



Kunnostushakkuun soveltaminen eteläsuomalaisiin kirjainpainajan vaivaamiin kuusikoihin

Pietari Torniainen

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Metsätalouden tutkinto-ohjelma

TORNIAINEN, PIETARI:

Kunnostushakkuun soveltaminen eteläsuomalaisiin kirjanpainajan vaivaamiin kuusikoihin

Opinnäytetyö 71 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2024

Ilmastonmuutos tulee lisäämään sään eri ääri-ilmiöitä pahentaen kirjanpainajatuhoriskiä. Varttuneita kuusikoita hakataan jo nyt ennen uudistuskypsyystä aukoiksi, jolloin biodiversiteetin sekä hiilinielujen lisäämistavoitteiden saavuttaminen vaikeutuu. Tässä opinnäytetyössä selvitettiin kunnostushakkuun soveltumisen mahdollisuutta eteläsuomalaisiin kirjanpainajatuhoista kärsiviin metsiin. Hakkuumenetelmän tehokkuutta kirjanpainajan torjunnassa ja sen vaikutuksia biodiversiteettiin tutkittiin sekä kuvailevan kirjallisuuskatsauksen että tapaustutkimuksen avulla. Tapaustutkimukseen valittiin toimeksiantajan metsänhoitoyhdistys Uusimaan toimialueella sijaitsevia mahdollisimman edustavia tuhometsiä, joita analysoitiin kirjallisuuskatsauksen perusteella. Lopputuotoksena työssä syntyi suomalaisiin talousmetsiin soveltuva päätöksentekokehys hakkuumenetelmän tarpeellisuuden määrittämisen tueksi.

Kunnostushakkuilla voidaan torjua kirjanpainajatuhoja ekologisesti ja tehokkaasti, kun tuhon laajuus on pienialainen ja hakkuu on toteutettu kevyenä. Tuhojen torjunta voi kuitenkin edellyttää intensiivisiä hakkuita, sillä yli 95 % vaurioituneista puista on poistettava. Torjuntaan vaikuttaa olennaisesti myös alueellinen kytkeytyneisyys kuusimetsien välillä. Kuolleet puut tulisi säästää luontaisia viholisia varten. Maastokohteiden tulosten perusteella parhaiten hakkuumenetelmälle soveltuvat sekametsät.

Kunnostushakkuiden vaikutuksia kirjanpainajan torjunnassa on tutkittu melko vähän suhteessa menetelmän yleisyyteen Keski-Euroopassa. Menetelmä on avohakkuuta ekologisempi riippuen hakkuun voimakkuudesta. Vaikka kirjanpainajatuhoa ei saataisikaan täysin torjuttua, voidaan hakkuulla vähentää kannan kokoa, kuolleiden puiden määrää sekä taloudellisia tappioita. Hakkuiden onnistuminen vaatisi aluetason suunnittelua, mikä jäi melko vajavaiseksi tässä työssä. Hakkuumenetelmän tehokkuus kirjanpainajan torjunnassa on epäselvää, jolloin tutkimuksia aiheen tiimoilta on tehtävä lisää.

Asiasanat: kunnostushakkuu, kirjanpainaja, kirjanpainajatuhojen torjunta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Forestry

TORNIAINEN, PIETARI:

Application of Salvage Logging in Southern Finland's Bark Beetle-Infested Norway Spruce Stands

Bachelor's thesis 71 pages, appendices 1 page
May 2024

Extreme weather phenomena will increase due to climate change thus exacerbating bark beetle outbreaks. Norway spruce stands are already being felled prematurely hindering national goals of biodiversity and carbon sink enhancement. The aim of this study was to determine whether salvage logging of bark beetle-infested stands would offer a more ecological alternative to clear-cutting. The efficacy of loggings in mitigating bark beetle outbreaks and its ecological consequences to biodiversity were examined. The methodology consisted of a descriptive literary review combined with a case study. For the case study, representative infested stands were selected from the domain of Forest Management Association Uusimaa and further analysed based on the literary review. A decision-making framework suited for Finnish commercial forests was developed to determine the necessity of salvage logging.

Small-scale infested sites logged in a careful manner are well suited for controlling bark beetle outbreaks – although removal of more than 95 % of weakened trees is required. The success of salvage logging is also dependent on spatial connectivity between spruce stands. Dead trees should be retained since they function as habitats for natural enemies. The results from the case study suggest that mixed forests are the most appropriate for salvage loggings.

The influence of salvage logging on mitigating bark beetle outbreaks has not been studied extensively enough. The ecological effects are entirely dependent on logging intensity, when comparing effects on biodiversity to clear-cuts. Outbreaks can never be fully controlled but logging can reduce the size of the population, the number of dead trees and economic losses. Successful loggings require regional planning, which was lacking in this thesis. Further research is needed to determine whether loggings can control bark beetles effectively.

Key words: salvage logging, bark beetle, management of bark beetle outbreaks

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO	8
	2.1 Aineiston keruu – kirjallisuuskatsaus	9
	2.2 Aineiston keruu – maasto-osuus.....	11
3	KIRJANPAINAJA (<i>IPS TYPOGRAPHUS L.</i>)	14
	3.1 Ekologia	14
	3.2 Levinneisyys	16
	3.3 Kirjanpainaja Suomessa	17
	3.3.0 Ilmastonmuutoksen vaikutukset kirjanpainajaan.....	18
	3.4 Tuhot Keski-Euroopassa.....	20
	3.5 Luontaiset viholliset.....	21
4	KIRJANPAINAJATUHOJEN TORJUNTA.....	23
	4.1 Torjunta Suomessa.....	23
	4.2 Torjunta Ruotsissa ja Keski-Euroopassa	24
	4.3 Feromoniansat ja pyyntipuut.....	25
	4.4 Kehitettävää	25
	4.4.0 Varautuminen	26
	4.4.1 Ennaltaehkäisy.....	27
	4.4.2 Reagointi	27
	4.4.3 Elpyminen.....	28
5	YLEISTÄ KUNNOSTUSHAKKUISTA.....	29
	5.1 Taustaa	29
	5.2 Kunnostushakkuut kirjanpainajan torjunnassa.....	31
6	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET	32
	6.1 Vaikutus ekologiaan.....	35
	6.2 Vaikutus kirjanpainajan torjuntaan	38
	6.2.0 Kunnostushakkuu vs. tuhoihin puuttumattomuus.....	39
	6.3 Metsän uudistuminen.....	41
7	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET.....	43
8	PÄÄTÖKSENTEKOKEHYS SUOMEN OLOSUHTEISIIN	46
9	MAASTOKOHTEIDEN TULOKSET	48
	9.1 Kuusivaltainen kuvio	48
	9.2 Eri-ikäisrakenteinen kuusivaltainen kuvio	51
	9.3 Sekametsä.....	53
	9.4 Puhdas kuusikko.....	55
	9.5 Yhteenveto ja johtopäätökset.....	57

10 POHDINTA	60
10.1 Työn onnistuminen ja jatkotutkimusmahdollisuudet	61
LÄHTEET	63
LIITTEET	70
Liite 1. Toimihenkilöille lähetetty PDF-tiedosto	70

ERITYISSANASTO

Relaskooppi	Puuston pohjapinta-alan määrittämiseen käytettävä laite.
Talmeter	Puun läpimitan määrittämiseen käytettävä mittanauha.

1 JOHDANTO

Sään ääri-ilmiöt ilmastonmuutoksen seurauksena tulevat koettelemaan metsiemme resilienssiä. Yhä enenevässä määrin yleistyvät myrskyt ja kuivuus lisäävät etenkin kirjanpainajan aiheuttamia tuhoja. Toistaiseksi Suomessa tuhot eivät ole yltäneet Keski-Euroopan tasolle, mutta olemme jo saaneet esimakua tulevasta. Kesän 2023 harjoittelussa huomasin, kuinka suuren mittakaavan ongelma kirjanpainaja Uudellamaalla oikein on. Varttuneissa kuusikoissa kuoriainen oli enemmänkin sääntö kuin poikkeus. Tämä johtaa kuusikoiden ennen aikaiseen avohakkuuseen lyhentäen metsien kiertoaikaa sekä heikentäen kansallisia hiilinielujen kasvattamistavoitteitamme.

Aion opinnäytetyössäni perehtyä vaihtoehtoiseen kirjanpainajakohteiden käsitteilytapaan, ”salvage logging” – hakkuuseen. Tässä keskieurooppalaisessa hakkuumenetelmässä bioottisen tai abioottisen tuhon seurauksena vaurioituneet puut käydään korjaamassa pois. Tarkoituksena on minimoida taloudelliset tappiot korjaamalla puutavara ennen sen jalostusarvon laskua sekä pyrkiä estämään seuraustuholaisten leviäminen alueella. Opinnäytetyö toteutetaan narratiivisena kirjallisuuskatsauksena sekä tapaustutkimuksena. Toimeksiantajani Metsänhoitoyhdistys Uusimaan toimialueen kuusikot toimivat tapaustutkimuksen kohteena. Tarkasteluun ei ole suinkaan valittu kaikkia kirjanpainajan vaivaamia kuusikoita, vaan kohteiksi on valikoitunut ominaisuuksiltaan mahdollisimman erilaisia metsiköitä. Maastokohteiden ja kirjallisuuden pohjalta pyrin luomaan kattavan kokonaisuuden tyypillisten eteläsuomalaisten kirjanpainajakuusikoiden soveltuvuudesta salvage logging – menetelmälle ekologisesta sekä tuhojen torjunnan näkökulmasta.

Koska hakkuutavan nimelle ei ole suomenkielistä vastinetta, tulen tästä eteenpäin viittaamaan siihen kunnostushakkuuna. Suomessa kunnostushakkuut ymmärretään joko soiden ojitusten yhteydessä tehtävänä toimenpiteenä tai hyönteisten vaurioittamien puiden korjuuna. Näistä jälkimmäinen toimenpide kuvastaa parhaiten ”salvage logging” – menetelmää.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT JA AINEISTO

Opinnäytetyö suoritetaan kvalitatiivisin menetelmin – tutkimuksen kohde pyritään ymmärtämään mahdollisimman kokonaisvaltaisesti, eikä statistisia tai numeerisia tietoja synny sen seurauksena (Auvinen & Tarkiainen 2018). Tutkimusstrategia koostuu kahdesta eri menetelmästä – kirjallisuuskatsauksesta ja tapaustutkimuksesta.

Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva aihetta käsittelevien tutkimusten pohjalta. Kirjallisuuskatsaukset voidaan jakaa neljään eri tyyppiin, joita ovat kuvaileva ja systemaattinen kirjallisuuskatsaus sekä kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen meta-analyysi. Päätyypit voidaan jaotella vielä tarkemmin erilaisiin alatyyppeihin. (Salminen 2011, 6). Narratiivinen kirjallisuuskatsaus on kuvailevan kirjallisuuskatsauksen alatyyppeihin. Siinä tiedonhakuprosessi ja tutkimusten valinta eivät ole tarkasti rajattu taikka kuvattu. (Marjamaa & Sinisalo 2022). Narratiivinen kirjallisuuskatsaus voidaan jakaa vielä edelleen alatyyppeihin, joita ovat toimituksellinen ja kommentoiva kirjallisuuskatsaus sekä yleiskatsaus (Salminen 2011, 6–7). Narratiivinen kirjallisuuskatsaus sopii tähän opinnäytetyöhön parhaiten, sillä aihealueesta löytyvä englanninkielinen ja lähes yksinomaan ulkomainen tutkimustieto on tarkoitus selkeyttää yhdeksi kokonaisuudeksi.

Tapaustutkimus on tutkimuksellinen lähestymistapa, jota sovelletaan monella eri tieteenalalla. Tästä syystä sille on melko vaikeaa antaa yleismäärittystä. Tutkimuksen kohteena on joko yksi tai useampi tapaus (case). Tavoitteena on tapauksen määrittely, analysointi tai ratkaisu. Tutkittavien tapauksen valinta, rajaus ja perustelut määritetään tällöin tutkimuksen tavoitteiden mukaan. (Eriksson & Koistinen 2005, 4). Tämän tapaustutkimuksen kohteena on kirjanpainajan vaivaamia kuusikoita metsänhoitoyhdistys Uusimaan toimialueella. Tarkoituksena on analysoida ja löytää paras mahdollinen ratkaisu jokaiselle kohteelle aiheesta löytyvän kirjallisuuden pohjalta.

Kirjallisuuskatsauksen ja tapaustutkimuksen pohjalta on tarkoitus vastata seuraaviin kysymyksiin:

1. Milloin kannattaa tehdä kunnostushakkuu uudistushakkuun sijaan?
2. Miten kunnostushakkuu vaikuttaa kirjanpainajan leviämiseen?
3. Miten menetelmä eroaa erilaisilla kohteilla?
4. Minkälaiset kohteet sopivat menetelmälle parhaiten?

2.1 Aineiston keruu – kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsausosuuden aineisto kootaan tietokannoista, tutkimusartikkeleiden lähdeluetteloista sekä ohjaavalta opettajalta saaduista tutkimusartikkeleista. Tiedonhaun rajaus tehdään ennakkoon määriteltyjen tutkimuskysymysten ja viitekehysten avulla. Hakuun käytetään Google scholaria, Tampereen korkeakoulu-yhteisön Andor-palvelua sekä Web of Science-, ProQuest- ja ScienceDirect-palvelua. Tiedonhaku tapahtuu englanniksi. Pääasiallinen hakusana on ”salvage logging”, jota voidaan yhdistää viitekehysten keskeisiin käsitteisiin, kuten ”bark beetle”, ”biodiversity”, ”forest management” ja ”natural disturbance”.

Kirjallisuuskatsaukseen sisällytettävien tutkimusten täytyy vastata jollain tasolla tutkimuskysymyksiin. Kriteerit ovat määritetty seuraavassa taulukossa:

TAULUKKO 1. Kriteeristö kirjallisuuskatsauksen sisäänottoon.

TUTKIMUS SISÄLLYTETÄÄN, JOS...	TUTKIMUS HYLÄTÄÄN, JOS...
<ul style="list-style-type: none"> • Englannin-/suomenkielinen • Metsien käsittelyn, metsätalouden tai monimuotoisuuden turvaamisen kontekstissa • Vapaa lukuoikeus tai lukuoikeus pyydettyä erikseen • Käsittelee kunnostushakkuun vaikutusta seuraustuhoihin • Käsittelee kunnostushakkuun taloudellisia tai ekologisia vaikutuksia • Käsittelee kunnostushakkuun vaikutusta kirjanpainajatuhoihin. • Tutkittu boreaalisen vyöhykkeen tai lauhkean lehtimetsävyöhykkeen alueella 	<ul style="list-style-type: none"> • Kielenä jokin muu kuin englanti tai suomi • Tutkittu trooppisella, subtrooppisella tai Välimeren alueella • Ei lukuoikeutta tai maksullinen • Tutkittu plantaasilla • Ei saatavilla verkossa

Tämän kriteeristön pohjalta voidaan eri hakukoneissa tehdä tiedonhaun rajaus, jota havainnollistetaan alla olevalla taulukolla:

TIETOKANTA	HAKULAUSEKKEET	RAJAUKSET	TUTKIMUKSET (kpl)	HYVÄKSYTYT OTSIKON JA ABSTRAKTIN PERUSTEELLA
ScienceDirect	"Salvage logging"	<ul style="list-style-type: none"> • Julkaisija: Forest ecology and management • Tutkimusartikkeli • Aihealueet: Maatalous- ja biotieteet, Ympäristötieteet • Vapaa lukuoikeus 	44	2
Andor	"Salvage logging"	<ul style="list-style-type: none"> • Järjestys: relevanttisimmat ensin • Saatavilla verkossa • vertaisarvioitu • Aihe: ekologia, metsädynamiikka, metsien käyttö, metsätalous, puunkorjuu, ympäristötieteet ja ekologia, salvage logging • Vuonna 2010 tai myöhemmin julkaistu • Englanninkielinen 	225	2

Google Scholar	"Salvage logging"	<ul style="list-style-type: none"> • Vuonna 2010 tai myöhemmin julkaistu • esiintyy otsikossa • sisällössä mainitaan "bark beetle" 	34	1
Web of Science	"Salvage logging"	<ul style="list-style-type: none"> • Artikkelit tai kirjat • Vuonna 2010 tai myöhemmin julkaistu • Englanninkielinen • Tieteenala: Ympäristö • Tieteenalan haara: Metsätalous, Metsien käyttö 	56	0
ProQuest	<ul style="list-style-type: none"> • "Salvage logging" • "Sanitation felling" AND "bark beetle" 	<ul style="list-style-type: none"> • Full text ja vertaisarvioitu • Tieteellinen aikakauskirja • Aihe: Metsät, metsien käyttö • Asiakirjatyypit: Artikkelit, raportit • Englanninkielinen • Tutkimuksen sijainti: Eurooppa ja Pohjois-Amerikka 	121	1

TAULUKKO 2. Käytetyt hakukoneet, niissä käytetyt rajaukset ja saadut tulokset.

2.2 Aineiston keruu – maasto-osuus

Opinnäytetyön maasto-osuuden aineisto saadaan metsänhoitoyhdistys Uusi-
maan toimihenkilöiltä sähköpostin välityksellä. Toimihenkilöille on lähetetty oh-
jeet soveltuvista maastokohteista (liite 1). Ohjeissa neuvotaan jokaista toimihen-
kilöä lähettämään metsikön ominaisuuksiltaan mahdollisimman erilaisia koh-
teita, sillä liian samankaltaisista kuusikoista vain toinen voidaan valita. Täältä on
kuitenkin vaikea välttyä, jolloin maastokohteiden valinta tapahtuu viime kädessä
harkinnanvaraisen otannan avulla.

Toimihenkilöitä on neuvottu toimittamaan seuraavat tiedot jokaisesta heidän lä-
hettämästään kirjanpainajatuhohteesta:

- Puustotiedot
- Kartat
 - Lähestymiskartta
 - Kuviokartta
- Alustava arvio tuhojen laajuudesta
- Arvioitu hakkuupäivämäärä

Puustotiedot tarvitaan työn teon nopeuttamiseksi, jotta aikaa ei kulu ylimääräi-
seen. Karttoja tarvitaan, jotta kohteille löytää perille. Alustava arvio tuhojen laa-
juudesta yhdessä puustotietojen kanssa kertovat kohteen ominaisuuksista. Kun
metsikön rakenne ja tuhojen laajuus ovat tiedossa, voidaan näiden tietojen jäl-
keen päättää, tarvitseeko kohteella käydä. Mikäli kaksi kuviota ovat liian saman-
laisia, voidaan vain toisessa käydä. Arvioitu hakkuupäivämäärä on kriittinen,
sillä sähköpostin välityksellä lähetettävistä kohteista on todennäköisesti solmittu
puukaupat, jolloin on ehdittävä paikalle ennen hakkuukonetta.

Maastokohteilta on tarkoitus laskea tuhopuiden määrä systemaattisella otan-
nalla. Kohteelta mitataan jokaisen kirjanpainajan valtaaman puun sekä kuoriai-
sen seurauksena kuolleen kuusen läpimitta 1,3 metrin korkeudelta talmeterin
avulla. Pituutta ei mitata, vaan tilavuuden määrittämisessä käytetään kuusen
keskipituutta. Mikäli puustotiedot eivät ole ajan tasalla, voidaan relaskoopin ja
talmeterin avulla määrittää puuston tilavuus. Pituus selvitetään avoimesta met-
sävaratiedosta. Puusto-ositteiden oikeellisuus ei ole kuitenkaan tämän opinnäy-

tetyön kannalta keskeistä, vaan metsikön rakenteen luonnehtiminen sekä tuhojen laajuus. Tuhopuun tilavuus määritetään 1plus1 – sivustolla, joka on kotimainen laskin- ja muunninpalvelu. Laskin käyttää kaavanaan Laasasenahon kuusen tilavuusyhtälöä:

$$v = 0.022927 * d^{1.91505} * (0.99146)^d * h^{2.82541} * (h - 1.3)^{(-1.53547)} \quad (1)$$

Se hyödyntää kahta tunnusta – pituutta (h) ja läpimittaa (d). Laskimen keski-
virhe kuusen tilavuuden määrittämisessä on 7,6 %.

Tuhopuiden mittaamisen lisäksi kartoitetaan kohteelta lisätietoja. Metsikkökuviota ympäröivien metsien pääpuulaji, puulajisuhteet ja kehitysluokka arvioidaan silmämääräisesti. Kasvatuskelpoisen alikasvoksen määrä ja laatu arvioidaan niin ikään silmämääräisesti. Lisäksi muut metsänkäsittelymenetelmään vaikuttavat metsikkökuvion ominaisuudet kirjataan ylös, kuten lahopuun määrä ja läpimitta, tilajärjestys sekä muut bioottiset tai abioottiset tuhot.

Maastokohteilta kerätyt tiedot kootaan yhteen Excel-sovelluksessa. Kun kohteet ovat koostettu, valitaan 4–5 edustavaa metsikkökuviota, joita analysoidaan kirjallisuuskatsauksen tulosten pohjalta.

