



KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Katja Kuosmanen

Käsittelyajankohdan vaikutus purppuranahakan tehoon pihlajan vesakoitumisen torjunnassa

Opinnäytetyö
Toukokuu 2015

	<p>OPINNÄYTETYÖ Toukokuu 2015 Ympäristötekniikan koulutusohjelma</p> <p>Sirkkalantie 12 A 2 80100 JOENSUU Puh. 013 260 6900</p>
<p>Tekijä Katja Kuosmanen</p>	
<p>Nimeke Käsittelyajankohdan vaikutus purppuranahakan tehoon pihlajan vesakoitumisen torjunnassa</p> <p>Toimeksiantaja Luonnonvarakeskus</p>	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössäni tutkittiin purppuranahakkasieneen perustuvan uuden biologisen vesakontorjuntamenetelmän ajankohdan vaikutusta pihlajan (<i>Sorbus aucuparia</i>) vesomiseen eri käsittelyajankohtina. Perinteiset menetelmät vesakoiden torjuntaan pelkästään raivaamalla tai käyttämällä voimakkaita myrkköjä ovat joko tehottomia tai vahingoittavat ympäristöä, joten uusia vesakontorjuntamenetelmiä tarvitaan.</p> <p>Tutkimus oli tilastollinen kenttäkoe, jossa vertailtiin kahta eri käsittelyä. Toisessa käsittelyssä taimet katkaistiin ja käsiteltiin purppuranahakkasieniliuoksella ja toisessa käsittelyssä taimet vain katkaistiin. Käsittelyt tehtiin kuukauden välein touko-syyskuussa 2013 ja mittaukset elokuussa 2014. Saatuja mittaustuloksia tarkasteltiin tilastollisin menetelmin.</p> <p>Ensimmäisten mittausten perusteella sienikäsittelyn teho on parempi, jos se tehdään keskikesällä. Kantojen kuolleisuus oli suurempaa kesä-elokuussa tehdyissä käsittelyissä kuin aikaisiin keväällä tai myöhään syksyllä tehdyissä käsittelyissä. Pihlaja myös reagoi käsittelyyn voimakkaammin kesä-elokuussa ja puolustautui purppuranahakkaa vastaan kasvattamalla enemmän kanto- ja juurivesoja. Muodostuneet kantovesat olivat kuitenkin merkittävästi lyhyempiä kesä-elokuun käsittelyissä kuin touko- ja syyskuussa tehdyissä käsittelyissä. Purppuranahakan torjuntateho perustuu lahotusprosessiin, jonka teho näkyy paremmin vasta 2–4 vuoden kuluttua käsittelystä, joten mittaukset pitää toistaa syksyllä 2015 ja mahdollisesti vielä syksyllä 2016 lopullisen tehon selvittämiseksi.</p>	
<p>Kieli suomi</p>	<p>Sivuja 37</p>
<p>Asiasanat purppuranahakka, biologinen torjunta, pihlaja</p>	

 Karelia UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES	THESIS May 2015 Degree Programme in Environmental Technology Sirkkalantie 12 A 2 FIN 80100 Joensuu Tel. 358-013-260 6900
Author Katja Kuosmanen	
Title Treatment Date Impact on Efficacy of Fungus (<i>Chondrostereum purpureum</i>) Against Sprouting of Rowan Commissioned by Natural Resources Institute Finland	
Abstract <p>In this thesis it was studied if the treatment date with fungus (<i>Chondrostereum purpureum</i>) had impacts on sprouting of rowan (<i>Sorbus aucuparia</i>). Traditional control methods against sprouting – cutting or chemicals – are ineffective or dangerous for the environment. New control methods are needed.</p> <p>This study is a statistical field investigation in which two different management treatments are compared. These methods are mechanical cutting with squirting mycelium of fungus and just mechanical cutting. Treatments were performed six times in May-September 2013, and measurements were performed in August 2014. Measurement results were explored by using statistical methods.</p> <p>The results revealed that effect of fungus treatment was better if treatment is performed in mid-summer. Mortality of stumps was higher in June-August. Rowan also reacts stronger to treatment in June-August and it grew more stump sprouts and root suckers. Stump sprouts were significantly lower in June-August treatment than in May or September treatment. Efficacy of <i>Chondrostereum purpureum</i> is based on decaying process. Usually it takes 2–4 years, so the final effects of treatment will be seen later. Because of this the measurements will have to be repeated in 2015, and maybe in 2016, to find out final effects.</p>	
Language Finnish	Pages 37
Keywords <i>Chondrostereum purpureum</i> , biological control, rowan	

Sisällys

1 Johdanto.....	5
2 Purppuranahakka torjuntamenetelmänä	6
2.1 Sanasto ja keskeiset käsitteet	6
2.2 Purppuranahakka	8
2.4 Pihlaja	10
2.5 Vesakontorjuntamenetelmät.....	10
2.6 Biologinen vesakontorjunta	11
2.7 Aiemmat tutkimukset	12
3 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tavoitteet.....	15
4 Menetelmät.....	16
4.1 Metsäkohteet.....	16
4.2 Tutkimusruutujen perustaminen	18
4.3 Tutkimusruuduilla tehdyt käsittelyt.....	19
4.4 Tutkittavien kantojen merkitseminen ja mittaaminen.....	20
4.5 Aineiston tilastollinen käsittely	21
5 Tulokset ja tulosten tarkastelu.....	23
5.1 Kantojen kuolleisuus	23
5.2 Juurivesojen esiintyminen	25
5.3 Kantojen vesalukumäärät	25
5.4 Kantovesojen pituus	28
5.5 Hopeakiiltotaudin ja itiöemien esiintyminen	31
6 Johtopäätökset	32
6.1 Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi	34
6.2 Jatkotutkimukset.....	35
Lähteet	36

1 Johdanto

Opinnäytetyössäni tutkin uuden biologisen vesakontorjuntamenetelmän, purppuranahakkasienikäsitteilyn, ajankohdan vaikutusta pihlajan (*Sorbus aucuparia*) vesomiseen. Analyysini perustuu kenttäkokeeseen, jossa vastakatkaistujen pihlajien kantoja käsiteltiin purppuranahakkasieniliuoksella kolmella eri tutkimusalueella Joensuun ympäristössä. Käsitteilyt tehtiin touko-syyskuussa 2013 ja mittaukset syyskuussa 2014. Tutkimuksella pyritään selvittämään, onko käsitteilyajankohdalla vaikutusta sieniliuoksen tehoon pihlajavesakoiden torjunnassa. Käsiteltyjen alueiden tuloksia verrataan vastaaviin alueisiin, jotka on raivattu, mutta joissa sieniliuosta ei ole ruiskutettu kantoihin. Saatuja mittaustuloksia tarkastellaan tilastollisin menetelmin.

Vesakoiden torjunta pelkästään raivaamalla on tehotonta, ja voimakkaiden myrkkujen käyttö vahingoittaa ympäristöä, joten uusia vesakontorjuntamenetelmiä tarvitaan. Aiemmissä tutkimuksissa on testattu sienikäsitteilyn vaikutusta koivuun, haapaan ja pihlajaan. Näissä tutkimuksissa hyviä tuloksia on saatu koivulla ja haavalla (kantokuolleisuus lähes 80 %), mutta pihlajalla tulokset ovat jääneet vaatimattomammiksi (kantokuolleisuus 50 %). (Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström & Hantula 2015.)

Opinnäytetyöni toimeksi antaja on Metsäntutkimuslaitos (vuoden 2015 alusta Luonnonvarakeskus). Toimeksiantajan puolesta ohjausta on antanut tutkija Leena Hamberg. Opinnäytetyöni ohjaavana opettajana on toiminut lehtori Virva Rento.

2 Purppuranahakka torjuntamenetelmänä

2.1 Sanasto ja keskeiset käsitteet

Estimoida eli arvioida aineiston tunnuslukuja tiettyjen virhemarginaalien rajoissa. Estimoinnilla muodostetaan todennäköisyyslaskennan avulla estimaatti, joka kuvastaa tutkimusaineistoa parhaana mahdollisena yksittäisenä lukuna. (Tilastokeskus 2015.)

Juurivesa on juurisilmusta kasvava verso (Tieteen termipankki 2015).

Kantopinta, taimen katkaisusta syntynyt leikkauspinta, johon sieniliuos ruiskutetaan.

Kantovesa on puun kaatamisen jälkeen rungon tyveen muodostunut verso.

Khii²-testi on tilastollinen testi, jolla voidaan testata esiintymistodennäköisyyksien eroja ristiintaulukoinnilla.

Kloonikasvi on kasvi, joka pystyy lisääntymään suvuttomasti esim. maavarren avulla.

