



ITÄ-SUOMEN
YLIOPISTO

University of Eastern Finland

*Luonnontieteiden ja metsätieteiden
tiedekunta*

Faculty of Science and Forestry

KUUSEN KONEISTUTUKSEN ONNISTUMINEN KUIVANA
KESÄNÄ ITÄ-SUOMESSA

Jarkko Jermakka

METSÄTIETEEN PRO GRADU,
ERIKOISTUMISALA METSIEN HOITO JA METSÄEKOSYSTEEMIT

JOENSUU 2017

Jermakka, Jarkko. 2017. Kuusen koneistutuksen onnistuminen kuivana kesänä Itä-Suomessa. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto. Metsätieteen maisterintyö, erikoistumisala metsien hoito ja metsäekosysteemit. 28 s. + 1 liite

TIIVISTELMÄ

Kuusen istutus on nykyisin merkittävin yksittäinen metsänuudistamistapa Suomessa. Perinteisesti kuusta on istutettu manuaalisesti kevät- ja syysistutuskausina. Tulevaisuudessa miestyönä tehtäviä istutuksia uhkaa kuitenkin työvoimapula, minkä vuoksi istutuskauden pidentämiselle ja koneellisesti tehtävälle istutukselle tulee olemaan tarvetta.

Koneistutuksessa ajanmenekki on pienempi kuin yhdistetyssä kaivinkoneella tehtävässä mätästyksessä ja manuaalisessa istutuksessa. Koneistutuksen ongelmana on kuitenkin sen kustannustehokkuus varsinkin pienillä uudistamisaloilla ja pitkillä siirtomatkoilla. Tämän työn tavoitteena oli tutkia eritoten sitä, miten istutusajankohta vaikuttaa kuusen koneistutuksen onnistumiseen kuivana kesänä Itä-Suomessa. Työssä selvitettiin myös hakkuutähteiden, istutuksen ja mätästyksen laadun sekä kivisyyden vaikutuksia taimien elävyyteen sekä mahdollisia taimituhojen syitä.

Tutkimuksessa käytetty aineisto on kerätty kymmeneltä eri kohteelta. Kohteille istutettiin taimia neljänä eri istutuskautena aina keväästä syksyyn. Inventoinnit tehtiin istutusvuoden syksynä, vuonna 2010 ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa, vuonna 2012. Kohteet olivat samat ja mittaukset suoritti sama henkilö molempina mittausvuosina. Koealat eivät kuitenkaan olleet samat molemmissa inventoinnissa. Eri muuttujien vaikutusta taimien elävyyteen, hehtaarikohtaiseen taimitiheyteen ja eri tuhon aiheuttajiin testattiin yleistetyllä lineaarisella sekamallilla, joka sisältää kiinteitä ja satunnaisia parametreja. Taimille tuhoja aiheuttaneita tekijöitä tarkasteltiin vain istutusvuoden syksyllä, sillä toisessa inventoinnissa tuntemattomien tuhonaiheuttajien osuus oli suuri.

Terveiden taimien osuudet kaikista taimista vaihtelivat huomattavasti eri kohteiden välillä (59 % - 100 %). Terveiden taimien osuudet kaikista taimista kasvoivat selvästi siirryttäessä kevätistutuksista kohti syysistutuksia. Tästä huolimatta istutuskausi ei selittänyt taimien elävyyttä. Terveiden taimien osuutta selitti mätäslaatu ($p < 0.05$). Mätäissä joiden laadussa ei ollut huomautettavaa, kasvoi suuremmalla todennäköisyydellä terve taimi, kuin heikommassa mätäissä. Hakkuutähteiden keruu vaikutti positiivisesti terveiden taimien hehtaarikohtaiseen tiheyteen ($p < 0.05$).

Merkittävin tuhon aiheuttaja oli kuivuus ja toiseksi merkittävin halla. Istutuskausi ei vaikuttanut kuivuus- eikä hallatuhoihin ($p < 0.05$). Kuivuustuhoja lisäsivät huonolaatuiset mätäät sekä erittäin kivinen maaperä ($p < 0.05$).

Tämän tutkimuksen perusteella istutuskausi ei suoranaisesti näytä vaikuttavan koneistutuksen onnistumiseen kuivanakaan kesänä Itä-Suomessa. Erot istutuskausien välillä ovat seurausta useista eri tekijöistä ja näiden yhteisvaikutuksista. Istutusajankohdasta riippumatta maanmuokkauksen laatu on suurin yksittäinen tekijä kuusen koneistutuksen onnistumisessa.

Avainsanat: kuusi, koneistutus, istutuskausi, mätäslaatu, kuivuustuho, hallatuho

Jermakka, Jarkko. 2017. Success of mechanized spruce planting on dry summer in Eastern Finland. University of Eastern Finland, School of Forest Sciences, master's thesis in Forest Science, specialization Forest management and forest ecosystems. 28 p. + 1 appendix

ABSTRACT

Planting of Norway spruce is nowadays the most significant way of forest regeneration in Finland. Traditionally Norway spruce has been planted manually both in spring and autumn. In the future manual planting is menaced by labor shortage. Therefore the planting season should be longer and use of mechanized planting increased.

The time consumption in mechanized planting is not as high as in combined soil preparation and manually planting. Although cost efficiency, especially in smaller regeneration areas and in long transfer distances is a problem in mechanized planting. In this study, it was analyzed the success of mechanized planting in Norway spruce on dry summer in eastern Finland and factors affecting it.

The data was collected from ten different regeneration areas. These areas were planted for Norway spruce in four different planting season from spring to autumn. Inventories were made on autumn 2010 and on autumn 2012. The areas were same and the inventories were made by the same person in both of these inventories. But experimental plots were not the same in these inventories. Effects of different factors on survival and density of seedlings per hectare and possible causes of devastation were tested by generalized linear mixed model. Causes of devastation to seedlings were analyzed only from the data from first inventory because in the second inventory the share of unidentified causes of devastation was so substantial.

The share of healthy seedlings different greatly between different areas (59 % - 100 %). The share of healthy seedlings increased from spring to autumn planting. Despite of this, the planting season did not explain statistically significantly ($p < 0.05$) the survival of the seedlings. However, the share of the healthy seedlings was affected by the quality of mounding ($p < 0.05$). In a good quality mound there was most probably growing a healthy seedling. Collecting of logging slash increased the density of healthy seedlings per hectare ($p < 0.05$).

Most remarkable cause of devastation was the dryness and secondly frost, but planting season did not affect them ($p < 0.05$). Devastation caused by drought increased by low quality of mounding and in very rocky landscape ($p < 0.05$).

According to this study, planting season does not directly affect the success of mechanized spruce planting even on a dry summer in eastern Finland. Differences between planting seasons are a consequence of various different reasons. No matter of planting season, the quality of mounding is the most important single factor affecting a success of mechanized spruce planting.

Keywords: Norway spruce, mechanized planting, planting season, quality of mounding, drought devastation, frost devastation

ALKUSANAT

Tämän työn ohjaajina toimivat vanhempi tutkija Jaana Luoranen Luonnonvarakeskukselta sekä professori Heli Peltola Itä-Suomen yliopistolta. Haluan kiittää molempia ohjaajiani erittäin tarkasta ja osaavasta ohjauksesta sekä pitkäjänteisyydestä ja maltista työn kaikissa vaiheissa. Lisäksi haluan kiittää Jaana Luorasta aineiston luovuttamisesta tutkimusta varten. Työn valmistumiseen ovat vahvasti myötävaikuttaneet myös läheiseni ja opiskelutoverini, jotka ovat olleet avainasemassa jaksamiseni sekä huumorin säilymisen kannalta koko tämän prosessin ajan. Haluankin esittää Teille kaikille lämpimät kiitokset tuestanne.

Nurmeksessa 15. maaliskuuta 2017

Jarkko Jermakka

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
1.1 Kuusen viljely erilaisilla kohteilla	6
1.2 Kuusen paakkutaimien istutusajankohdat	7
1.3 Koneistutuksen käyttö metsänuudistamisessa	8
1.4 Työn tavoitteet	10
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	10
2.1 Tutkimusaineiston kuvaus	10
2.2 Aineiston analysointi	12
3 TULOKSET	14
3.1 Taimien hehtaarikohtaiset tiheydet ja elävyys sekä niihin vaikuttavat tekijät	14
3.2 Tuhot.....	19
4 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	22
4.1 Taimien hehtaarikohtaiset tiheydet ja elävyys.....	22
4.2 Tuhot.....	23
4.3 Johtopäätökset	25
5 KIRJALLISUUS	26
6 LIITTEET	29

1 JOHDANTO

1.1 Kuusen viljely erilaisilla kohteilla

Kuusen (*Picea abies* (L.) Karst.) istutus on nykyisin merkittävin yksittäinen metsänuudistamistapa. Vuonna 2014 kuusen istutus pinta-ala Suomessa oli yhteensä 52 018 ha (Luken tilastotietokanta 2015). Kuusen istuttaminen on suosittua mm. sen hyvän onnistumisvarmuuden vuoksi. Saksa ja Kankaanhuhta (2007) ovat selvittäneet metsänuudistamisen laatua Etelä-Suomessa. Heidän tutkimuksensa mukaan kuusen istuttamisen epäonnistumisriski (12 %) on selvästi muita pääpuulajejamme, mäntyä (*Pinus sylvestris* K.) ja rauduskoivua (*Betula bendula* K.), pienempi. Parhaiten kuuselle soveltuvia kasvupaikkoja ovat tuoreet ja niitä viljavammat kankaat sekä vastaavat ojitetut turvemaat. Kangasmaista keskikarkeat ja hienojakoiset maalajit soveltuvat hyvin kuusen kasvupaikoiksi. Karkeat ja viljavat maat ovat usein hieman liian kuivia kuusen uudistamiselle ja yleensä ne uudistetaankin männylle (Luoranen ym. 2007).