3 KIRJANPAINAJA (*IPS TYPOGRAPHUS L.*)

Kaarnakuoriaiset ovat merkittävin bioottinen tuhonaiheuttaja Keski-Euroopan ja Skandinavian kuusimetsissä. Ne saavat aikaan suuria tuhoja myös Euroopan ulkopuolella ja saattaa hävittää metsiä ei ainoastaan metsikkö- vaan lisäksi maisemasoilla. Kanadan länsiosissa vuoristoniluri (*Dendroctonus ponderosae* Hopkins) on vaurioittanut jopa 14 miljoonan hehtaarin edestä kontortamäntymetsiä, mikä on tiettävästi suurin kaarnakuoriaisen aiheuttama massaepidemia. Vuoristonilurin eurooppalainen sukulainen, kirjanpainaja (*Ips Typographus L.*), on vastaavasti syypää Saksan kaakkoisosassa Baijerin vuoristoalueen kansallispuiston kuolleisiin kuusimetsiin. Vuoden 2007 loppuun mennessä kuusia oli kuollut 9000 hehtaarin alueelta. (Stadelmann ym. 2013, 273). 40 vuodessa kaarnakuoriaisten vaurioittamien havupuiden osuus on noussut peräti 700 % (1971–1980 2,1 milj. m³/v → 2002–2010 14,5 milj. m³/v) (Viiri 2020).

3.1 Ekologia

Kirjanpainaja on noin puolen senttimetrin pituinen kaarnakuoriaislaji, joka iskeytyy varttuneiden kuusten kuoren alle (METLA 2010) Kirjanpainajan elinkierto on kuuluu toukka-, kotelo- ja aikuisvaihe. Parveilu alkaa ilman lämpötilan noustessa + 20 ja maan lämpötilan kohotessa +9–12 celsiusasteeseen (METLA 2010). Urokset kaivavat kuoren alle parittelukammion, missä ne erittävät lisääntymishormonia houkutelakseen naaraita. Parittelun jälkeen naaraat kaivavat käytäviä, joissa muninta tapahtuu. Kuoriutuneet toukat käyttävät ravinnokseen nilaa. (Heimo Andersson 2021, 12). Lajin kehittyminen aikuiseksi on välttämätöntä, jotta se kykenisi selviytymään Pohjoismaiden kylmien talvien yli. (Heimo Andersson 2021, 12). Tästä syystä se siirtyykin talvehtimaan karikkeeseen jo heinä-elo-kuussa. Pieni osa saattaa myös talvehtia tyvikaarnan alla. (Metsäinfo N.d.).

Varsinainen vahinko puulle aiheutuu nilakerrokseen kaivetuista syömäkuvioista (Kuva 1). Siitä seuraa yhteyttämistuotteiden kierron heikentyminen. Kuoriaisten mukana tulee myös sinistäjäseni, joka puolestaan heikentää vedenkiertoa puussa. Kun veden ja yhteyttämistuotteiden kulku on heikentynyt tarpeeksi, kuusi

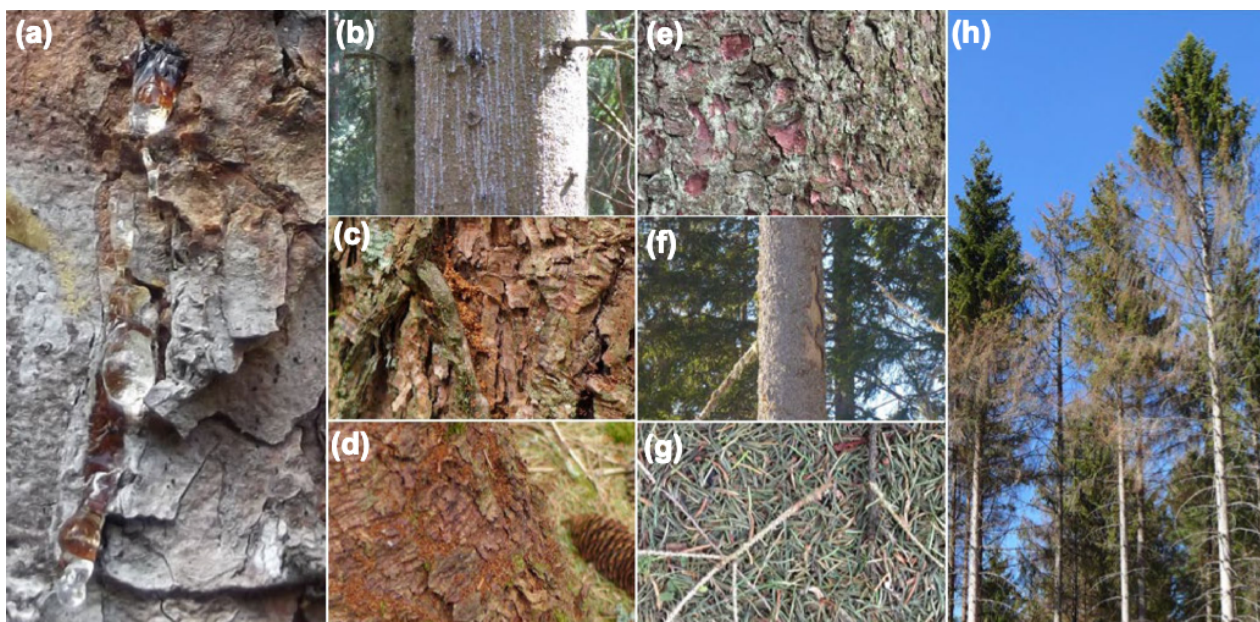
kuolee. Kirjanpainajalle ei kelpaa mikä tahansa kuusi, vaan puun on oltava riittävän vanha ja paksunilainen ($>2,5$ mm), sillä kuoriaisten on mahdollista kuoren ja puuaineksen väliin. Kirjanpainajat voivat iskeytyä myös nuoriin puihin (nila $<2,5$ mm) paikallispopulaatiokoon ollessa suuri, mutta tällaisissa puissa uuden sukupolven synnyttäminen jää heikoksi. Nuorten puiden pihkapuolustus on myös tehokkaampaa, joten laji suosii heikentyneitä puita. Heikentyneet puut erittävät omanlaatuista tuoksua, jonka avulla kuoriainen löytää paikalle. (Melin ym. 2022, 2).



KUVA 1. Kirjanpainajan syömäkuvio (Lyytikäinen-Saarenmaa 2023, 9).

Kirjanpainajan iskemän puun voi tunnistaa monesta eri oireesta (Kuva 2). Muun muassa runsas pihkominen (a, b), purua sisäänkäyntirei'issä tai tyvellä (c, d) sekä pienimuotoinen kaarnan irtoaminen ovat merkki aikaisesta tuhovaiheesta. Laaja-

alainen kaarnan irtoaminen (e), neulaskato (f) sekä vaiheittainen latvuksen värinmuutos (g) ovat puolestaan merkki myöhäisvaiheen tuhosta. (Kautz ym. 2023, 406).



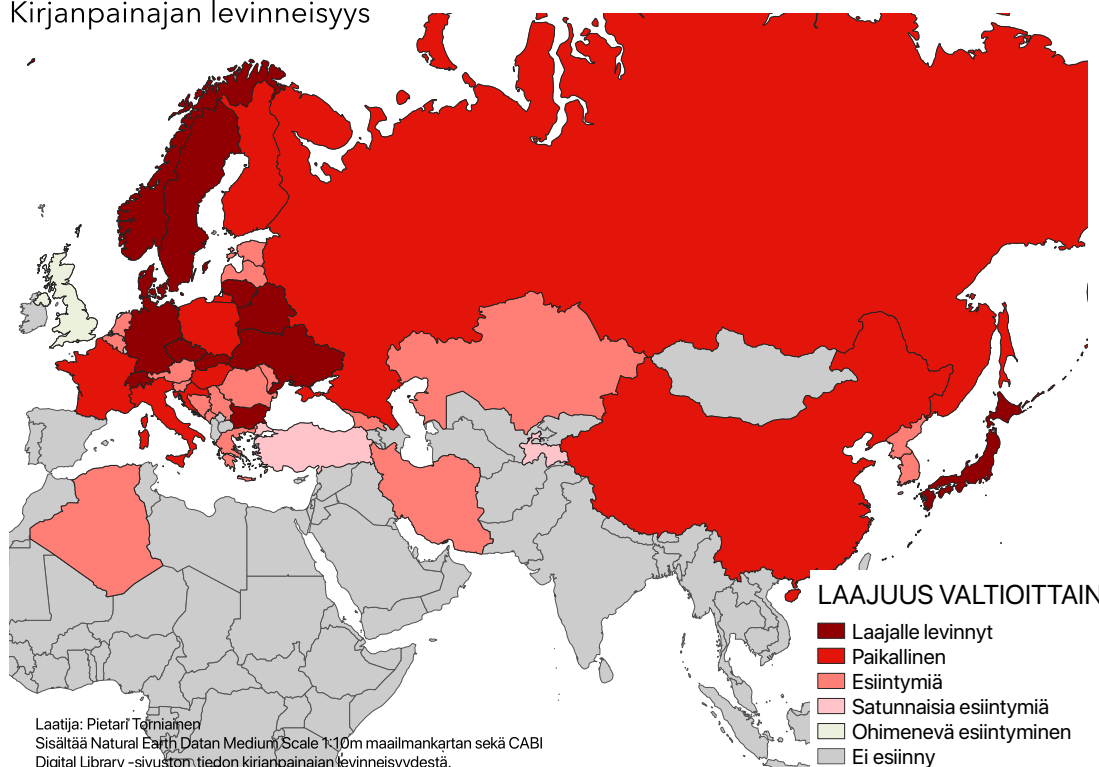
KUVA 2. Merkkejä kirjanpainajatuhosta (Kautz ym. 2023, 406).

Kirjanpainaja mielletään enemmän tuholaiseksi kuin avainlajiksi, vaikka on molempia. Lajilla on merkittävä rooli lahoppuusta riippuvaisten lajien menestymiseen boreaalisissa metsissä. Se synnyttää järeää kuusilahoppuuta ja ylläpitää sen saatavuutta, hallitsee metsien dynamiikkaa sekä synnyttää pienaukkoja uuden puusukupolven kehittymisen mahdollistumiselle. (Melin ym. 2022, 2). Luonnollisissa olosuhteissa kirjanpainajan esiintyminen kestää kolmesta kuuteen vuotta, mikä päättyy joko lajin sisäisen kilpailun, luontaisten vihollisten tai sääolosuhteiden takia. Harvoin sopivien isäntäpuiden ehtyminen on syy populaation häviämiseen. (Vanická ym. 2020, 2).

3.2 Levinneisyys

Kirjanpainajaa (*Ips Typographus* L.) tavataan luontaisesti Euroopassa ja Aasiassa. Kaarnakuoriaisen levinneisyys noudattaa paljolti metsäkuusen (*Picea abies*) levinneisyysaluetta pois lukien Ural vuoriston itäistä puolta, jossa *Picea abies* vaihtuu siperiankuuseen (*Picea obovata*). Kuusen tavoin kirjanpainajaa esiintyy alangoista aina vuoristojen metsärajaan asti. (CABI 2021).

Kirjanpainajan levinneisyys



KUVIO 1. Kirjanpainajan (*Ips typographus* L.) levinneisyyskartta (Pietari Torniainen).

Venäjällä kirjanpainaja on vakiintunut vain Siperian länsiosissa ja Kaukoidässä. Laji on kadonnut kokonaan Irlannista ja on katoamassa Iso-Britanniasta. Viimeisimmät aluevaltaukset kirjanpainaja on tehnyt osaan Kiinan provinseista sekä Georgiaan. (CABI 2021).

3.3 Kirjanpainaja Suomessa

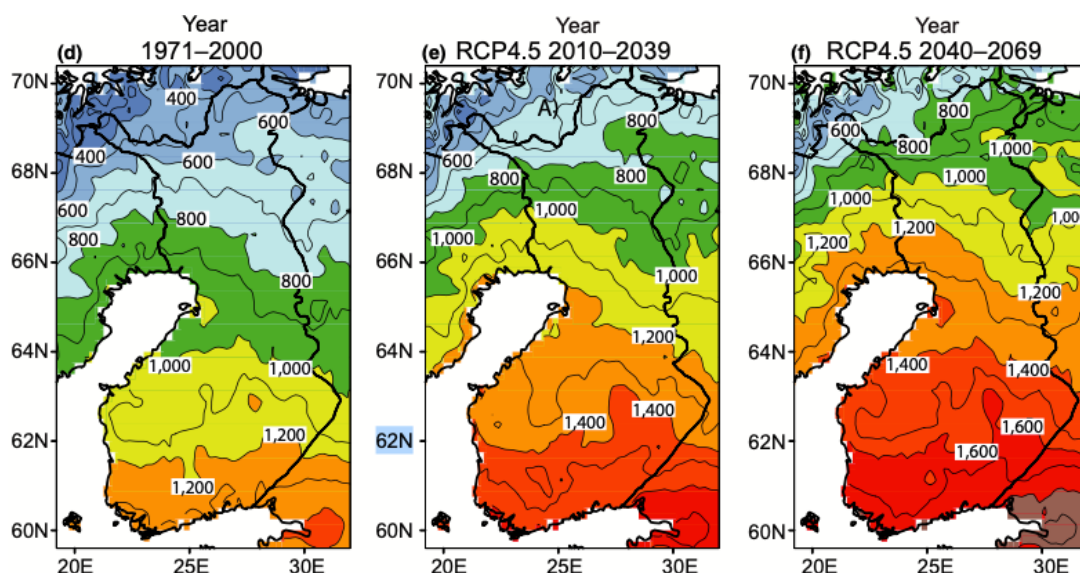
Kirjanpainaja aiheuttaa häiriöitä vain kuusivaltaisissa metsissä, mutta sitä tavaan joskus myös yksittäisenä tuhona lehtikuusilla ja männyillä. Puun elinvoimaisuus ja siihen kohdistuneet stressitekijät vaikuttavat tuhoriskiin kaikista eniten. Vaikka laji pystyy leviämään myös terveisiin kuusiin, on sen iskeytymiskyky tällaisiin kuusiyksilöihin heikompi verrattuna muihin kaarnakuoriaissukulaisiinsa. (Pelto-Arvo 2020, 7). Myrskytuhot mielletään usein kirjanpainajan tuhoriskin aiheuttajaksi, mutta myös muut stressitekijät, kuten kuivuus, altistavat kuoriaistu-

hoille. Kuivat ja kuumat kesät luovat otolliset olosuhteet kirjanpainajan lisääntymiselle, sillä kuusen heikko kuivuuden sietokyky heikentää sen elinvoimaisuutta (Siitonen & Pouttu 2014, 184).

Suomessa laji on toistaiseksi ollut univoltiininen, eli synnyttänyt yhden sukupolven kesässä. Ennen 2000-lukua lajia esiintyi pienissä määrin tuulenkaadoissa, mutta on erinäisten tapahtumien kautta pystynyt lisääntymään eksponentiaalisesti viimeisen 20 vuoden aikana. 2000-luvun alussa kuoriaiskannan määrä lisääntyi merkittävästi Etelä-Suomessa kahden myrskyn seurauksena, jolloin puita kaatui yli 7 milj. m³ (Eriksson, Pouttu & Roininen 2005, 106). 2010 koettiin harvinaisen lämmin terminen kasvukausi, jolloin jo ennestään suuri kirjanpainajayksilömäärä lisääntyi toisessa sukupolvessa samana kesänä. Tilannetta eivät parantaneet samaisen vuoden heinä-elokuun vaihteen ukkosmyrskyt, jotka vaurioittivat peräti 8 milj.m³ puuta. Tavallista lämpimämmät kesät jatkuivat vielä pari vuotta ja kirjanpainajapopulaatiokanta saavutti huippunsa kesällä 2013, jolloin niiden havaittiin iskeytyneen myös terveisiin kuusiin. (Venäläinen ym. 2020, 4187).

3.3.0 Ilmastonmuutoksen vaikutukset kirjanpainajaan

Suomessa on toistaiseksi säästyty massiivisilta kirjanpainajaepidemioilta joutuksen pohjoisesta sijainnistamme ja ilmastostamme. Tavallista lämpimämmät kesät ovat jo nyt satunnaisesti mahdollistaneet kahden kirjanpainajasukupolven syntymisen kasvukauden aikana. Lämpösumman tulee kasvukaudella tällöin ylittää 1500 astevuorokautta. Se on kaksinkertainen määrä astevuorokausia kirjanpainajayksilön kehittymiseen munasta aikuiseksi, mikä vaatii 625–750 °Cvrk. (Venäläinen ym. 2020, 4187).



KUVA 3. Suomen alueellisten lämpösummien kehitys ja tulevaisuuden ennusteet. Ennusteet perustuvat RCP-skenaarioon, missä kasvihuonekaasupäästöjä onnistutaan vähentämään kohtuullisesti (RCP4.5). (Venäläinen ym. 2020, 4187).

Vuosina 1971–2000 Etelä- ja Keski-Suomessa todennäköisyys sille, että lämpösumma ylittäisi 1500 °Cvrk oli alle 10 %, kun taas Lapissa alle prosentin. RCP4.5 ennusteen mukaan samainen lämpösumma ylittyy yli 80 % todennäköisyydellä vuosina 2040–2069 Etelä-Suomessa. RCP4.5 ennusteessa vuotuinen keskilämpötila nousee + 3,3 °C 2080-lukuun mennessä, kun verrataan vuosiin 1981–2010. Vastaavasti Keski-Suomessa todennäköisyys on 60 % ja Pohjoisessa 10–30 %. Saman RCP-skenaarioon mukaan koko Suomessa todennäköisyys 1500 astevuorokauden ylittymiselle kasvaa 10 prosenttiyksikköä ajanjaksona 2070–2099. (Venäläinen ym. 2020, 4187). Vuosisadan loppuun mennessä kirjanpaina tulee synnyttämään kaksi sukupolvea vuodessa Etelä-Suomessa (Hlásny ym. 2019, 12).

Kesäaikaisen kuivuuden, tuulituhojen ja leutojen talvien odotetaan lisääntyvän tulevaisuudessa, jolloin kirjanpainajakannan uskotaan lähes varmasti lisääntyvän. Nämä ovat ilmiöitä, joihin emme voi vaikuttaa. Puulajisuhteita voimme kuitenkin muovata. Esim. Tšekissä tähän on puututtu lainsäädännöllisin keinoin – kuusta ei saa istuttaa riskialueille, sen osuus ei saa ylittää tiettyä rajaa kuviolla ja valtiolta saa tukea muiden sopivampien puulajien istuttamiseen. Keski-Euroopassa, kuten Suomessakin, sekametsien kasvattamista vaikeuttavat kauriit ja hirvet. (Melin ym. 2022, 7–8). Voimakas Etelä-Suomen kuusettuminen on osittain

johtunut tästä syystä, jolloin kuusta on viljelty liian kuiville ja karuille maille. Toisaalta ilmastonmuutoksen seurauksena lämpimämpään ilmastoon sopeutuneet lehtipuut tulevat yleistymään vähentäen kuusen osuutta luontaisin keinoin (Dobor ym. 2019, 5).

Kuten Keski-Euroopassa jo tähän mennessä, Suomessa tuhojen lisääntyminen ei tule tapahtumaan tasaisesti, vaan aalloissa. Aallot voivat olla satojen kilometrien laajuisia, joita laukaisevat sään eri ääri-ilmiöt, kuten pitkät kuivuusjaksot ja myrskyt. (Hlásny ym. 2019, 12).

3.4 Tuhot Keski-Euroopassa

Metsäkuusi (*Picea Abies*) on taloudellisesti arvokkain puulaji Euroopan laajuisesti (Thorn, Bässler, Svoboda & Müller 2017, 114), minkä takia lehtipuuvaltaisia metsiä on uudistettu historian saatossa puhtaiksi kuusikoiksi (Johann ym. 2004). Vauhdikkaan kasvun sekä teollisuuden kannalta hyvien teknisten ominaisuuksien vuoksi kuusta on istutettu myös lajin luontaisen levinneisyysalueen ulkopuolelle. Luontaisia puulajeja korvanneita istutuskuusikoita kutsutaan sekundäärimetsiksi. Tällaisissa metsissä esiintyy yhä lisääntyvässä määrin terveys- ja elinvoimaisuusongelmia, jotka ovat johtaneet alttiuteen myrsky- ja kirjanpainajatuhoille sekä kuivuudelle. (Hlásny ym. 2019, 6) Ongelmat terveydessä ja elinvoimaisuudessa ovat puolestaan johtaneet yleisesti esiintyviin myrsky- ja kirjanpainajatuhoihin. (Thorn ym. 2017, 114). Homogeenisten istutuskuusikoiden ja ilmastonmuutoksen yhteisvaikutuksesta häiriöiden odotetaan kasvavan levinneisyysalueen ulkopuolella, mutta myös luontaisella levinneisyysalueella. (Hlásny 2019, 6).

Edellä mainitut syyt yhdessä ilmastonmuutoksen vaikutusten kanssa ovat lisänneet neljän viimeisen vuosikymmenen aikana kuusi- ja mäntypuiden vaurioita lähes 700 % (2,1 milj. m³/vuosi ajanjaksolla 1971–1980 → 14,5 milj. m³/vuosi ajanjaksolla 2002–2010). Ennusteiden mukaan vuosina 2021–2030 odotetaan 17,9 miljoonan kuutiometrin vuotuista kirjanpainajan vaurioittamien puiden määrää. Pahiten tuhojen odotetaan osuvan Euroopan subatlanttiselle alueelle, johon kuuluvat mm. Saksa, Ranska ja Hollanti. Tälle alueelle on vuosille 2021–2030 laskettu kuusinkertainen kirjanpainajatuhojen määrä verrattuna vuosiin 1971–1980. Jopa maltillinen ilmaston lämpeneminen (+2,4°C) voi johtaa jopa 3–5-kertaiseen

kirjanpainajatuho määrään Itävallassa verrattuna vuosiin 1990–2004. (Hlásny ym. 2019, 11–12).