Lineaarinen sekamalli on tilastollinen laskentamalli, jolla etsitään vastemuuttujan ja selittävien tekijöiden välisiä yhteyksiä ja jossa voidaan samanaikaisesti ottaa huomioon havaintoyksiköiden välinen mahdollinen korreloituneisuus (Nummi 2005).

p-arvo on laskennallinen arvo, jota käytetään tutkimusten tulosten satunnaisvirheen tunnuslukuna.

Pihlaja (*Sorbus aucuparia*) on suomalainen puulaji, joka kasvaa usein monihaaraisena ja pensasmaisena, mutta voi kasvaa myös 15–20 m korkeaksi puuksi (Valkonen 1996).

Purppuranahakka (*Chondrostereum purpureum*) on kääpämäinen lehtipuita lahottava sieni (Niemelä, Terho & Kiema 2012).

Yleistetty lineaarinen sekamalli on tilastollinen laskentamalli, jolla tutkitaan vastemuuttujan ja selittävien tekijöiden välisiä yhteyksiä. Mallissa voidaan samanaikaisesti ottaa huomioon havaintoyksiköiden välinen mahdollinen korreloituneisuus ja tarvittaessa muuntaa vastemuuttuja normaalijakautuneeksi (Nummi 2005).

Ymppäys, mikrobien istuttamista elatusaineeseen (Kielitoimiston sanakirja 2006). Tässä tutkimuksessa ymppäämisellä tarkoitetaan sienirihmastoja sisältävän liuoksen istuttamista vastaleikattuun kantopintaan.

2.2 Purppuranahakka

Purppuranahakka (*Chondrostereum purpureum*) on lehtipuita lahottava sieni, joka on hyvin tavallinen Suomen metsissä. Purppuranahakalla on kääpämäinen itiöemä, ja se kasvaa rykelminä kuolleessa puussa tai puun vaurioituneissa osissa (kuva 1). Sienen yksittäiset lakit ovat 1–2 cm:n kokoisia, päältä takkukarvaisia ja likaisen valkoisia tai tummanruskean vyöhykkeisiä, jolloin itiöemän reuna on tavallisesti vaalea. Itiöemän alapinta on sileä ja purppuranpunainen ja vanhemmiten väri muuttuu tummemmaksi. Purppuranahakasta ei ole vaaraa terveille elinvoimaisille puille, vaan purppuranahakan esiintyminen kertoo puun heikentyneestä tilasta. Poikkeuksena ovat hedelmäpuut, joissa purppuranahakka aiheuttaa hopeakiiltotautia. (Niemelä, Terho & Kiema 2012, 51–52.)



Kuva 1. Purppuranahakan itiöemiä koivun kannossa (Kuva: Leena Hamberg).

Purppuranahakka leviää lehtipuihin, jos niissä on tuore vaurio, mutta se ei aiheuta ongelmia havupuille. Sienen vesakontorjuntateho perustuu siihen, että se lahottaa kannon ja siten tappaa siihen muodostuneet vesat. Tämä lahotusprosessi kestää 2–4 vuotta, joten lopullista tehoa ei näe vielä ensimmäisen vuoden jälkeen. Prosessin nopeus riippuu mm. puulajista ja sen kyvystä vastustaa purppuranahakkaa sekä ympäristöolosuhteista ja mahdollisesti myös käsittelyajankohdasta. (Hamberg 2015.)

Purppuranahakkasieni aiheuttaa hopeakiiltotautia *Prunus*-suvun puilla, kuten esimerkiksi kirsikkapuilla. Tauti esiintyy puiden lehdissä muuttaen ensiksi lehtiä hopeanharmaaksi, minkä jälkeen koko kasvi ruskettuu (kuva 2). Tauti voi tarttua puihin esimerkiksi oksien leikkuuhaavojen kautta. Puut, jotka ovat yli puolen kilometrin etäisyydellä itiöitä levittävästä kohteesta, eivät ole vaarassa saada tartuntaa. (Poteri 2001, 16; Peräinen 2006, 208.)



Kuva 2. Hopeakiiltotautia pihlajassa (Kuva: Leena Hamberg).

2.4 Pihlaja

Pihlaja (*Sorbus aucuparia*) kasvaa Suomessa alkuperäisenä lajina. Sitä esiintyy aukeilla uudistusaloilla sekä alikasvoksena varttuneemmissa metsissä. Hakuun jälkeen se lisääntyy erittäin nopeasti vesomiskykynsä ansiosta. Katkaisuihin kantoihin muodostuu usein runsaasti vesoja. Kloonikasvina pihlaja pystyy lisääntymään tehokkaasti myös muodostamiensa juurivesojen avulla. Pihlaja kasvaa usein monihaaraisena ja pensasmaisena, mutta rehevillä mailla se voi kasvaa jopa 15–20 m:n pituiseksi puuksi. (Valkonen 1996, 50.)

Pihlaja on hyönteispölytteinen kesävihanta puu, joka kukkii joka vuosi kesäkuussa. Lehtiruoti on 2–4 cm pitkä ja kukinto on valkokukkainen tasohuis kilo. Kukinnosta muodostuu pihlajan punaiset marjat. Pihlajalajeja tunnetaan noin sata, joista Suomessa kasvaa alkuperäisenä neljä lajia. Pihlaja elää 50–75-vuotiaaksi. (Väre & Kiuru 2006, 184–185.)

2.5 Vesakontorjuntamenetelmät

Lehtipuiden nopea kasvu ja vesominen ovat ongelma tienpientareilla, sähkölinjojen alla, kaupunkimetsissä ja taimikoissa. Ongelmia on varsinkin rehevillä mailla, kuten rehevillä kuusenuudistusaloilla. Lehtipuiden mekaaninen torjunta raivaussahalla tai -koneella on tehotonta, koska kannot vesovat nopeasti raivaamisen jälkeen. Mekaaninen raivaaminen voi jopa kiihdyttää vesakon kasvua. Kemiallisten torjunta-aineiden käyttöä ei puolestaan suositella niiden haitallisuuden vuoksi. (Hamberg & Hantula 2011, 17.)

Metsänuudistusaloilla mekaanisessa pintakasvillisuuden torjunnassa heinikkoa ja vesakkoa niitetään tai poljetaan taimien ympäriltä vähintään pintakasvillisuuden korkeutta vastaavalta etäisyydeltä. Tällä pyritään parantamaan taimien selviytymismahdollisuuksia pintakasvillisuutta vastaan. Lehtipuiden vesomista voidaan vähentää jonkin verran, jos raivaaminen tehdään keskikesällä, mutta työn suorittaminen on silloin haastavaa, koska taimet erottuvat huonosti muun kasvillisuuden seasta. Toisaalta Vartiamäen ym. mukaan koivun vesominen näyttäisi vähentyvän alkukesän raivaamisella. Rehevillä alueilla vesakon raivaus joudutaan tekemään jopa kahteen kertaan 2–3 vuoden välein. (Äijälä, Koistinen,

Sved, Vanhatalo & Väisänen 2014, 91–92; Vartiamäki, Hantula, Uotila 2009, 736.)

Kemiallisen pintakasvillisuuden- ja lehtipuuvesakontorjunnan voi tehdä joko maan muokkauksen yhteydessä ennen taimien istutusta tai nuorena taimikos-
sa. Kemiallisessa pintakasvillisuuden torjunnassa on yleensä käytetty glyfosaat-
tipohjaisia torjunta-aineita. Tällainen on esimerkiksi Roundup, joka on lehtivai-
kutteen torjunta-aine, mutta se tehoaa myös kantoihin ruiskutettuna. Glyfosaa-
tin teho kestää 1–2 vuotta. Glyfosaattivalmisteet ovat vaarallisia ihmisen tervey-
delle ja erittäin haitallisia vesieliöille, ja siksi niitä ei saa käyttää pohjavesialueel-
la eikä 15 metriä lähempänä vesistöjä. (Mäki 2012, 8; Tukes 2012.)

2.6 Biologinen vesakontorjunta

Metsäntutkimuslaitos on tutkinut purppuranahakan käyttömahdollisuuksia biolo-
gisena vesakontorjuna vuodesta 2005 lähtien. Purppuranahakasta on kehitet-
ty biologinen vesakontorjunta-aine Aalto-yliopistossa. (Hamberg 2013.)

Alankomaissa purppuranahakasta on kehitetty tuote biologiseen torjuntaan ni-
mellä BioChon. Sen on todettu tappavan noin 95 % kiiltotuomen (*Prunus Sero-
tina*) kannoista kahden vuoden kuluessa käsittelystä. Aine tehoaa myös musta-
poppeliin (*Populus X canadensis Moench*). Aine ei ole myynnissä. (Vartiamäki
2009,12–13; De Jong 2000.)