Onnistunut maanmuokkaus on ensisijaisen tärkeää metsänuudistamista tehtäessä (Luoranen ym. 2007). Maanmuokkauksella voidaan vaikuttaa kasvualustan vesitalouteen, maan tiiviyteen ja ravinnetilaan, muun pintakasvillisuuden kilpailuun sekä taimea uhkaaviin tuhoihin, kuten tukkimiehentäin syöntiin. Lisäksi hyvin tehty maanmuokkaus helpottaa metsänviljelytoita ja vaikuttaa hyvien istutuspaikkojen määrään. Erilaisia maanmuokkausmenetelmiä ovat äestys, laikutus, säätöauraus, laikkumätästys, kääntömätästys, naveromätästys ja ojitusmätästys. Maanmuokkausmenetelmistä mätästyksen on todettu olevan huomattavasti laikutusta ja äestystä parempi kuusentaimien menestymisen kannalta. Muokkaamattomille uudistusaloille istutettujen kuusien menestys on taas ollut selvästi muokattuun maahan istutettuja heikompaa (Saksa & Kankaanhuhta 2007). Laikkumätästys soveltuu parhaiten keskikarkeille ja hienojakoisille kangasmaille, joiden vesitaloudessa ei ole korjattavaa. Kääntömätästys puolestaan on hyvä muokkaustapa keskikarkeille kangasmaille sekä turvemaille, joiden vesitalous on kunnossa. Kääntömätäs painuu laikkumätästä nopeammin maanpinnan tasalle ja sen humuskerros on ohuempi kuin laikkumätästässä. Mikäli uudistamiskohteella tarvitaan kuivatusta, käytetään navero- tai ojitusmätästystä. Naveromätästyksen vaikutus vesitalouteen on vähäisempi eikä vesiä johdeta pois uudistamisalalta, kuten ojitusmätästyksessä. Mättäiden rakenne ja koko vaihtelevat eri mätästysmenetelmien

välillä. Esimerkiksi laikkumätästyksessä mättään koon tulisi olla noin 50 cm x 70 cm ja korkeuden noin 20 cm tiivistämisen jälkeen, josta 5 cm - 10 cm on kivennäismaata humuskerroksen päällä. Mättäitä ei pitäisi tehdä hakkuutähteiden tai kantojen päälle, jottei veden nousu maasta mättääseen katkeaisi ja jotta mätäs tiivistyisi kunnolla. Kiviset kohdat tulisi mätästyskohteilla laikuttaa (Metsätehon maanmuokkauksen koulutusaineisto 2000).

1.2 Kuusen paakkutaimien istutusajankohdat

Perinteisesti kuusta on istutettu keväällä ja syyskesällä. Molemmat ajankohdat soveltuvat Rikalan (2006) mukaan hyvin paakkutaimien istutukseen. Oikeilla kasvupaikoilla ja maaperillä paakkutaimet soveltuvat kuitenkin istutettaviksi myös kesällä. Kuitenkaan paakkutaimien istutusta hienojakoisille maille kesällä tai syksyllä ei routimisen vuoksi suositella. Mikäli taimien juuripaakut ovat hyvin kasteltuja ennen istutusta eikä istutusta seuraa yli kolmen viikon kuivaa kautta, eivät kesäistutukset lisää merkittävästi taimien kuolleisuutta (Helenius ym. 2002).

Yli kolmen viikon kuivuusjakson on todettu aiheuttavan haittaa taimelle (Helenius ym. 2005). Kuivuus onkin yksi kesäistutusten merkittävimmistä riskitekijöistä. Istutushetkellä liian kuivan juuripaakun on kuitenkin todettu vaikuttavan taimiin enemmän kuin maaperän kuivuuden (Helenius ym. 2005) Toinen kesäistutusten ongelma on, kuinka kasvussa olevat taimet kestävät kuljetuksesta ja istutuksesta aiheutuvat mekaaniset rasitukset. Helenius ym. (2002) ovat havainneet taimien vaurioitumisherkkyyden olevan odotettua vähäisempää. Kuitenkin taimien suojaaminen kuljetusten aikana ja oikeaoppinen kastelu ovat ensiarvoisen tärkeitä taimien jatkomenestymiselle.

Istutusajankohtaa valittaessa on otettava huomioon myös taimien varastointitapa taimitarhalla. Pakkasvarastoituja taimia voidaan istuttaa keväällä vain kesäkuun puoleen väliin asti, koska tämän jälkeen niiden kuolleisuus kasvaa merkittävästi (Rikala 2006). Ulkona varastoiduilla taimilla ei tätä ongelmaa olla yhtä suuressa määrin havaittu.

1.3 Koneistutuksen käyttö metsänuudistamisessa

Valtaosa istutuksesta tehdään edelleen miestyönä pottiputkea käyttäen. Vuonna 2013 kokonaisistutus pinta-ala Suomessa oli noin 77 000 ha, josta 2663 ha uudistettiin koneellisesti (Metsäteho 2014). Koneellisessa istutuksessa käytetään istutuslaitetta, joka on kiinnitetty alustana toimivan peruskoneen puomiin. Istutuksessa käytettäviä peruskoneita on useita erilaisia, yleisimmin käytetään kuitenkin keskiraskaita tela-alustaisia kaivinkoneita. Istutuslaitteita puolestaan on Suomessa käytössä kolmea erilaista mallia: ruotsalainen Bracke P11.a sekä suomalaiset M-Planter ja Risutec (Kärhä ym. 2014). Koneistutuksen periaatteena on, että maanmuokkaus ja istutus tehdään samalla kertaa. Yleisesti koneellistamisen perusajatuksena onkin työvaiheiden yhdistäminen ajanmenekin tehostamiseksi. Onnistuneen koneellisen istutuksen edellytyksenä on, että istutuslaitteella tehtävä maanmuokkaus soveltuu uudistettavalle puulajille. Vuonna 2013 tehdyistä koneistutuksista 90 % tehtiin kuusen uudistamisaloilla ja vain 10 % männyn uudistamisaloilla (Laine ym. 2016).

Kuusen istutusten lisääntyessä myös koneellisen istutuksen lisäämiselle ja kehittämiseksi on edelleen tarvetta (Rantala ym. 2009). Koneellisen istutuksen kehittämistarvetta lisäävät todennäköisesti myös mahdollinen työvoimapula metsätaloudessa vuosina 2010 – 2020 (Työvoiman saatavuus... 2005) ja omatoimisen metsänhoidon väheneminen, mikä johtuu metsänomistajien ikääntymisestä sekä kaupunkilaismetsänomistajien lisääntymisestä (Hänninen ym. 2011).

Yksityismetsissä miestyönä tehtävä istutus vaatii arviolta 650 henkilötyövuotta vuosittain. Koneistutuksessa ajanmenekki on 20 % pienempi kuin yhdistetyssä kaivinkoneella tehtävässä mätästyksessä ja manuaalisessa istutuksessa (Hallongren ym 2012; Hallongren ym 2014). Näiden tekijöiden lisäksi mahdollinen työvoimapulan lisääntyminen puoltaa sitä, että koneistutuksen yleistymiselle on potentiaalia. Vuonna 2013 Suomessa työskenteli 31 istutuskonetta, 22 eri yrittäjän alaisuudessa. Koneista 18:ssä oli käytössä Bracke P11.a –istutuslaite, 11:ssä M-Planter –istutuslaite ja 2:ssa Risutec –istutuslaite (Kärhä ym. 2014). Valtaosa istutuksessa käytetyistä peruskoneista oli 14 – 17 -tonnisia tela-alustaisia kaivinkoneita. Muutamassa tapauksessa peruskoneena oli edellä mainittua suurempi kaivinkone tai hakkuukone.

Koneistutuksen laajempaa yleistymistä on rajoittanut se, että tällä hetkellä kaivinkoneella tehty mätästys ja manuaalinen istutus on koneistutusta kustannustehokkaampi vaihtoehto (Hallongren ym 2014). Pieniä alueita istutettaessa koneen siirtokustannukset kasvavat liian suuriksi suhteessa tehdyn työn määrään. Myös työkohteiden väliset etäisyydet ja tästä johtuvat pitkät siirtomatkat alentavat istutuskoneen tuottavuutta merkittävästi. Koneen yksikkökustannukset nousevat kohteen pinta-alan pienetessä ja siirtomatkan pidentyessä. Rantalan ja Saarisen (2006) tutkimuksen mukaan 2,0 ha:n kokoisella kohteella siirtomatkan pidentyessä 1 km:stä 50 km:iin yksikkökustannukset nousevat 4,4 % ja 1 ha:n kohteella vastaavalla matkan pidennyksellä 8,6 %. Mitä suurempi on kohteen pinta-ala, sitä pienempi on siirtomatkan vaikutus yksikkökustannuksiin.

Koneistutuksen laadun on yleisesti havaittu olevan hyvä. Bracke -istutuskoneen työnjäljen on todettu olevan erittäin hyvä: onnistuneesti istutettujen taimien osuus kaikista taimista on ollut 95,6 % (Laine & Saarinen 2014). Myös Luoranen ym. (2011) ovat havainneet Bracken hyvän istutuslaadun ja todenneet sen uudistamistuloksen olevan jopa parempi kuin miestyönä tehtyjen istutusten. Kantojen keräämättä jättämisen ja kivisyyden on todettu vähentävän koneistutuksen tuottavuutta (Rantala ym. 2009). Niin ikään kivisyyden on havaittu vaikuttavan koneistutuksen laatuun jopa enemmän kuin miestyönä tehdyn istutuksen laatuun (Luoranen ym. 2011).

Luonnollisesti myös koneen kuljettajan taidot ja kokemus vaikuttavat merkittävästi istutustyön laatuun ja tuottavuuteen. Kokeneen kuljettajan tuottavuuden on todettu olevan keskimääräisissä työolosuhteissa jopa 64,8 % aloittelijaa korkeampi (Rantala & Laine 2010). Mikäli koneen kuljettaja suorittaa omavalvontaa työtä tehdessään, se voi parantaa työn laatua, kun istuttaja saa välitöntä palautetta työnsä jäljestä (Haataja ym. 2014). Koneellisen istutuksen onnistumiseen vaikuttaa myös koko toimintaketju, johon kuuluvat koneyrityksen lisäksi taimitarha, joka toimittaa taimet istutusta varten sekä palveluntarjoaja, joka järjestää istutuspalvelun sekä taimet metsänomistajalle. Hyvä tiedonkulku toimijoiden välillä sekä vastuiden selkeä määrittäminen vaikuttavat oleellisesti työn lopputulokseen eli istutustyön laatuun ja kustannustehokkuuteen (Laine & Syri 2012).