3.5 Luontaiset viholliset

Kirjanpainajan synnyttämä järeä lahopuu houkuttelee paikalle myös lajin luontaisia vihollisia. Kirjanpainajan viholliset koostuvat monista eri loislajeista, pedoista ja muista kuoriaiselle haitallisista lajeista. (Pelto-Arvo 2020, 11). Kaiken kaikkiaan noin 140 niveljalkaislajin tunnetaan liittyvän tai vaikuttavan jollain tavalla kirjanpainajaan (Martikainen ym. 1999, 234). Kirjanpainajan kilpailijat ja viholliset voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan niiden ravintotottumusten mukaan – saalistajiin, loisiin ja loispistiäisiin. Saalistajat voidaan jakaa edelleen specialistisaalistajiin, generalistisiin saalistajiin ja kaikkiruokaisiin. Kirjanpainajaa ravintonaan käyttävät lajit ovat useimmiten generalisteja, jolloin niille kelpaavat myös muut kaarnakuoriaiset. Vastaavasti loispistiäisistä löytyy eniten spesialisteja, eli ne ovat erikoistuneet vain tiettyyn lajiin. Kirjanpainajaa saalistavat specialistilajit tulevat alueelle vasta kuoriaisen ollessa läsnä, kun taas generalisteja voi olla alueilla missä lajia ei esiinny. (Pelto-Arvo 2020, 11–12).

Tunnetuin kirjanpainajan vihollinen on Isomuurahaiskuoriainen, joka saalistaa aikuisia kirjanpainajia. Lajille kelpaavat myös kirjanpainajan toukkia saalistavat hyönteiset, kuten petokärpäset. (Heimo Andersson 2021, 13). Isomuurahaiskuoriainen syö aikuisiällä noin 100 kirjanpainajaa ja toukkavaiheessa 50 kirjanpainajantoukkaa. Ruotsalaisessa tutkimuksessa isomuurahaiskuoriaisia mitattiin 10-kertainen määrä kirjanpainajatuhoalueella verrattuna alueeseen, missä tuhoja ei ollut. Tämä viittaisi siihen, että vihollisten määrän kasvu korreloi kirjanpainajien määrän kasvulla. Kirjanpainajatoukkien kuolleisuuteen vaikuttavat eniten päpsiäiset (*Medetera*). Tämän kärpässuku syö vain 5–10 kirjanpainajantoukkaa elinaikanaan, mutta esiintyy tyypillisesti suurissa määrissä. (Wermelinger 2004, 71–72).

Luontaisten vihollisten on huomattu viihtyvän parhaiten terveissä metsissä, mikä viittaisi siihen, että kunnostus- ja muut metsien terveyden parantamiseen tähtäävät hakkuut voivat vähentää kirjanpainajien määrää. Kun vaurioituneet puut kor-

jataan pois, pakottaa se resurssipulasta kärsivät kuoriaiset ja niiden kilpailijat samoihin puuyksilöihin lisäten kirjanpainajan kuolleisuutta. Tästä ei voida kuitenkaan olla varmoja vihollislajiston moninaisuuden, vuotuisten olosuhteiden muutosten sekä vähäisten aiheen tiimoilta tehtyjen tutkimusten vuoksi. (Pelto-Arvo 2020, 73–74). Luontaisia vihollisia on havaittu vanhoissa metsissä (yli 160-vuotias) enemmän kuin uudistuskypsissä talousmetsissä. Tämä johtuu mitä todennäköisimmin suuremmasta lahopuun määrästä ja sen diversiteetistä. Myös kirjanpainajia on enemmän. Tällaisten vanhojen metsien monimuotoisuus on paljon suurempi verrattuna uudistuskypsiin talousmetsiin, jolloin kirjanpainajan populaatiodynamiikka säilyy endeemisellä tasolla tappaen vain yksittäisiä puita tai puuryhmiä vuositasolla. Lahopuujatkumon turvaaminen ja riittävän lehtipuuosuuden säilyttäminen pitää kirjanpainajakannan kurissa ja luontaisten vihollisten määrän riittävänä. Kuoriainen pysyy sekundaarisena tuhonaiheuttajana, jolloin suurilta häiriöiltä vältytään. (Martikainen ym. 1999, 243–244).

Vihollisten on myös huomattu olevan yleisesti ottaen herkempiä metsänkäsittelylle (Wermelinger 2004, 71). Käsittelylle herkkiä lajeja ovat mm. pikkumuurahaiskuoriainen (*Thanasimus femoralis*), havuarpitylppö (*Plegaderus vulneratus*), konnakuoriaisten sukuun kuuluva *Epuraea pygmaea* sekä ruostekaarniainen (*Rhizophagus ferrugineus*), joita tavataan yleisesti kirjanpainajan tappamalla puilla. Niiden määrä voi vähentyä 3–4-kertaisesti käsittelemättömiin metsiin verrattuna. Tämä johtuu osittain siitä, että viholliset valtaavat sekä jättävät kirjanpainajan tappaman puun kuoriaista myöhemmin. Tällöin kuolleita puita korjatessa voidaan mahdollisesti vähentää vihollispopulaation kantaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että vihollisten määrä olisi aina pienempi käsitellyissä metsissä. Esim. Iso-muurahaiskuoriaisten määrä pysyy kuta kuinkin samana. (Wermelinger 2004, 71).

4 KIRJANPAINAJATUHOJEN TORJUNTA

4.1 Torjunta Suomessa

Suomessa metsätuholaki (20.12.2013/1087) velvoittaa maanomistajaa korjaamaan metsästään vahingoittuneet puut, kun niiden määrä männyn kohdalla ylittää 20 m³/ha ja kuusella 10 m³/ha (Siitonen & Pouttu 2014, 184). Korjausvelvollisuus kohdistuu vain raja-arvot ylittävään osuuteen (Melin ym. 2021, 4). Lisäksi laissa on säädetty tuoreen havupuutavaran poiskuljetuksesta metsästä tarkoituksena ehkäistä hyönteisten aiheuttamia seuraustuhoja (Siitonen & Pouttu 2014, 184). Tuore kuusipuutavara houkuttelee etenkin kesällä kirjanpainajia, jolloin puutavara tulisi kuljettaa pois 30 päivän sisällä hakkuusta. (Metsäinfo N.d.). Maanomistaja voidaan asettaa korvausvelvolliseksi tiettyjen raja-arvojen ylittyessä, mikäli kirjanpainajatuhot pääsevät leviämään naapurikiinteistöihin. Luonnonsuojelualueilta yksityisomisteisiin naapurimetsiin levinneet tuhot korvataan siltä osin, kun ne ovat tuhoja aiheuttaneet. (Siitonen ym. 2014, 184–185).

Luonnonvarakeskus ja Suomen Metsäkeskus toteuttavat yhdessä valtakunnallista kirjanpainajaseurantaa, jonka avulla selvitetään alueellisten kirjanpainajakantojen kokoja. Seurannassa käytetään synteettisiä feromoniansoja, jotka houkuttelevat kuoriaisia. Ansat asetetaan keväällä talven aikana hakatuille uudistushakkuualoille, sillä reunametsien mikroilmastonmuutos aiheuttaa kuusissa stressiä valon ja lämmön lisääntyessä, mikä altistaa ne kirjanpainajalle. (Metsäkeskus 2022, 21–22).

Metsätuholain korvausvelvollisuudessa piilee ongelmia etenkin kuntien metsissä ja niissä tehdyissä kaavoituspäätöksissä. Kaavoituspäätösten kautta alueita voidaan varata esim. Puistoiksi, suojaviheralueiksi tai asemakaava-alueiksi, joissa metsälaki ei ole voimassa. Koska laki metsätuhojen torjunnasta on voimassa vain metsälakialueilla, ei vahingoittuneita puita tarvitse lain nojalla korjata pois eikä vahingonkorvaussäännös ole voimassa. Tällöin metsänomistaja ei voi vaatia kunnalta korvausta muuhun kuin metsätaloustarkoitukseen osoitetuista metsistä levinneistä kirjanpainajatuhoista. Toinen ongelma ilmenee heikentyneiden puiden poistossa, mikä mahdollisesti ennaltaehkäisisi tuhojen leviämistä. Laki sallii

puiden poiston kaava-alueilta, mutta siihen tarvittavan maisematyöluvan hakeminen ja sen saaminen voi olla pitkä prosessi, jolloin toimenpiteen toteutus on auttamattoman myöhässä. Mikäli tuho on metsässä edennyt tarpeeksi ja poistettavien puiden määrä kasvaa, voidaan lupa evätä, jos toimenpiteen katsotaan muut-tavan maisemaa haitallisesti kaavan toteutumisen näkökulmasta. (Melin ym. 2021, 6–7).

4.2 Torjunta Ruotsissa ja Keski-Euroopassa

Käytännössä kaikissa metsäteollisuutta harjoittavissa maissa on säädetty laissa metsätuhojen torjunnasta ja metsien terveydestä, etenkin boreaalisella havumetsävyöhykkeellä. Esim. Ruotsissa tuoreen havupuutavaran ja vahingoittuneiden puiden poiskuljetuksen säädös on sama kuin Suomessa. Merkittävänä erona tosin raja-arvot – kuusipuutavaran poistamisvelvollisuus syntyy jo määrän ylittäessä 5 m³/ha. Paikoittain Etelä-Ruotsia raja on 3 m³/ha. Kuutiometrirajaa on jouduttu Ruotsissa laskemaan suuremman kirjanpainajakannan vuoksi. (Melin ym. 2021, 4).

EU:ssa on annettu asetus kasvintuhoojien vastaisista suojelutoimenpiteistä (2016/2031). Asetuksessa on säädetty muun muassa kasvinterveyden turvaamisesta erilaisia haitallisia lajeja vastaan sekä määritetty unionikaranteenituhoojat, joiden katsotaan aiheuttavan merkittäviä taloudellisia, yhteiskunnallisia tai ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Esim. Saksassa Baijerin metsään ja Harzin kansallispuistoihin on perustettu kasvinterveysalueita metsiensuojelualueiden ympärille, missä kirjanpainajaa esiintyy eriävissä määrin. Kuoriaisen torjunta on kuitenkin osoittautunut vaikeaksi ja työntäyteiseksi johtuen suojavyöhykkeen suu-resta koosta sekä loputtomalta tuntuvasta kuoriaisongelmasta. 100 m – 1500 m leveiden suojavyöhykkeiden on todettu kuitenkin olevan tehokkaita estämään kirjanpainajan leviäminen talousmetsiin. (Wermelinger 2004, 76).

Kunnostushakkuiden lisäksi Keski-Euroopassa toteutetaan sanitaatiohakkuita (sanitation felling). Sanitaatiohakuilla pyritään niin ikään ehkäisemään kirjanpainajan leviämistä tunnistamalla ja poistamalla puita, missä kuoriaiset edelleen ovat. (Miścicki & Grodzki 2021, 750). Sanitaatiohakkuu on käytännössä sama asia kuin kunnostushakkuu, mutta pyrkii vain tuhojen torjuntaan. Taloudellisten

tappioiden minimointi on siis täysin toissijaista. Joissain tutkimuksissa termejä käytetään toistensa synonyymeinä, kun taas toisissa ne tarkoittavat kahta eri asiaa (Basile ym. 2023, 2).

Kunnostus- ja sanitaatiohakkuiden lisäksi joissain tapauksissa voidaan tuulenskaadoista kuoria kaarna pois tai raapia sitä osittain. Kuoriaiset eivät tällöin kykene hyödyntämään vastakuollutta puuta nilakerroksen ollessa liian ohut tai täysin poistettu. Kaarnan vahingoittamista käytetään alueilla, missä halutaan säilyttää mahdollisimman monimuotoinen metsäekosysteemi (esim. kansallispuistojen metsänhoidon piirissä olevat alueet ja syrjäiset vuoristoalueet). (Thorn ym. 2017, 117).

4.3 Feromoniansat ja pyyntipuut

Feromonipyydyksiä käytetään kirjanpainajan torjuntaan, kartoitukseen ja tuhojen ehkäisemiseen. (Bakke 1991, 371). Pyydyksiä käytetään usein pyyntipuiden kanssa. Pyyntipuu on pölkyiksi katkottu kuusitukki, johon feromoni kiinnitetään. Ne sijoitetaan vasta hakatuille aukoilta ennen parveilun alkua, mutta vähintään 20 m päähän ympäröivistä kuusimetsistä. (Metsäinfo N.d.). Ansoihin kiinnijääneiden kirjanpainajien määrä riippuu ympäristö- ja paikallisolosuhteista, kuten säästä, auringonpaisteesta ja ympäröivien metsien tarjonnasta (mm. tuulenskaadot). Ansat tulisi suunnata etelää kohti, sillä niihin pyydystettyjen kirjanpainajien määrä on nelinkertainen verrattuna pohjoiseen suunnattuihin ansoihin. Feromoniansoja on kritisoitu kirjanpainajan torjunnassa, sillä laskelmien mukaan vain 10 % kirjanpainajapopulaatiosta jää kiinni korkeillakin ansatiheyksillä. Tästä syystä ansoja käytetään lähinnä ennaltaehkäisyyn, mikä on todettu toimivaksi, mutta aikaa vieväksi. (Wermelinger 2004, 75).

4.4 Kehitettävää

Kirjanpainaja- sekä yleisessä tuhojen hallinnoinnissa on jatkossa otettava huomioon häiriöiden keskinäisiä vaikutuksia, kuten kuivuuden, hyönteistuhojen, tuulen, metsäpalojen ja tautien erilaiset ketjut. Tuhoriskien kasvaessa tavanomaiset tuhojen hallinta- ja ehkäisymetodit eivät ole enää tehokkaita. Uusien teknologisten innovaatioiden yleistymisen voi mullistaa tuhojen kartoituksen, ennustuksen

ja aluesuunnittelun. Haasteisin vastaaminen vaatii tieteen, politiikan ja käytännön välistä yhteensovittamista sekä satsausta koulutukseen. (Hlásny & Haas 2023).

Kirjanpainajatuhojen torjunnan kehys tulisi koostua varautumis-, ennaltaehkäisy-, reagointi- ja elpymistoimista. Näissä vaiheissa hyödynnetään infrastruktuuria, lainsäädäntöä sekä ekologisia ja sosiaalisia toimia. Vaiheiden välillä on päällekkäisyyttä, sillä joillakin toimintatavoilla voidaan saavuttaa useita eri toimintoja. (Hlásny ym. 2021, 145). Koska eri sidosryhmillä on perustavanlaatuisesti erilaisia näkemyksiä ja prioriteetteja, on avoin keskustelu erittäin tärkeää torjuntatoimien eri vaiheissa. Tutkimustieto ei itsessään riitä päätöksenteossa, sillä varsinainen päätös tulee riippumaan eri toimijoiden maailmankatsomuksista. Maailmankatsomus perustuu tyypillisesti ammatilliseen identiteettiin ja valtaan, sekä poliittisiin ja oikeudellisiin realiteetteihin. (Blicharska ym. 2020, 1).

4.4.0 Varautuminen

Tuhoihin varautuminen ekologisesta näkökulmasta kattaa kaikki ne toimet, joilla voidaan parantaa metsien resilienssiä, eli kykyä toipua tuhonaiheuttajien äkillisestä lisääntymisestä. Resilienssipainotteinen lähestymistapa keskittyy mm. häiriötä edeltäneiden metsikön rakenteiden hallintaan sekä varhais- ja myöhäissukcession lajien tasaiseen jakaumaan. Resilienssi auttaa selviytymään ennustamattomista häiriöihin liittyvistä epävarmuustekijöistä sekä muuttuvista yhteiskunnallisista tavoitteista ja toimii täten perustana metsätuhojen riskienhallinnassa. (Hlásny ym. 2021, 146–147).

Varautumisvaiheen sosiaaliset keinot käsittävät mm. tuhojen hallintaa ja kuoriaisekologiaa koskevan koulutuksen kehittämisen, riittävän ammattilaisten määrän sekä kansainvälisen yhteistyön vahvistamisen tuhojen hallinnassa ja seurannassa. Luontaisten häiriöiden hallinta edellyttää myös paikallisyhteisöjen osallistamista tavoitteiden suunnitteluun. (Hlásny ym. 2021, 147).

Metsäinfrastruktuurilta vaaditaan riittävää puutavaran varastointikapasiteettia, jotta suurta vahingoittuneiden puiden määrää voidaan käsitellä ja negatiivisia vaikutuksia puumarkkinoihin lieventää. Oikea-aikainen tuhometsien käsittely (kunnostus- ja sanitaatiohakkuu) edellyttää laajaa metsätieverkostoa ja tuhoalueiden

uudelleenistutus riittävää geneettisesti monipuolista haluttujen puulajien taimien määrää. (Hlásny ym. 2021, 147).

Lainsäädäntökehyksen on oltava mukautuva kirjanpainajatuhojen hallinnassa, jotta tutkimuksiin perustuvia ohjeita voitaisiin siihen sisällyttää. Lain tulisi määrittää mm. ohjeet tuhojen hillitsemiseen pyrkivien toimenpiteiden toteutuksesta ja täydennysistutusten tarpeellisuuden raja-arvoista. Jonkinlainen kannustinjärjestelmä tulisi ottaa käyttöön, joka kannustaisi tehokkaaseen kirjanpainajatuhojen reagointiin. (Hlásny ym. 2021, 147).

4.4.1 Ennaltaehkäisy

Ennaltaehkäisyssä keskitytään kirjanpainajakannan kasvamisen torjuntaan sekä metsien rakenteiden ja olosuhteiden muokkaamiseen, jotta tuhojen alkamisen ja leviämisen todennäköisyys heikkenisi sekä kuvio- että maisematasolla. Tuhon kestävyyttä voidaan parantaa esim. suosimalla sekapuustoisuutta, luontaisia vihollisia sekä lisäämällä geneettistä monimuotoisuutta. Tämä tapahtuu istuttamalla kasvupaikalle vain sellaisia puulajeja, jotka maaperän ravinteisuustaso ja vedenpidätyskyky huomioiden, menestyvät ja ovat siten vastustuskyvyltään tehokkaampia. Keskeinen osa ennaltaehkäisyssä on myös määrällinen seuranta, missä tarkkaillaan kuoriais- ja vihollispopulaatioita sekä muutoksia puiden vastustuskyvyssä. Ehkäisevien keinojen toteutuminen onnistuu, kun tuhosta kärsineet puut havaitaan ja korjataan riittävän ajoissa, tehdään oikea-aikaisia elinvoimaisuutta edistäviä harvennuksia, luodaan luontaisille vihollisille soveltuvia elinympäristöjä sekä vähennetään kuoriaisille soutuisten elinympäristöjen kytkeytyvyyttä. (Hlásny ym. 2021, 147).

Vaikka ehkäisykeinot käsittävät lähinnä ekologiseen kestävyyteen tähtääviä toimenpiteitä, liittyy niihin myös sosiaalinen ulottuvuus. Ennaltaehkäisy vaatii alue-tason suunnittelua, jolloin alueella voi olla useampia metsänomistajia. Toimenpiteiden koordinointi on tällöin erittäin tärkeää, varsinkin kun metsänomistajilla on erilaisia tavoitteita metsilleen. (Hlásny ym. 2021, 148).

4.4.2 Reagointi

Tarkoituksena on minimoida tuhojen vaikutuksia ja estää kielteiset seuraukset metsien käytön tavoitteisiin. Reagoinnin ekologinen ulottuvuus käsittää tuoreiden kolonisoitujen puiden poiston, jotta kuoriaisen lisääntymiseen soveltuvien puiden määrä supistuisi. Etenkin talousmetsissä puiden korjaaminen ennen puutavaran pilaantumista on tärkeää. Tuhoihin voidaan myös olla puuttumatta, mikäli puiden poistamisella ei ole merkittävää vaikutusta edellä mainittuihin tavoitteisiin. Päinvastoin – tuhopuiden poisto voi heikentää ekosysteemipalveluiden tuottamista sekä haitata tuhon jälkeistä elpymistä. (Hlásny ym. 2021, 148).

Infrastruktuurin on tuettava näyttöön perustuvia keinoja kirjanpainajatuhoihin reagoimassa, mikä tarkoittaa virallisten toimintamallien kehittämistä ja soveltamista. Näiden avulla päätöksentekijät kykenisivät arvioimaan eri torjuntatoimenpiteiden välisiä kompromisseja. Yhteiskunnan on päätettävä vähentää suunniteltuja hakkuuita jossain muualla, jotta laaja-alaisia kirjanpainajatuhoalueita voitaisiin kompensoida. Tilapäisiä varastoja täytyy perustaa, jotta vaurioituneiden puiden osuutta puunhankintaketjussa voitaisiin puskuroida ja siten minimoida markkina-vaikutuksia. (Hlásny ym. 2021, 148).

4.4.3 Elpyminen

Elpymistoimilla tuetaan uusien puusukupolvien vakiintumista tuhoalueilla sekä metsätalouden harjoittamisen toipumista. Ekologisen ulottuvuuden elpymiskeinot täten painottuvat ilmastonmuutosta ja häiriöitä kestäviin metsien rakenteisiin. Metsänkäsittelyllä pystytään ohjaamaan rakennetta kestävämpään suuntaan, ylläpitämään varhaislajiston lajistoa maisemasolla sekä hyödyntämään selviytyneitä ja kuolleita puita uudelleen metsittämisessä ja elpymisessä. (Fares, Mugnozza, Corona & Palahí 2015, 408; Hlásny ym. 2021, 148).

Elpymistoimiin tulisi sisällyttää jonkinlainen valtiontukijärjestelmä, mikä tukisi rahallisesti tuleviin olosuhteisiin paremmin sopeutuvien puulajien istutusta. Taloudellisia riskejä voidaan myös hajauttaa metsänomistajien kesken metsävakuutusjärjestelmien kautta. (Hlásny ym. 2021, 148).