Myös Kanadassa on tutkittu lahottajasienien käyttöä vesakoitumisen torjuntaan.
Siellä on kehitetty kaksi purppuranahakkatuotetta: Myco-TechTM Paste vuonna
2002 ja ChontrolTM Paste vuonna 2007, joista jälkimmäinen on myös rekisteröi-
ty. Kumpikaan tuote ei kuitenkaan ole vielä myynnissä. Näiden kahden tuotteen
tehokkuutta on kokeiltu eri lehtipuiden vesakontorjunnassa esimerkiksi puna-
vaahteralla (*Acer rubrum*), keltakoivulla (*Betula alleghaniensis*) ja amerikanhaa-
valla (*Populus tremuloides*). Tutkimuksissa todettiin, että purppuranahakan teho
on verrattavissa kemiallisiin kasvimyrkkyihin. Esimerkiksi purppuranahakalla
käsitellyt punavaahterat kuolivat kahden vuoden kuluessa. (Vartiamäki 2009,
13; Becker et al. 2005.)

Ulkomailla kehitettyjä biologisia vesakontorjunta-aineita ei kuitenkaan voi tuoda sellaisenaan Suomeen, koska niissä on käytetty ulkomaista sienikantaa. Luonnonsuojelulaki (LSL § 43) kieltää vierasperäisten lajien tuonnin Suomeen. Tässä tutkimuksessa käytetty purppuranahakkasieniliuos on tehty suomalaisesta R5-sienikannasta. Purppuranahakkakanta R5 on risteytetty useasta alkuperäisestä suomalaisesta sienikannasta ja se on tutkimuksissa osoittautunut tehokkaammaksi kuin yksittäiset alkuperäiset suomalaiset sienikannat. (Hamberg, Vartiamäki & Hantula 2015.)

2.7 Aiemmat tutkimukset

Vuonna 2005 on tehty tutkimus, jossa koivuja (*Betula* spp.) on käsitelty kahden viikon välein ajanjaksolla 2.5.–12.10.2005 (Vartiamäki 2009). Tutkimuksessa tehtiin kolme erilaista käsittelyä: 1) taimi katkaistiin ja kanton ympätettiin purppuranahakkasieniliuosta, 2) taimi katkaistiin ja kanto ympätettiin liuoksella, jossa ei ollut sientä ja 3) taimi vain katkaistiin. Tutkimusalueilla mittauksia tehtiin kolmena ensimmäisenä syksynä käsittelyjen jälkeen. Ensimmäisen ja toisen vuoden mittauksissa laskettiin elävien kantojen määrä ja elävien kantojen vesalukumäärä sekä mitattiin pisimmän vesan pituus. Itiöemien määrää kannoista tutkittiin kolmena ensimmäisenä vuonna käsittelystä. (Vartiamäki 2009, 18.)

Sieniliuos vähensi kantovesojen lukumäärää ja vaikutus oli parhaiten nähtävissä kahden vuoden kuluttua käsittelystä. Ensimmäisen vuoden mittauksissa purppuranahakan itiöemiä löydettiin touko-heinäkuussa käsitellyistä kannoista, mutta kaikkein eniten niitä esiintyi touko-kesäkuussa käsitellyissä kannoissa. Tästä pääteltiin, että käsittelyajankohdalla on vaikutusta koivuvesakoiden torjunnassa. Paras teho käsittelylle saatiin touko-heinäkuussa ja teho laski kasvukauden loppua kohti. (Vartiamäki 2009, 20; Vartiamäki, Hantula & Uotila 2009, 734–737.)

Pihlajavesakoissa on aiemmin tutkittu kolmen erilaisen vesakontorjuntamenetelmän tehoa (Hamberg ym. 2011 ja 2014). Tutkitut menetelmät olivat: 1) taimien raivaaminen mekaanisesti katkaisemalla taimet 10–15 cm:n korkeudelta, 2) taimien katkaiseminen 1 m:n korkeudelta ja 3) taimien katkaiseminen 10–15 cm:n korkeudelta ja kantopintojen käsittely purppuranahakkasieniliuoksella.

Tutkimuksessa käytettiin suomalaista sienikantaa P3. Jokaisessa käsittelyssä valittiin vähintään metrin korkuisia taimia, joiden tyviläpimitta oli 1–4 cm. Käsitellyt tehtiin 12.–20.6.2007 ja niiden seurauksia tutkittiin vuosina 2008 ja 2010. Syyskuussa 2008 tutkittiin kantovesojen määrä ja pituus. Uusien juurivesojen esiintyminen ja ympärillä olevien taimien määrä tutkittiin 50 cm etäisyydeltä tutkittavasta kannosta. Lisäksi kannoista laskettiin purppuranahakan itiöemien määrä. Neljän kasvukauden jälkeen vuonna 2010 tehtiin muuten samat mittaukset, mutta metrin korkeudelta katkaistuja taimia ei enää huomioitu. (Hamberg, Vartiamäki, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Valkonen & Hantula 2011, 505–508; Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström & Hantula 2014, 127.)

Sienellä käsitellyistä pihlajan taimista kuoli kahden kasvukauden jälkeen noin 27 %, ja neljän kasvukauden jälkeen kantojen kuolleisuus oli 50 %. Vertailukäsittelyistä kahden kasvukauden jälkeen 10–15 cm:n korkeudelta katkaistuista pihlajan taimista kuoli 6 % ja 1 m:n korkeudelta katkaistuista ei yhtään. Neljän kasvukauden jälkeen vertailukäsittelyssä kantojen kuolleisuus oli 14 %. Elävissä kannoissa olevien kantovesojen määrä oli korkea ensimmäisen kasvukauden jälkeen, mutta se väheni selvästi seuraavina vuosina. Sienellä käsitellyillä aloilla vähenemistä oli enemmän, vaikka tilastollista merkitsevyyttä käsittelyjen välillä ei ollutkaan. Kahden kasvukauden jälkeen kantovesat olivat merkittävästi lyhyempiä sienellä käsitellyillä aloilla kuin vertailukäsittelyissä ja neljän kasvukauden jälkeen tämä ero oli vielä selvempi. (Hamberg, Vartiamäki, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Valkonen & Hantula 2011, 508–509; Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Hantula 2014, 128.)

Kahden kasvukauden jälkeen juurivesoja oli sienellä käsitellyillä aloilla enemmän kuin vertailualoilla, mutta juurivesojen pituudessa ei havaittu eroja käsittelyjen välillä. Neljän kasvukauden jälkeen juurivesojen määrässä ei ollut eroa käsittelyjen välillä. Kannon suurempi läpimitta lisäsi sekä kanto- että juurivesojen määrää kaikissa käsittelyissä, kun taas runsas ympärillä olevien taimien määrä vähensi kanto- ja juurivesojen määrää ja lisäksi vesat olivat lyhyempiä. Kuitenkin neljän kasvukauden jälkeen näytti siltä, että läpimitaltaan isommissa kannoissa kuolleisuutta oli enemmän. Purppuranahakan itiöemiä havaittiin kahden kasvukauden jälkeen 42 %:ssa sieniliuoksella käsitellyistä kannoista.

sa. (Hamberg, Vartiamäki, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Valkonen & Hantula 2011, 508–509; Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Hantula 2014, 128.)

Vastaavanlainen tutkimus on tehty myös haavalla (*Populus tremula*). Sienellä käsitellyistä haavan taimista kuoli kahden kasvukauden jälkeen noin 57 %, 10–15 cm:n korkeudelta katkaistuista haavan taimista (ei purppuranahakkakäsittelyä) kuoli 37 % ja 1 m:n korkeudelta katkaistuista 9 %. Kolmen kasvukauden jälkeen kantojen kuolleisuus purppuranahakkakäsittelyssä oli 77 %. Tässä tutkimuksessa sienellä käsitellyissä kannoissa oli vähemmän kantovesoja jo ensimmäisen kasvukauden jälkeen ja ne vähenivät selvästi seuraavina vuosina. Kantovesat olivat myös lyhyempiä kuin vertailukäsittelyissä. Itiöemiä esiintyi yli 50 %:ssa sienellä käsitellyistä kannoista. (Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Vartiamäki, Valkonen & Hantula 2011, 100–103; Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström & Hantula 2014, 130.)

3 Tutkimuskysymykset ja tutkimuksen tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena selvittää, vaikuttaako käsittelyajankohda purppuranahakan tehoon pihlajan vesakoitumisen torjunnassa. Oletuksena on, että käsittelyajankohdalla on vaikutusta sieniliuoksen tehoon, koska aikaisin keväällä ja myöhään syksyllä pihlajan ravinteet ovat juurissa, jolloin sillä on paljon resursseja kasvattaa uusia vesoja ja vastustaa purppuranahakan vaikutusta. Kun vesakkoa raivataan ja käsitellään keskikesällä, niin pihlajan ravinteet ovat varressa ja lehdissä, jolloin varren katkaisusta ja kannon käsittelystä on enemmän haittaa pihlajalle. (Hamberg, Vartiamäki & Hantula 2015.)

