4: 47–56.
- Siitonen J. 2001. Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. *Ecol. bull.* 49: 11-41.
- Stoutjesdijk P. & Barkman J.J. 2014. *Microclimate, Vegetation & Fauna*. Brill Academic Publishers (e-kirja).
- Sääsasema Jyväskylä, Nenäinniemi 2017. <http://www.jyv-weather.info/wxtempsummary.php?r=wxtempsummary.php> luettu 6.8.2017.
- Victorsson J. & Jonsell M. 2013a. Ecological traps and habitat loss, stump extraction and its effects on saproxylic beetles. *Forest ecol. manag.* 290:22-29.
- Victorsson J. & Jonsell M. 2013b. Effects of stump extraction on saproxylic beetle diversity in Swedish clear-cuts. *Insect Conserv. Diver.* 6:483-493.
- Weissbacher A. 1999. Borkenkäfer im Nationalpark Bayerischer Wald. *LWF-aktuell* 19: 13–17.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest ecol. manag.* 202: 67-82.
- Wermelinger B., Flückiger P.F., Obrist M.K. & Duelli P. 2007. Horizontal and vertical distribution of saproxylic beetles (Col., Buprestidae, Cerambycidae, Scolytinae) across sections of forest edges. *Journal of Applied Entomology*, 131: 104–114.
- Wood S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. *Great Basin Naturalist Memoirs* 6: 1–1359.
- WWF Suomen metsät. <https://wwf.fi/alueet/suomi/suomen-metsat/> luettu 17.7.2017.
- Äijälä O., Kuusinen M., & Koistinen A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset energiapuun korjuuseen ja kasvatukseen. *Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja*.
- Äijälä O., Koistinen A., Sved J., Vanhatalo K. & Väisänen P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. *Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja*.

## Liite 1.

Tuloksissa esittelemättömien runsaimpien kaarnakuoriaislajien yksilömäärät ja keskiarvon keskivirheet (n=4) avomaalla, kannoilla sekä hakkuutähdekasoissa. Etäisyydet hakkuuaukon reunasta olivat 20 metriä (valkoinen) ja 50 metriä (harmaa).

Havutikaskuoriainen (*Trypodendron lineatum*)Kannonhutikirjaaja (*Dryocoetes autographus*)Vaippaniluri (*Hylurgops palliatus*)Kuusenniluri (*Hylastes cunicularius*)Himmeäniluri (*Hylastes opacus*)Kerokaarnakuoriainen (*Orthotomicus laricis*)

Pystynävertäjä (*Tomicus piniperda*)Karvakääpiökirjaaja (*Crypturgus hispidulus*)Rungonhutikirjaaja (*Dryocoetes hectographus*)