5 YLEISTÄ KUNNOSTUSHAKKUISTA

Kunnostushakkuita (eng. salvage logging) toteutetaan laajasti eri mantereilla ja ne ovat yleisiä etenkin boreaalisen sekä lauhkean vyöhykkeen metsissä (Thorn ym. 2020, 2). Tällaisten kasvillisuusvyöhykkeiden metsiä luonnehtivat korkean intensiteetin luontaiset häiriöt, varsinkin metsäpalot ja hyönteistuhot, jotka hävittävät puuston kokonaan tai osittain. Hakkuutavan tarkoituksena on putsata tuholle tai tuhon aiheuttajalle altistunut metsä, jotta taloudelliset tappiot saadaan pidettyä minimissään ja mahdollisilta seuraustuhoilta vältytään. Tarpeen kunnostushakkuulle voi aiheuttaa maantieteellisestä sijainnista riippuen esim. mutavyöry, vulkaaninen purkaus, myrsky, maanjäristys tai tulva. Kunnostushakkuita saatetaan toteuttaa tavanomaisiin hakkuutapoihin nähden voimakkaampina ja suuremmassa mittakaavassa. (Lindenmayer ym. 2006, 950–951). Metsätalouden ulkopuolisetkaan alueet eivät ole poissuljettuja – esimerkiksi kansallispuistoissa kunnostushakkuut ovat yleisiä. (Thorn ym. 2020, 2). Näin tapahtuu etenkin Euroopassa ja Aasiassa, missä peräti 19:ssä suojelualueesta 13:ssa tehtiin kunnostushakkuita. (Müller ym. 2019, 2).

5.1 Taustaa

Kunnostushakkuita on käytetty metsätuhokohteiden käsittelyyn jo kauan ennen Keski-Euroopassa puhjennutta kirjanpainaepidemiaa. Australiassa Viktorian osavaltiossa vuonna 1926 paloi 400 000 hehtaaria maata, jonka seurauksena 60 ihmistä sai surmansa ja 700 loukkaantui (CBC n.d.). Maastopalojen jälkeen tuhoutuneet eukalyptusmetsät käsiteltiin kunnostushakkuilla. Laajakantoisia kunnostushakkuita tehtiin myös Pohjois-Amerikassa. Yhdysvalloissa Oregonin osavaltiossa metsää tuhoutui peräti 280 000 hehtaaria vuosina 1933–1951 neljässä eri tulipalossa (Cannon Beach History Center & Museum 2020). Hakkuita toteutettiin alueella vielä vuosia viimeisimmän metsäpalon jälkeen ainakin vuoteen 1959 asti. Toinen merkittävä laajan mittakaavan kunnostushakkuoperaatio toteutettiin vuonna 1938 hurrikaanin aiheuttamien tuhojen takia Yhdysvaltojen koillisosassa. (Lindenmayer ym. 2006, 951).

Kunnostushakkuihin on kohdistunut paljon kritiikkiä, sillä tuhokohteiden käsittelyn perustelut kyseisellä hakkuutavalla ovat kyseenalaiset. Oletuksena on ollut, että luontaisesti häiriintyneet metsät houkuttelevat tuholaishyönteisiä, jotka puolestaan leviävät ympäröiviin metsiin laajentaen tuhon vaikutusalueita. Kuolleiden puiden uskotaan myös lisäävän metsäpaloriskiä uhaten yleistä turvallisuutta. (Lindenmayer ym. 2006, 950). Menetelmän vaikutuksista seuraustuhon hillitsemiseen on kuitenkin toistaiseksi vähän näyttöä (Leverkus ym. 2021, 1). Koska taloudellisten tappioiden välttäminen on pääasiallinen peruste kunnostushakkuille, jää tällöin muiden ekosysteemipalveluiden huomiointi usein toissijaiseksi. Tämä aspekti on saanut eittämättä eniten kritiikkiä, sillä metsien hygieniasta huolehtiminen vähentää mm. lahoppuusta ja palaneesta puusta riippuvaisten lajien elinympäristöjä. Esimerkiksi kanadalainen tukkijäärälaji *Monochamus scutellatus* on kadonnut kunnostushakatuista metsistä lahoppuiden puutteen vuoksi. (Thorn ym. 2020, 2). Lahoppuun määrän väheneminen on yksi merkittävimmistä syistä eri metsälajien ja -luontotyyppien uhanalaistumisessa (Saalasti 2023, 5). Korkean intensiteetin tuhometsät ovat monilla alueilla lajistoltaan ja rakenteeltaan ainutlaatuisia sekä usein myös vaarantuneita luontotyyppejä (Lindenmayer ym. 2006, 950).

Müller ym. (2019) ovat ehdottaneet erilaisia poliittisia uudistuksia häiriömetsien käsittelyyn, jotta kunnostushakkuiden negatiivisia vaikutuksia metsien biodiversiteettiin ja ekosysteemipalveluiden tuotantoon voitaisiin minimoida. Kunnostushakkuita ei tulisi toteuttaa suojelluissa metsissä, ellei tuhosta koidu selviä riskejä ihmisille tai yksityisomaisuudelle. Hakkuiden taloudelliset hyödyt on suhteutettava niistä koituviin ekologisiin ja sosiaalisiin haittoihin. Tähän soveltuvat erilaiset talouden ja ympäristötilinpidon läpinäkyvät mekanismit, kuten YK:n ympäristötilinpito (SEEA), jonka avulla voidaan kuvata mm. luonnonvarojen käytöstä aiheutuvaa kuormitusta (Tilastokeskus N.d). Suojelualueiden ulkopuolisissa metsissä on harjoitettava alueellista suunnittelua, jotta tuhoalueille jää käsittelemättömiä kohteita. Suunnitelmat on luotava etukäteen ja niissä on todettava kuinka paljon alueesta jää käsittelemättä ja miksi. Perusteena voi olla esim. suojeltavien lajien esiintymä. Kunnostushakkuulla käsiteltävällä osuudella määritetään säästettävä häiriön jälkeiset puuston rakenteet, kuten kelot ja pökkelöt. Tämän kaltainen suunnittelu edellyttää hakkuusuunnitteiden uudelleen laskentaa, joka huomioisi

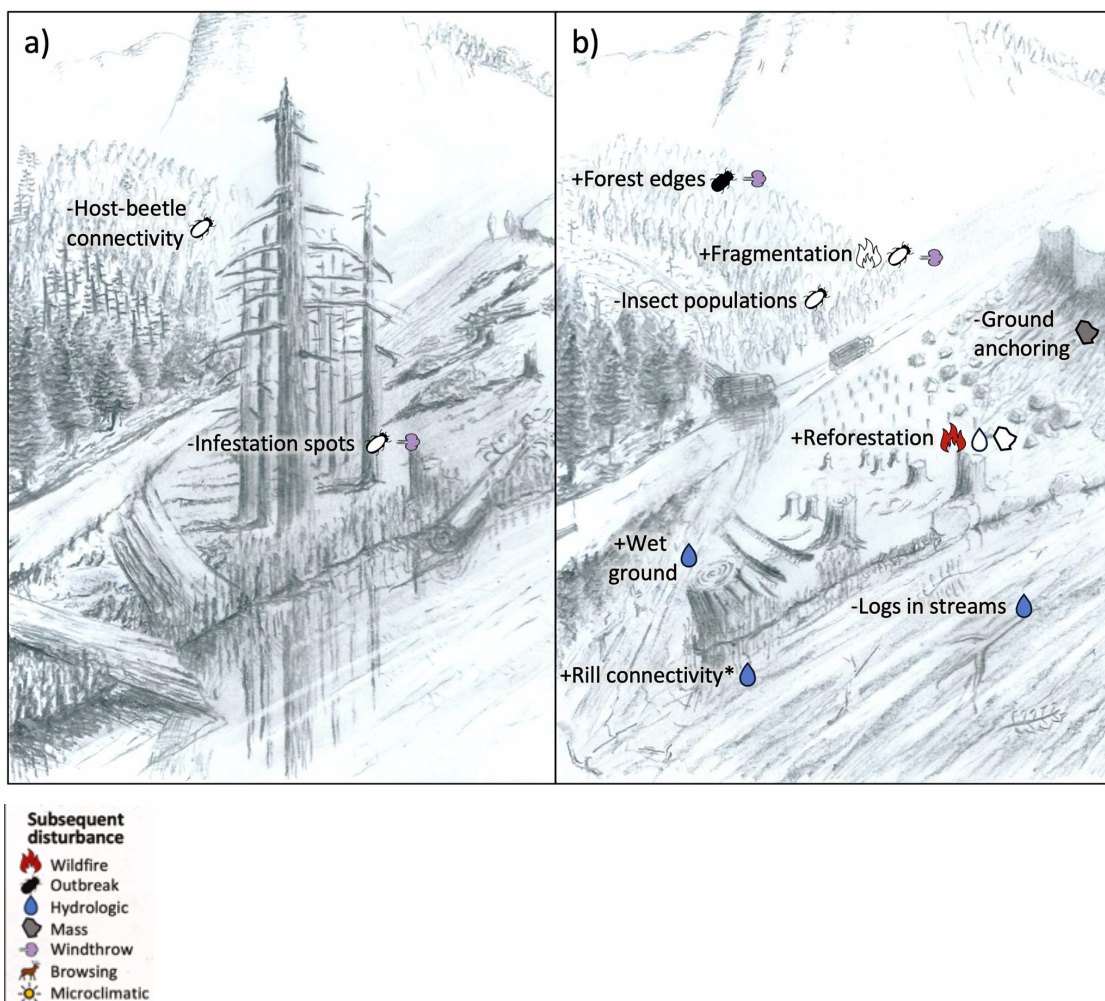
mahdolliset laajamittaiset tuhot. Muuten metsävarojen käyttö ylittää kestävän tason ja voi johtaa luonnontilaisten ja luonnontilaisen kaltaisten metsien ehtymiseen. On myös laadittava häiriöregiimikarttoja, jotta suojele- ja talousmetsien suunnittelua voitaisiin parantaa alueellisesti sekä ajallisesti. Karttojen tulisi osoittaa hakkuun ulkopuolelle jäävät alueet sekä ennen että jälkeen luontaisten häiriöiden. Lisäksi on panostettava parempiin koulutus- ja viestintäohjelmiin kaikilla hallinnollisilla tasoilla aina hallituksista paikallisiin toimihenkilöihin sekä metsäalan ja luonnonsuojelutieteiden koulutuksessa, jotta väärinkäsityksiä metsätuhojen haitallisuudesta voitaisiin korjata.

5.2 Kunnostushakkuut kirjanpainajan torjunnassa

Kaatuneet ja vaurioituneet puut ovat oivia lisääntymisalustoja erilaisille kaarna-kuoriaisille, jolloin kunnostushakkuita suunnataan Euroopassa pääasiassa myrskytuhoalueille. Tällaisten puiden puolustuskyky on heikentynyt, mikä mahdollistaa kirjanpainajan kolonisoinnin. Paikallisen kirjanpainajapopulaation muodostuminen etenee nopeasti endeemisestä populaatiodynamiikasta epideemiseksi, jolloin hyönteistuhot voivat levitä terveisiin ympärysmetsiin (Dobor ym. 2019, 68). Kunnostushakkuiden rooli kirjanpainajatuhojen leviämisessä on muuttaa häiriöiden välisiä toiminnallisia yhteyksiä (esim. tuulituho ja sitä seuraava endeeminen kirjanpainajapopulaatio) poistamalla, lieventämällä ja uudelleen jakamalla häiriöitä edeltäneen metsäekosysteemin rakenteita (esim. tuulenkaadot). Kuoriaispopulaatioiden kokoa pyritään supistamaan poistamalla jälkeläisiä, heikentämällä niiden eloonjäämismahdollisuuksia sekä pakottamalla leviäminen toisaalle epäsuotuisina vuodenaikoina. Vahingoittuneet kuuset tulisi korjata kevään parveilun jälkeen, mutta ennen uuden sukupolven aikuistumista. Tällöin rungot toimivat pyyntipuina, kun uusi kuoriaissukupolvi ei ennäätä levitä ympäröiviin puihin. (Wermelinger 2004, 75).

6 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TULOKSET

Kunnostushakkuut poistavat ja muuttavat tuhon jälkeen syntyneitä metsikön rakenteellisia piirteitä (esim. kelot, maalahopuut ja muut mikrohabitaatit), jolloin luontaisten häiriöiden toiminnallinen yhteys muuttuu. Tästä syystä hakkuut voivat myös luoda uusia yhteyksiä häiriöiden välille. (Leverkus ym. 2021, 1)



KUVA 4. Havainnekuvat tilanteista, missä a) on metsikkö, johon on vaikuttanut luontainen häiriö ja b) metsikkö, johon on vaikuttanut puolestaan luontaisen häiriön lisäksi kunnostushakkuu. Positiiviset vaikutukset ovat ilmaistu + merkillä ja negatiiviset – merkillä. Täysi symboli ilmaisee myöhempien häiriöiden todennäköisyyden, laajuuden tai suuruuden lisääystä ja vastaavasti tyhjä symboli vähene- mistä. Kuvassa englanninkieliset häiriöt tarkoittavat seuraavaa: **Host-beetle connectivity** = yhteys kuoriaispopulaatioiden ja lisääntymiseen kelpaavien pui- den välillä, **infestation spots** = lisääntymiseen kelpaavat kuuset, **forest edges**

= metsänreunat, **fragmentation** = pirstaloituminen, **insect populations** = hyönteispopulaatiot, **ground anchoring** = maan pysyminen paikallaan puiden juuriston avulla, **reforestation** = metsän uudistuminen, **wet ground** = märkä maa, **logs in stream** = puun kulkeutuminen virtavesiin, **rill connectivity** = vettä johtavien notkoissa olevien norojen kytkeytyvyys. (Kuva: Guillermo Macho) (Leverkus ym. 2021).

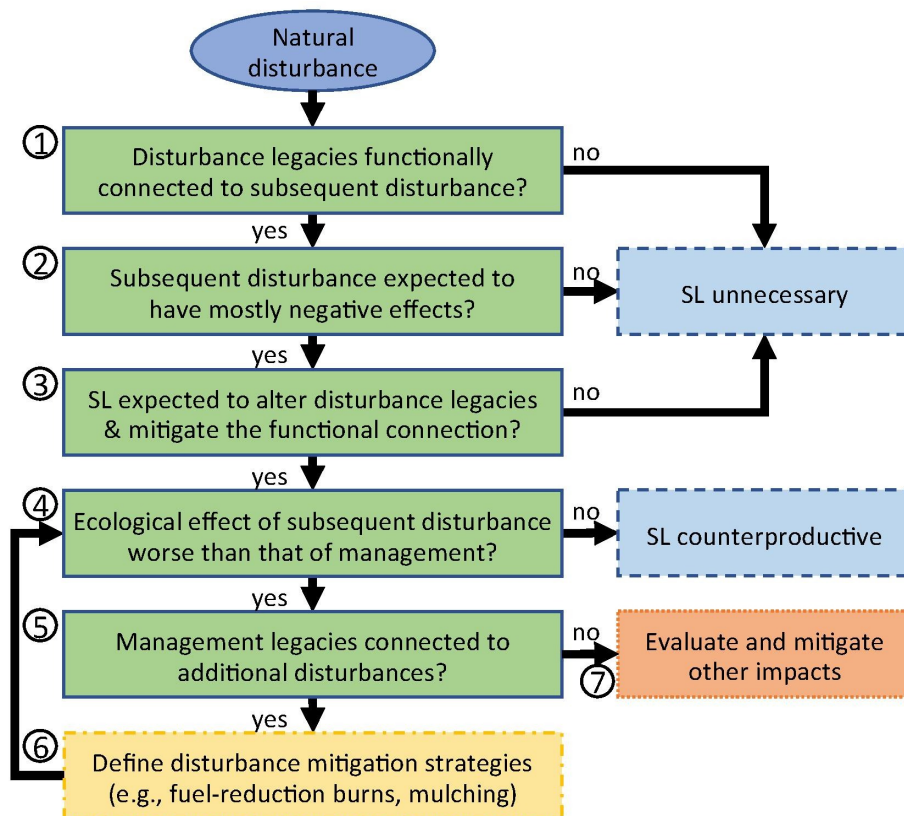
Kaarnakuoriaisille soveltuvien kuusien ja kuoriaisten kytkeytyvyys lisääntyvät, mikäli kunnostushakkuuta ei tehdä (Kuva 4, a). Myös tuulituhoriski kasvaa. Vastavasti kunnostushakkuu (Kuva 4, b) luo keinotekoisia metsänreunoja ja edistää metsien pirstaloitumista pahentaen niin ikään tuulituhoriskiä, jolloin hakkuulla voi olla käänteinen vaikutus kirjanpainajatuhojen leviämisen estämisessä. Hakkuualalla lisääntynyt valon määrä parantaa metsikön uudistumista, mutta lisää metsäpalariskiä luomalla herkästi syttyvää materiaalia, kuten hakkuutähteitä. Myös metsäkoneiden mekaaninen hankaus voi kiviin iskeytyessä kipinöidä ja aiheuttaa metsäpalon. Taimettuminen lisää mm. kiintoaineiden ja ravinteiden pidätystä, mutta myös massaliikuntojen, kuten lumivyöryjen pidätystä vuoristokuusikoissa. Toisaalta taimettumista edeltänyt puiden poisto puolestaan heikentää niiden pidätystä. Vaurioituneiden puiden poisto vähentää haihdutusta, mikä voi lisätä maaperän vettymistä ja pintavalutusta, mikäli alikasvos ei selviä hakkuusta. Valuman lisäys saattaa muodostaa pienvesiuurteita, jolloin kiintoaineita ja ravinteita voi päätyä vesistöihin. (Leverkus ym. 2021, 4).

Leverkus ym. (2021) laativat seuraushäiriötä koskevan päätöksentekokehyksen, jota voi hyödyntää punnittaessa kunnostushakkuun tarpeellisuutta (Kuva 5).

1. Arvioidaan aiheuttaako alkuperäinen häiriö (esim. myrsky) riskin seuraushäiriöön (kirjanpainaja). Tämä edellyttää mm. kuolleen puuston ja heikentyneiden puiden kartoittamista tuhoalueella. Maisematasolla on otettava huomioon mm. kirjanpainajapopulaation arvioitu koko sekä metsikön tuulialttius ennen kuin voidaan perustella kunnostushakkuun tarpeellisuus.
2. Tehdään ennakkoarvio tuhojen vaikutuksista. Tuholla voi olla myönteinen vaikutus luonnon monimuotoisuuden kannalta etenkin niiden ollessa har-

vinaisia maisemassa. Jos metsänhoidon tavoitteet ovat pääasiassa taloudellisia, puun laadun heikentyminen voi olla peruste kunnostushakkuuseen.

3. Jos seuraustuhoilla on kielteisiä vaikutuksia, on arvioitava, ehkäiseekö tai vähentääkö kunnostushakkuu tuhojen välistä toiminnallista yhteyttä. Esim. pienimuotoisen tuulituhon seurauksena nopeasti tehty kunnostushakkuu voi hillitä tehokkaasti kirjanpainajan leviämistä. Jos toiminnallinen yhteys muihin seuraustuhoihin ei johdu kuolleen puun määrästä, kunnostushakkuulla ei ole vaikutusta.
4. Jos kunnostushakkuulla voidaan lieventää seuraustuhoja, verrataan mahdollisia seuraustuhoon liittyviä riskejä (todennäköisyys ja vaikutus) hakkuun vaikutuksiin.
5. Mikäli kunnostushakkuun vaikutukset ovat positiivisempia kuin seuraustuholla, on arvioitava luovatko kunnostushakkuun jäljiltä jääneet hakkuutähteet tai ajourat lisäkytkentöjä seuraustuhoihin. Esim. lämpimänä vuodenaikana tehty hakkuu voi lisätä juurikäpäriskiä, kun havupuita jätetään pystyyn.
6. Siltä varalta, että kunnostushakkuusta koituu seuraustuhoja, on määritettävä mahdolliset lieventävät toimenpiteet. Esim. tuulituhokohteilla poimitaan myös heikentyneitä pystypuita kaatuneiden lisäksi tai kaatuneista puista kuoritaan kaarna.
7. Lopuksi, jos metsikön rakenteet sekä tuhon että hakkuun jäljiltä eivät ole yhteydessä muihin seuraustuhoihin, voidaan arvioida muita mahdollisia seurauksia hakkuista ja pyrkiä lieventämään niitä.