1.4 Työn tavoitteet

Tämän työn tavoitteena oli tutkia ensisijaisesti sitä, miten kuusen koneistutus onnistuu Itä-Suomessa kuivana kesänä ja eri ajankohtina tehdyissä istutuksissa, eli kevästä syksyyn. Tarkoituksena oli eritoten selvittää sitä, eroaako taimien elävyys eri istutuskausien välillä. Lisäksi selvitettiin muiden tekijöiden, kuten hakkuutähteiden, istutuksen ja mätästyksen laadun sekä kivisyyden vaikutuksia taimien elävyyteen sekä mahdollisia taimituhojen syitä. Tutkimuksessa verrattiin myös taimien elävyyttä ja hehtaarikohtaisia taimimääriä istutusvuoden syksyllä ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa. Työn hypoteesina oli, että: ”Istutusajankohta ei vaikuta kuusen taimien elävyyteen koneistutuksissa kuivanakaan kesänä”.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Tutkimusaineiston kuvaus

Tutkimuksessa käytetty aineisto on kerätty saman metsänomistajan uudistamisaloilta Juuan, Kaavin, Lapinlahden, Nurmeksen ja Valtimon kuntien alueilta. Inventoinnit tehtiin vuosina 2010 ja 2012, kymmenellä eri kohteella. Kohteet olivat samat ja mittaukset suoritti sama henkilö molempina mittausvuosina. Koealoja ei kuitenkaan ollut merkitty maastoon vuoden 2010 mittausten yhteydessä, joten 2012 tehtiin uusi systemaattinen koealainventointi. Koealoja oli kaikilla kohteilla kahdeksan kappaletta vuonna 2010 tehdyissä mittauksissa. Vuoden 2012 inventoinneissa yhdellä kohteella otettiin seitsemän, yhdellä yhdeksän ja muilla kohteilla kahdeksan koealaa. Kumpanakin inventointi vuonna koealoja kertyi yhteensä 80 kpl. Koealat olivat säteeltään 3,99 m ympyräkoealoja (50 m²). Koealojen väli vaihteli uudistamisalan koon mukaan.

Ensimmäisessä inventoinnissa, eli istutusvuoden syksyllä vuonna 2010, jokaiselta koealalta selvitettiin seuraavat asiat: taimien määrä ja niiden elävyys, syyt taimien kunnan mahdolliseen heikkenemiseen, mättäiden laatu, istutuksen laatu, kivisyys, maalaji ja kasvupaikka. Lisäksi ennen maastoon lähtöä selvitettiin jokaisen kohteen taustatiedot: hakkuuajankohta, onko hakkuutähteitä kerätty uudistamisalalta vai ei, taimien istutusajankohta, taimien ikä, taimilaji, ovatko taimet olleet

pakkasvarastoituja, taimien pakkaustapa, taimien varastopaikka ennen istutusta, varastonhoitaja ja kastelumenetelmä sekä taimien mahdollinen lyhytpäiväkäsittely.

Toisessa inventoinnissa, vuonna 2012, selvitettiin myös kaikkien edellä mainittujen muuttujien lisäksi jokaiselta koealalta kahden koealapistettä lähimpänä olevan taimen pituus sekä arvioitiin taimille haitallisen pintakasvillisuuden määrää. Havaintoja kertyi ensimmäisestä inventoinnista 717 kpl ja toisesta 729 kpl.

Kaikki kohteet uudistettiin kuuselle vuonna 2010, neljänä eri istutuskautena (Taulukko 1). Istutukset tapahtuivat viikkojen 21 ja 35 välisenä aikana. Kohteet 1 ja 2 istutettiin 1. istutuskaudella, eli toukokuun viimeisellä viikolla ja kohteet 3 ja 4 kaudella 2, eli kesäkuun puolivälissä. Istutuskaudella 3, eli heinäkuun ensimmäisen ja toiseksi viimeisen viikon välissä, istutettiin kohteet 5, 6, 7 sekä 10 ja kaudella 4, eli elokuun viimeisen ja syyskuun ensimmäisen viikon aikana, kohteet 8 ja 9. Kesä 2010 oli erityisen lämmin ja kuiva. Esimerkiksi heinäkuun sademäärä oli vain noin 40 % pitkän ajan sademäärien keskiarvosta (Liite 1).

Taulukko 1. Istutuskaudet ja eri kohteiden istutusajankohdat

Istutuskausi	Istutusviikot	Kohteet
1: kevätistutus (vko 19-21)	21	1 ja 2
2: jatkettu kevätistutus (vko 22-24)	24	3 ja 4
3: kesäistutus (vko 25-33)	27-29	5, 6, 7 ja 10
4: syysistutus (vko 34-)	34-35	8 ja 9

Kohteilla 3 ja 4 käytettiin yli vuoden ikäisiä taimia ja muilla kohteilla vuoden ikäisiä taimia. Kevät- ja syysistutuksissa istutetut taimet eivät olleet pakkasvarastoituja. Jatketun kevätistutuksen kohteilla taimet olivat pakkasvarastoituja ja ne sulatettiin juuri ennen istutusta. Kesäistutuksissa istutetut taimet olivat niin ikään pakkasvarastoituja, mutta ne sulatettiin jo kesäkuussa ja istutettiin heinäkuussa. Kohteilla 1, 2 ja 10 käytetyt taimet olivat pakattuina ritiläpohjaisiin muovilaatikoihin. Kaikki muut taimet olivat puolestaan pakattuina pahvilaatikoihin. Taimilaji kaikilla kohteilla oli PL81F. Vain viimeisellä istutuskaudella istutetut taimet olivat lyhytpäiväkäsiteltyjä.

Kaikki taimet olivat varastoituina ennen istutusta koneyrittäjän terminaalissa. Koneyrittäjä toimi myös taimien hoitajana varastoinnin ajan. Kastelu oli hoidettu koneellisesti. Kohteilta 1-6 oli kerätty hakkuutähteet ja kohteilla 7-10 ne oli jätetty

maastoon. Kaikki istutukset suoritettiin saman yrittäjän toimesta Bracke-istutuskoneella. Koneenkuljettajien lukumäärästä tai kokemuksesta ei ole tietoa.

Kaikkien kohteiden kasvupaikka oli tuorekangas (MT). Maalaji, kivisyys ja vesitalous arvioitiin kohteilta silmämääräisesti. Kohteilla 2 ja 9 maalaji oli arvioitu keskikarkeaksi ensimmäisenä inventointivuonna 2010. Kaikilla muilla kohteilla oli yksittäisten koealojen maalaji arvioitu myös hienoksi tai turvemaaksi. Kaikilla kohteilla suurin osa koealoista arvioitiin maalajiltaan keskikarkeaksi. Koealojen kivisyys arvioitiin joko vähäkiviseksi, kiviseksi tai erittäin kiviseksi. Kohde 10 oli kokonaisuudessaan vähäkivistä. Muiden kohteiden koealoista valtaosa tai kaikki (kohteet 2, 3 ja 7) olivat kivisiä. Erittäin kivisiä koealoja löytyi kohteelta 1 (3 kpl) ja 8 (1 kpl). Kohteilta 6 ja 8 löytyi kaksi sekä kohteelta 8 kolme koealaa, jotka arvioitiin soistuneiksi. Muutoin koealojen vesitalous oli kunnossa.

Toisessa inventoinnissa vuonna 2012, eli 3 vuotta istutuksesta tehdyssä inventoinnissa kivisyyden ja maalajin osalta inventointitulokset olivat hyvin samankaltaiset. Joitain eroavaisuuksiakin oli kuitenkin havaittavissa. Kohteella 10 oli toisessa inventoinnissa todettu 2/3 tapauksista kasvupaikan olevan lehtomainen kangas (OMT). Myös vesitaloudessa oli jonkin verran muutoksia. Kohteen 10 koealoista suurin osa oli arvioitu kosteaksi tai märäksi. Nämä vaihtelut muuttujissa eri inventointi vuosien välillä selittyvät eri koealoilla. Lisäksi toisessa inventoinnissa arvioitiin haitallisen pintakasvillisuuden määrää, asteikolla ei yhtään, vähän tai runsaasti. Vain kohteella 10 haittaavaa pintakasvillisuutta todettiin olevan vähän. Kaikilla muilla kohteilla valtaosalla koealoista haittaavaa pintakasvillisuutta ei ollut lainkaan. Koko aineistossa vain muutamien yksittäisten taimien ympärillä pintakasvillisuuden määrä oli arvioitu runsaaksi.

2.2 Aineiston analysointi

Tutkimuksen aineisto oli valmiiksi tallennettu Excel-muotoon. Tässä tutkimuksessa mukana olevat muuttujat valittiin Pivot-taulukointia apuna käyttäen. Exceliä käyttäen tarkasteltiin alustavasti eri tekijöiden riippuvuuksia, minkä perusteella osa tekijöistä jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Myös kaikki tutkimuksessa esitetyt kuvat on piirretty Exceliä apuna käyttäen.

Eri muuttujien vaikutusta taimien elävyyteen, hehtaarikohtaiseen taimitiheyteen ja eri tuhon aiheuttajiin testattiin IBM SPSS Statistics 21 -ohjelmaa apuna käyttäen. Kaikissa tilastollisissa testeissä merkitsevyystasona oli 5 %. Aineiston analysointiin käytettiin yleistettyä lineaarista sekamallia, joka sisältää kiinteitä ja satunnaisia parametreja. Malli on toimiva tämän tyyppisessä testauksessa, sillä taimista tehdyt havainnot ovat korreloituneita saman kohteen tai saman koealan sisällä (Lappi 2013). Malli ottaa korreloituneisuuden huomioon, kun malliin lisätään satunnaisvaikutteiksi kohde ja koeala kohteen sisällä.