Mittausten tuloksista tarkastellaan, onko kantojen kuolleisuuksissa eroja ja onko kantojen vesalukumäärissä ja kantovesojen pituuksissa sekä juurivesojen lukumäärissä eroja käsittelypäivien välillä. Kuolleiden kantojen määrä, kantojen vesalukumäärä ja vesapituus kertovat sieniliuoksen vaikutuksesta pihlajaan. Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että 1–2 vuoden kuluttua käsittelystä kantovesojen lukumäärä on ollut suurempi ja vesat ovat lyhyempiä. Juurivesojen määrä on ollut sienellä käsitellyillä aloilla merkittävästi runsaampaa kahden vuoden kuluttua käsittelystä, mutta niiden pituudessa ei ole havaittu eroja käsittelyjen välillä. Sienellä käsiteltyjen kantojen suuremman läpimitan on todettu lisäävän kantojen kuolleisuutta. (Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Hantula 2014, 128–131.)

Tutkimuksen tavoitteena on löytää optimaalinen käsittelyajankohta pihlajavesakoille ja siten edistää biologisen vesakontorjuntamenetelmän kehittämistä Suomessa.

4 Menetelmät

4.1 Metsäkohteet

Pihlajatutkimukseen valittiin kolme kuusen uudistusalaa Joensuun ympäristöstä eli Vinnilä, Valkealamminsärkkä ja Ihanto, joissa oli runsaasti pihlajavesakkoa. Koealat ovat metsäteollisuusyhtiö UPM Kymmene Oyj:n omistuksessa ja ne sijaitsevat noin 30–40 km Joensuusta koilliseen. Koealoista kaksi (Valkealamminsärkkä ja Ihanto) on kasvupaikkatyybiltään mustikkatyyppin kankaita (MT) ja yksi (Vinnilä) puolukkatyyppin kangas (VT) (kuvat 3–5).



Kuva 3. Yleiskuva Ihannon koealasta (Kuva: Katja Kuosmanen).



Kuva 4. Yleiskuva Valkealamminsärkän koealasta (Kuva: Katja Kuosmanen).



Kuva 5. Yleiskuva Vinnilän koealasta (Kuva: Katja Kuosmanen).

4.2 Tutkimusruutujen perustaminen

Kuhunkin metsäkohteeseen perustettiin 12 kpl 25 m × 25 m tutkimusruutua. Tutkimusruutujen kulmat merkittiin lasikuitukepeillä ja keppeihin laitettiin ruutujen numerot. Sieniruudut numeroitiin violeteilla ja kontrolliruudut valkoisilla lapuilla (kuva 6).



Kuva 6. Tutkimusruudun kulman merkintäkeppi (Kuva: Katja Kuosmanen).

4.3 Tutkimusruuduilla tehdyt käsittelyt

Metsäkohteiden tutkimusruuduista käsiteltiin kerrallaan vain kaksi ruutua: sienikäsittelyruutu ja ruutu, jolla tehtiin pelkkä raivaus. Yhteensä käsittelyjä tehtiin kesällä 2013 kuusi kertaa: toukokuun puolivälissä, kesäkuun alussa, kesäkuun lopussa, heinäkuun lopussa, elokuun lopussa ja syyskuun lopussa (taulukko 1).

Kunkin metsäkohteen kuudella ruudulla taimet katkaistiin raivaussahalla ja tuoreisiin kantopintoihin ruiskutettiin paineruiskulla purppuranahakkasieniliuosta heti katkaisun jälkeen (sienikäsittely). Sieniliuoksessa oli sienirihmastoja mikroskooppisen pieninä palasina. (Hamberg 2013.)

Muissa tutkimusruuduissa taimet katkaistiin raivaussahalla, mutta kantopintoja ei käsitelty sieniliuoksella (kontrolliruudut). Kummaltakin alalta raivaustähteet kerättiin pois, jotta kantojen inventointi olisi helpompaa seuraavina syksyinä ja etteivät raivaustähteet häiritsisi taimien kasvua. (Hamberg 2013.)

Taulukko 1. Tutkimusruutujen perustamispäivät ja merkityt kannot.

Käsittelypäivä	Tutkittavia kantoja (kpl)
15.5.2013	118
4.6.2013	118
27.6.2013	120
29.7.2013	119
21.8.2013	120
18.9.2013	120

4.4 Tutkittavien kantojen merkitseminen ja mittaaminen

Kussakin tutkimusruudussa merkittiin 20 pihlajantainta taimen tyveen kiinnite-tyillä numerolapuilla myöhempää tutkimista varten (kuva 7). Tutkittavia taimia oli yhteensä $3 \times 12 \times 20 = 720$. Mittausvaiheessa kaikkia kantoja ei löydetty, joten tutkittavia kantoja oli yhteensä 715 (taulukko 1).



Kuva 7: Tutkittavat kannot merkittiin taimen tyveen kiinnitettävällä lapulla. (Kuva: Katja Kuosmanen).

Mittaukset tehtiin ensimmäisen kerran syyskuussa 2014 ja toisen kerran mittaukset tehdään mahdollisesti syksyllä 2015. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vain vuoden 2014 tuloksia. Mittausten perusteella tutkitaan, vaikuttaako käsittelyajankohta sieniliuoksen tehoon.

Tutkimusruuduilla mitattiin kannon läpimitta (mm) ja laskettiin kannossa olevien elävien vesojen lukumäärä sekä käsittelyn jälkeen syntyneiden juurivesojen lukumäärä 50 cm etäisyydellä kannosta. Tutkittavan kannon ympäriltä laskettiin myös ympärillä olevien kantojen lukumäärä 50 cm etäisyydellä kannosta, jotta analyyseissä voitiin ottaa huomioon myös kasvutilan vaikutus. Lisäksi mitattiin kanto- ja juurivesojen maksimipituus (cm). Kantovesan pituus mitattiin maasta vesan kärkeen. Kannoista laskettiin myös vanhojen ja uusien purppuranahakaitiöemien määrä. Havainnot luokiteltiin seuraavasti: luokka 0 = ei itiöemiä, luokka 1 = itiöemiä 1–3 kpl, luokka 2 = itiöemiä 4–10 kpl ja luokka 3 = itiöemiä yli 10 kpl. Samalla havainnoitiin, kuinka moni kannoista oli kuollut. Lisäksi kirjattiin ylös, jos hirvi tai jokin muu eläin oli syönyt vesoja. (Hamberg 2015.)

4.5 Aineiston tilastollinen käsittely

Mittaustuloksia hyväksi käyttäen laskettiin tilastollisilla menetelmillä sieni- ja kontrolliruutujen väliset erot käsittelypäiväkohtaisesti. IBM SPSS Statistics 20 -ohjelmistolla analysoitiin χ^2 -testillä kuolleisuuden ja juurivesojen esiintymistodennäköisyyden erot käsittelyjen välillä. Itiöemien ja hopeakiiltotaudin esiintymistä tarkasteltiin vain sienikäsitellyiltä aloilta kerätystä aineistosta.

Vesalukumäärien ja -pituuksien tutkimista varten aineistosta poimittiin vain elävät kannot, joita käyttäen estimoitiin tilastolliset mallit R-tilasto-ohjelmistolla (versio 2.15.1). Käsittelyn vaikutus vesalukumäärään tutkittiin yleistetyllä lineaarisella sekamallilla, ja käsittelyn vaikutus vesapituuksiin lineaarisella sekamallilla. Käsittelyn vaikutus vesalukumäärään tutkittiin R-tilasto-ohjelmistossa lme4-paketin glmer-funktiolla ja vaikutus vesapituuksiin nlme-paketin lme-funktiolla. (R Core Team, 2012; Bates ym., 2013.)

Yleistetyssä lineaarisessa sekamallissa R-ohjelmiston funktio glmer muuntaa vasteen normaalijakautuneeksi (tässä vesalukumäärä muunnettiin log-

muunnoksella) ja samalla se laskee vastemuuttujan ja selittävien tekijöiden väliset yhteydet ja tilastollisen merkitsevyyden. Sekamallissa on sekä kiinteitä selittäviä muuttujia että satunnaismuuttujia. Tässä tutkimuksessa kiinteitä selittäviä tekijöitä olivat: 1) käsittely (sienikäsittely tai kontrolli), 2) kantoläpimitta (mm) ja 3) kantojen lukumäärä 50 cm:n etäisyydellä tutkittavasta kannosta. Satunnaismuuttujana oli paikka, joka huomioi sen, että saman metsäalueen sisällä tutkitut pihlajantaimet voivat olla samanlaisempia kuin pihlajat, jotka valittaisiin tutkimukseen täysin satunnaisesti eri kohteista. Lineaarinen sekamalli estimoitiin muutoin samalla tavalla, paitsi että oletuksena oli, että aineiston vesapituus on normaalijakautunut, joten vasteelle ei tarvinnut tehdä muunnosta.