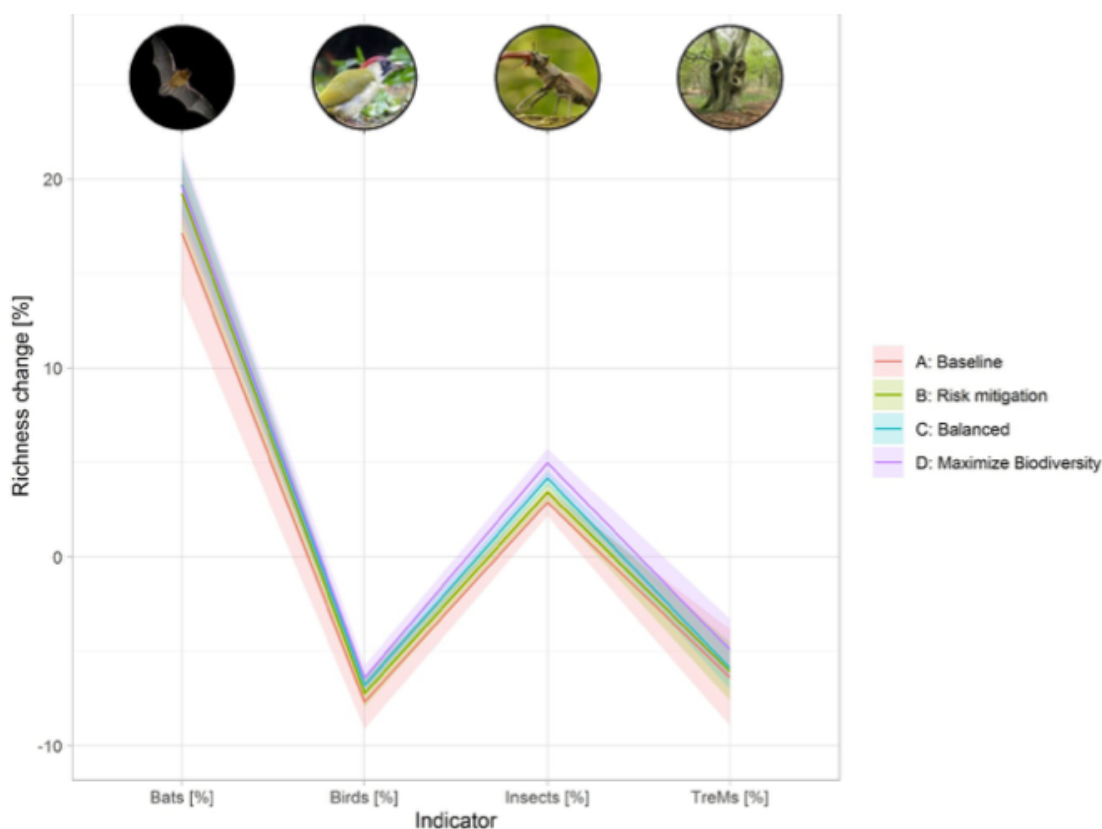


KUVA 5. Päätöksentekokehys kunnostushakkuun tarpeellisuuteen (Leverkus ym. 2021, 8).

6.1 Vaikutus ekologiaan

Kuten jo aiemmassa luvussa (5.1) mainittiin, kunnostushakkuilla voi olla kielteisiä vaikutuksia ekosysteemipalveluihin ja biodiversiteettiin. Metsätuhojen lisääntyessä on yhä enemmän kiinnitettävä huomiota häiriön jälkeisten metsien rakenteiden sekä puuyksilöiden/-ryhmien säästämiseen. Thorn ym. (2020) selvittivät, että jopa 75 % metsätuhoalueen puustosta on jätettävä hakkuiden ulkopuolelle, jotta ~90 % lajeista säilyisi. Vastaavasti säästämällä 50 % puustosta lajistosta säilyy neljäsosa verrattuna tilanteeseen, missä kunnostushakkuuta ei tehdä. Taksonomisten ryhmien välillä on luonnollisesti eroja. Esim. saproksyylien säilyminen edellyttää suurempaa säästöpuumäärää (85 %) verrattuna lahoppuusta riippumattomiin lajeihin (72 %). (Thorn ym. 2018, 280). Myös muissa tutkimuksissa on tultu samaan tulokseen – saproksyylien määrä vähenee enemmän suhteessa lahoppuusta riippumattomiin lajeihin. Tällaisia lajeja ovat mm. epiksyylijäkälät ja käävät (Thorn ym. 2017, 2).

Kaikki lajit eivät suinkaan reagoi negatiivisesti kunnostushakkuisiin, vaan mm. lepakot ja jotkin hyönteiset hyötyvät mikroilmaston lämpenemisestä. Yleisesti ottaen valosta riippuvaiset lajit hyötyvät kunnostushakkuista, kun taas linnut, laho puusta sekä puiden mikrohabitaateista riippuvaiset lajit vähenevät (Kuva 6). Lajiston monimuotoisuuteen vaikuttaa toimenpidetävän lisäksi myös sen voimakkuus ja pääasiallinen tavoite. Tyypillinen kunnostushakkuu, jossa maksimoidaan kannattavuus ottamatta monimuotoisuutta tai tuulituhoriskiä huomioon (Baseline), on kaikista huonoin ratkaisu lajiston ja mikrohabitaattien määrän kannalta. Paras ratkaisu olisi tuottoa tavoittelematon monimuotoisuutta maksimoiva kunnostushakkuu (Maximize Biodiversity). (Augustynczik ym. 2020, 8–9). Nämä ovat kuitenkin kaksi ääripäätä, jolloin käytännön ratkaisut tulevat mitä todennäköisimmin olemaan tuhojen torjunnan, monimuotoisuuden säilyttämisen ja taloudellisen kestävyden tasapainottamista.



KUVA 6. Kunnostushakkuiden vaikutus lepakoihin, lintuihin, hyönteisiin sekä puiden mikrohabitaatteihin (Augustynczik ym. 2020, 9).

Aivan kuten tavallisissa hakkuissa, kunnostushakkuun ekologiset vaikutukset riippuvat monesta eri tekijästä. Hakkuutapa, -voimakkuus, -tiheys sekä hakattavan alueen koko ja tuhonaiheuttaja vaikuttavat kaikki metsäekosysteemiin, sen prosesseihin sekä paikalliseen kasvi- ja eläinkuntaan. Ekologiset vaikutukset voidaan jakaa kolmeen eri kategoriaan – vaikutukset metsikön ja vesistön fyysisiin rakenteisiin, ekosysteemiprosesseihin (esim. veden ja ravinteiden kierto) sekä kasvi- ja eläinkuntien ryhmiin sekä lajien määrään. (Lindenmayer ym. 2006, 951).

Jotta hakkuita voitaisiin toteuttaa ekologisemmin, ovat Lindenmayer ja Noss (2006) ehdottaneet seuraavia toimenpiteitä kunnostushakkuupolitiikkaan:

1. Kunnostushakkuut on jätettävä joltain alueilta kokonaan pois, kuten luonnonsuojelu- ja pohjavesialueilta sekä laaja-alaisilta vanhoilta metsiltä. Myös ympäristönmuutoksille herkät alueet, kuten jyrkät rinteet, tulisi sulkea ulos menetelmältä.
2. Metsäpalokohteilla tulisi säilyttää koskemattomia laikkuja, jotka jätettäisiin kokonaan metsänhoidon ulkopuolelle tai niihin sovellettaisiin kevyitä hakkuita, jotka säilyttävät runsaasti palaneen metsän piirteitä.
3. Jokaisessa kunnostushakkuussa säästetään häiriötä edeltänyttä puuston rakennetta, kuten palaneita pystypuita ja elinvoimaisia valtapuita. Näillä puilla on elinympäristöarvoa muille lajeille ja ne pysyvät myös usein kauan pystyssä.
4. Häiriötä edeltäneen metsän rakenteiden, kuten tuulenkaatojen, poistamismäärää on rajoitettava tietyillä kohteilla, kuten talousmetsien piirissä olevilta vanhoilta palaneilta metsiltä.
5. Hakkuut suunnitellaan siten, että vaikutukset kasvillisuuden luontaiseen palautumiseen ovat vähäiset eikä uudistamistoimenpiteitä tarvitse tehdä. Uudelleenistutus metsäpalokohteilla on oltava tarkoituksenmukaista ja täten vaatii luontaisen uusiutumisen onnistumisen arviointia.
6. Tulevaisuudessa on säilytettävä ja luotava erityisiä elinympäristöjä metsäpalokohteilla suojelun kannalta tärkeille lajeille.
7. Vesistöjen suojelemiseksi on jätettävä suojavyöhykkeitä. Eroosion torjumiseksi säästetään maapuita sekä hakkuutähteitä.
8. Korjuusta voi aiheutua maaperävaurioita sekä vesistökuormitusta, joten hakkuuajankohta maaperän ominaisuudet huomioiden on tärkeää.

6.2 Vaikutus kirjanpainajan torjuntaan

Kirjanpainajatuhojen hillitseminen voi edellyttää intensiivisiä hakkuita. Elävistä kolonisoiduista puista yli 95 % on korjattava, jotta kunnostushakkuilla pystyttäisiin ehkäisemään tuhon leviämistä. Mikäli kolonisoitujen puiden osuus kunnostushakkuun jäljiltä jää yli 5 %, voi populaatiodynamiikka kehittyä epidemiaksi asti. (Dobor ym. 2019, 74). Pietzsch, Wudel ja Berger (2023) saivat optimistisempia tuloksia – kirjanpainajan hillitsemiseksi riittää, että poistaa 80 % kolonisoiduista puista. Kunnostushakkuu on myös tehtävä ajallaan. Tuulituhokohteilla olisi suositeltavaa, että hakkuu suoritetaan kahden vuoden sisällä tuhosta. Kun kirjanpainaja on levinnyt pystyssä oleviin heikentyneisiin puihin, on toimittava nopeammin. (Havašová, Ferenčík & Jakuš 2017, 349).

Positiivisia vaikutuksia on vaikea saavuttaa, mikäli tuulituhon alueet ovat laajoja ja hajalleen levittäytyneitä. Tästä syystä suhteellisen pienet ja hyvin saavutettavissa olevat alueet sopivat hakkuulle paremmin. (Dobor ym. 2019, 74). Kunnostushakkuilla ei siis voida hillitä kirjanpainajan menestymistä korjaamalla systemaattisesti kaikkia vaurioituneita puita laajalta myrskytuhoalueelta. Tällaisiin tilanteisiin auttaa vierekkäisten metsien alueellinen riippumattomuus – kuoriaiset eivät pääse leviämään, jos tuhoalue ei rajaudu metsään, metsät eivät koostu kuusesta tai kuusta on hyvin vähän. (Stadelmann ym. 2013, 279–280). Ruotsalaisessa tutkimuksessa kuitenkin selvitettiin, että poistamalla laaja-alaisen myrskyn kaatamat puut, välittömässä läheisyydessä olevien kuusten kuolleisuus vähenisi 50 % (Schroeder 2001, Komonen 2024).

Keski-Euroopassa kunnostushakkuut suositellaan tehtäväksi talviaikaan, koska sikäläisissä leutojen talvien olosuhteissa merkittävä osa kirjanpainajista talvehtii kuusien kuoren alla (Weslien, Öhrn, Rosenberg & Schroeder 2024, 7). Suomen olosuhteissa tämä ei kuitenkaan toimi, koska kuoren jäätyminen vuoksi valtaosa kirjanpainajista talvehtii karikkekerroksessa lumen alla ja vain pieni osa talvehtii kuusien kuoren alla (Schebeck ym. 2017, 203). Mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä suuremmalla todennäköisyydellä kuoriaiset talvehtivat karikkekerroksessa (Weslien, Öhrn, Rosenberg & Schroeder 2024, 7).

Kuoriaisen valtaamat puut tulisi korjata pois ennen kuin jälkeläissukupolvi siirtyy talvehtimaan tai iskeytyy uusiin puihin saman kesän aikana (Metsäkeskus 2022, 5). Talviaikaiset hakkuut voivat myös vähentää luontaisten vihollisten osuutta. Esim. kirjanpainajan toukkia syövät päpsiäistoukat kärsivät hakkuista enemmän suhteessa kuoriaiseen. (Weslien ym. 2024, 9). Wichmann & Ravn (2001) tulivat siihen tulokseen, että hakkuu tulisi ajoittua kuoriaisen parveilun ja uuden sukupolven aikuistumisen välille mieluiten seuraavana vuonna tuhojen puhkeamisesta.

Kunnostushakkuun yhteydessä on käytetty myös feromoniansoja, tosin niiden tehokkuus on kiistan aihe. Ne eivät ole osoittautuneet toimivaksi tavaksi kirjanpainajan torjunnassa, vaan voivat jopa johtaa uusiin tuhoihin. Belgialaisessa tutkimuksessa feromoniansat lisäsivät metsikön houkuttelevuutta kirjanpainajalle. Kuoriaispopulaation määrä kuitenkin pieneni tutkimusalueella ja todennäköisin syy tälle oli kunnostushakkuu. Tätä ei voida kuitenkaan todistaa, sillä kunnostushakatuille alueille ei ollut vertailun kohdetta. Tuloksista voidaan kuitenkin päätellä, että feromoniansoja on turha käyttää tuhojen torjunnassa. (Kuhn, Hautier & San Martin 2022, 1, 14, 17)

Fosterin ja Orwigin (2006) mukaan kunnostushakkuiden monimuotoisuutta heikentävä vaikutus on kiistämätön, mutta niitä voidaan toteuttaa varovaisesti ekosysteemipalveluita heikentämättä. Hyönteistuhojen ollessa vähäisiä, voidaan kevyillä harvennusluontoisilla hakkuilla parantaa jäljelle jäävien puuyksilöiden elinvoimaisuutta parantaen tuhonkestävyyttä.

6.2.0 Kunnostushakkuu vs. tuhoihin puuttumattomuus

Kunnostushakkuilla ei ole huomattu merkittävää eroa kirjanpainajatuhojen kontrollointiin, kun hakkuumenetelmän tehoa on verrattu hoitamattomiin tuhokohteisiin. Grodzki, Jakuš, Lajzova ja Sitková (2006) selvittävät miten kunnostushakkuuta, hyönteismyrkkyä ja ansapuita yhdistämällä voidaan hallita kuoriaisen leviämistä. Käsittelyä verrattiin hoitamattomaan kohteeseen. Kuusten kuolleisuus ei eronnut merkittävästi hoidetun ja hoitamattoman metsän välillä, vaan hakkuut ja ansapuiden käyttö lisäsivät reunametsien houkuttelevuutta. Kirjanpainaja siirtyi siis reunametsiin, missä torjuntatoimenpiteitä ei tehty. Sen sijaan sääolosuhteilla

oli merkittävämpi rooli kuoriaisen torjunnassa – sekä käsitellyssä että käsittelemättömässä kohteessa kirjanpainaesiintymä hiipui samaan aikaan johtuen mitä todennäköisimmin kylmästä ja sateisesta säästä sekä luontaisista vihollisista, kuten loispistiäisistä sekä hyönteispatogeneista (esim. virukset ja sienet).

Tatruvuorilla Puolan ja Slovakian rajalla sijaitsevia kansallispuistoja ovat 20 vuoden ajan vaivanneet tuuli- ja kirjanpainajatuhot. Alue on jaettu vyöhykkeisiin metsänkäsittelytavan mukaan – on kunnostushakattuja ja hakkuiden ulkopuolelle jätettyjä alueita. Alueella tutkittiin vuosina 2014–2017 kirjanpainajapopulaation kehittymistä, lisääntymiskykyä ja luontaisia vihollisia kunnostushakatuissa sekä metsänkäsittelyn ulkopuolisissa metsissä. Kunnostushakkuulla ei ollut merkittävää vaikutusta kirjanpainajamääriin tai näiden vihollisiin. Isomuurahaiskuoriaisten toukkien määrä kuitenkin kasvoi jonkun verran, mutta kaiken kaikkiaan vihollisten vaikutus kirjanpainajaan jäi mitättömäksi. (Vanická ym. 2020, 1 & 12). Samaan tulokseen päästiin myös samaisella alueella aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa, missä kirjanpainajan aiheuttama kuusien kuolleisuus ei juurikaan eronnut kunnostushakatuissa ja hakkaamattomissa metsissä (Sproull ym. 2017, 24). Toisaalta Havašová ym. (2017) havaitsivat Tatruvuorilla kuusien kuolleisuuden olevan korkeampi hakkaamattomissa kuin hakatuissa metsissä, mikä viittaisi kunnostushakkuiden toimivuuteen tuhojen leviämisen estämisessä, kun korjuu kohdistuu tuulenkaatoihin. Kunnostushakkuut toteutettiin ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä, jolloin kirjanpainajakanta on ollut korkeintaan endeemisellä tasolla.

Kunnostushakkuista pidättäytymällä voidaan lisätä lahopuun määrää talousmetsissä. Kuoriaisten tappamien puiden jalostusarvo laskee jo parissa viikossa lämpimänä vuodenaikana sinistäjäsienen takia, mikä heikentää korjuun kannattavuutta. Kannattavuutta heikentää myös tuhojen maantieteellinen hajonneisuus eikä oletettu kirjanpainajan leviäminenkaan ole varmaa. Monesti kirjanpainajatuhoihin havahdutaan liian myöhään, jolloin uusi kuoriaissukupolvi on ennättänyt lentää kolonisoiduista puista pois. Paras ajankohta tuhojen hillitsemiseksi on korjata puut, joissa kuoriaisia vielä on. Kunnostushakkuun onnistumista voi heikentää kaarnan irtoaminen, jolloin suuri osa kuoriaisista tippuu hakkuun aikana ja jää metsään. (Schroeder 2007, 529).

6.3 Metsän uudistuminen

Kunnostushakkuilla on suurempi vaikutus kenttäkerroksen lajistoon ja sen muutokseen verrattuna itse kirjanpainajatuhoon. Jonášová ja Prachin (2008) mukaan suurin osa ruohokasveista sekä sammalista säästyvät kuoriaisen valtaamassa kliimaksivaiheen kuusikossa, kun taas pioneerilajien osuus jää hyvin niukaksi. Kunnostushakkuualueilla sammaleet lähestulkoon hävisivät ja pioneerilajit valtasivat alueen. Täten voidaan olettaa, että kirjanpainajan aikaansaama metsien dynamiikan muutos ja uudistuminen eivät lähde käyntiin pioneerivaiheen kautta toisin kuin uudistus- ja kunnostushakkuissa. Sen sijaan luontainen uudistuminen alkaa saman tien. Tässä tutkimuksessa tosin kunnostushakkuut toteutettiin avohakkuuna, mikä luonnollisesti muovaa lajiston rakennetta radikaalimmin kuin kevyt harvennusmuotoinen kunnostushakkuu.

Kuusi vaikuttaisi uudistuvan hyvin pystyyn kuolleiden kuusten juurella ja parhaiten maalahopuilla. Kuollut latvus läpäisee paremmin valoa verrattuna elävään latvukseen ylläpitäen riittävää mikroilmastoa pioneerilajien loitolla pitämiseen. Myös pihlaja uudistuu paremmin pystyyn kuolleiden puiden juurella, vaikka on valoa vaativa laji. Vaikka valoa on vähemmän suhteessa aukkoisiin kohtiin, vaikuttaa pihlajan uusiutumiseen ennen kaikkea kaatuneet puut, jotka pitävät pihlajaa ravintonaan käyttävät eläimet loitolla. (Jonášová & Prach 2004, 23–25).

Tuhon jälkeiseen uuden sukupolven lajien koostumukseen ja rakenteeseen vaikuttavat pääasiassa jäljelle jääneen latvuspeitteen sekä lahoavan puuaineksen määrä ja jakautuminen. Tuhon jälkeinen käsittelytapa ja sen voimakkuus voivat vaikuttaa metsikön luontaiseen uudistumiseen vielä vuosikymmenien ajan. Lahoavan puuaineksen (tässä tutkimuksessa kelot, pötkelöt, kannot ja kaatuneet puut) keruu tuhon jälkeen vaikuttaa voimakkaasti uuden puusukupolven kehittymiseen. Maalahopuut ja pystyyn kuolleet puut tulisi säästää parhaan mukaan. Maalahopuut edistävät taimettumista tarjoamalla kosteutta ylläpitävän substraatin ja pystyyn kuolleet puut (määrästä riippuen) estävät uudistumista haittaavan kasvillisuuden muodostumisessa. (Bottero, Garbarino, Long & Motta 2013, 26–27).

Ainakin osa tuhokohteista tulisi jättää metsätalouden toimenpiteiden ulkopuolelle. Tällaisilla kohteilla on tapana kehittyä rakenteeltaan ja puustoltaan monipuolisemmaksi verrattuna voimakkaisiin kunnostushakkuisiin, jotka johtavat maanmuokkaukseen ja istutustaimikon perustamiseen. (Orczewska, Czortek, Bogdan & Jaroszewicz 2019, 3407).

7 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuuskatsaukseen päätyi lopulta 24 tutkimusta, joista osa koostuu tietokannoista löytyneistä artikkeleista, näiden lähdeluettelosta löytyneistä tutkimuksista sekä ohjaavalta opettajalta saaduista artikkeleista. Rajaukset ja hakuehdot hiukan muuttuivat kirjallisuuskatsausprosessissa, sillä päädyin tekemään hakuja myös avainsanalla ”sanitation felling”. Tutkimuksesta riippuen sanitaatiohakkuu on enemmän tai vähemmän sama asia kuin kunnostushakkuu etenkin kirjanpainajan torjunnan kontekstissa.

Kunnostushakkuiden vaikutuksia kirjanpainajan torjunnassa on tutkittu melko vähän, jolloin sen toimivuudesta ei voida olla täysin varmoja (Augustynczik ym. 2020, 9). Hakkuutavan vaikutus kirjanpainajan torjuntaan perustuu tästä syystä pääosin epäsystemaattisiin käytännön havaintoihin (Leverkus ym. 2021). Muun muassa tieto havainnointiasteesta, eli kuinka suuri osa tuhopuista on havaittu ja korjattu, on puutteellinen. Havainnointiasteessa oletetaan olevan paljon variaatiota riippuen kirjanpainajan populaatiodynamiikasta, seurannan intensiteetistä ja laadusta. Tällainen tieto on ratkaisevaa paitsi seurannan ja hakkuun tehokkuuden arvioinnissa, mutta myös kuoriaisen tuhoriskin määrittämisessä. (Kautz ym. 2023, 405).