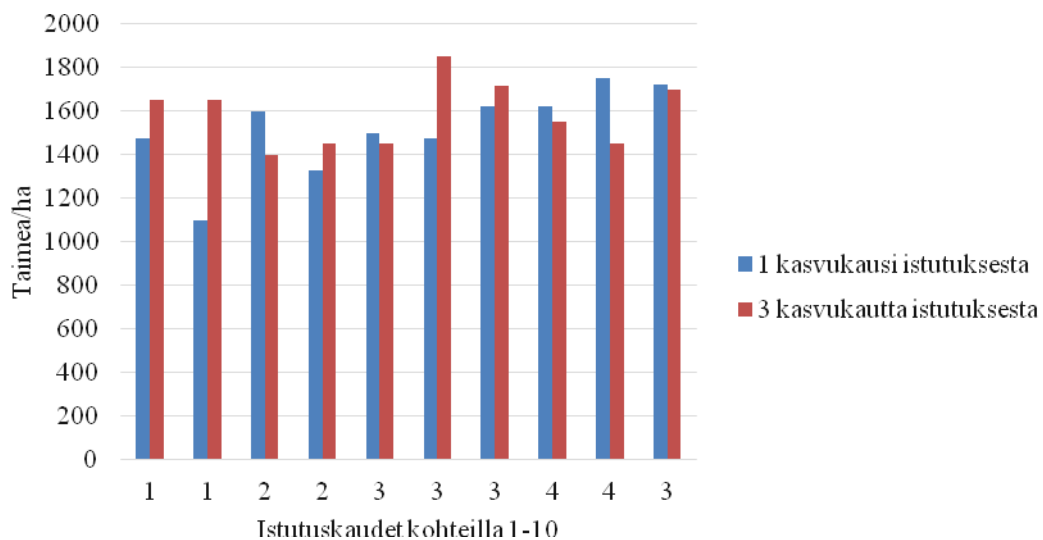
Kiinteitä muuttujia olivat vastemuuttujaan mahdollisesti vaikuttaneet muuttujat. Esimerkiksi elävyyttä testattaessa kiinteiksi muuttujiksi lisättiin hakkuutähteet, hakkuuaika, istutuskausi, kivisyys, mätäslaatu ja istutuslaatu. Mikäli jokin/jotkin kiinteät muuttujat eivät olleet tilastollisesti merkitsevää/merkitseviä ne jätettiin mallista pois ja laskenta suoritettiin uudelleen. Istutuskausi pidettiin selittäjänä mukana malleissa, vaikkei se olisikaan ollut merkitsevää. Lisäksi joistakin tarkasteluista 4. istutuskausi jätettiin ulkopuolelle, sillä vuoden 2010 inventointi tehtiin syksyllä, jolloin viimeisen istutuskauden istutukset oli juuri tehty. Tällöin taimet eivät olleet vielä ehtineet altistua millekään haittaaville tekijöille.

Jokaista tuhon aiheuttajaa tarkasteltiin myös erikseen, sillä eri tuhoihin kuten kuivuuteen ja hallaan vaikuttavat usein eri tekijät. Lisäksi joitain niistä testattiin yhdessä, koska oletettiin niiden yhteisvaikutuksen olevan tilastollisesti merkitsevää, vaikkei yksin näin ollutkaan. Lisäksi oletettiin niiden yhteisvaikutuksen olevan erilainen kuin yksittäisen merkitsevän muuttujan vaikutus.

3 TULOKSET

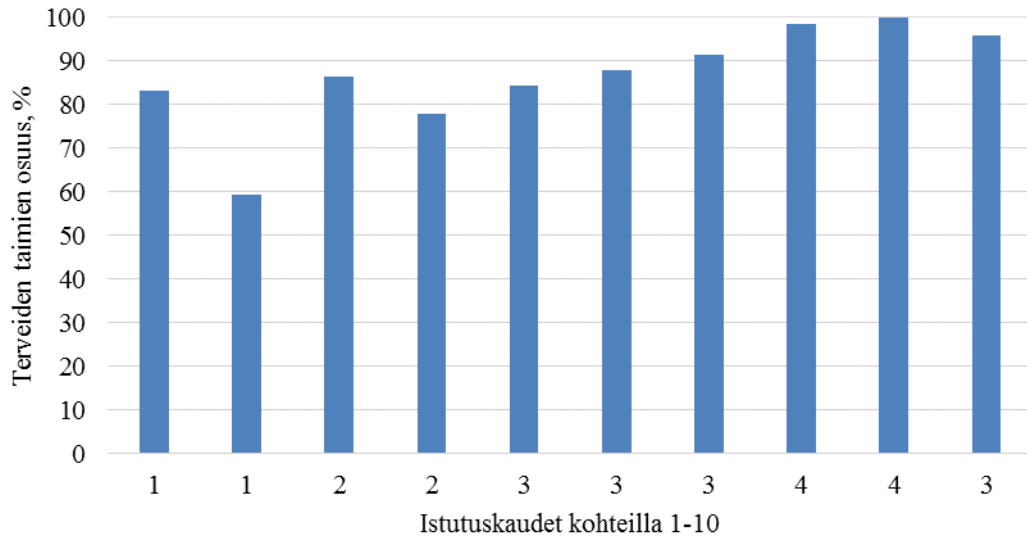
3.1 Taimien hehtaarikohtaiset tiheydet ja elävyys sekä niihin vaikuttavat tekijät

Istutusvuoden syksyllä terveiden taimien hehtaarikohtaiset tiheydet vaihtelivat 1100 taimesta/ha 1750 taimeen/ha, keskiarvon ollessa 1520 taimea/ha (Kuva 1). Vastaavat tiheydet kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa olivat 1400, 1850 ja 1586 taimea/ha. Sekä istutusvuoden syksyllä että kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa viisi kohdetta kymmenestä ylitti 1600 taimea/ha rajan. Istutusvuonna yli 1600 taimea/ha löytyi kohteilta 3, 7, 8, 9 ja 10. Kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa yli 1600 taimea/ha löytyi kohteilta 1, 2, 6, 7 ja 10.



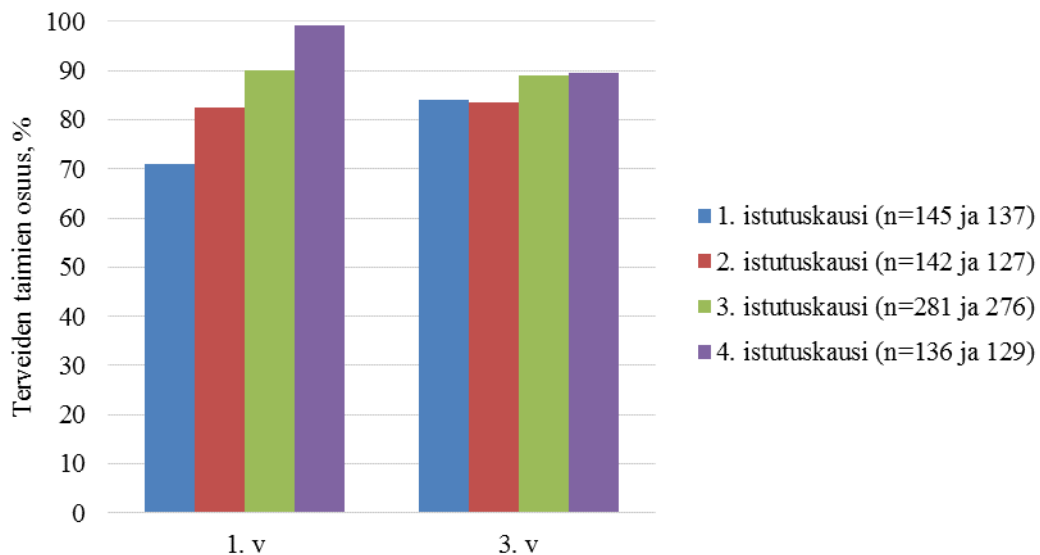
Kuva 1. Terveiden taimien hehtaarikohtaiset tiheydet eri istutuskausilla kohteittain, istutusvuoden syksyllä ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa (4. istutuskauden inventointi on tehty heti istutuksen jälkeen).

Tarkasteltaessa terveiden taimien osuutta kaikista istutetuista taimista istutusvuoden syksyllä, voidaan havaita kohteiden välisen vaihtelun olevan hyvin samankaltaista kuin terveiden taimien hehtaarikohtaisten tiheyksien vaihtelu (Kuva 2). Alhaisin elävien taimien osuus oli kohteella 2 (59 %) ja korkein kohteella 9 (100 %). Erot saman istutuskauden aikana istutettujen kohteiden välillä olivat vaihtelevia. Suurimmat erot eri kohteiden välillä oli havaittavissa keväistutuskaudella. Kohteiden 1 ja 2 välinen ero terveiden taimien osuudessa oli 24 prosenttiyksikköä.



Kuva 2. Eri istutuskausien vaikutukset terveiden taimien osuuteen kaikista taimista kohteittain istutusvuoden syksyllä. (4. istutuskauden inventointi on tehty heti istutuksen jälkeen).

Elävyyden keskiarvot istutusvuoden syksyllä kasvavat selvästi siirryttäessä kevätistutuksista kohti syysistutuksia mutta tasoittuvat kahden seuraavan kasvukauden aikana (Kuva 3).



Kuva 3. Eri istutuskausien vaikutukset terveiden taimien keskimääräisiin osuuksiin kaikista taimista istutusvuoden syksyllä ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa.

Vaikka prosentuaalisesti erot vaikuttavat suurilta, ei istutuskausilla kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ($p < 0,05$) taimien elävyyteen, kun mukana tarkastelussa ei ollut syysistutuksia (Taulukko 2).

Taulukko 2. Yleistetyllä lineaarisella sekamallilla saadut F-arvot, osoittajan ja nimittäjän vapausasteet (df), p-arvot, kertoimet ja keskivirheet, kun elävyys oli selitettävänä muuttujana, istutusvuoden syksyllä. Istutuskausi ja mätäslaatu olivat kiinteitä muuttujia. Referenssiluokkana istutuskausien vaikutuksille oli 3. istutuskausi (kesäistutus) ja mätäslaadun vaikutuksille mättäät, joissa ei ollut huomautettavaa.