Saatujen tulosten perusteella arvioidaan, onko käsittelyajankohdalla vaikutusta sienikäsittelyn tehoon pihlajavesakon torjunnassa.

5 Tulokset ja tulosten tarkastelu

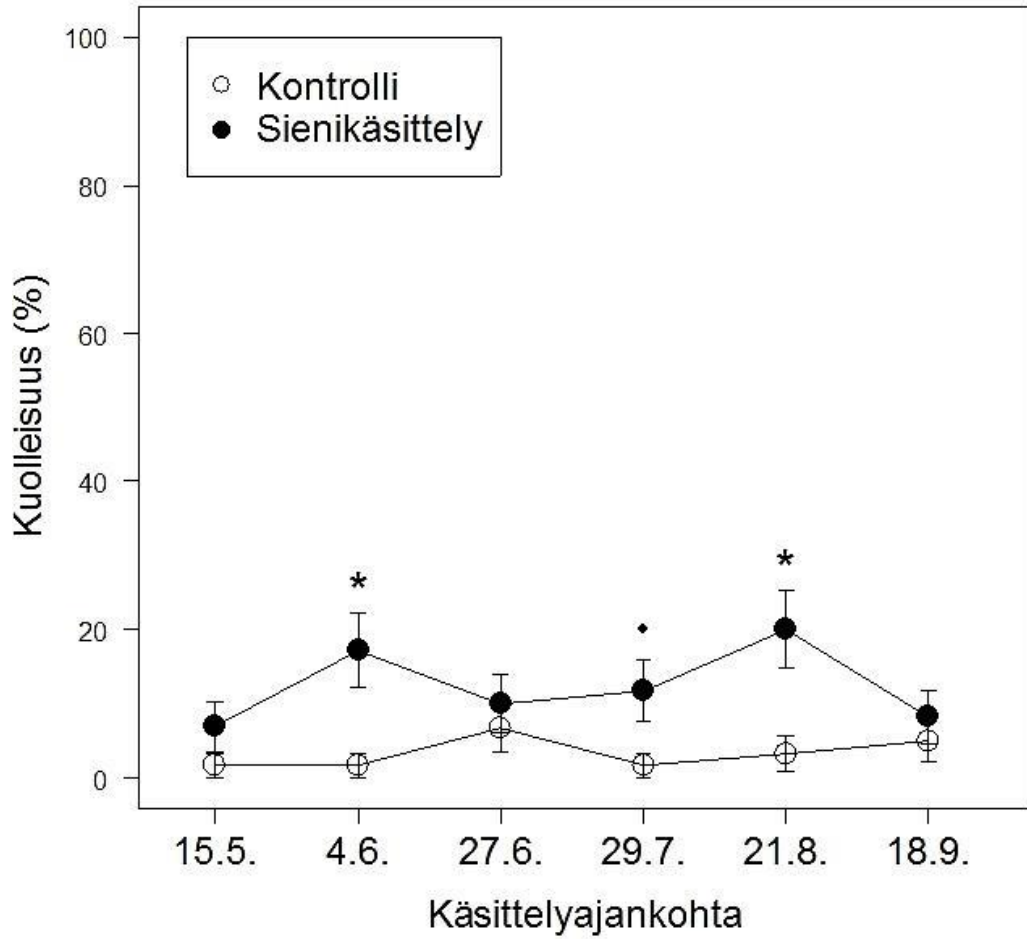
5.1 Kantojen kuolleisuus

Sienellä käsitellyissä ruuduissa kantojen kuolleisuus oli suurempaa kuin kontrolliruuduissa. Ero kuolleisuudessa oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) 4.6. ja 21.8. tehdyissä käsittelyissä ja indikatiivinen ($0,05 < p < 0,1$) 29.7. tehdyssä käsittelyssä (taulukko 2; kuvio 1).

Taulukko 2. Kuolleiden kantojen osuuksien vertailu. Tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on tummennettu ja indikatiiviset ($0,05 \leq p < 0,1$) alleviivattu.

Käsittelypäivä	Sienikäsitteily	Kontrolli	p -arvo
15.5.2013	6,9 %	1,7 %	0,341 ^a
4.6.2013	17,2 %	1,7 %	0,010
27.6.2013	10,0 %	6,7 %	0,741
29.7.2013	11,9 %	1,7 %	<u>0,064^a</u>
21.8.2013	20,0 %	3,3 %	0,010
18.9.2013	8,3 %	5,0 %	0,741

^a tulos ei täysin luotettava, koska odotetut frekvenssit olivat liian pieniä (< 5)



Kuvio 1. Kantojen kuolleisuus eri perustamispäivinä. Tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on merkitty tähdellä ja indikatiiviset ($0,05 \leq p < 0,1$) on merkitty pisteellä (Kuvio: Leena Hamberg).

5.2 Juurivesojen esiintyminen

Sienikäsitellyissä ruuduissa juurivesoja esiintyi enemmän kuin kontrolliruuduissa. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) 27.6. ja 21.8. tehdyissä käsittelyissä ja indikaatiivinen ($0,05 < p < 0,1$) 29.7. tehdyssä käsittelyssä (taulukko 3).

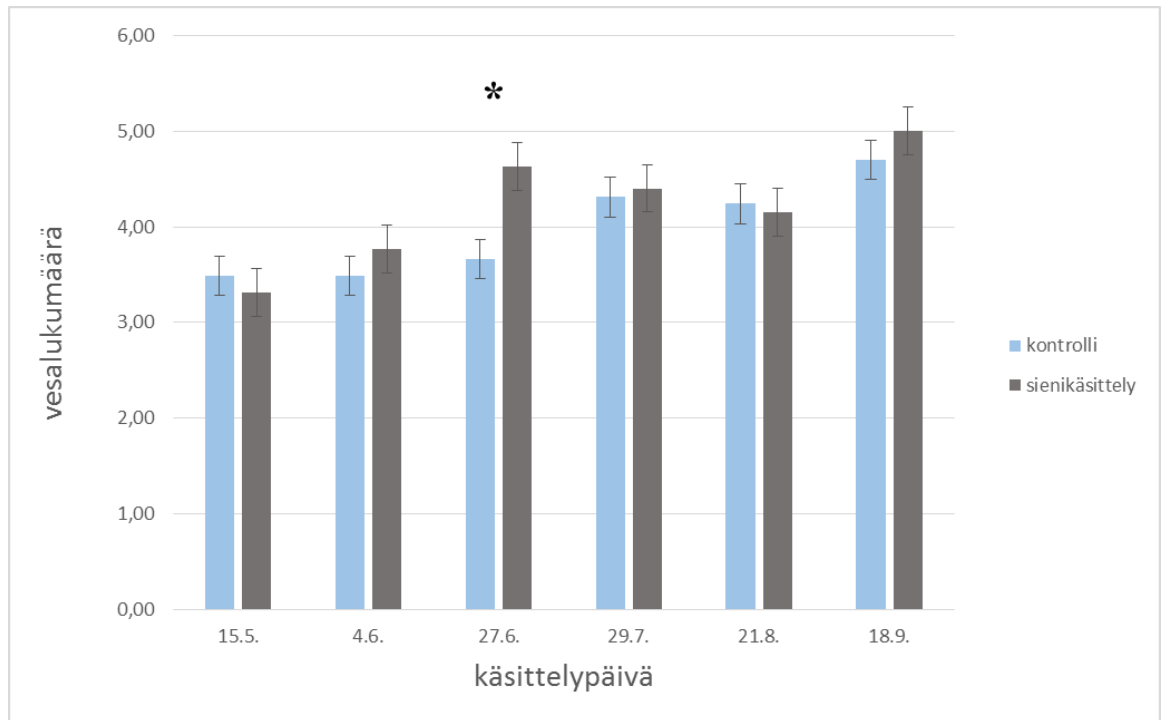
Taulukko 3. Juurivesojen esiintymisen vertailu. Tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on tummennettu ja indikaatiiviset ($0,05 \leq p < 0,1$) alleviivattu.