Vaikutuksia metsäekosysteemien toimintoihin ja monimuotoisuuteen on tutkittu niukasti suhteessa tavanomaisiin hakkuutapoihin. Tästä syystä keskeisimmäksi tutkimusongelmaksi on noussut se, miten kunnostushakkuu eroaa muista hakkuumenetelmistä ekologisilta vaikutuksiltaan. Onko se potentiaalisesti vahingollisempi metsäluonnolle verrattuna hakkuumuotoihin, missä luontainen häiriö ei toimi ajurina metsänkäsittelylle. (Lindenmayer ym. 2006, 950). Lisäksi valtaosassa tutkimuksista hakkuun vaikutuksia on seurattu alle viiden vuoden ajalta, jolloin se rajoittaa kykyä ymmärtää pitkäaikaisvaikutuksia seuraustuhoihin (Leverkus ym. 2021, 2). Vaikka tuhoja ei saataisikaan hakkuilla kokonaan pysäytettyä, voidaan niillä vähentää kuoriaismääriä sekä pitkässä juoksussa kuolleiden puiden määrää ja taloudellisten tappioiden suuruutta (Miścicki & Grodzki 2021, 756).

Laaja konsensus vallitsee hakkuiden biodiversiteettiä heikentävästä vaikutuksesta (Thorn ym. 2018). Kirjanpainajatuhojen torjunta ja biodiversiteetin säilyttäminen sekä lisääminen ovat ristiriidassa toistensa kanssa – vahingoittuneiden puiden korjaaminen vähentää lahopuun määrää ja voi velvoittaa uuden taimikon perustamisen viljellen. Luontaisesti uudistuva tuhometsikkö voi johtaa heterogeenisempään rakenteeseen, joka ei ole yhtä altis bioottisille tai abiottisille tuhoille. (Bottero ym. 2013, 27). Metsiin liittyy kuitenkin Suomessa aina taloudellinen ulottuvuus, jonka vuoksi puuta on korjattava tuhokohteilta metsäteollisuudelle. Puusta saatavilla tuloilla on myös suuri merkitys etenkin yksityismetsänomistajille. Myrsky- ja kirjanpainajatuhoja voidaan kuitenkin harkinnanvaraisesti sopivilla kohteilla jättää hakkuiden ulkopuolelle kehittymään luonnontilaisemmiksi ja tuhonkestävämmäksi (Thorn ym. 2017, 113). Etenkin kohteet, joilla kuolleisuus on suurta ja jotka sijaitsevat suojelualueiden välittömässä läheisyydessä sopivat hyvin.

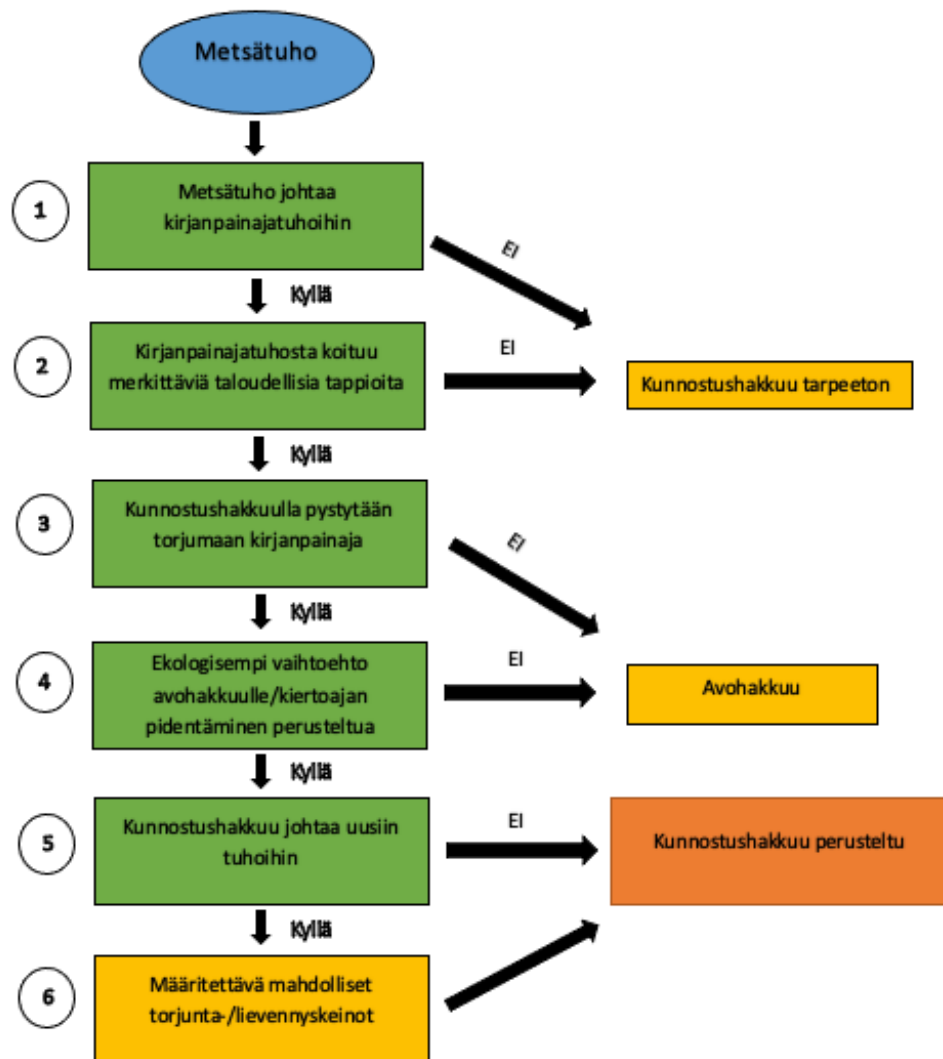
Kunnostushakkuilla voi myös olla käänteinen vaikutus kirjanpainajan torjunnassa. Hakkuut lisäävät auringonsäteilyä ja siitä aiheutuvaa stressiä jäljelle jääneille kuusille, mikä tekee niistä houkuttelevampia kuoriaiselle. Samalle ne voivat johtaa homogeenisempään puuston rakenteeseen. (Vanická ym. 2020, 2). Myös tuulituhoriski voi kasvaa (Leverkus ym. 2021). Kaikissa tutkimuksissa ei olla suinkaan tultu samaan tulokseen – Vanicka ym. (2020) puolestaan selvittivät, että kuusten kuolleisuus on vähäisempää kunnostushakatuissa metsissä verrattuna hakkaamattomiin.

Kunnostushakkuut voivat olla voimakkuudeltaan eritasoisia aina yksinpuinpoistosta laajoihin avohakkuihin. Etenkin Keski-Euroopassa laaja-alaisilla metsätuhoalueilla hakkuut voivat hyvinkin olla voimakkaampia kuin keskiverto avohakkuu Suomessa. (Lindenmayer ym. 2006, 950–951). Riippuu siis täysin tuhon laajuudesta, voidaanko kunnostushakkuu toteuttaa ekologisesti kestävämmän kuin avohakkuu. Jos tuho tai kirjanpainajaiskemä on laajuudeltaan pienialainen ja metsään kohdistuu taloudellisia sekä luonnonvarojen pitkäaikaistuotannon käyttöpaineita, voidaan suorittaa kevytmuotoisia kunnostushakkuita (Foster & Orwig 2006, 968). Metsiköstä on käytännössä katsoen poistettava tällöin kaikki kolonisoidut puut (>95 %) (Dobor ym. 2019, 74). Tämä soveltuu etenkin sellaisille kohteille, jotka eivät ole vielä uudistuskypsiä. Koska kuoriaistuhon torjunta ei kuitenkaan

ole taattu, on otettava huomioon myös metsikön puulajisuhteet sekä alueellinen kytkeytyvyys varttuneiden kuusimetsien välillä. Hakkuuajankohdan tulisi sijoittua touko-heinäkuulle, mutta lämpimän vuodenajan hakkuu lisää korjuuvaurioiden riskiä ja voi johtaa juurikäpätartuntaan sekä yleinen puusto heikentyminen uusiin kirjanpainajatuhoihin. (Saarinen ym. 2020, 17) Tulevaisuudessa metsien häiriödynamiikkaa ohjaavat entistä enemmän ilmastolliset tekijät, jolloin kunnostushakkuiden rooli seuraustuhon hillinnässä voi heiketä (Leverkus ym. 2021).

8 PÄÄTÖKSENTEKOKEHYS SUOMEN OLOSUHTEISIIN

Leverkusin ym. (2021) tutkimuksen pohjalta laadin lähes samanlaisen päätöksentekokehymksen, jonka avulla on helpompi tehdä johtopäätöksiä menetelmän soveltuvuuteen liittyen suomalaisissa talousmetsissä. Alkuperäisessä kehystässä kunnostushakkuun vaikutuksia on lähinnä verrattu luonnontilaisiin tai metsätalouden ulkopuolisiin metsiin, jolloin sen pohjalta tehtävä soveltuvuuden määrittäminen on haastavaa suomalaisissa olosuhteissa. Kehystä voidaan mahdollisesti hyödyntää suunnittelun pohjana, kun pohditaan vaihtoehtoisia ratkaisuja avohakkuun sijaan. Tässä työssä kehystä käytetään maastokohteiden analysoinnissa.



KUVIO 2. Päätöksentekokehys suomalaisiin talousmetsiin (Pietari Torniainen).

1. Mikäli metsikössä sattuu luontainen häiriö, esim. Tuulituho, on arvioitava tuhon vaikutusta kirjanpainajan iskeytymisen kannalta. Jos metsikön sisällä on kaatunut pari puuta, ei todennäköisesti menetelmälle ole tarvetta, sillä varjostava puusto ei houkuttele kuoriaista (Komonen 2024). Vastavasti reunametsien kaatuneet puut voivat johtaa epideemiseen populaatiodynamiikkaan tuhon laajuudesta riippuen.
2. Jos häiriö johtaa kirjanpainajatuhoihin, on arvioitava taloudelliset vaikutukset kuoriaisen levitessä metsikköön ja mahdollisesti lähialueille. Metsikön iällä ja keskiläpimitalla on merkitystä - ohutlaiset (paksuus <2,5 mm) kuuset eivät sovellu kirjanpainajalle, jolloin menetelmälle tuskin on tarvetta, mikäli kyseessä on nuori kuusikko.
3. Jos taloudelliset tappiot voivat olla merkittäviä, on analysoitava hakkuun tehokkuutta kuoriaisen torjunnassa. Tähän vaikuttavat puulajisuhteet, kytkeytyneisyys muihin varttuneisiin kuusimetsiin sekä tuhojen laajuus. Jos torjunta ei onnistu esim. epideemisen tuhon ja alueellisen kytkeytyneisyyden vuoksi, ei kunnostushakkuu ole perusteltu. Tällöin avohakkuu voi olla toimivampi ratkaisu.
4. Mikäli todetaan, että torjunta on ainakin pääasiassa mahdollista, verrataan hakkuun ekologisia vaikutuksia avohakkuuseen. Tähän vaikuttavat mm. jäävän puuston määrä sekä mahdollinen uudistamisketju. Lisäksi metsänomistajan tavoitteista ja arvoista riippuen pohditaan kiertoajan pidentämisen perusteita lähinnä taloudellisesta näkökulmasta.
5. Jos kiertoajan pidentäminen on perusteltua tai kunnostushakkuu on ekologisempi ratkaisu avohakkuuseen nähden, on lopuksi vielä pohdittava muita hakkuusta koituvia haittoja. Jos sellaisia ilmenee, kuten maanmuokkauksesta koituva potentiaalinen vesistökuormitus, siirrytään kohtaan 6 ja pyritään minimoimaan vaikutukset. Mikäli haittavaikutuksia ei voida minimoida, verrataan jälleen toimenpiteen vaikutuksia avohakkuuseen (kohta 4). Jos kirjapainajan torjunta on ykkösprioriteetti, tai kunnostushakkuu on edelleen ekologisesti kestävämpi ratkaisu, on hakkuutapa perusteltu kohteella.

9 MAASTOKOHTEIDEN TULOKSET

Sain toimeksiantajaltani runsaat 20 kirjanpainajatuhokokohdetta, joista 18 kävin arvioimassa paikan päällä. Se on riittävä otoskoko harkinnanvaraiseen otantaan, jotta voin valita mahdollisimman edustavat kuviot tarkempaan analyysiin. Analyysissä pohditaan valittujen metsikkökuvioiden soveltumista kunnostushakkuulle. Lopulta valitsin neljä kuvioita, jotka ovat rakenteeltaan, puulajisuhteiltaan ja tuhojen laajuudeltaan erilaisia:

1. Kuusivaltainen kuvio
2. Eri-ikäisrakenteinen kuusivaltainen kuvio
3. Sekametsä
4. Puhdas kuusikko

9.1 Kuusivaltainen kuvio

Kyseessä on lähes uudistuskypsä kuusivaltainen metsä, jossa on merkittävä rauduskoivun osuus (33 %). Metsikkö on tasaikäisrakenteinen, vaikka jonkun verran hajontaa löytyy läpimittaluokissa. Alikasvosta ei juurikaan ole. Kuviolta löytyi tuulenkaatoja sekä maalahopuita, mutta lumen määrän takia oli mahdotonta sanoa mikä niiden kuoleman oli aiheuttanut. Kirjanpainaja on levinnyt kuviolle parin vuoden takaisen harvennuksen jälkeen.

Puulaji	Keskiläpimitta	Keskipituus	Tilavuus/ha
Kuusi	27 cm	21 m	120 m ³
Mänty	20 cm	18 m	9 m ³
Koivu	26 cm	21 m	56 m ³

TAULUKKO 3. Kuusivaltaisen kuvion puustotiedot.

Kirjanpainajaa kohteella on melko maltillisesti – 3,3 % kokonaispuuston määrästä. Kuviota ympäröi nuorempi kuusimetsä pohjoisessa, missä on havaittavissa kuoriaisen valtaamia puita. Sekametsät (kuusen osuus <50 %) ympäröivät kuviota koillis-kaakkoisakselilla ja lounais-eteläreuna rajoittuu peltoon. Kuviollla on tarkoitus tehdä avohakkuu kirjanpainajan takia.

Kolonisoidut puut on käytännössä poistettava kokonaan (>95 %), jotta kuoriaisen leviämistä voitaisiin hillitä. Kuvio on kooltaan 4,08 ha, jolloin se ei ole liian suuri toimenpiteen tehokkuuden kannalta. (Dobor ym. 2019, 74). Mikäli terveet kuuset halutaan säästää, ei talviaikainen hakkuu ole järkevää. Koska kirjanpainajat talvehtivat maassa, ei niiden populaation kokoa kuviolla saada vähennettyä, vaikka ravinnon määrä voi vähentyä. Hakkuu olisi tehtävä alkukesästä. Ongelmana kuusikoissa on etenkin lämpimänä vuodenaikana korjuuvauriot, jotka voivat johtaa juurikäpätartuntaan sekä uusiin kirjanpainajatuhoihin (Saarinen ym. 2020, 17). Lisäksi kuviolle on kuljettava pellon kautta mikä saattaa olla mahdollista vain talviaikaan. Mikäli kuoriaispopulaatio on endeemisellä tasolla, elinvoimaa parantava harvennusluontoinen tuhopuut poistava kunnostushakkuu voi olla toimiva ratkaisu (Foster & Orwig 2006, 968). Kuoriaispopulaatio voi kuitenkin hyvin olla epidemiatasolla, sillä se on pääasiassa iskeytynyt pystypuihin ja sitä esiintyy myös sulkeutuneessa sisämetsässä (Karttunen 2014, 7).

Toinen vaihtoehto on poistaa kaikki kuuset, jolloin käsittelytapa muistuttaisi säästöpuuhakkuuta. Pystyyn jäisivät koivut ja männyt, joiden osuus kuviolla on 65 m³/ha. Ratkaisu velvoittaisi kuvion uudistamista viljellen, mutta toisi kuviolle rakenteellista vaihtelua, lahoppuuta ja ennen kaikkea heterogeenisyyttä. Tämäkään ratkaisu ei tule estämään kuoriaisen leviämistä, sillä varttunut kuusikko kuvion pohjoisreunalla tarjoaa niille potentiaalisesti oivan lisääntymiskohteen (Stadelmann ym. 2013, 279–280).

Kirjanpainajan totaalinen torjunta ei siis tällä kohteella ole mahdollista, mutta sillä voidaan merkittävästi vähentää kannan kokoa, etenkin poistamalla kaikki kuuset (Miścicki & Grodzki 2021, 756). Kunnostushakkuun jatkaminen pohjoisessa sijaitsevaan naapurikuviioon olisi toimivin ratkaisu ja samalla parantaisi hakkuun kannattavuutta. Jo kuoriaisen tappamien puiden (~50 % valtaamista puista) säästäminen parantaisi myös saproksyylien menestymismahdollisuuksia.

Kohteen soveltuvuutta kunnostushakkuulle voidaan pohtia myös päätöksentekokehyksen avulla (Kuvio 2). Kuvion kirjanpainajaongelma on lähtenyt käyntiin tuulituhohista, joten toiminnallinen yhteys tuhojen välillä on selvä (1). Kuoriaistuhohilla on haitallisia taloudellisia vaikutuksia metsänomistajalle eikä tuho tule hiipumaan kohteella vähään aikaan (2). Kuusten poisto kohteelta sekä kolonisoitujen puiden

poisto naapurikuviolta vähentää kuoriaiselle sopivan ravinnon määrää huomattavasti, mikä voi johtaa merkittävään kannan pienentymiseen (3). Kunnostushakkuu tällä kohteella on ekologisempi kuin avohakkuu, sillä säästettävien puiden osuus olisi huomattavasti suurempi verrattuna sertifikaateissa (PEFC ja FSC) asetettuihin minimivaatimuksiin säästöpuiden osalta (4). Jäljelle jäävä puusto voi altistua tuulituhoille, mutta luo samalla tärkeää lehtilahopuuta. Hakkuu tulisi toteuttaa korjuuteknillisistä syistä maan ollessa jäässä, jolloin karikkeessa talvehtivat kuoriaiset jäävät kohteelle lisäten tuhoriskiä naapurimetsään (5). Tästä syystä vaurioituneet ja kolonisoidut puut ovat poistettava myös vieruskuviolta. Tämä ei kuitenkaan vielä takaa hakkuun onnistumista torjunnan suhteen (6). Voidaan siis todeta, että kunnostushakkuu voi teoriassa toimia kohteella tosin edellyttäen endemistä populaatiodynamiikka, joka on kohteella vaikeasti määritettävissä.



KUVA 7. Kuusivaltaisen kuvion yleisilme (Pietari Torniainen).

9.2 Eri-ikäisrakenteinen kuusivaltainen kuvio

Kyseessä on uudistuskypsä kuusimetsä, jossa on jonkin verran sekapuustoisuutta (20 %). Kuviolla on erirakenteisuutta, jonka vuoksi se eroaa toisesta tarkasteltavasta kuusivaltaisesta kuviosta (luku 8.1). Erirakenteisuutta tuo erityisesti 2–10 metrinen alikasvoskuusikko. Kirjanpainaja on mitä todennäköisimmin levinnyt kohteelle viereiseltä kuviolta, jossa esiintyy laajoja kuoriaistuhoja ja missä puusto on selvästi vanhempaa.

Puulaji	Keskiläpimitta	Keskipituus	Tilavuus/ha
Kuusi	29 cm	22 m	262 m ³
Mänty	30 cm	22 m	33 m ³
Koivu	28 cm	23 m	31 m ³

TAULUKKO 4. Eri-ikäisrakenteisen kuusivaltaisen kuvion puustotiedot.

Kirjanpainajaa on kohteella huomattavasti enemmän kuin toisessa kuusivaltaisessa kohteessa – peräti 15,1 % kokonaispuuston määrästä. Kohdetta ympäröi jo mainittu varttunut kirjanpainajan vaivaama kuusikko pohjoisessa, koillis-etelä-akselilla hakkuuaukio sekä lännessä nuorempi kuusikko.

Kirjanpainajapopulaatio on edennyt alueella epideemiselle tasolle – tässä vaiheessa sen torjunta on käytännössä mahdotonta ilman hyvin voimakkaita hakkuita. Kuoriainen iskeytyy siis myös terveisiin kuusiin, jolloin kaikki kuuset on poistettava. Koska pohjoisella naapurikuviolta on myös kaarnakuoriaisia (peräti 22,5 % kokonaispuuston määrästä), täytyisi kunnostushakkuu ulottaa myös tälle kuviolle. Hakkuuta tulisi myös pohtia kuoriaisen asuttamien kuvioiden lisäksi ympäröivissä varttuneissa kuusikoissa, sillä kirjanpainajaepidemioissa peräti 90 % uusista tuhoapuista sijaitsee noin 120 m päässä aikaisemmin kuolleista puista (Wichmann & Ravn 2001, Komosen 2024). Molemmat kuviot voidaan korjata kuivana kesänä, jolloin kirjanpainajakantaa saadaan pienennettyä merkittävästi kuoriaisten vallatessa uusia puita parveilun jälkeen (Metsäkeskus 2022, 5).

Metsän arvokasvu on tässä vaiheessa hyvin vähäistä ja kasvattaminen kannattamatonta vaihtoehtoihin sijoituskohteisiin verrattuna (Pukkala 2014). Tällöin

metsänomistajan kannattaa teettää päätehakkuu kuviolla. Kuvion voi myös uudistaa kunnostushakkuulla poistamalla kaikki kuuset, jolloin pystyyn jää siementämään sekä ennen pitkään lahoamaan mäntyä ja koivua n. 60 m³/ha. Se on ekologisempi vaihtoehto avohakkuulle sekä mahdollistaa uuden puusukupolven kasvun lähdön alikasvoksen kautta. Esim. vanhat pystyyn kuolleet koivut tarjoavat pesäpaikkoja kolopesijöille (Keto-Tokoi, Saaristo, Valkeapää & Kunttu 2019, 7).