Elävyys	F-arvo	Osoittajan Nimittäjän		p-arvo	Kerroin	Keskivirhe
		df	df			
Vakio				<0,001	2,551	0,370
1. istutuskausi	3,021	2	5	0,061	-1,429	0,581
2. istutuskausi	3,021	2	5	0,378	-0,572	0,592
3. istutuskausi	3,021	2	5		0,000	
Humusmätäs	9,589	2	563	<0,001	-1,408	0,338
Mätäs						
hakkuutähteiden päällä	9,589	2	563	0,032	-0,772	0,360
Mättäässä ei huomautettavaa	9,589	2	563		0,000	

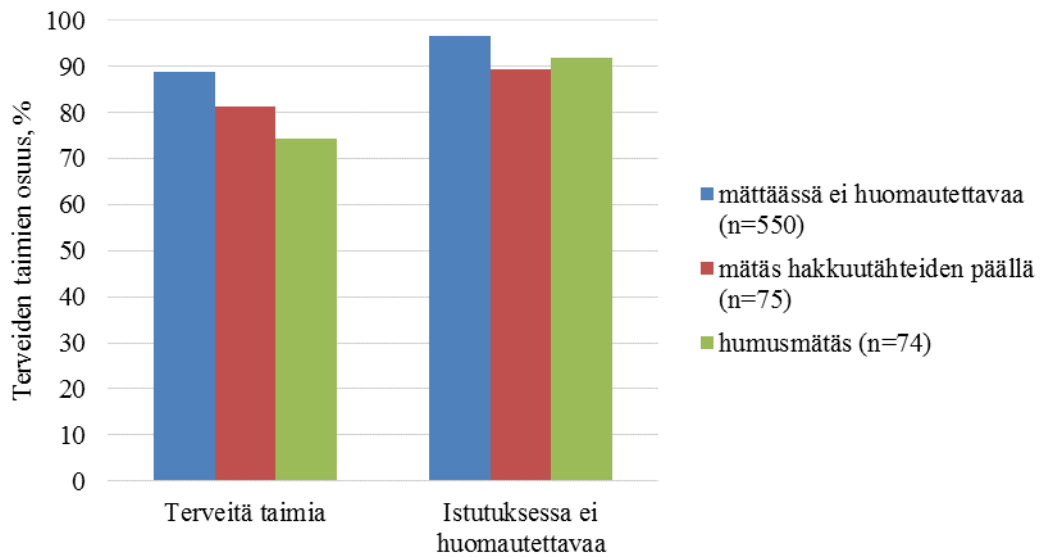
Ainoa taimien elävyyteen tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) vaikuttava tekijä istutusvuoden syksyllä oli mätäslaatu (Taulukko 2). Humusmätäs ja hakkuutähteiden päälle tehty mätäs alensivat elävyyttä merkittävästi verrattuna kunnolliseen mättäeseen. Kun istutuksesta on kulunut kolme kasvukautta, istutuskausi ei vaikuta tilastollisesti merkitsevästi elävyyteen. Satunnaistekijät (kohde ja koeala kohteen sisällä) kuvaavat korrelaation vaihtelua kohteiden välillä ja niiden sisällä (Taulukko 3).

Taulukko 3. Yleistetyllä lineaarisella sekamallilla saadut satunnaisvaikutusten varianssien estimaatit, varianssien estimaattien neliöjuuret, keskivirheet ja p-arvot, kun elävyys oli selitettävänä muuttujana, istutusvuoden syksyllä.

Elävyys	Satunnaisvaikutukset	Varianssin estimaatti	Varianssin neliöjuuri	Keskivirhe	p- arvo
	Kohde	0,325	1,219	0,294	0,270
	Koeala(Kohde)	0,114	0,382	0,184	0,536

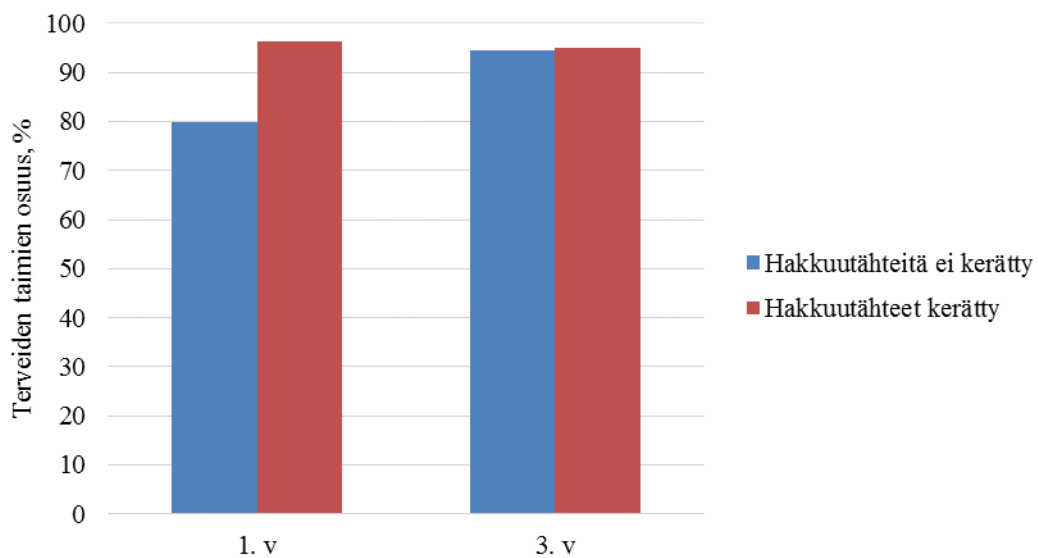
Huonojen mättäiden vaikutus näkyy myös terveiden taimien osuudessa kaikista taimista (Kuva 4). Eroja elävyydessä eri mätäslaatuojen välillä on vielä kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa, vaikkakin ne ovat hieman tasoittuneet. Mätäslaatu vaikuttaa tilastollisesti merkitsevästi taimien elävyyteen, myös kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa. Yleistetyllä lineaarisella sekamallilla saadut p-arvot kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa ovat humusmättäälle $< 0,001$ ja hakkuutähteiden päälle tehdyille mättäälle 0,007. Hakkuutähteiden päälle tehdyt mättäät heikensivät tilastollisesti merkitsevästi myös

istutuksen laatua ($p=0,004$). Istutuksen laatu ei kuitenkaan yksinään selittänyt taimien elävyyttä.



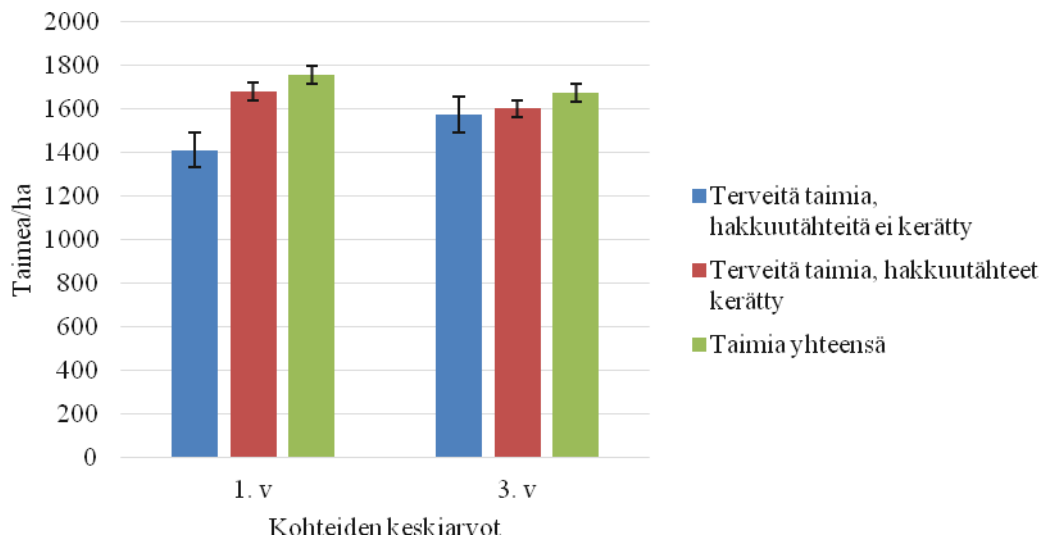
Kuva 4. Eri mätäslaatujen vaikutukset terveiden taimien osuuteen kaikista taimista sekä onnistuneiden istutusten osuuteen kaikista istutuksista, istutusvuoden syksyllä.

Hakkuutähteiden keruun vaikutus yksittäisen taimen terveyteen istutusvuoden syksyllä, ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Merkittävää vaikutusta ei havaittu, vaikka terveiden taimien osuus kaikista taimista oli selvästi alhaisempi kohteilla joilta hakkuutähteitä ei ollut kerätty (Kuva 5).



Kuva 5. Hakkuutähteiden keruun vaikutukset terveiden taimien osuuteen kaikista taimista, istutusvuoden syksyllä ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa.

Myöskään toisessa inventoinnissa eroja ei ollut tilastollisesti merkitsevästi tai prosentuaalisesti havaittavissa kohteiden välillä, joilta hakkuutähteet oli kerätty ja joilta niitä ei ollut kerätty. Tarkasteltaessa terveiden taimien hehtaarikohtaisia tiheyksiä istutusvuoden syksyllä, havaittiin eron hakkuutähteiden keräämättä jättämisen ja keruun välillä olevan samansuuntainen kuin elävyydessä (Kuva 6).



Kuva 6. Hakkuutähteiden keruun vaikutukset terveiden taimien määrään, istutusvuoden syksyllä ja kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa.