Käsittelypäivä	Sienikäsitteily	Kontrolli	p -arvo
15.5.2013	10,3 %	5,0 %	0,455 ^a
4.6.2013	10,3 %	6,7 %	0,699 ^a
27.6.2013	35,0 %	5,0 %	<0,001
29.7.2013	37,3 %	21,7 %	<u>0,095</u>
21.8.2013	40,0 %	13,3 %	0,002
18.9.2013	18,3 %	11,7 %	0,443

^a ei täysin luotettava, koska odotetut frekvenssit ovat liian pieniä (< 5)

5.3 Kantojen vesalukumäärät

Kantojen vesalukumäärän analyysissä otetaan huomioon käsittelyn, kantoläpimitan ja ympärillä olevien kantojen lukumäärän vaikutus elävien kantojen vesalukumäärään (taulukko 4). Sienikäsitellyissä ruuduissa vesoja esiintyi hieman enemmän lähes kaikkina käsittelyajankohtina. Tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) ero vesojen esiintymisessä oli kuitenkin vain 27.6. tehdyssä käsittelyssä (kuviokuva 2). Vesojen esiintymisen lukumäärään vaikutti kannon läpimitta: mitä suurempi kanto, sitä enemmän vesoja esiintyi. Tämä tulos oli tilastollisesti merkitsevä tai indikaatiivinen kaikissa muissa käsittelyissä paitsi 21.8. tehdyssä käsittelyssä. Analysoinnissa käytetty malli ottaa tämän kuitenkin huomioon, joten käsittelyjen väliset erot eivät riipu kantoläpimitasta. Tutkittavan kannon ympärillä olevat kannot vaikuttivat kantovesojen määrään vähentävästi. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) 15.5., 29.7. ja 18.9. tehdyissä käsittelyissä.



Kuvio 2. Kantojen vesalukumäärät (\pm keskiarvon keskivirhe) per kanto käsittelypäivän mukaan. Tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,05$) on merkitty tähdellä.

Taulukko 4. Käsittelyn, kantoläpimitan ja ympärillä olevien kantojen lukumäärän vaikutus elävien kantojen vesalukumäärään. Taulukossa on esitetty kulmakerrointen estimaatit ja estimaatin keskiarvon keskivirhe (SE) sekä tilastollinen merkitsevyys (p -arvo).

Käsittely- päivä	Elävät kannot, kpl	Vakio ± SE	p -arvo	Sienikäsitte- ly kulmaker- roin ± SE ^a	p -arvo	Kantoläpi- mitta (mm) kulmaker- roin ± SE ^b	p -arvo	Kannot ym- päriällä kul- makerroin ± SE ^c	p -arvo
15.5.2013	113	0,848 ±0,182	< 0,001	-0,011 ±0,103	0,910	0,044 ±0,011	< 0,001	-0,032 ±0,015	0,035
4.6.2013	107	0,968 ±0,201	< 0,001	0,110 ±0,104	0,290	0,026 ±0,013	<u>0,053</u>	-0,013 ±0,014	0,359
27.6.2013	110	1,000 ±0,196	< 0,001	0,231 ±0,095	0,015	0,021 ±0,011	<u>0,056</u>	0,003 ±0,014	0,860
29.7.2013	111	1,040 ±0,155	< 0,001	0,040 ±0,912	0,662	0,038 ±0,009	< 0,001	-0,033 ±0,015	0,027
21.8.2013	106	1,366 ±0,208	< 0,001	0,005 ±0,097	0,958	0,009 ±0,013	0,463	-0,011 ±0,013	0,406
18.9.2013	112	1,351 ±0,153	< 0,001	0,128 ±0,089	0,149	0,022 ±0,010	0,018	-0,029 ±0,012	0,020

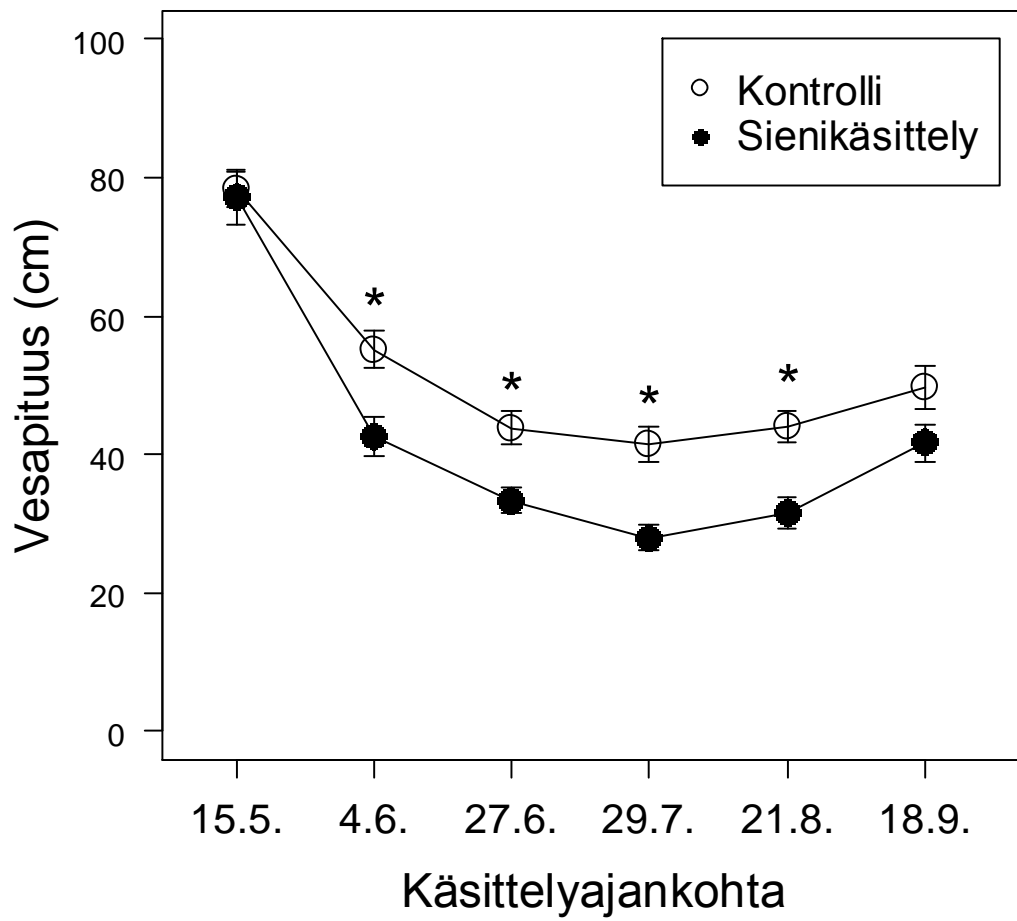
^a Ero sienikäsitteilyn ja kontrollikäsitteilyn välillä

^b Kantoläpimitan vaikutus vesalukumäärään

^c Tutkittavan kannon ympärillä olevien kantojen lukumäärän vaikutus vesalukumäärään

5.4 Kantovesojen pituus

Kantovesojen pituuksien analyysissa otetaan huomioon käsittelyn, kantoläpimitan, ympärillä olevien kantojen lukumäärän ja tuhojen vaikutus elävien kantojen vesapituuksiin (taulukko 5). Sienikäsitellyillä aloilla kannoissa olevat vesat olivat lyhyempiä kuin kontrollialoilla. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$) 4.6., 27.6., 29.7. ja 21.8. tehdyissä käsittelyissä (kuvio 3). Vesan pituuteen vaikuttaa myös kannon läpimitta, sillä läpimitaltaan suuremmassa kannossa on hieman pidemmät kantovesat. Tulos oli tilastollisesti merkitsevä tai indikaatiivinen kaikissa muissa käsittelyissä paitsi 21.8. tehdyssä käsittelyssä. Ympärillä olevien kantojen määrä vaikuttaa kantovesojen pituuksiin siten, että kun ympärillä on enemmän kantoja, kantovesat ovat hieman lyhyempiä, mutta tulos ei ole missään käsittelyssä tilastollisesti merkitsevä. Hirvien ja jänisten aiheuttamia tuhoja esiintyi siellä, missä vesat olivat pisimpiä.



Kuvio 3. Sienikäsittelyn vaikutus vesapituuksiin. Tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) on merkitty tähdellä. (Kuvio: Leena Hamberg).

Taulukko 5. Käsittelyn, kantoläpimitan, ympärillä olevien kantojen lukumäärän ja tuhojen vaikutus elävien kantojen vesapituuksiin. Taulukossa on esitetty kulmakerrointen estimaatit ja estimaatin keskiarvon keskivirhe (SE) sekä tilastollinen merkitsevyys (p -arvo).