Kuvio soveltuu kunnostushakkuulle, sillä pelloista ja metsistä koostuva mosaiikimainen maisema edesauttaa kirjanpainajan hillintää – kiinteistöllä ja lähimaastossa ei ole muita kuoriaiselle soveltuvia kuusikoita (Stadelmann ym. 2013, 279–280). Maaston kantavuus myös mahdollistaa kesäaikaisen hakkuun. Alikasvosta säästämällä voidaan vähentää uudistamiskustannuksia ja pohjoisen naapurikuvion hakkaaminen parantaa taloudellista kannattavuutta.

Päätöksentekokehystä hyödyntämällä voidaan hakea vahvistusta kohteen soveltuvuudelle (Kuvio 2). Hakkuuaukio on luonut keinotekoisen metsänreunan naapurikuvion, joka on luonut otolliset olosuhteet kirjanpainajalle levitä alueelle (1). Seuraustuho (kirjanpainaja) heikentää jäävän puuston arvoa ja on tuottanut metsänomistajalle merkittäviä taloudellisia tappioita (2). Kuuset poistamalla ja laho puuta säästämällä vähennetään kirjanpainajalle soveltuvia runkoja sekä ylläpidetään elinympäristöjä luontaisille vihollisille. Lisäksi pelto- ja metsämaiseman sekoitus edesauttaa kunnostushakkuun tehokkuutta luontaisesti (3). Kunnostushakkuu on toimenpiteenä tässä tapauksessa kevyempi kuin avohakkuu ja siten ekologisempi vaihtoehto johtaen metsikön luontaiseen uudistumiseen alikasvoksen ja siementävien koivujen sekä mäntyjen avulla (4). Hakkuu ei johda uusiin kuoriaistuhoihin, eikä siitä koidu kuin korkeintaan tuulituhoja pystyyn jäävien mäntyjen ja koivujen osalta (5). Tällöin tullaan johtopäätökseen, että kunnostushakkuu on perusteltu kohteella.



KUVA 8. Eri-ikäisrakenteinen kuusikko (Pietari Torniainen).

9.3 Sekametsä

Kyseessä on uudistuskypsä sekametsä, jossa kuusen osuus on 60 %. Kuviolla on jonkun verran tuulenkaatoja johtuen vieruskuvioiden päätehakuista, jotka ovat luoneet keinotekoisen metsänreunan länsi- ja pohjoisosaan. Kirjanpainaja on iskeytynyt kuviolle tuulituhojen ja paahteisuuden lisäyksen kautta (Kuva 9).

Puulaji	Keskiläpimitta	Keskipituus	Tilavuus/ha
Kuusi	29 cm	25 m	153 m ³
Koivu	29 cm	26 m	101 m ³
Haapa	30 cm	26 m	5 m ³

Taulukko 5. Sekametsän puustotiedot.

Kuoriaistuhoja kuviolla on 10,5 % kokonaispuuston määrästä. Lähes viidesosa kuusista oli joko kuollut tai niihin kuoriainen oli iskeytynyt (18 %). Etelässä ja kaakossa sijaitsee varttuneita kuusimetsiä, joissa on myös kirjanpainajatuhoja. Pelkkä vaurioituneiden puiden poisto ei tässä tapauksessa sovellu kohteelle, sillä

kuoriaiskanta on todennäköisesti epideemisellä tasolla tai siirtymässä siihen. Kivuudesta johtuva stressi ja tuulenkaadot johtavat usein epideemiseen vaiheeseen (Gohli, Krokene, Flo Heggem & Økland 2024, 6). Kuvio on saavuttanut uudistuskypsyyden, joten se tullaan mitä todennäköisimmin avohakkaamaan. Kunnostushakkuussa jäisi kaikki muut puulajit pystyyn paitsi kuuset. Metsä uudistuisi luontaisesti koivujen avulla. Toisaalta koivut altistuisivat entistä pahemmin tuulelle hakkuun jälkeen.

Kuvio ei yksinään sovellu kunnostushakkuulle, koska se ei vaikuta kuoriaisen leviämisen torjuntaan alueella johtuen viereisistä varttuneista kuusikoista. Myös näissä metsissä on havaittavissa kirjanpainajaa. Kuvion kuoriaiset vain siirtyisivät näihin kuusikoihin. Kunnostushakkuu tulisi siis laajentaa viereisiin kuvioihin, jotta sillä olisi haluttuja vaikutuksia. Tuhoja on paljon vähemmän naapurikuvioissa kuin kohteella, jolloin pelkkä kolonisoitujen puiden poisto voi toimia. Hakkuun onnistumista parantaa luontaisesti myös runsas lahopuuston määrä, joka mahdollistaa kirjanpainajan vihollisen menestymisen kohteella. Kun lahopuut säästetään, pakottaa se resurssipulasta kärsivät kuoriaiset samoihin puuyksilöihin vihollisten kanssa.

Päätöksentekokehystä (kuvio 2) hyödyntäen huomataan, että vaiheet 1 ja 2 puoltavat kunnostushakkuun tarvetta – tuulituho on käynnistänyt kuoriaistuhon ja taloudelliset tappiot kasvavat sitä mukaa kun kuoriainen kohteella leviää. Mikäli kunnostushakkuuseen päädyttäisiin, täytyisi se laajentaa myös naapurikuvioille, joissa on myös kuoriaisesiintymiä. Naapurikuvioissa tuhoja on hyvin vähän, joten yksinpuinpoisto voi olla toimiva ratkaisu (3). Se on toimenpiteenä huomattavasti kevyempi kuin avohakkuu ja täten ekologisempi vaihtoehto jättäen n. 40 % puustosta pystyyn. Toisaalta kiertoajan pidentäminen ei ole vaihtoehtoisiin sijoituskohteisiin verrattuna kannattavaa, jolloin päätös tehdä kunnostushakkuu avohakkuun sijaan on arvokysymys (4). Jos kunnostushakkuuseen päädytään, on tuulituhoriskin lievittämiseksi jätettävä myös kuusia pystyyn. Kuusista tulisi säästää kaikki läpimitaltaan alle 16 cm sekä kuolleet yksilöt luontaisia vihollisia varten (5 ja 6). Kunnostushakkuu voi siis teoriassa toimia tuhojen torjunnassa, mikäli kestävässä hakkuussa kannan kokoa saadaan riittävästi pienennettyä.



KUVA 9. Tuulenkaatoja kuvion länsireunassa avohakkuun johdosta (Pietari Torriainen).

9.4 Puhdas kuusikko

Kyseessä on varttunut kuusimetsä, jossa kuusen osuus on peräti 99,5 %. Loput 0,5 % koostuu koivusta. Kohteella ei ole juurikaan alikasvosta ja läpimittaluokissa on jonkun verran vaihtelua. Kuvio on hyvin pienialainen, vain 0,35 ha.

Puulaji	Keskiläpimitta	Keskipituus	Tilavuus/ha
Kuusi	25 cm	21,5 m	303,5 m ³
Koivu	16 cm	18 m	1,5 m ³

TAULUKKO 6. Puhtaan kuusikuvion puustotiedot.

Tuhopuiden osuus koko puuston määrästä on 6 % ja ne sijaitsevat pääosin kuvion reunoilla, missä kuuset ovat altistuneet auringolle. Kuvio rajautuu pohjoisessa tiehen, idässä peltoon ja etelässä sekä lännessä avohakkuualaan/taimikkoon. Kuoriainen on todennäköisesti levinnyt kuviolle avohakkuun jälkeen, jolloin valo-olosuhteiden muuttuessa reunapuusto on kärsinyt paahteisuudesta. Pohjois-

sessä tien toisella puolella on varttunutta metsää, jossa on yksittäisiä iskemäpuita. Kirjanpainaja on todennäköisesti endeemisellä tasolla tarkasteltavalla kuviolla, sillä se on iskeytynyt vain reunapuihin. Kunnostushakkuu voitaisiin tässä tapauksessa suorittaa kevyenä kolonisoitujen puiden poistona, joka pidentäisi metsikön kiertoaikaa. Tuulituhoriski kuitenkin kasvaisi entisestään hakkuun takia, jolloin toimenpide voi kääntyä itseään vastaan.

Toisin sanoen kunnostushakkuu ei sovellu kohteelle. Kuusien heikentynyt tila voi pahentua entisestään korjuuvaurioiden ja harventuneen asennon takia. Kiertoajan pidentäminen ei kannata, vaikka metsikkö ei ole vielä saavuttanut hakkuukypsyyttä. Lisäksi viereiset varttuneet kuusikot tarjoavat hyvän lisääntymisalustan kuoriaiselle.

Jälleen soveltuvuuden arvioimisen tueksi voidaan ottaa päätöksentekokehys (kuvio 2). Avohakkuusta johtuva paahteisuuden lisäys on johtanut stressiin, jolloin puut ovat heikentyneet ja kirjanpainaja on käyttänyt tilaisuuden hyväksi (1). Tuhopuiden jalostusarvo laskee ja pikkuhiljaa kehittyvä kuoriaiskanta tulee laskemaan sitä entuudestaan. Koska kyseessä on puhdas kuusikko, voidaan olettaa kuoriaisen menestyvän kohteella lisääntyen yhä useammassa kuudessa (2). Hakkuulla ei voida torjua kirjanpainajaa, koska jo entuudestaan haittaava stressi ja paahteisuus pahenisivat mahdollisista korjuuvaurioista sekä harvemmasta puuston asennosta (3). Kohde ei siis sovellu menetelmälle, jolloin avohakkuu on parempi ratkaisu.



KUVA 10. Puhtaan kuusikon yleisilme (Pietari Tornainen).

9.5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Maastokohteiden tuloksista ei ilmennyt mitään yllättävää ja ne vastasivat hyvin ennako-odotuksiani. Mitä pienialaisempi tuho, sitä helpompi on kirjanpainajan torjunta. Pääosin kirjanpainaja oli iskeytynyt metsänreunapuihin, jotka ovat kärkeineet paahteisuudesta tai viereen tehdystä avohakkuusta, joka on johtanut tuulituhoihin. Etenkin avohakkuut ja niiden seuraukset ympäröiviin metsiin lisäävät kirjanpainajien määrää (Gohli ym. 2024, 9). Tuhoja oli harvemmin sulkeutuneen metsän sisällä, mikä tukee oletusta siitä, että kuoriainen vaatii ennen kaikkea valoa. Metsän sisäiset varjoisten paikkojen tuulenkaadot houkuttelevat kyllä kirjanpainajan paikalle, mutta ne eivät juuri koskaan johda epideemiseen tuhon vaiheeseen. (Komonen 2024).

Kaikista heikoimmin kunnostushakkuulle soveltuvat uudistuskypsät metsät, joissa kirjanpainajapopulaatio on epideemisellä tasolla ja jotka koostuvat lähes kokonaan kuusesta. Lisäksi ne ovat maantieteellisesti kytköksissä muihin varttu-

neisiin kuusikoihin alle 500 metrin päässä. Yksittäisiä kuolleita sekä iskemän saaneita kuusia on havaittu aina 500 metrin päässä alkuperäisestä kuoriaistuhosta (Wichmann & Ravn 2001, 38). Kirjanpainajapopulaatio ei saa olla epideemisellä tasolla, muutoin pelkkä kolonisoitujen puiden ja tuulenkaatojen poisto ei toimi. Toki tällaisiin sekä niiden läheisyydessä oleviin varttuneisiin kuusikoihin voidaan soveltaa hakkuuta, jossa poistetaan systemaattisesti kaikki kuuset. Tällöin kunnostushakkuu ei kuitenkaan kovin paljoa eroa avohakkuusta etenkin kohteilla missä muita puulajeja ei juurikaan esiinny.

Parhaiten soveltuvat sekametsät (kuusen osuus <75 %), joissa tuhot ovat endemisellä tasolla tai kytkeytyvyyttä muihin varttuneisiin kuusikoihin ei ole. Ne eivät myöskään ole saavuttaneet uudistuskypsyyttä, mikä voi kannustaa tuhopuiden poistamiseen ja siten kiertoajan pidentämiseen. Myös vastaavat kuusivaltaiset metsät soveltuvat menetelmälle hyvin, mutta niiden käsittelyyn liittyy erilaisia riskejä etenkin lämpimän vuodenajan hakkuissa. Paras tapa vaikuttaisi tästä syystä olevan kuusien poistaminen sekametsistä pois lukien ohutnilaiset kuuset (nilan paksuus <2,5 mm). Tällöin lämpimänä vuodenaikana (touko-heinäkuu) toteutettava korjuu ei ole riskialtista ja kirjanpainajapopulaatio romahtaa kuoriaisten jäädessä runkoihin kaatohtokellä. Nila-aika (touko-kesäkuu) voi kuitenkin heikentää torjunnan onnistumista – kaarnan irrotessa kuoriaiset voivat jäädä metsään eikä populaation kokoa saada täten pienennettyä. Siksi on tärkeää, että lisääntymiseen kelpaavat puut voidaan poistaa käytännössä kokonaan. (Bioenergianeuvoja N.d.; Schroeder 2007, 529; Weslien ym. 2024).

Kirjanpainajan tappamia puita ei tulisi korjata pois, sillä niillä on hyvin vähäinen arvo jalostavalle teollisuudelle, kun taas monimuotoisuuden kannalta ne ovat tärkeitä. Toisaalta Venäjän puuvirtojen katkettua energiapuun hinta on noussut merkittävästi, jolloin kuolleiden puiden korjuusta on tullut kannattavaa. Tämä on osoittautunut ongelmaksi lahoppuun lisäystavoitteiden saavuttamisen kannalta. Kuollut puu toimii nimittäin elinympäristönä erilaisille luontaisille vihollisille, jotka voivat luonnostaan pienentää kuoriaispopulaatiota ja edesauttavat nopeampaa tuhon hiipumista. (Komonen 2024; Pelto-Arvo 2020, 73). Myöskään tuulenkaatoja on turha korjata pois, mikäli ei toimita riittävän ajoissa tuhon sattuessa eikä niistä ei koidu enää uhkaa kuoriaisen leviämislle. Lisäksi niiden korjaaminen on

työläämpää. Suomessa on tehty tutkimus koskien tuulenkaatojen korjuuta avohakkuuleimikoilla. Tuulenkaatojen runkotilavuuksien ollessa 0,3–1,5 m³ korjuun kustannukset nousevat 35–64 % suhteessa pystypuihin. Koko korjuuketju huomioiden kustannukset ovat 10–30 % korkeammat verrattuna pystypuihin. (Kärhä, Anttonen, Poikela, Palander, Laurén, Peltola & Nuutinen 2018, 16).

10 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä kunnostushakkuu -menetelmään ja selvittää sen soveltuvuutta suomalaisiin kirjanpainajan vaivaamiin varttuneisiin kuusikoihin. Tarkastelu tapahtui ekologisesta sekä kirjanpainajan torjunnan näkökulmasta. Kirjallisuuskatsauksen ja maastokohteiden tulosten perusteella menetelmä on hyvä vaihtoehto avohakkuulle, mikäli yhteenvedoissa todetut kriteerit täyttyvät. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan oteta juuri kantaa taloudellisiin realiteetteihin tai muihinkaan käytännön metsätalouden rajoituksiin, jotka viime kädessä määrittävät erilaisten metsänhoidollisten toimenpiteiden kannattavuuden. Lisäksi metsänomistajan omat näkemykset ja tavoitteet määrittävät sen, miten metsikkö käsitellään, vaikka menetelmä olisi todettu kannattavaksi kohteella. Onnistuminen edellyttää asiantuntemusta kirjanpainajasta sekä tuhopuiden tunnistamisesta – kaikki heikentyneet ja kolonisoidut kuuset eivät ole pihkaisia eikä niiden tyvellä tai sisäänmenoaukoissa näy purua. Tämän vuoksi tuhot voivat olla laaja-alaisempia kuin mitä metsien ensisilmäys antaa olettaa.

Kunnostushakkuun tehokkuutta kirjanpainajan torjunnassa on tutkittu yllättävän vähän ottaen huomioon missä skaalassa toimenpidettä toteutetaan. Vaikka tutkimukset sijoittuvatkin lähinnä Keski-Eurooppaan, missä olosuhteet ovat erilaiset Suomeen verrattuna, ovat tulokset hyvin pitkälti sovellettavissa myös täälläpäin. Kirjanpainajan ekologia sekä monokulttuurikuusikot yhdistävät sekä Suomea että Keski-Eurooppaa. On kuitenkin otettava huomioon metsämaiseman rakenteelliset sekä kirjanpainajan lisääntymisstrategiset eroavaisuudet Suomen ja Keski-Euroopan välillä. Etelämpään mentäessä kirjanpainaja muuttuu bivoltiiniseksi lajiksi (tuottaa kaksi uutta sukupolvea kesässä), jolloin se leviää huomattavasti tehokkaammin. Varttuneet kuusimetsät ovat myös laaja-alaisempia kokonaisuuksia, mikä edesauttaa kuoriaisen menestymistä. Suomessa, etenkin etelässä, laajoilta tuhoilta voidaan välttyä metsien pirstaloituneisuuden ansiosta – kuusikoita on määrällisesti sekä suhteellisesti paljon, mutta kuvioden koot ovat pieniä, jolloin kirjanpainajatuhojen laajuus ei välttämättä tule yltämään Keski-Euroopan tasolle.

Tutkimuksissa ei noussut esille puulajisuhteiden tai metsien rakenteiden vaikuttaminen menetelmän soveltuvuuteen. Yleisellä tasolla puhuttiin lisääntymiseen kelpaavien puiden korjaamisesta sekä alueellisesta kytkeytyneisyydestä, jolloin maastokohteiden soveltuvuutta analysointi oli hyvin teoreettista. Ekologisia vaikutuksia käsittelevissä tutkimuksissa menetelmää verrattiin lähes poikkeuksetta luonnontilaisiin/käsittelemättömiin metsiin. Tässä opinnäytetyössä menetelmää verrataan avohakkuihin, jolloin ekologisia vaikutuksia voidaan verrata vain melko yleisellä tasolla.

Tästä kaikesta huolimatta opinnäytetyö toimii yleisenä tiedonlähteenä niille, jotka haluavat saada yleiskäsityksen hakkuumenetelmästä ja sen yleisistä vaikutuksista metsän uudistumiseen, ekologiaa sekä kirjanpainajan torjuntaan. Lopputuotoksena syntyneitä päätöksentekokehystä (luku 9) voidaan hyödyntää käytännön metsätaloudessa, kun hakkuumenetelmää halutaan kokeilla erilaisilla kohteilla. Opinnäytetyön maastokohteet edustavat tyypillisiä eteläsuomalaisia kuusimetsiä ja toimivat täten esimerkkeinä.

10.1 Työn onnistuminen ja jatkotutkimusmahdollisuudet

Kirjallisuuskatsaus toteutettiin kuvailevana, jolloin aineistonkeruuprosessi oli melko vapaamuotoinen. Laadin ennen aineistonkeruuprosessia sisäänoton kriteeristökehysten sekä määritin eri hakupalveluiden rajaukset. Loppujen lopuksi en päätenyt hyödyntämään hakupalveluiden rajauksia kovinkaan usein, vaan löysin soveltuvia tutkimuksia lähdeviitteiden ja –luetteloiden kautta. Tämä osoittautui tehokkaammaksi, sillä todella moni aihetta käsittelevä tai sivuava tutkimus olisi ollut saavuttamattomissa suppean hakusana-arsenaalin takia. Onnistuin mielestäni hyvin kokoamaan kaikista olennaisimmat asiat liittyen kunnostushakkuiden toteutukseen, ongelmakohtiin sekä vaikutuksiin.

Englanninkielisten tutkimusten tulkinta ja kääntäminen oli ajoittain haastavaa joutuessaan termeistä, joille ei aina löytynyt suomenkielistä vastinetta. Tekstin eheyttämiseen kului tästä syystä aikaa. Koska äidinkieleni ei ole englanti, voi tutkimustulosten tulkinnassa piillä virheitä. Tulosten virheellisyys heijastuisi tällöin myös maastokohteiden tuloksiin. Lisäksi joidenkin tutkimustulosten sisällyttäminen vaatii laajemman kontekstin ymmärtämistä, jolloin huomasin, ettei pelkkä tulosten

ja yhteenvedon lukeminen riitä. Kirjallisuuskatsauksen tulosten luotettavuutta kuitenkin parantavat vallitseva konsensus kunnostushakkuun ekologisista vaikutuksista sekä tehokkuus kirjanpainajan torjunnassa. Valitut tutkimukset olivat myös julkaistu vertaisarvioiduissa tieteellisissä aikakauslehdissä, mikä lisää tuloksien luotettavuutta entisestään.

Maastokohteiden systemaattinen läpikäynti osoittautui melko raskaaksi, sillä kirjanpainajakohteita tuli lopulta paljon. Pohjatiedot olivat joillakin kohteilla melko niukat, jolloin täytyi tehdä ylimääräisiä mittauksia. Jälkikäteen olisi ollut tehokkaampaa tehdä perusteellisemmin pohjatyöt ja pohjatietojen perusteella valita esim. viisi kohdetta, jotka käydään maastossa mittaamassa tarkemmin. Kohteiden soveltamisen analysointi ei vaadi vain kuviotason, vaan aluetason suunniteltua johtuen kirjanpainajan hyvästä leviämiskyvystä. Tästä syystä maastokohteiden analysointi oli vaikein osuus, koska tieto lähialueiden kuusikoista rajoittui vain naapurikuvioihin.