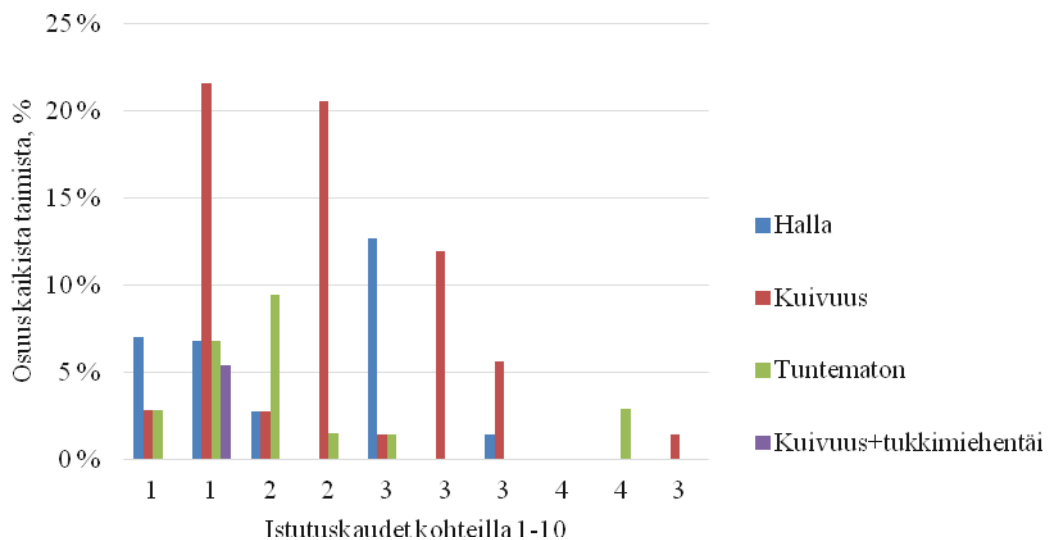
Terveiden taimien hehtaarikohtaiseen tiheyteen hakkuutähteet vaikuttivat tilastollisesti merkitsevästi (Taulukko 4), toisin kuin mättään- tai istutuksen laatuun.

Taulukko 4. Linearisella sekamallilla saadut F-arvot, osoittajan ja nimittäjän vapausasteet (df), p-arvot, kertoimet ja keskivirheet, kun terveiden taimien hehtaarikohtainen tiheys ja istutustiheys olivat malleissa selitettävänä muuttujina, istutusvuoden syksyllä. Hakkuutähteiden keruu oli kiinteänä muuttujana. Referenssiluokkana hakkuutähteiden vaikutuksille olivat tapaukset joissa hakkuutähteet oli kerätty.

Terveiden taimien määrä, kpl/ha	Osoittajan		Nimittäjän		Kerroin	Keskivirhe
	F-arvo	df	df	p-arvo		
Vakio	1087,99	1	8	<0,001	23,141	72,652
Hakkuutähteitä ei kerätty	8,21	1	8	0,021	-2,865	93,793
Hakkuutähteet kerätty	8,21	1	8			<0,001
Istutustiheys, kpl/ha						
Vakio	4697,61	1	78	<0,001	43,901	39,720
Hakkuutähteitä ei kerätty	0,279	1	78	0,599	0,528	51,279
Hakkuutähteet kerätty	0,279	1	78			<0,001

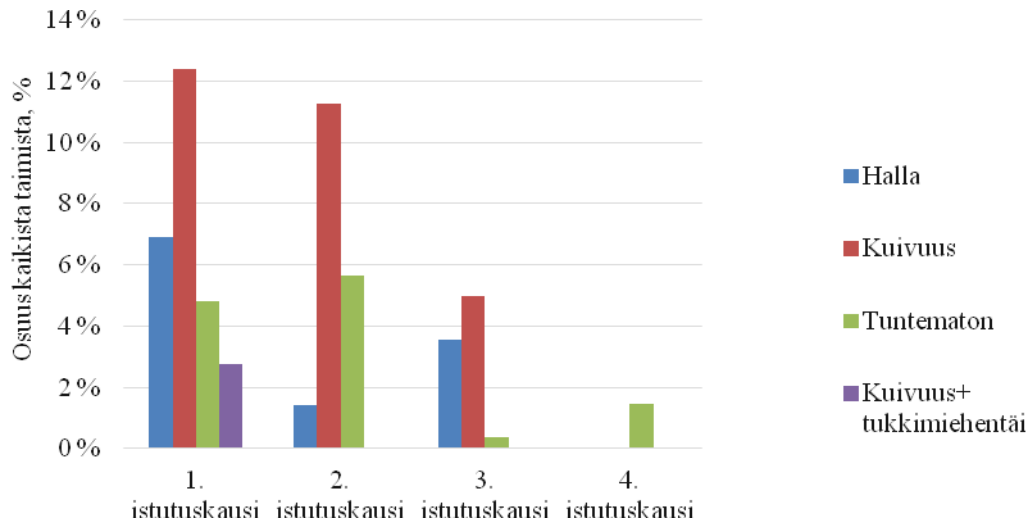
3.2 Tuhot

Tuhoja havaittiin istutusvuoden syksyllä yhteensä 92 taimessa, eli 13 %:lla kaikista istutetuista taimista. Kohteittain tuhot vaihtelivat suuresti. Tuhojen osuudet vaihtelivat 7. kohteen 0 %:sta 2. kohteen 41 %:iin kaikista istutetuista taimista (Kuva 7). Suurin yksittäinen tuhon aiheuttaja oli kuivuus, mitä havaittiin 7 %:lla kaikista istutetuista taimista. Hallatuhoilla vastaava prosenttiosuus oli 3 %. Tunnistamattomaksi tuhon aiheuttaja jäi niin ikään 3 %:lla kaikista istutetuista taimista. Lisäksi 1 %:lla taimista löytyi niin kuivuuden kuin tukkimiehentäinkin aiheuttamia vaurioita. Tuhojen määrissä ja aiheuttajissa oli suuresti vaihtelua kohteiden välillä.



Kuva 7. Vaurioituneiden taimien osuudet kaikista taimista, tuhojen aiheuttajat ja näiden jakutuminen kohteittain, istutusvuoden syksyllä.

Eri istutuskausien välillä havaittiin vaihtelua tuhojen kokonaismäärissä sekä tuhon aiheuttajissa (Kuva 8). Kuivuus aiheutti suurimman osan tuhoista kaikilla kolmella ensimmäisellä istutuskaudella. Kahdella ensimmäisellä istutuskaudella kuivuus oli selvästi yleisin syy. Kolmannella istutuskaudella kuivuustuhojen osuus oli kahta ensimmäistä kautta pienempi. Syysistutuksissa tuhot olivat ymmärrettävästi vähäiset, koska istutuksesta oli kulunut niin vähän aikaa.



Kuva 8. Vaurioituneiden taimien osuudet kaikista taimista, tuhojen aiheuttajat ja jakutuminen istutuskausittain, istutusvuoden syksyllä.

Kun istutuskauden vaikutusta kuivuustuhoihin testattiin yhdessä mätäsmaadun ja kivisyyden kanssa, se ei vaikuttanut tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$) (Taulukko 5). Sen sijaan mätäsmaadu ja kivisyys vaikuttivat kuivuustuhoihin. Humusmätäs sekä hakkuutähteiden päälle tehty mätäs lisäsivät selvästi kuivuustuhoja verrattuna hyvään mätääseen. Myös erittäin kivinen maaperä lisäsi kuivuuden aiheuttamia tuhoja merkittävästi kiviseen ja vähäkiviseen maaperään verrattuna. Satunnaistekijät (kohde ja koeala kohteen sisällä) kuvaavat korrelaation vaihtelua kohteiden välillä tai kohteiden sisällä koealojen välillä (Taulukko 6).

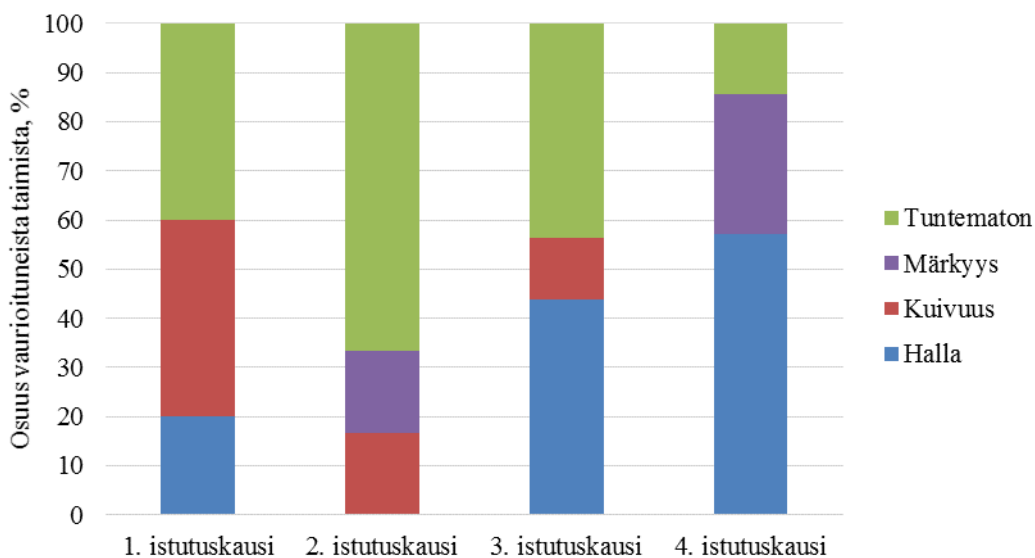
Taulukko 5. Yleistetyllä lineaarisella sekamallilla saadut F-arvot, osoittajan ja nimittäjän vapausasteet (df), p-arvot, kertoimet ja keskivirheet, kun kuivuus oli selitettävänä muuttujana, istutusvuoden syksyllä. Istutuskausi, mätäsmaadu ja kivisyys olivat kiinteitä muuttujia. Referenssiluokkana istutuskausien vaikutuksille oli 3. istutuskausi (kesäistutus), mätäsmaadun vaikutuksille mätäässä joissa ei ollut huomautettavaa ja kivisyydelle vähäkiviset havainnot.

Kuivuus	Osoittajan Nimittäjän			p-arvo	Kerroin	Keskivirhe
	F-arvo	df	df			
Vakio				<0,001	-5,138	1,126
1. istutuskausi	0,005	2	4	0,961	-0,077	1,487
2. istutuskausi	0,005	2	4	0,955	0,086	1,419
3. istutuskausi	0,005	2	4		0,000	
Humusmätäs	11,638	2	573	<0,001	1,924	0,452
Mätäs hakkuutähteiden päällä	11,638	2	573	0,001	1,514	0,450
Mätäässä ei huomautettavaa	11,638	2	573		0,000	
Erittäin kivinen	2,971	2	91	0,023	3,920	1,696
Kivinen	2,971	2	91	0,51	1,946	0,988
Vähäkivinen	2,971	2	91		0,000	

Taulukko 6. Yleistetyllä lineaarisella sekamallilla saadut satunnaisvaikutusten varianssien estimaatit, varianssien estimaattien neliöjuuret, keskivirheet ja p-arvot, kun kuivuus oli selitettävänä muuttujana, istutusvuoden syksyllä.

Kuivuus	Satunnaisvaikutukset	Varianssin		Keskiarvo	p-arvo
		estimaatti	neliöjuuri		
	Kohde	2,202	1,476	1,812	0,224
	Koala(Kohde)	0,364	1,084	0,349	0,298

Hallatuhot vaihtelivat kuivuustuhoja enemmän eri istutuskausien välillä (Kuva 7). Eri muuttujien vaikutuksia hallatuhoihin testattiin vastaavasti kuin kuivuuden vaikutuksia. Istutuskausien ei havaittu vaikuttavan tilastollisesti merkitsevästi hallatuhojen ennustettuun todennäköisyyteen. Myöskään muilla testatuilla muuttujilla, yhdessä tai erikseen, ei havaittu tilastollisesti merkitsevää vaikutusta hallatuhoihin. Vaikka kaikkien vaurioituneiden taimien määrä kohteilla, joilta hakkuutähteitä ei ollut kerätty, oli 14 ja 3 kohteilla, joilta hakkuutähteet oli kerätty, eivät hakkuutähteet vaikuttaneet tilastollisesti merkitsevästi halla tai muihin tuhoihin. Toisessa inventoinnissa vaurioituneiden taimien määrä väheni huomattavasti ja tuntemattomien tuhonaiheuttajien osuus kasvoi selvästi (Kuva 9). Kaikkiaan toisessa inventoinnissa tuhoja havaittiin 34 taimessa. Näistä hallan aiheuttamia tuhoja oli 12 kappaletta, kuivuuden aiheuttamia 5 ja märkyden aiheuttamia 3. Tunnistamatta jäivät 14 taimen vauriot.



Kuva 9. Eri istutuskausien vaikutukset taimille tuhoja aiheuttaneisiin syihin kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa.

4 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Taimien hehtaarikohtaiset tiheydet ja elävyys

Tämän työn mukaan vain viidellä kohteella kymmenestä terveiden taimien hehtaarikohtainen tiheys nousi yli 1600 taimeen/ha. Tulos oli sama molemmissa inventoinnissa. Kuitenkin kohteista vain kaksi ylitti 1600 taimea/ha rajan kummassakin inventoinnissa. Voitaisiin siis sanoa, että uudistamistulos oli hyvä vain 50 %:lla kohteista, mikä on huomattavasti pienempi onnistumisprosentti kuin Saksan ja Kankaanhuhdan (2007) tutkimuksessa. Edellä mainitussa tutkimuksessa mätästettyjen tuoreiden kankaiden uudistamisaloista 71 % ylitti 1600 taimea/ha rajan. Tutkimuksessa oli kuitenkin laskettu mukaan myös koelaloilta löytyneet luontaisesti syntyneet taimet, joita oli keskimäärin 340 kappaletta hehtaaria kohden.

Saksan ja Kankaanhuhdan (2007) tutkimuksessa istutustaimien keskitiheys oli 1480 taimea/ha. Tässä tutkimuksessa tuon rajan ylitti kuusi kohdetta kummassakin inventoinnissa. Mainittakoon lisäksi, että ensimmäisessä inventoinnissa lähes samaan keskitiheyteen (1450–1475 taimea/ha) pääsi lisäksi kaksi kohdetta ja toisessa inventoinnissa kolme kohdetta. Täten uudistamistuloksen voidaan sanoa vastanneen Saksan ja Kankaanhuhdan (2007) tulosta istutustaimien määrien osalta. Metsänomistaja käyttää Tapion metsänhoidon suosituksia (Äijälä ym. 2014) asettaessaan taimien tavoitetiheyksiä uudistamisaloille. Kuusen suositeltava istutustiheys tuoreella kankaalla on 1800 taimea/ha, mikäli ei tavoitella puuston hyvin nopeaa järeytymistä (Äijälä ym. 2014). Metsänomistajan ohjeiden mukaan sallittu poikkeama annetuista istutustiheyksistä on 10 %, mikä tarkoittaa alarajan olevan 1620 taimea/ha. Tässä työssä neljällä kohteella terveiden taimien määrä ylitti tämän rajan istutusvuonna ja viidellä kohteella kolmannen istutuksen jälkeisen kasvukauden lopussa. Istutustiheydet kuitenkin ylittävät vaaditut istutustiheydet kaikilla kymmenellä kohteella.

Terveiden taimien osuus vaihteli tässä työssä huomattavasti eri kohteiden välillä. Tästä johtuen eri istutuskausien väliset erot eivät muodostuneet merkitseviksi, vaikka prosentuaalisesti vaikuttikin siltä, että elävyys kasvaa selvästi siirryttäessä kevätistutuksista kohti syysistutuksia. Istutuskausien sisällä eri kohteet saattoivat erota merkittävästi toisistaan, mikä puolestaan vaikutti istutuskausien terveiden taimien osuuksien keskiarvoihin. Tämän työn tutkimushypoteesin: ”Istutuskausi ei

vaikuta kuusen taimien elävyyteen koneistutuksissa kuivanakaan kesänä”, voidaan siis todeta jäävän voimaan. Tulos on linjassa aiempien tutkimusten kanssa. Myös esimerkiksi Luoranen ym. (2005) totesivat ulkona varastoitujen taimien istutuskauden pidentämisen olevan mahdollista. Toisaalta on muistettava, että tämän työn aineisto on melko suppea. Näiden tulosten valossa voidaan todeta, että muokkauksen ja istutuksen laatu ovat oleellisimpia tekijöitä uudistamisen onnistumisessa. Lisäksi vaikuttaa siltä, että kohde ja sillä vallinneet olosuhteet vaikuttavat taimien selviytymiseen enemmän kuin istutuskausi.

Mätäslaatu oli ainoa yksittäinen tekijä, joka vaikutti tilastollisesti merkitsevästi taimien elävyyteen tässä työssä. Humusmätäs ja hakkuutähteiden päälle tehty mätäs alensivat elävyyttä huomattavasti verrattuna mättääseen, jonka laadussa ei ollut huomautettavaa. Mätäslaatu vaikutti myös terveiden taimien osuuteen kaikista taimista. Mätäslaadun on todettu olevan merkittävä tekijä taimien selviytymiselle myös aiemmissa tutkimuksissa (Heiskanen ym. 2014).

Hakkuutähteillä ei tässä työssä havaittu olevan tilastollista merkitsevyyttä taimien elävyyteen, vaikka uudistamisaloilla, joilta hakkuutähteet oli kerätty, terveiden taimien määrät sekä osuudet kaikista taimista olivat keskimäärin suuremmat kuin aloilla, joille hakkuutähteet oli jätetty. Hakkuutähteiden keruu näyttäisi vaikuttavan positiivisesti niin mätäslaatuun kuin istutuslaatuunkin, vaikka tilastollista merkittävyyttä näihin muuttujiin ei havaittu. Samoin hakkuutähteiden keruu vaikutti taimissa havaittuihin tuhoihin. Tuhojen määrä oli suurempi uudistamisaloilla joilta hakkuutähteitä ei ollut kerätty, mutta tämä tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Lisäksi hakkuutähteet voivat vaikuttaa myös muihin uudistamisalan kasvuolosuhteisiin. Todennäköisesti näiden tekijöiden yhteisvaikutus on niin merkittävä, että se näkyy terveiden taimien määrissä ja osuuksissa, vaikka hakkuutähteillä ei olekaan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta mihinkään yksittäiseen muuttujaan. Mikäli aineisto olisi ollut suurempi, olisi hakkuutähteiden vaikutus voinut olla tilastollisesti merkitsevää.

4.2 Tuhot

Tuhoja ja niiden aiheuttajia tarkasteltiin tässä työssä tarkemmin vain ensimmäisen inventoinnin osalta, sillä kolmen kasvukauden jälkeen tehdyssä inventoinnissa havaittujen tuhojen kokonaismäärä oli hyvin alhainen. Tämä johtuu siitä, että suurin

osa vaurioituneista taimista oli jo kuollut ja hävinnyt kokonaan koealoilta. Lisäksi tuntemattomien tuhoniheuttajien osuus kaikista tuhoniheuttajista oli tässä inventoinnissa suuri. Syynä tähän on esimerkiksi kaksi kasvukautta aikaisemmin tapahtuneen tuhon aiheuttajan tunnistamisen vaikeus.

Suurin tunnistettu tuhoniheuttaja oli tässä työssä kuivuus, mikä on ymmärrettävää kuivana kesänä. Eri istutuskausien välillä ei havaittu merkittäviä eroja kuivuustuhoissa lukuun ottamatta 4. istutuskautta, joka alkoi elokuun puolivälissä viikolla 34. Tuolloin keskilämpötila oli jo selvästi laskenut ja sadesummat nousseet kesä-heinäkuun tasosta (Liite 2). Kolmen ensimmäisen istutuskauden taimet puolestaan altistuivat kaikki kuivuudelle kesän aikana. Kuivuneiden taimien määrä väheni jonkin verran siirryttäessä kevätistutuksista kohti kesäistutusta, mikä voi selittyä taimien pidemmällä kuivuudelle altistumisella. Erot eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä.

Mätäslaatu vaikutti kuivuustuhoihin tilastollisesti merkitsevästi. Tässä tutkimuksessa humusmätäs ja hakkuutähteiden päälle tehty mätäs lisäsivät kuivuneiden taimien määrää. Mikäli mätäs koostuu humuksesta, se ei pidätä vettä riittävästi ja altistaa taimen kuivumiselle. Hakkuutähteet mättään alla puolestaan haittaavat veden kapillaarista nousua maasta mättääseen (Luoranen ym. 2007). Myös erittäin kivinen maaperä lisäsi tässä työssä kuivumistuhon merkittävästi verrattaessa kiviseen ja vähäkiviseen maaperään. Tämä johtunee siitä, että erittäin kivinen maaperä ei pysty pidättämään vettä yhtä hyvin kuin vähäkivisemmät maaperät, sekä siitä, että kivisellä maaperällä muokkaus ja istutus ovat haastavampia.

Istutuskaudet eivät vaikuttaneet tässä työssä tilastollisesti merkitsevästi hallatuhoihin vaikka kevät- ja kesäistutuksilla niitä olikin enemmän. Tämä voi selittyä hallauskausien ajoittumisella taimien istutuskauteen nähden, jolloin taimet ovat yleensä herkimmillään. Kevät- ja syyshalloja esiintyy ensimmäisen sekä kolmannen istutuskauden aikana, toisinkuin toisen istutuskauden aikana. Viimeisellä istutuskaudella puolestaan taimet eivät välttämättä ole ehtineet altistua hallalle ennen inventointia. Lisäksi syksyllä istutetut taimet olivat LP-käsiteltyjä, mikä alentaa hallanarkuutta. Hallatuhoihin vaikuttaa yleisesti enemmän kohteen sijainti ja sen hallanarkuus. Siitä, kuinka alavilla mailla tai painanteissa tämän tutkimuksen kohteet sijaitsivat, ei ollut tietoa, minkä vuoksi kohteiden välisiä eroja hallatuhon osalta ei analysoitu tarkemmin.

4.3 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen mukaan istutuskausi ei suoranaisesti vaikuta koneistutuksen onnistumiseen kuivanakaan kesänä. Erot istutuskausien välillä ovat seurausta useista eri muuttujista ja näiden yhteisvaikutuksista. Hallanaroilla mailla hallatuhoja esiintyy istutusajankohdasta riippumatta. Samoin esimerkiksi karkeilla maapohjilla etelärinteillä kuivuustuhoja voi esiintyä kaikkina eri ajankohtina istutetuilla taimilla. Kun käytetään ulkona varastoituja taimia sekä vältetään routimiselle ja kuivuustuhoille herkkiä kohteita, voidaan mielestäni laadullisesti oikein tehtyä koneistutusta suorittaa keväästä syksyyn.

Maanmuokkauksen laatu vaikutti oleellisesti istutuksen onnistumiseen tässä työssä, kuten myös monessa aiemmassakin tutkimuksessa. Maanmuokkauksen laatu vaikutti merkittävästi taimien elävyyteen suoraan ja välillisesti istutuslaadun kautta. Kun maanmuokkauksen avulla luodaan otolliset olosuhteet taimen alkuvaiheen kehitykselle, on todennäköisyys uudistumisen onnistumiselle huomattavasti korkeampi kuin huonosti muokatussa tai muokkaamattomassa maassa.

Tästä aiheesta olisi syytä tehdä kuitenkin vielä lisätutkimusta. Tutkimuksiin tulisi valita riittävän suuri määrä uudistamisaloja, joille istutettaisiin taimia samanaikaisesti eri istutuskausina. Lisäksi tulisi käyttää kiinteitä koealoja tulosten seuraamiseen. Tällöin tulokset olisivat luotettavampia. Tämän tutkimuksen aineisto oli suppeahko mikä rajoittaa työn tulosten yleistettävyyttä.

5 KIRJALLISUUS

Luken tilastotietokanta 2015. Saatavilla: http://statdb.luke.fi/PXWeb/pxweb/fi/LUKE/LUKE__04%20Metsa__02%20Rakenn%20ja%20tuotanto__12%20Metsanhoito-%20ja%20metsanparannustyot/01_Metsanhoito_ja_metsparant_tyomaar.px/table/tableViewLayout1/?rxid=dc711a9e-de6d-454b-82c2-74ff79a3a5e0 [Viitattu 11.5.2016]

Saksa, T. & Kankaanhuhta, 2007. Metsänuudistamisen laatu ja keskeisimmät kehittämiskohteet Etelä-Suomessa. Metsänuudistamisen laadun hallinta -hankkeen loppuraportti. 90 s.

Luoranen, J., Saksa, T., Finér, L. & Tamminen, P. 2007. Metsämaan muokkausopas. Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen toimintayksikkö. 85 s.

Metsätehon maanmuokkauksen koulutusaineisto 2000. http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/03/Maanmuokkauksen_koulutusaineisto_vihko.pdf 24 s. [Viitattu 5.10.2016]

Rikala, R. Metsätaimiopas – taimien valinta ja käsittely tarhalta uudistusalalle. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 881. 2. painos. 106 s.

Helenius, P., Luoranen, J., Rikala, R. & Leinonen, K. 2002. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17: 218-224.

Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2005. Physiological and morphological responses of dormant and growing Norway spruce container seedlings to drought after planting. *Annals of Forest Science* 62: 201-207.

Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2005. Effect of preplanting drought on survival, growth and xylem water potential of actively growing *Picea abies* container seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 20: 103-109.

Helenius, P., Luoranen, J. & Rikala, R. 2002. Kesällä istutettavien, kasvussa olevien kuusen paakkutaimien käsittelykestävyys ja maastomenestyminen. *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2002: 547–558.

Metsätehon raportti 233 2014. Koneellinen metsänistutus ja sen tehostaminen Suomessa. Metsäteho oy.

Kärhä, K., Hynönen, A., Laine, T., Strandström, M., Sipilä, K., Palander, T. & Rajala, P. 2014. Koneellinen metsänistutus ja sen tehostaminen Suomessa. Metsätehon raportti 233. Verkkojulkaisu. Saatavilla: http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2015/02/Raportti_233_Koneellinen_metsanistutus_ja_sen_tehostaminen_kk_ym.pdf [Viitattu 17.5.2016]

Laine, T., Kärhä, K. & Hynönen, A. 2016 A survey of the Finnish mechanized tree-planting industry in 2013 and its success factors. *Silva Fennica* vol 50. no 2. article id 1323. 14 p.

Rantala, J., Harstela, P., Saarinen, V.-M. & Tervo, L. 2009. A Techno-economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices. *Silva Fennica* 43(4): 659-667.

Työvoiman saatavuus metsätaloudessa [Availability of labor force in forestry] 2005. Pöyry Consulting Ltd. 83 p. [Online document] Saatavilla: http://www.metsaforumi.fi/dokumentit/tyovoima_raportti.pdf [Viitattu 10.5.2016]

Hänninen, H., Karppinen, H. & Leppänen, J. 2011 Suomalainen metsänomistaja 2010. Saatavilla: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp208.pdf> [Viitattu 11.5.2016]

Hallongren, H., Laine, T. & Juntunen, M-L. 2012. Metsänhoitotöiden koneellistamisesta ratkaisu metsuripulaan? [Is mechanization of silvicultural work a solution for labour shortage?] *Metsätieteen aikakauskirja* 2/2012: 95-99.

Hallongren, H., Laine, T., Rantala, J., Saarinen, V.-M., Strandström, M., Hämäläinen, J. & Poikela, A. 2014. Competitiveness of mechanized tree planting in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* Volume 29(issue 2): 144-151.

Rantala, J. & Saarinen, V.-M. 2006. Istutuskoneinvestointi alueyrittäjän näkökulmasta. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2006: 343 – 352.

Laine T., Saarinen V.-M. 2014. Comparative study of the Risutec Automatic Plant Container (APC) and Bracke planting devices. *Silva Fennica* vol. 48 no. 3 article id 1161. 16 p.

Luoranen, J., Rikala, R. & Smolander, H. 2011. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: An evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance. *Silva Fennica* 45(3): 341-357.

Rantala, J. & Laine, T. 2010 Productivity of the M-Planter tree-planting device in practise. *Silva Fennica* 44(5): 859 – 869.

Haataja, L. & Pölönen, V., Saksa, T. & Sipilä, K. 2014. Metsänhoitotöiden omavalvontaopas. Suomen metsäkeskus ja Metsäntutkimuslaitos, Kuopio. 43 s

Laine T. & Syri M. 2012. Koneellisen metsänistutuksen opas. Metsäntutkimuslaitos. 76 s.

Lappi, J. 1993. Metsäbiometrian menetelmiä. *Silva Carelica* 24. Gummerruksen kirjapaino Oy. Jyväskylä. 182 s.

Luoranen, J., Rikala, R., Konttinen, K. & Smolander, H. 2005. Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedlings to early summer. *Silva Fennica* 39(4): 481-496.

Äijälä ym. 2014. Metsänhoidon suositukset, saatavilla: http://tapio.fi/wp-content/uploads/2015/06/Metsanhoidon_suosituksset_ver3_netti_1709141.pdf [Viitattu 3.6.2016]

Heiskanen, J., Saksa, T. Luoranen, J. 2014. Maanmuokkausmenetelmän vaikutus kuusen paakkutaimien istutuksen jälkeiseen menestymiseen roustealtilla moreenimaalla. Metsätieteen aikakauskirja 2: 137-138.

6 LIITTEET

Liite 1.

Ilmatieteen laitoksen havaintojen keskiarvot vuosilta 1981 - 2010, vuoden 2010 havainnot sekä poikkeama pitkän ajan keskiarvosta. Poimittu 19.2.2017.

Kuukausi	Keskilämpö	Jakson lämpö	Poikkeama	Sadesummien keskiarvo	Jakson sadesumma	Poikkeama
Toukokuu	8,7	11,1	2,4	42,2	53,1	10,9
Kesäkuu	14,1	13,2	-0,9	65,5	55,6	-9,9
Heinäkuu	17,2	21,6	4,4	69,3	27,6	-41,7
Elokuu	14,7	16,2	1,5	78,5	58,8	-19,7
Syyskuu	9,4	10	0,6	56	78,7	22,7

Liite 2.

Ilmatieteen laitoksen säädätasta Metlan 10 x 10 km hilalla poimittuja säätietoja Nurmeksen alueelta. Poimintu ja laskenut Pekka V. 27.1. 2011.