Käsittely- päivä	Elävät kannot, kpl	Vakio ± SE	p -arvo	Sienikä- sittely kulmaker- roin ±SE ^a	p -arvo	Kantoläpi- mitta (mm) kulmaker- roin ±SE ^b	p -arvo	Kannot ym- päällä kul- makerroin ±SE	p -arvo	Tuhot (cm) kul- maker- roin ±SE ^d	p -arvo
15.5.2013	113	66,466 ±9,526	< 0,001	-1,596 ±4,193	0,704	1,047 ±0,587	<u>0,077</u>	-0,509 ±0,635	0,425	9,389 ±5,253	<u>0,077</u>
4.6.2013	107	31,238 ±8,210	< 0,001	-10,607 ±3,353	0,002	2,037 ±0,481	< 0,001	-0,632 ±0,446	0,160	19,520 ±9,949	<u>0,052</u>
27.6.2013	110	35,889 ±7,070	< 0,001	-10,790 ±2,629	< 0,001	0,715 ±0,329	0,032	-0,463 ±0,413	0,266	4,634 ±4,071	0,258
29.7.2013	111	18,242 ±6,301	< 0,005	-13,650 ±2,718	< 0,001	1,842 ±0,332	< 0,001	-0,428 ±0,418	0,308	-6,155 ±8,477	0,469
21.8.2013	106	44,370 ±7,202	< 0,001	-11,001 ±3,309	0,001	0,011 ±0,442	0,980	-0,256 ±0,414	0,537	4,896 ±4,911	0,321
18.9.2013	112	22,026 ±8,360	< 0,009	-4,550 ±3,505	0,197	1,958 ±0,450	< 0,001	-0,162 ±0,504	0,748	6,389 ±5,383	0,238

^a Ero sienikäsitteilyn ja kontrollikäsitteilyn välillä

^b Kantoläpimitan vaikutus vesapituuteen

^c Tutkittavan kannon ympärillä olevien kantojen lukumäärän vaikutus vesapituuteen

^d Hirvien ja jänisten aiheuttamat tuhot

5.5 Hopeakiiltotaudin ja itiöemien esiintyminen

Hopeakiiltotautia ja itiöemiä esiintyi vain hyvin vähän (taulukko 6). Näiden esiintymistä tarkasteltiin vain niillä aloilla, joilla tehtiin sienikäsittely. Kontrollialoilla ei havaittu kannoissa itiöemiä eikä hopeakiiltotautia.

Taulukko 6. Hopeakiiltotaudin ja itiöemien esiintyminen sienikäsitellyillä aloilla.

Perustamispäivä	Hopeakiiltotauti	Itiöemiä
15.5.2013	0 %	0,07 %
4.6.2013	0 %	0 %
27.6.2013	0,05 %	0,02 %
29.7.2013	0,02 %	0,02 %
21.8.2013	0,02 %	0,03 %
18.9.2013	0,03 %	0 %

6 Johtopäätökset

Tulosten perusteella sienikäsittelyn ajankohdalla on vaikutusta käsittelyn tehokkuuteen. Kantojen kuolleisuus oli suurempaa keskikesällä (kesä-elokuu) tehdyissä käsittelyissä ja vähäisintä toukokuussa ja syyskuussa tehdyissä käsittelyissä. 27.6. tehdyssä käsittelyssä kuolleisuus oli melko suurta myös kontrolliruuduilla ja ero sienikäsittelyyn pieni. Tämä voi selittyä silloin vallinneilla sääolosuhteilla. Kesäkuun loppu oli hyvin kuuma ja kuumuus voi lisätä myös käsittelemättömien kantojen kuolleisuutta. Myös vesapituuksissa oli merkittäviä eroja kesä–elokuussa tehdyissä käsittelyissä. Kantovesat olivat merkittävästi lyhyempiä sienellä käsitellyillä ruuduilla kesä–elokuussa, kun taas toukokuussa ja syyskuussa käsitellyillä ruuduilla merkittäviä eroja käsittelyjen välillä ei havaittu. Saatu tulos vastaa hyvin sitä oletusta, että käsittely olisi tehokkaampaa keskikesällä eli haitta pihlajalle olisi tällöin suurinta, koska pihlajan ravinteet ovat kasvin lehdissä ja varressa (Hamberg, Vartiamäki & Hantula 2015). Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös koivututkimuksissa, joissa kantojen kuolleisuus oli suurinta touko–heinäkuussa tehdyissä käsittelyissä (Vartiamäki, Hantula & Uotila 2009).

Kannon läpimitta vaikuttaa sekä kantovesojen määrään että kantovesojen pituuteen. Läpimitaltaan suuremmassa kannossa on hieman enemmän kantovesoja, ja ne ovat myös hieman pitempiä. Tästä voidaan päätellä, että isommalla pihlajalla on enemmän resursseja vastustaa purppuranahakkaa. Kuitenkin aiemmissä tutkimuksissa on käynyt ilmi, että isompien kantojen kuolleisuus on suurempaa seuraavina vuosina (Hamberg, Malmivaara-Lämsä, Löfström, Hantula 2014).

Hirven ja jäniksen aiheuttamia tuhoja esiintyi eniten siellä, missä vesat olivat pisimpiä. Eläinten aiheuttamat tuhot vaikeuttavat hieman käsittelyn välisten erojen tutkimista, mutta ne otettiin huomioon tilastoanalyseissä, jotta sen vaikutus saatiin minimoitua.

Ympäriällä olevien kantojen määrä vaikutti kantovesoihin: jos kantoja oli ympärillä runsaasti, niin vesoja oli vähemmän ja ne olivat hieman lyhyempiä. Tulos

vastaa aiemmissa tutkimuksissa saatuja tuloksia (Hamberg ym. 2011). Tämä johtuu siitä, että jos ympärillä on runsaasti kantoja, niin ne vievät voimaa myös pihlajalta, jolloin sen resurssit kasvattaa uusia vesoja vähenevät.

Juurivesoja löytyi sienellä käsitellyiltä ruuduilta enemmän kuin kontrolliruuduilta. Lisääntynyt juurivesojen määrä oli tilastollisesti merkitsevää tai indikatiivista kesä–elokuun käsittelyissä. Tämä viittaa siihen, että kun kantoa häiritään ja kantovesojen muodostuminen on epävarmaa, pihlaja hyödyntää olemassa olevia resursseja juurivesojen muodostamiseen ja yrittää siten pysyä elinvoimaisena. Vastaavanlainen tulos on saatu jo aiemmassa pihlajatutkimuksessa (Hamberg ym. 2011). Vielä ei tiedetä, pystyykö purppuranahakka levittäytymään maavar-sien avulla viereisiin taimiin.

Sienikäsitellyillä ruuduilla kantovesoja muodostui hieman enemmän, mutta ne olivat lyhyempiä kuin kontrollialoilla. Kun kantoa häiritään, niin pihlaja reagoi voimakkaasti ja yrittää kasvattaa mahdollisimman paljon vesoja. Aiemmissa tutkimuksissa on myös havaittu sama reaktio, mutta useamman kasvukauden jälkeen nämä vesat kuolevat ja myös koko kanto kuolee (Hamberg ym. 2014). Suuri kantovesojen lukumäärä kertoo siitä, että sieni häiritsee kannon normaalia toimintaa, jolloin pihlaja puolustautuu ja vesoja muodostuu paljon sen yrittäessä säilyä elinvoimaisena.

Aiemmissa tutkimuksissa itiöemiä on havaittu koivulla ja haavalla runsaasti jo ensimmäisen vuoden jälkeen, haavalla 52 %:ssa tutkituista kannoista (Hamberg ym., 2011) ja koivulla 17,5–83,8 %:ssa tutkituista kannoista (Vartiamäki ym., 2009). Pihlajalla tehdyssä tutkimuksessa on aiemmin havaittu itiöemiä 42 %:ssa tutkituista kannoista kahden kasvukauden jälkeen (Hamberg ym., 2011). Tässä tutkimuksessa itiöemiä ja purppuranahakan aiheuttamaa hopeakiiltotautia havaittiin hyvin vähän. Tämä voi johtua siitä, että pihlaja pystyy vastustamaan sien-
nen vaikutusta kannossa, mutta toisaalta myös siitä, että sienellä ei ole vielä näin varhaisessa vaiheessa tarvetta muodostaa itiöemiä ja levittäytyä uusille alueille, koska se saa vielä ravintoa kannosta tai maanalaisista varsista. Vastaus tähän kysymykseen saadaan siis jatkotutkimuksista.

Tämän tutkimuksen perusteella näyttäisi siltä, että purppuranahakkakäsittely kannattaisi tehdä keskikesällä, kesä–elokuussa, jolloin pihlajan vastustuskyky sientä vastaan on pienimmillään.

6.1 Tutkimuksen luotettavuus ja virhearviointi

Tämänkaltaisessa luonnonvaraisten kasvien mittauksiin (vesojen pituus, kannon läpimitta) perustavassa tilastollisessa kenttäkokeessa on useita virhemahdollisuuksia, jotka pyritään hallitsemaan erilaisilla ennakkovalmisteluilla.