Kunnostushakkuun toimivuudesta kirjanpainajan torjunnassa tulisi tutkia enemmän ei ainoastaan Keski-Euroopassa, vaan myös Suomessa. Hakkuita tulisi toteuttaa Suomessa kokeilu mielessä ja verrata kirjanpainajan leviämistä käsittelemättömiin kirjanpainajan vaivaamiin metsiin. Tämä tarkoittaisi feromoniansojen hyödyntämistä ja monen vuoden tarkasteluajankohtaa, mikä tosin soveltuisi vain tutkijoille. Tämän työn pohjalta voidaan myös tehdä korkeakouluopiskelijalle soveltuva jatkotutkimus, missä toteutettaisiin kunnostushakkuu. Hakkuu suunniteltaisiin aluetasolla, jonka jälkeen toimenpiteen onnistumista analysoitaisiin maastossa. Tällaisia hakkuita on kuitenkin hyvin vaikeaa suunnitella yksityismetsiin, jolloin yhteistyötä täytyisi todennäköisesti tehdä Metsähallituksen tai Suomen Metsäkeskuksen kanssa.

LÄHTEET

Augustynczyk, A.L.D., Asbeck, T., Basile, M., Jonker, M., Knuff, A., Yousefpour, R. & Hanewinkel, M. 2020. Reconciling forest profitability and biodiversity conservation under disturbance risk: the role of forest management and salvage logging. *Environmental Research Letters* volume 15 (9/2020), 1–13.

Auvinen, A. & Tarkiainen, E. 2018. Soluessee: Kvalitatiivinen tutkimus. Proakatemia. Verkkosivu. Viitattu 4.1.2024. <https://essee pankki.proakatemia.fi/soluessee-kvalitatiivinen-tutkimus-2/>

Bakke, A. 1991. Using pheromones in the management of bark beetle outbreaks. Teoksessa Baranchikov, Y.N., Mattson, W.J., Hain, F.P., Payne & T.L. (toim.) *Forest Insect Guilds: Patterns of Interaction with Host Trees*. General Technical Report. Pennsylvania: Department of Agriculture, 371-377.

Basile, M., Krištín, A., Mikusiński, G., Thorn, S., Źmihorski, M., Pasinelli, G. & Bockerhoff, E.G. 2023. Salvage Logging Strongly Affects Woodpecker Abundance and Reproduction: a Meta-analysis. *Current Forestry Reports* volume 9 (1/2023), 1–14.

Bioenergianeuvoja. N.d. Käsitteitä ja sanastoa. Verkkosivu. Viitattu 6.4.2024. <https://www.bioenergianeuvoja.fi/faktaa/kasittet-ja-sanastoa/>

Blicharska, M., Angelstam, P., Giessen, L., Hilszczański, J., Hermanowicz, E., Holeksa, J., Jacobsen, J.B., Jaroszewicz, B., Konczal, A., Konieczny, A., Mikusiński, G., Mirek, Z., Mohren, F., Muys, B., Niedziałkowski, K., Sotirov, M., Stereńczak, K., Szwagrzyk, J., Winder, G.M., Witkowski, Z., Zaplata R. & Winkel, G. 2020. Between biodiversity conservation and sustainable forest management – A multidisciplinary assessment of the emblematic Białowieża Forest case. *Biological Conservation* volume 248 (2020) 108614, 1-15.

Bottero, A., Garbarino, M., Long, J.N. & Motta, R. 2013. The interacting ecological effects of large-scale disturbances and salvage logging on montane spruce forest regeneration in the western European Alps. *Forest Ecology and Management* volume 292 (6/2013), 19-28.

CABI Compendium. 2021. *Ips Typographus* (eight-toothed bark beetle). Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.28843>

Cannon Beach history Center & Museum. 2020. Tillamook burn. Verkkosivu. Viitattu 12.1.2024. <https://cbhistory.org/blog/tillamook-burn-2/>

Community Bushfire Connection. N.d. 1926 Central Gippsland Fires (Black Sunday). History. Verkkosivu. Viitattu 12.1.2024. <https://www.communitybushfire-reconnection.com.au/history/1926-fires/>

Dobor, L., Hlásny, T., Rammer, W., Zimová, S., Barka, I. & Seidl, R. 2019. Is salvage logging effectively dampening bark beetle outbreaks and preserving forest carbon stocks? *Journal of Applied Ecology* 57 (1/2019), 67–76.

Eriksson, P. & Koistinen, K. 2005. Monenlainen tapaustutkimus. Kuluttajatutkimuskeskuksen julkaisuja 4. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus, 4.

Eriksson, M., Pouttu, A. & Roininen, H. 2005. The influence of windthrow area and timber characteristics on colonization of wind-felled spruces by *Ips typographus* (L.). *Forest Ecology and Management* volume 216 (1–3/2005), 105–116.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus kasvintuhoojien vastaisista suojaustoimenpiteistä 26.10.2016/2031. Viitattu 24.3.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32016R2031>

Fares, S., Mugnozza, G.S., Corona, P. & Palahí, M. 2015. Sustainability: Five Steps for Managing Europe's Forests. *Nature* volume 519 (7544/2015), 407-409.

Foster, D.R. & Orwig, D.A. 2006. Preemptive and Salvage Harvesting of New England Forests: When Doing Nothing Is a Viable Alternative. *Conservation Biology* volume 20 (4/2006), 959-970.

Gohli, J., Krokene, P., Flo Heggem, E.S. & Økland, B. 2024. Climatic and management-related drivers of endemic European spruce bark beetle populations in boreal forests. *Journal of Applied Ecology* volume 61 (4/2024), 1-12.

Grodzki, W., Jakuš, R., Lajzová, E., Sitková, Z., Maczka, T. & Škvarenina, J. 2006. Effects of intensive versus no management strategies during an outbreak of the bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col.: Curculionidae, Scolytinae) in the Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *Annals of Forest Science* volume 63 (1/2006), 55-61.

Havašová, M., Ferenčík, J. & Jakuš, R. 2017. Interactions between windthrow, bark beetles and forest management in the Tatra national parks. *Forest Ecology and Management* volume 391 (2017), 349-361.

Heimo Andersson, C.M. 2021. Can spruce forest stands be adapted to climate-driven natural disturbances? The consequential effects of two key disturbance agents and their management in spruce dominated stands under climate change – A review. Faculty of Bioscience, Fisheries and Economy. The Arctic University of Norway. Master's Thesis.

Hlásny, T. & Haas, J. Managing bark beetle outbreaks in the 21st century. FoRISK of FOREST EUROPE meeting 30.6.2023. Viitattu 14.3.2024. <https://foresteurope.org/wp-content/uploads/2023/07/Policy-brief-Managing-bark-beetle-outbreaks-in-the-21st-century.pdf>

Hlásny, T., Krokene, P., Liebhold, A., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K., Schelhaas, M-J., Seidl, R., Svoboda, M., Viiri, H. 2019. Living with bark beetles: impacts, outlook and management options. From Science to Policy. Raportti 8. Euroopan metsäinstituutti. Viitattu 26.1.2024. <https://efi.int/publications-bank/living-bark-beetles-impacts-outlook-and-management-options>

Hlásny, T., König, L., Krokene, P., Lindner, M., Montagné-Huck, C., Müller, J., Qin, H., Raffa, K.F., Schelhaas, M.-J., Svoboda, M., Viiri, H. & Seidl, R. 2021. Bark Beetle Outbreaks in Europe: State of Knowledge and Ways Forward for Management. *Current Forestry Reports* volume 7 (3/2021), 138-165.

Johann, E., Agnoletti, M., Axelsson, A.-L., Bürgi, M., Östlund, L., Rochel, X., Schmidt, U.E., Schuler, A., Skovsgaard, J.P. & Winiwater, V. 2004. Teoksessa Spiecker, H., Hansen, J., Klimo, E., Skovsgaard, J.P., Sterba, H. & von Teufel, K. (toim.). Norway spruce conversion – options and consequences. *Euroopan metsäinstituutin raportteja* 18. Boston: Brill, 25-62.

Jonášová, M. & Prach, K. 2004. Central-European mountain spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) forests: regeneration of tree species after a bark beetle outbreak. *Ecological Engineering* volume 23 (1/2004), 15–27.

Jonášová, M. & Prach, K. 2008. The influence of bark beetles outbreak vs. salvage logging on ground layer vegetation in Central European mountain spruce forests. *Biological conservation* volume 141 (6/2008), 1525–1535.

Karttunen, T. 2020. Kirjanpainajariskin arviointi ja hallinta Helsingin kaupungin taajamametsissä. Metsien ekologia ja käyttö. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Helsingin Yliopisto. Pro Gradu-tutkielma. Viitattu 27.3.2024. <https://helda.helsinki.fi/items/af34fc3e-eed0-4366-913b-42e39b1aebdb>.

Kautz, M., Peter, F.J., Harms, L., Kammen, S. & Delb, H. 2023. Patterns, drivers and detectability of infestation symptoms following attacks by the European spruce bark beetle. *Journal of Pest Science* volume 96 (1/2023), 129–144.

Keto-Tokoi, P., Saaristo, L., Valkeapää, A. & Kunttu, P. 2019. WWF:n metsänhoito-opas. WWF Suomi. Kustannus Erweko Oy. Viitattu 28.3.2024. <https://wwf.fi/opaat/metsanhoito-opas/>

Kirjanpainaja *Ips typographus*. N.d. Metsäinfo. Luonnonvarakeskus. Verkkosivu. Viitattu 22.2.2024. <https://metsainfo.luke.fi/fi/cms/opas/tuhonaiheuttajaluettelo/kirjanpainaja>

Komonen, A. 2024. Kirjanpainajien vaikutukset talousmetsissä ja metsäluonnon monimuotoisuuteen. Luento. Keski-Suomen Luonnonsuojeluliiton yleisötapah-tuma 27.3.2024. Jyväskylä.

Kuhn, A., Hautier, L. & San Martin, G. 2022. Do pheromone traps help to reduce new attacks of *Ips typographus* at the local scale after a sanitary cut? *PeerJ* volume 10 (4/2022), 1-24.

Kärhä, K., Anttonen, T., Poikela, A., Palander, T., Laurén, A., Peltola, H. & Nuutinen, Y. 2018 Evaluation of Salvage Logging Productivity and Costs in Windthrown Norway Spruce-Dominated Forests. *Forests* volume 9 (5/2018), 1–22.

Laki metsätuhojen torjunnasta 20.12.2013/1087. Viitattu 22.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20131087#Pidm46651395714160>

Leverkus, A., Buma, B., Wagenbrenner, J., Burton, P., Lingua, E., Marzano, R. & Thorn, S. 2021. Tamm review: Does salvage logging mitigate subsequent forest disturbances? *Forest ecology and management*. volume 481 (2/2021), 1-11.

Lindenmayer, D.B. & Noss, R.F. 2006. Salvage Logging, Ecosystem Processes, and Biodiversity Conservation. *Conservation biology* volume 20, No. 4, 949–958.

Lyytikäinen-Saarenmaa, P. 2023. Metsien terveys uhattuna – kirjanpainaaja kuusien tappajana. *Ilmastokatsaus* 25 (6/2023), 8–10.

Marjamaa, M. & Sinisalo, R. 2022. Kirjallisuuskatsauksen ohjaus – perustana tutkimuskysymys ja ohjaushaastattelu. *Kreodi* 3.6.2022. Viitattu 4.1.2024. <https://www.kreodi.fi/arkisto/artikkelit/kirjallisuuskatsauksen-ohjaus-perustana-tutkimuskysymys-ja-ohjaushaastattelu.html>

Martikainen, P., Siitonen, J., Kaila, L., Punttila, P., Rauh, J. 1999. Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management* volume 116 (4/1999), 233–245.

Melin, M., Kulha, N., Ylioja, T., Honkaniemi, J. & Koivula, M. 2022. Kirjanpainaajatuhojen riskeistä erilaisissa metsissä ja niille altistavista tekijöistä. *Metsätieteenaikakauskirja* 2022 (10722), 1–9. Viitattu 14.2.2024. <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/article/10722>

Melin, M., Laakso, T., Kärkkäinen, L., Packalen, T. & Viiri, H. 2021. Kirjanpainaajatuhot, suojelualueet ja aluevaraukset – lainsäädäntö ja mahdolliset ongelmakohdat tuhojen levitessä. *Metsätieteen aikakauskirja* 2021 (10522), 1–9. Viitattu 23.2.2024. <https://www.metsatieteenaikakauskirja.fi/article/10522>

Metla. 2010. Kirjanpainaaja (*Ips typographus*). Verkkosivu. Viitattu 6.2.2024. https://web.archive.org/web/20111206032033/http://www.metla.fi/metinfo/metsienterveys/lajit_kansi/iptypo-n.htm

Metsäkeskus. 2022. Kirjanpainaaja kuusikossa: ennakointi, hallinta ja torjunta. Opas. Viitattu 22.2.2024. <https://www.metsakeskus.fi/sites/default/files/document/kirjanpainaajatuhon-torjuntaopas.pdf>

Miścicki, S. & Grodzki, W. 2021. Can sanitation cutting contribute to reduced mortality of Norway spruce *Picea abies* (L.) H. Karst., due to infestation by *Ips typographus* (L.)? *Sylwan* volume 164 (11/2021), 749-762.

Müller, J., Noss, R.F., Thorn, S., Bäessler, C., Leverkus, A.B. & Lindenmayer, D. 2019. Increasing disturbance demands new policies to conserve intact forest. *Conservation Letters* volume 12 (1/2019), 1-7.

Orczewska, A., Czortek, P. & Jaroszewicz, B. 2019. The impact of salvage logging on herb layer species composition and plant community recovery in Białowieża Forest. *Biodiversity and Conservation* volume 28 (13/2019), 3407-3406.

Pelto-Arvo, M. 2020. The impact of forest health status on natural enemies and associates of the European bark beetle *Ips typographus* (L.). Metsätieteiden osasto. Helsingin yliopisto. Maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan julkaisuja 1/2020. Maisterintutkielma. Viitattu 30.1.2024.

<https://helda.helsinki.fi/items/3cef5162-129c-4282-9211-41778a7fd245>

Pietzsch, B.W., Wudel, C. & Berger, U. 2023. Nonparametric upscaling of bark beetle infestations and management from plots to landscape level by combining individual-based with Markov chain models. *European Journal of Forest Research* volume 142 (1/2023), 129–144.

Pukkala, T. 2014. Älä sorru alaharvennukseen. *Arvometsä*. Verkkosivu. Viitattu 28.3.2024. <https://arvometsa.fi/ala-sorru-alaharvennukseen/>

Saalasti, T. 2023. Lahopuun määrään ja laatuun vaikuttavat tekijät Helsingin kaupunkimetsissä. Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto. Metsätieteiden osasto. Maisterin tutkielma. Viitattu 15.1.2024. <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/a7a84f27-2b06-4e8c-88f4-9352d26c42bb/content>

Saarinen, M., Valkonen, S., Sarkkola S., Nieminen M., Penttilä T. & Laiho, R. 2020. Jatkuvaiteisen metsänkasvatuksen mahdollisuudet ojitetuilla turve- mailla. *Metsätieteen aikakauskirja vuosikerta 2020* artikkeli 10372, 1–21.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksien tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. *Opetusjulkaisuja* 62. *Julkisjohtaminen* 4. Vaasan yliopiston julkaisuja.

Schebeck, M., Hanse, E.M., Schopf, A., Ragland, G.J., Stauffer, C. Bentz, B.J. 2017. Diapause and overwintering of two spruce bark beetle species. *Physiological Entomology* volume 42 (3/2017), 200-210.

Schroeder, L.M. 2001. Tree Mortality by the Bark Beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. *Integrated Pest Management Reviews* volume 6 (3-4/2001), 169–175.

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. *Scandinavian Journal of Forest Research* volume 22 (6/2007), 524-530.

Siitonen, J. & Pouttu, A. 2014. Kirjanpainajatuhot Rörstrandin vanhojen metsien suojelualueella sekä ympäröivissä talousmetsissä Sipoossa. *Metsätieteen aikakauskirja* (3/2014), 183–193. Viitattu 2.2.2024.

Sproull, G.J., Bukowski, M., Mcnutt, N., Zwijacz-Kozica, T. & Szwagrzyk, J. 2017. Landscape-Level Spruce Mortality Patterns and Topographic Forecasters of Bark Beetle Outbreaks in Managed and Unmanaged Forests of the Tatra Mountains. *Polish Journal of Ecology* volume 65 (1/2017), 24-37.

Stadelmann, G., Bugmann, H., Meier, F., Wermelinger, B. & Bigler, C. 2013. Effects of salvage logging and sanitation felling on bark beetle (*Ips Typographus*

L.) infestations. *Forest Ecology and Management* volume 305 (10/2013), 273–281

Tilastokeskus. N.d. Ympäristötilinpito (SEEA). Verkkosivu. Viitattu 15.3.2024. <https://www.stat.fi/meta/kas/seea.html>

Thorn, S., Chao, A., Georgiev, K., Müller, J., Bässler, C., Campbell, J.L., Castro, J., Chen, Y-H., Choi, C-Y., Cobb, T.P., Donato, D., Durska, E., Macdonald, S.E., Feldhaar, H., Fontaine, J.B., Fornwalt, P., Hernández, R., Hutto, R.L., Koivula, M., Lee, E-J., Lindenmayer, D., Mikusiński, G., Obrist, M.K., Perlík, M., Rost, J., Waldron, K., Wermelinger, B., Weiß, I., Žmihorski, M. & Leverkus, A. 2020. Estimating retention benchmarks for salvage logging to protect biodiversity. *Nature communications* volume 11 (1/2020), 1–8.

Thorn, S., Bässler, C., Svoboda, M. & Müller, J. 2017. Effects of natural disturbances and salvage logging on biodiversity – lessons from the bohemian forest. *Forest ecology and management* volume 388 (3/2017), 113–119.

Thorn, S., Bässler, C., Brandl, R., Burton, P.J., Cahall, R., Campbell, J.L., Castro, J., Choi, C-Y., Cobb, T., Donato, D.C., Durska, E., Fontaine, J.B., Gauthier, S., Hebert, C., Hothorn, T., Hutto, R.L., Lee, E-J., Leverkus, A.B., Lindenmayer, D.B., Obrist, M.K., Rost, J., Seibold, S., Seidl, R., Thom, D., Waldron, K., Wermelinger, B., Winter, M-B., Zmihorski, M. & Müller, J. 2018. Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* volume 55 (1/2018), 279–289.

Vanická, H., Holuša, J., Resnerová, K., Ferenčík, J., Potterf, M., Véle, A. & Grodzki, W. 2020. Interventions have limited effects on the population dynamics of *Ips typographus* and its natural enemies in the Western Carpathians (Central Europe). *Forest Ecology and Management* volume 470–471 (4/2020), 1–16.

Viiri, H. 2020. Keski-Euroopan metsätuhojen laajuus ja merkitys. Luento. Metsätehon ja Teollisuuden metsänhoitajat ry:n seminaari 8.6.2020. Osuuspankki Valtila. Helsinki. Viitattu 26.1.2024. <https://www.metsateho.fi/metsatehon-ja-tmhn-iltapaivaseminaari-8-6-2020/>

Venäläinen, A., Lehtonen, I., Laapas, M., Ruosteenoja, K., Tikkanen, O-P., Viiri, H., Ikonen, V-P. & Peltola, H. 2020. Climate change induces multiple risks to boreal forests and forestry in Finland: A literature review. *Global Change Biology* 2020 26, 4178–4196.

Wermelinger, B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management* volume 202 (6/2004), 67–82.

Weslien, J. & Schroeder, L.M. 1999. Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands. *Forest Ecology and Management* volume 115 (2–3/1999), 267–275.

Weslien, J., Öhrn, P., Rosenberg, O. & Schroeder, M. 2024. Effects of sanitation logging in winter on the Eurasian spruce bark beetle and predatory long-legged flies. *Forest Ecology and Management* volume 554 (4/2024), 1–15.

Wichmann, L. & Ravn, H.P. 2001. The spread of *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae) attacks following heavy windthrow in Denmark, analysed using GIS. *Forest Ecology and Management* volume 148 (1–3/2001), 31–39.

LIITTEET

Liite 1. Toimihenkilöille lähetetty PDF-tiedosto

Kirjanpainajakohteista tarvittavat tiedot

- Maastokohteiksi soveltuvat kaikenlaiset kirjanpainajakuusikot
- Lähettäkää kuitenkin mahdollisimman erilaisia kohteita
- Kohteet voivat erota toisistaan yhden tai useamman ominaisuuden kohdalla
- Ominaisuudet:
 1. Puuston rakenne (Tasaikäinen/eri-ikäinen)
 2. Puulajisuhteet (Sekametsä/puhdas kuusikko)
 3. Tuhojen laajuus (Muutamasta iskeymäpuusta täysmittaiseen tuhoon missä suuri osa puustosta kuollut tai saanut tartunnan)
- Tarvitsen näistä kohteista myös **puustotiedot ja kartat** (lähestymiskartta ja kuviokartta). Puustotiedoista voi vaikka ottaa näyttökuvan Leafpointin puolella.
- Lisäksi olisi tärkeää olla alustava **arvio tuhojen laajuudesta**. En tarvitse mitään tarkkoja tietoja, vaan pelkkä iskeymäpuiden ja kuolleiden puiden suurin piirteinen prosentuaalinen osuus riittää!
- Ilmoittakaa, milloin metsikkö on tarkoitus hakata, jotta ehdin käydä katsomassa kohteen ennen koneen tuloa.

Voitte lähettää näitä kohteita minulle s-postitse talven mittaan, kuitenkin mielellään ennen tammikuun puoliväliä. Mikäli on epäselvyyksiä mihinkään asiaan liittyen, niin saa olla yhteydessä missä muodossa tahansa.

Pietari Torniainen