Tässä tutkimuksessa mittausepävarmuutta pyrittiin vähentämään yhdenmukaisilla työvälineillä ja mittaajien perehdyttämisellä, esimerkiksi sovittiin kanto-vesojen mittaaminen maasta vesan kärkeen, ei vesan tyvestä vesan kärkeen. Lisäksi koealoilla mittaukset suoritettiin siten, että sama henkilö oli mittaamassa kaikilla sieniliuksella käsitellyillä tutkimusruuduilla ja pääsääntöisesti myös kontrolliruutujen mittauksissa.

Tulkitsemisvaikeutta oli myös ympärillä olevien kantojen laskemisessa. Esimerkiksi osalle mittaajista oli epäselvää, mikä tulkitaan yhdeksi kannoksi pihlajan osalta, koska pihlaja haarautuu voimakkaasti. Kantojen laskeminen tarkistettiin ensimmäisen mittauspäivän aikana ja virheet korjattiin, joten tämän epäselvyyden ei pitäisi vaikuttaa lopullisiin tuloksiin.

Sieniliuksen määrää eikä sitä, kuinka nopeasti sieniliuos pitäisi saada leikatun kantopintaan, ollut määritelty kovin tarkasti. Liuoksen ruiskuttamisen leikatun kantopintaan teki yksi henkilö ja aika taimen katkaisun ja liuoksen ruiskuttamisen välillä riippui siitä, kuinka nopeasti raivaaja eteni. Tämä aika vaihteli muutamasta minuutista noin puoleen tuntiin. Tämän vaikutusta on kuitenkin mahdotonta arvioida jälkeenpäin, koska aikafunktiota ei otettu tässä tutkimuksessa huomioon.

Mittausten ajankohtaa voisi myös miettiä. Mittaukset voitaisiin tehdä vuosittain samoihin aikoihin kuin käsittelytkin on tehty. Silloin mitattavilla kannoilla olisi yhtä pitkä aika käsittelystä. Esimerkiksi vuonna 2014 kaikki mittaukset tehtiin elokuussa, jolloin osalle tutkimusruutujen kanto- ja juurivesoista tuli kaksi kas-

vukautta ja osalle vain yksi. Tämä luultavasti näkyi jonkin verran vertailtaessa vesapituuksia, koska alkukesän käsittelyissä vesat olivat pidempiä. Lopullisiin tuloksiin tällä ei ole vaikutusta, koska ero sienikäsittelyn ja kontrollin välillä on suurin piirtein sama.

6.2 Jatkotutkimukset

Tässä opinnäytetyössä analysoitiin vain ensimmäisen mittausvuoden tuloksia. Koska aiemmissa tutkimustuloksissa on tullut esille, että purppuranahakan lopullinen teho näkyy vasta usean vuoden kuluttua, lopullisen tehon tutkimiseksi mittauksia täytyy tehdä ainakin vuonna 2015 ja mahdollisesti vuonna 2016.

Tiedossani ei ole, onko käsittelyä tutkittu muualla kuin uudistusaloilla. Jos markkinoille halutaan biologinen vesakontorjunta-aine, jolla voidaan korvata mm. glyfosaattia, niin tutkimuksia tulee tehdä myös tienpientareilla ja sähkölinjojen alla, josta lehtipuuvesakon halutaan pysyvän poissa. Uudistusaloilla uusi puusto kasvaa jossain vaiheessa niin suureksi, ettei lehtipuista ole enää haittaa, kun taas pientareilla ja sähkölinjojen alla näin ei tapahdu.

Tutkimuksessa voitaisiin myös selvittää, kuinka kauan sienikäsittelyn vaikutus kestää ja missä vaiheessa käsittely joudutaan uusimaan. Näin saataisiin selville, onko kemiallinen torjunta kannattavaa korvata biologisella torjunnalla ja tulisiko biologinen torjunta edullisemmaksi kuin kemiallinen tai mekaaninen torjunta.

Lähteet

- Bates, D., Maechler, M., Bolker, B. & Walker, S. 2013. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-4. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>. 10.2.2015.
- Becker, E.M., Shamoun, S. & Hintz, W.E. 2005. Efficacy and environmental fate of *Chondrostereum purpureum* used as a biological control for red alder (*Alnus rubra*). *Biological Control* 33: 269–277.
- De Jong, M.D. 1992. Risk assesment for the application of biological control of a forest weed by a common plant pathogenic fungus. *Risk Analysis* 12: 465–466.
- Finlex. 2015. Luonnonsuojelulaki 20.12.1996/1096. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>. 1.2.2015.
- Hamberg, L. Tutkija. Luonnonvarakeskus. Tiedonanto sähköpostilla 2.9.2013, 2.2.2015, 10.2.2015, 2.3.2015, 1.4.2015.
- Hamberg, L. & Hantula, J. 2011. Purppuranahakka, Biologinen vesakontorjunta-aine Suomeen? *Metla Taimiuutiset*. 2011: 17–19.
- Hamberg, L. & Hantula, J. 2011. Sienellä eroon vesakoista. *Sienilehti* 65(3): 82–83.
- Hamberg, L., Malmivaara-Lämsä, M., Löfström, I. & Hantula, J. 2014. Effects of a biocontrol agent *Chondrostereum purpureum* on sprouting of *Sorbus aucuparia* and *Populus tremula* after four growing seasons. *Journal of International Organization for Biological Control (IOBC)* 59: 125–137.
- Hamberg, L., Malmivaara-Lämsä, M., Löfström, I., Vartiamäki, H., Valkonen, S. & Hantula, J. 2011 Sprouting of *Populus tremula* L. in spruce regeneration areas following alternative treatments. *European Journal of Forest Research* 130: 99–106.
- Hamberg, L., Vartiamäki, H., Malmivaara-Lämsä, M., Löfström, I., Valkonen, S. & Hantula, J. 2011. Short-term effects of mechanical and biological treatments on *sorbus aucuparia* L. sprouting in mesic forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26: 505–514.
- Hamberg, L., Vartiamäki, H. & Hantula, J. 2015. Breeding increases the efficacy of *Chondrostereum purpureum* in the sprout control of birch. *PLOS ONE*.
- Kotimaisten kielten tutkimuskeskus. 2006. Kielitoimiston sanakirja. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Mäki, O. (toim.). 2012. Metsätöitä turvallisesti – työturvallisuusopas omatoimisiin metsätöihin. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.
- Niemelä, T. & Terho, M. & Kiema, S. 2012. Sienet ja laho Helsingin puissa. Helsingin kaupungin rakennusviraston julkaisut 2012:8. Tornio: Helsingin kaupunki, Rakennusvirasto.
- Nummi, T. 2005. Sekamallit. <http://www.sis.uta.fi/tilasto/sekamallit/moniste/SekamallitPDF.pdf>. 7.4.2015.
- Opinnäytetyön ohje. 2013. Opinnäytetyöryhmä. Karelia-ammattikorkeakoulu. Tammikuu 2013.
- Peräinen, R. 2006. Kasvinsuojelukooste. Teoksessa Aaltonen, M., Antonius, K., Juhanoja, S., Järvelin, V., Laamanen, J. Nukari, A., Peräinen, R., Sahramaa, M., Uosukainen, M. & Uusitalo, M. Suomen kansallisten

- kasvigeenivarojen pitkäaikaissäilytysohjeet. Jokioinen: Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus. 205–213.
- Poteri, M. 2001. Lahottajasienistä apua vesakontorjuntaan? *Metla Taimiuutiset*. 3/2001: 15–16.
- R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. 10.2.2015.
- Tieteen termipankki. 2015. Kasvitiede. <http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kasvitiede:juurivesa>. 1.4.2015.
- Tilastokeskus. Tietoa tilastoista. <http://www.stat.fi/meta/kas/estimointi.html>. 3.5.2015.
- Tukes. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Kasvinsuojeluainerekisteri. 2012. <https://kasvinsuojeluaineet.tukes.fi/Product.aspx?tunnus=260>. 24.3.2015.
- Valkonen, S. 1996. Puulajeittaiset erityispiirteet. Teoksessa Häyrynen, M. (toim.) *Jalopuumetsät*. Jyväskylä: Metsälehti. 46–50.
- Vartiamäki, H. 2009. The efficacy and potential risks of controlling sprouting in Finnish birches (*Betula* spp.) with the fungal decomposer *Chondrostereum purpureum*. Helsinki: University of Helsinki.
- Vartiamäki, H., Hantula, J. & Uotila, A. 2009. Effect of application time on the efficacy *Chondrostereum purpureum* treatment against the sprouting of birch in Finland. *NRC Research Press* 39:731–739.
- Väre, H. & Kiuru, H. 2006. Suomen puut ja pensaat. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (toim.) 2014. Metsänhoidon suositukset. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisuja.