

Annette Lindström

Energiapuun korjuun vaikutukset koneistutettujen kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin Keski-Suomessa

Opinnäytetyö

Kevät 2016

SeAMK Elintarvike ja maatalous

Metsätalousinsinööri (AMK)



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Elintarvike ja maatalous

Tutkinto-ohjelma: Metsätalousinsinööri (AMK)

Tekijä: Annette Lindström

Työn nimi: Energiapuun korjuun vaikutukset koneistutettujen kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin Keski-Suomessa

Ohjaajat: Lahti Juho ja Väätäinen Antti

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 68

Liitteiden lukumäärä: 12

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, onko eri voimakkuuksilla toteutetulla energiapuun korjuulla vaikutusta koneistutettujen kuusen taimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin Keski-Suomessa. Tutkimus tehtiin vuonna 2008 laikkumätätetyllä ja koneellisesti 2-vuotiailla kuusen taimilla istutetulla kenttäkokeella koejäsenruutujen vertailuna. Tutkimuksessa käytetään myös Luonnonvarakeskuksen vuosien 2009 ja 2012 mittaustuloksia. Tieto energiapuunkorjuun vaikutuksista uuden puusukupolven kasvuun avohakkuualoilla on tärkeää etenkin metsänomistajille sekä metsäalan toimijoille.

Tutkimuksen kohteena olevaan koekenttään kuuluu kolme samankaltaista, itsenäistä lohkoa. Kussakin lohossa on neljä eritavoin käsiteltyä energiapuun korjuu koejäsenruutua: Laikkumätätysty ja kuusen istutus ilman energiapuunkorjuuta, hakkuutähteestä kerätty 70 %, hakkuutähteestä kerätty 70 % sekä kantoja jätetty 25 kpl/ha ja neljäntenä käsittelynä 100 %:nen hakkuutähteiden- ja kantojenkorjuu.

Tutkimukseen tarvittava maastoaineisto on kerätty kesäkuun alussa 2015. Taimien mittaukset suoritettiin maastossa kunkin lohkon koejäsenruutujen keskipisteestä käyttämällä 1 aarin ympyräkoelaa ja muuttamalla ne hehtaariohtaisiksi tiedoiksi. Kasvillisuustiedot kerättiin neljältä 1 m²:n ruudulta kultakin koejäseneltä. Tiedot kirjattiin istutettujen kuusen taimien kappalemäärästä, pituudesta, vuoden 2014 kasvusta, kunnosta sekä mahdollisesta vikaantumisesta. Luontaisesti syntyneiden taimien kappalemäärä sekä keskipituus kirjattiin puulajeittain. Kasvilajien peittävyys arvioitiin visuaalisesti prosenttipeittävytenä.

Tutkimuksen tulosten perusteella seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta ei eri energiapuun korjuuvoimakkuuksilla käsitellyille koejäsenille syntynyt merkittäviä eroja istutettujen kuusen taimien keskipituudessa, vuosikasvussa taikka kunnossa. Käsittelyillä, joilta ei energiapuuta poistettu lainkaan, istutustaimien kappalemäärät olivat hieman alhaisemmat. Kantojen korjuu voimakkuudestaan riippumatta ei näyttä merkittävästi lisäävän luontaisesti syntyneiden taimien määrää. Valtaosa istutustaimista on terveitä ja elinvoimaisia kaikilla käsittelyillä.

Avainsanat: kannonnosto, hakkuutähteet, maastoinventointi, koneistutus, kuusen taimet

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Food and Agriculture

Degree programme: Forestry

Author/s: Annette Lindström

Title of thesis: The effects of energy wood harvesting on mechanically planted spruce seedlings' growth and growing conditions in Central Finland

Supervisor(s): Lahti Juho and Väätäinen Antti

Year: 2016

Number of pages: 68

Number of appendices: 12

The purpose of this study was to investigate whether energy harvesting carried out at different intensities has an impact on mechanically planted spruce seedlings' growth and their growing conditions in Central Finland. The resulting information is important especially to forest owners and forestry operators.

The plot for the study consisted of three similar and independent study areas. Each area consists of four different methods of harvesting energy wood. The harvesting methods were: no energy wood harvesting, 70 % logging residue removal, 25 stumps per hectare left on site and 70 % logging residue removal (maximum removal level in official recommendations) and complete stump and 100 % logging residue removal.

The data needed for the research was collected at the beginning of June 2015. The measurements were taken from 3 study areas each containing 4 rectangular plots each measuring 40m x 50m making a total of 12 rectangular plots. Sapling data was collected from a circular sample of 100 m² and the data was used to produce the per-hectare data. Vegetation data was collected from four 1 m² sample areas in each corner of the rectangles.

The results show that seven years after planting no significant differences in the average length, annual growth or condition of the spruce trees appeared between the different test plots and the different energy harvested volumes. In addition, there seems to be no significant differences either in the number and height of naturally sown trees or the development of vegetation on the plots. Most of the planted seedlings are healthy in all of the study areas.

Keywords: stump lifting, logging residues, cross-country inventory, planting mechanization, spruce seedlings

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
1 JOHDANTO.....	10
2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT.....	11
3 ENERGIAPUUNKORJUU JA KONEELLINEN ISTUTUS.....	13
3.1 Energiapuunkorjuu ja koneellinen istuttaminen Keski-Suomessa.....	13
3.2 Yleistä hakkuutähteiden keruusta ja kannonnostosta.....	14
3.3 Kuusen koneellinen istuttaminen.....	15
3.4 Kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä.....	17
4 AINEISTO JA MENETELMÄT.....	20
4.1 Kantojennoston ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset -hanke.....	20
4.2 Koejärjestelyt.....	21
4.3 Maastoinventointi kesällä 2015.....	26
4.3.1 Taimien inventointi.....	26
4.3.2 Kasvillisuuden vaikutus taimien kasvuun.....	31
4.4 Aineiston tilastollinen tarkastelu.....	32
5 TULOKSET.....	35
5.1 Istutus- ja luonnontaimien kappalemäärät.....	35
5.2 Taimien pituus ja istutustaimien kasvu.....	38
5.3 Istutustaimien kunto ja tuhon ilmiasu.....	46
5.4 Kasvillisuus.....	49
6 TULOSTEN TARKASTELU.....	52
6.1 Energiapuunkorjuun voimakkuuden vaikutukset istutus- ja luonnontaimien kappalemääriin.....	52
6.2 Taimien pituuden ja istutustaimien kasvun tarkastelu.....	55
6.3 Energiapuunkorjuukäsittelyiden vaikutukset istutustaimien kuntoon ja tuhojen ilmiasuun.....	57
6.4 Kasvillisuuden vaikutus istutustaimien pituuteen ja kasvuun.....	59

7 POHDINTA	62
LÄHTEET	65
LIITTEET	69

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Längelmäen koekentällä käytetty kantojennostopää (Jorma Pasanen 23.5.2008).....	25
Kuva 2. Bracke- merkkinen laikkumätästys- ja istutuslaite kiinnitettynä kaivinkoneen puumiin (Puuntuottaja 2012).....	25
Kuva 3. Säteeltään 5,65 metrin ympyräkoeala mitattiin kunkin koejäsenen keskipistekeppinä toimivan tunnistekilven luota	27
Kuva 4. Vuoden 2014 kasvu mitattiin jokaiselta 1 aarin ympyräkoealalle sijoituvalla istutustaimelta	27
Kuva 5. Vioittunut kuusen taimi lohkon 1 koejäsenellä 3. Halla saattaa olla yksi mahdollinen mutkaisten kasvaimien aiheuttaja. Tällainen taimi luokiteltiin heikentyneeksi.....	28
Kuva 6. Kuusen taimen kuollut latva johtaa usein koko taimen kuolemaan. Taimi lohkon 2 koejäsenellä 3.	28
Kuva 7. Metsämyyrä syö kuusen taimen silmuja, joka aiheuttaa mm. monilatvaisuutta kasvun jatkuessa sivuoksista. Taimi Längelmäen lohkon 2 koejäsenellä 4.....	29
Kuva 8. Lohkolla 1 varhaisperkaus oli tehty vuonna 2012.....	30
Kuva 9. Lohkoilla 2 ja 3 ei varhaisperkausta ollut suoritettu.....	31
Kuva 10. Kiinteät 1 m ² :n kasvillisuusinventointiruudut oli merkitty maastoon kahdella numeroidulla alumiinimerkillä. Kahdella nivelmitalla saatiin rajattua neliönmuotoinen alue.	32
Kuvio 1. Vuonna 2013 koneistutuspalveluita tuottavien koneyrittäjien kotipaikkakuntien sijoittuminen maantieteellisesti. Koneyrittäjiä oli kyseisenä vuonna 22 kpl. (Kärhä ym.2014.)	13

Kuvio 2. Luonnonvarakeskuksen taimien inventoinnin ja kasvillisuuden seurannan periaate kullakin koejäsenillä 3, 4, 5 ja 6. Koejäsenen koko on 30m x 50m.....	21
Kuvio 3.. Hankkeen koekenttien maantieteelliset sijainnit (Pasanen ym.2009).....	22
Kuvio 4. Lohkojen 1-3 sijoittuminen toisiinsa nähden Keski-Suomen koekentällä (Pohjakartta: Paikkatietoikkuna).....	23
Kuvio 5. Lohko 1 (Talviaisen lohko) sijaitsee Orivedellä. Koejäsenien 1-6 sijoittuminen lohkolle (Tarvainen 2015).....	23
Kuvio 6. . Lohkot 2 ja 3 (Saarijärvenmetsän lohkot) sijaitsevat Jämsässä. Koejäsenien 1-6 sijoittuminen lohkolle (Tarvainen. 2015).....	24
Kuvio 7. Istutettujen kuusentaimien vuosien 2009–2014 kokonaiskasvu lohkoittain ja koejäsenittäin. Tulokset laskettu Luonnonvarakeskuksen avuosien 2009 ja 2012 mittaustulosten sekä omien vuoden 2015 mittaustulosten perusteella.	42
Kuvio 8. Istutettujen kuusentaimien pituuden suhde pituuskasvuun vuonna 2015 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä.....	43
Kuvio 9. . Kasvillisuus prosenttipeittävytenä vuonna 2015 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä.....	51
Kuvio 10. Maanpinnan tila koejäsenittäin vuoden 2009 inventoinnissa Längelmäellä (Kubin ym.2012).	54
Taulukko 1. Taulukko 1. Taimien kunnon ja mahdollisen tuhon ilmiön luokitus..	29
Taulukko 2. Istutustaimien hehtaarikohtaiset kappalemäärät koejäsenittäin lohkolle 1, 2 ja 3 vuosina 2009,2012 ja 2015..	36
Taulukko 3. Luonnontaimien hehtaarikohtaiset kappalemäärät puolajettain lohkolle 1 vuosina 2009,2012 ja 2015..	37

Taulukko 4. Luonnontaimien hehtaariohtaiset kappalemäärät puulajeittain loholla 2 vuosina 2009,2012 ja 2015.....	37
Taulukko 5. Luonnontaimien hehtaariohtaiset kappalemäärät puulajeittain loholla 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.	38
Taulukko 6 Istutustaimien keskipituus (cm) vuonna 2015 lohkoilla 1, 2 ja 3..	41
Taulukko 7. Istutustaimien keskikasvu (cm) vuonna 2014 lohkoilla 1, 2 ja 3..	42
Taulukko 8. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain loholla 1 vuosina 2009,2012 ja 2015.	45
Taulukko 9. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain loholla 2 vuosina 2009,2012 ja 2015..	45
Taulukko 10. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain loholla 3 vuosina 2009,2012 ja 2015..	46
Taulukko 11. Istutustaimien kunto loholla 1 vuosina 2009,2012 ja 2015.....	47
Taulukko 12. Istutustaimien kunto loholla 2 vuosina 2009,2012 ja 2015.....	48
Taulukko 13. Istutustaimien kunto loholla 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.....	48

Käytetyt termit ja lyhenteet

Koneellinen istutus	Tehdään yleensä tela-alustaisella, vähintään keskiras- kaalla kaivinkoneella. Kauhan tilalla on istutuslaite, joka tekee maanmuokkauksen sekä taimen istutuksen mättää- seen samalla kertaa. Puulajina yleisin 1–2-vuotiaat kuu- sen paakkutaimet. Viljelyalueen koko vähintään yksi heh- taari, mielellään isompi.
Kemera-laki	Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta. Uudistus voimaan 1.6.2015. Kemera-varoja vuosittain jaossa rajal- linen määrä, ainoastaan Metsäkeskuksen tekemä päätös varmistaa valtion tuen saamisen.
Koekenttä	Tässä tutkimuksessa Keski-Suomeen Längelmäelle vuonna 2006 perustettu koekenttäjärjestely. Sisältää kol- me lohkoa, joista kukin 6 kpl toisiaan vastaavia koejäse- niä. Osa Luonnonvarakeskuksen hanketta ”Kantojen nos- ton ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolli- set vaikutukset”.
Luke	Luonnonvarakeskus
Lohkon koejäsenet	Tässä tutkimuksessa vertailukohteena avohakattu, laik- kumätästetty sekä kuuselle istutettu alue, johon eri voi- makkuuksilla käsiteltyjä energiapuunkorjuukohteita verrat- aan.
Energiapuu	Pääsääntöisesti puu, joka ei kelpaa puunjalostukseen. Uudistusaloilta saatava latvusmassa ja kannot sekä nuor- ten metsiköiden harvennuksessa korjattavat rungot koko- tai rankapuuna.
Pohjavesialue 1	Tärkeä pohjavesialue etenkin talousveden hankinnan kannalta.
Pohjavesialue 2	Muun kuin talousveden hankintaan tarkoitettu alue.

1 JOHDANTO

Suomessa mm. puuperäisillä energialähteillä pyritään korvaamaan kivihiilen, maakaasun sekä öljyn käyttöä ja näin vähentämään hiilidioksidipäästöjä EU:n vaatimusten mukaisesti. Puuperäisistä energialähteistä hakkuutähteiden ja kantojen hankintaa jarruttaa osittain metsänomistajien epätietoisuus korjuun mahdollisista negatiivisista vaikutuksista uuden puusukupolven tuottavaan kehittymiseen. Kysymyksiä herättävät etenkin maaperän ravinnetason säilyminen ja mahdollisesti vasta vuosikymmenien kuluttua esiin tulevat seikat puuston kasvussa ja terveydessä. Myös mahdollisten metsänhoitokulujen lisääntymisestä tai vastaavasti vähentymisestä tarvittaisiin tutkimustuloksia. Samalla polttolaitosten asettamat puhkausvaatimukset poltettaville kannoille asettavat omat haasteensa käytettävälle kantojenkorjuukalustolle ja nostotekniikalle. Pienpuunkorjuun kannattavuus puolestaan on osin tukisidonnaista kivihiilen kilpaillessa vielä vahvasti rinnalla.

Työn tavoitteena oli vastata etenkin kysymyksiin: ”Vaikuttavatko eri energiapuunkorjuuvoimakkuudet istutettujen kuusentaimien kasvuun?” sekä ”Ovatko istutustaimien kasvuolosuhteet erilaiset eri käsittelyjen välillä?”. Tutkimus on tehty osana Luonnonvarakeskuksen ja UPM:n yhteishanketta. Luonnonvarakeskus on tutkinut yhteistyökumppaneineen ”Kantojennoston ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset” -hankkeessaan erilaisilla energiapuunkorjuukäsittelyillä mm. varhaiskasvillisuuden syntymistä, istutettujen kuusentaimien kasvun ensivuotia sekä luonnontaimien syntyvyyttä. Eri energiapuunkorjuukäsittely voimakkuuksien välillä ei merkittäviä eroja mainituissa tutkimuskohteissa ole havaittu vuoden taikka neljän vuoden kuluttua koneellisesta istutuksesta Keski-Suomessa.

2 TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

Opinnäytetyöni aihe alkoi hahmottua ottaessani yhteyttä alkuvuodesta 2015 Luonnonvarakeskuksen eri alojen tutkijoihin. Vuosina 2007–2016 Luonnonvarakeskuksella ja UPM:llä on käynnissä intensiivitutkimus, jonka osana hanke ”Kantojen noston ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset” on. Jo päättynyt valuma-alue tutkimus oli toteutuksessa vuosina 2007–2016. Hanke on osa ForestEnergy2020-tutkimusohjelmaa sekä Bioenergiaa metsistä tutkimus- ja kehittämissuunnitelmaa.

Luonnonvarakeskuksen tutkija Oili Tarvainen tarjosi mahdollisuutta ottaa osaa oman mielenkiinnon, tietämyksen ja koulutuksen pohjalta kyseiseen hankkeeseen sen tarjoamissa puitteissa. Itseäni kiinnostivat etenkin taimettumiseen sekä kasvillisuuden kehittymiseen liittyvät asiat. Maaliskuussa 2015 aihe oli saatu pääsääntöisesti rajatuksi, ja aloitin teoriaan perehtymisen ennen kesäkuun alussa 2015 tapahtuvia maastomittauksia.

Opinnäytetyössä selvitetään eriasteisilla energiapuunkorjuuvoimakkuuksilla käsiteltyjen uudistusalojen mahdollisia eroavaisuuksia koneellisesti istutettujen kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin Keski-Suomessa seitsemän vuotta istutuksen jälkeen. Kuusentaimien kasvun osalta mittaustuloksina maastossa olivat istutustaimien pituus sekä vuoden 2014 vuosikasvu, kunto, mahdollisen tuhon ilmiäisy sekä kappalemäärät. Kasvuolosuhteiden osalta maastossa tarkasteltiin luonnontaimien kappalemääriä puulajeittain sekä kasvillisuuden kehittymistä. Myös mättäiden laatua sekä mittaustuloksia istutus- sekä luonnontaimista vuosien 2009 ja 2012 osalta tarkasteltiin aikaisempia Luonnonvarakeskuksen tutkimuksia hyödyntäen.

Energiapuunkorjuun vaikutuksista kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin ei ole etenkin pitkän aikavälin, eri maantieteellisillä alueilla samanlaisilla koekenttäjärjestelyillä tutkittua tietoa saatavissa. Selkeä vertailu sekä tutkimustulokset vaikiintuneissa koeolosuhteissa suoritetuissa mittauksissa kuusen taimien kasvusta ja kasvuolosuhteista on tällä hetkellä vähäistä. Lyhyen aikavälin tutkimustietoa on mm. Luonnonvarakeskus jo julkistanut. Myös ammattikorkeakouluopinnäytetöistä

sekä yliopistojen pro gradu-tutkielmista on löydettävissä viitteitä samasta tutkimusaiheesta (Kärkkäinen 2010; Niemi 2013).

Pääasiassa aihetta sivuavat, aikaisemmat pitkän ja lyhyen aikavälin tutkimusjulkaisut ovat internetpohjaisia, rajoitetusti luettavissa olevia tutkimustulosten raportointeja. Aiheeseen liittyvää julkaistua kirjallisuutta ei juuri ole. Käytännön kokemusta ja tutkimuksia energiapuunkorjuun vaikutuksista uudistusalan taimettumiseen, luonnontaimien ja pintakasvillisuuden syntyvyyteen sekä taimien eloon jääntiin on olemassa. Alan lehdissä, oppikirjoissa sekä yleensä keskusteluissa esitetään vaihtelevasti tietoa asiaan liittyen. Esimerkiksi Pohjois-Ruotsiin vuonna 1977 perustetun koekenttäjärjestelyn pitkän aikavälin tulosten perusteella kuusivaltaisen puuston pohjapinta-ala oli selvästi alhaisempi kokopuukorjuualalla verrattuna tavanomaiseen ainespuunkorjuun koealaan sekä käsittelyyn, jossa oksat ja rungot korjattiin pois, mutta neulaset jätettiin koealalle. Tavanomaisella ainespuunkorjuulla verrattuna pelkkien oksien sekä runkojen korjuuseen, jossa neulaset jätettiin uudistusosalalle, ei puolestaan ollut suuria eroja. (Egnell 2010.)

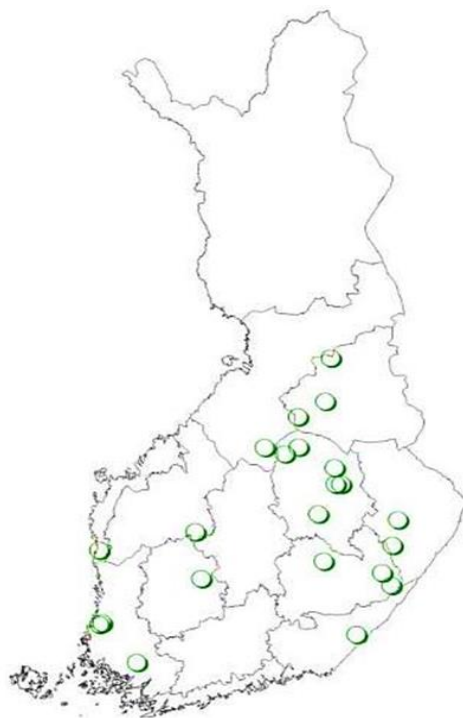
Luotettava, paikallinen tutkimus ja tieto aiheesta ovat hyödyksi alan ammattilaisille samoin kuin metsänomistajillekin päätöksenteon ja eri käsittelyvaihtoehtojen valinnan tueksi. Esimerkiksi taimikon hoitokulut ovat yksi metsänomistajan suurimmista kulueristä istutustyön lisäksi tavoiteltaessa tuottavaa ja hyväkasvuista metsikköä. Myös puunkasvatuksen tulevaisuus on turvattava sopivilla käsittelymenetelmillä.

3 ENERGIAPUUNKORJUU JA KONEELLINEN ISTUTUS

3.1 Energiapuunkorjuu ja koneellinen istuttaminen Keski-Suomessa

Keski-Suomen lämpö- ja voimalaitoksilla metsähaketta (pienpuu, kannot, hakkuutähteet) käytettiin vuonna 2010 noin 0,8 milj. kiintokuutiometriä. Vastaavasti pienkäytön (omakotitalot) vastaava luku oli 0,07 milj.k-m³. Suurimpia metsähakkeen käyttäjiä ovat Jyväskylässä sijaitsevat Keljonlahden ja Rauhalahden voimalaitokset. (Alakangas ym. 2012.) Suurimpia alueella toimivia energiapuunkorjaajia ovat UPM, Stora Enso sekä Biowatti Oy.

Koneellinen istutus on myös Keski-Suomessa vielä vähistä etenkin yksityisten metsänomistajien mailla. Istutuskaudella 2013 Keski-Suomen aluetta kotipaikkanaan pitävää istutusyrittäjää ei ollut ainuttakaan (Kuvio 1). UPM käyttää lähinnä omilla isohkoilla uudistusaloillaan koneellista istuttamista. (Kärhä ym. 22.9.2014.) Koneellisen istuttamisen kehittyessä toiveena olisi saada menetelmän käyttöä lisääntyä myös yksityisten metsänomistajien suuremmilla istutustyömailla.



Kuvio 1. Vuonna 2013 koneistutuspalveluita tuottavien koneyrittäjien kotipaikkakuntien sijoittuminen maantieteellisesti. Koneyrittäjiä oli kyseisenä vuonna 22 kpl. (Kärhä ym. 2014.)

3.2 Yleistä hakkuutähteiden keruusta ja kannonnostosta

Suomessa energiapuunkorjuu toteutuu kustannustehokkaasti ilman merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä ilmastoon. Uudistusaloilta kerättävällä latvusmassalla on useita positiivisia vaikutuksia käytännön työn kannalta, mm. maanmuokkaaminen nopeutuu 15–20 %, etenkin koneellinen istutus tehostuu, maanmuokkausjälki paranee, ravinteiden huuhtoutuminen vähenee sekä uudistusala pysyy helpommin liikuttavassa kunnossa. Myös istutustaimien eloonjäämisprosentin on havaittu olevan muutaman prosenttiyksikön korkeampi verrattuna hakkuutähteitä korjaamattomiin aloihin. (Maanmuokkauksen koulutusaineisto 2000, 6; Luoranen, Saksa & Uotila 2012, 66–67; Hyvän metsänhoidon suositukset 2010, 28–32.)

Kantojen korjuu puolestaan vähentää mahdollisuutta männyn- ja kuusenjuurikäävän leviämiseen sekä laskee maanmuokkauksen kustannuksia. Uudistusalalla, jolla on hakkuutähteitä, maanmuokkauksen työajasta kuluu niin ikään noin 10 % hakkuutähteiden siirtelyyn. (Maanmuokkauksen koulutusaineisto 2000, 6; Luoranen, Saksa & Uotila 2012, 66–67; Hyvän metsänhoidon suositukset 2010, 28–32.) Metsänomistaja saa myös rahallisen korvauksen ja oletettavasti tukkimiehentäin aiheuttamat tuhot uuteen puusukupolveen vähenevät sekä juurikäävän torjunta on tehokkaampaa. Kaikkia kantoja ei kuitenkaan alalta nosteta, taimitarhalla taimet käsitellään puolestaan torjunta-aineilla.

Vuonna 2020 hakkuutähteitä ja kantoja korjataan ennusteen mukaan 60–80 %:lta metsänuudistusaloista (Luoranen ym. 2012, 66). Tällä hetkellä etenkin kantojen nostoa hidastaa raaka-ainetta polttavien voimalaitosten käyttöongelmat maa-aineista ja epäpuhtauksia sisältävässä kantoenergialähteessä. Uusia ja tehokkaita menetelmiä korjuuseen on kehitteillä, samoin entistä kustannustehokkaampia logistisia ratkaisuja. Myös metsänomistajien asenteissa on tutkimustulosten vähäisyyden vuoksi negatiivisuutta kantojen korjaamisen suhteen.

Energiapuunkorjuukohteen valinnassa tulisi kiinnittää etenkin huomiota ravinnehäiriöiden mahdollisuuteen, korjuualan suojeltaviin ominaisuuksiin sekä uuden puusukupolven kasvun varmistamiseen. Yleisohjeena voitaneen kuitenkin pitää ohjeistusta, jonka mukaan latvusmassaa ja kantoja voi kerätä kuivahkoilta kankailta sekä niitä viljavammilta kivennäismailta. Myös vastaavat turvemaat, kakkostyyppin

mustikka- ja puolukkaturvekankaita lukuun ottamatta, soveltuvat korjuukohteeksi. Latvusmassan korjuu on toteutettavissa pääsääntöisesti pohjavesialueilta 1-2, kantojen korjuuta ei pohjavesialueilla suoriteta (Äijälä, Kuusinen & Koistinen 2010 (toim.), 27; Hyvän metsänhoidon suositukset 2010, 27.)

3.3 Kuusen koneellinen istuttaminen

Koneellisen istutuksen osuus lisääntyy koko ajan. Yleisintä se on tällä hetkellä Itä-Suomessa. Etenkin UPM Kymmene Oyj on ollut aktiivisesti työmenetelmän kehittämisessä mukana ja onkin tällä hetkellä yksi sen suurimmista käyttäjistä. Tuoreimpien tilastojen mukaan istutustyöstä kuitenkin alle 5 % tehdään tällä hetkellä koneellisesti (Metsäkeskus 14.10.2015). Koneellisessa istutuksessa maanmuokaus sekä taimen istutus kaksinkertaiseen humuskerrokseen tehdään pääsääntöisesti yhdellä koneella samanaikaisesti (Luoranen ym. 2012, 107; Valkonen ym.(toim.) 2001, 148; Hanni 2015). Kuusi on tällä hetkellä suosituin koneellisesti istutettava puulaji. Kevät on parasta taimen istutusaikaa, monipuolinen taimimateriaali mahdollistaa kuitenkin kuusen koneistutuksen läpi koko sulan maan ajan, mikä onkin koneistutuksen kannattavuuden yksi perusedellytyksistä.

Odotettavissa oleva työvoimapula on yksi istutustyön koneellistamista kannattamista edistävästä tekijöistä. Koneellisen istutuksen tärkeimpiä tavoitteita onkin ihmis-työmäärän vähentäminen, kustannussäästöt ja tuottavuuden sekä kustannustehokkuuden lisääminen perinteiseen käsin istuttamiseen verrattuna. (Laine & Syri 2012, 6.) Viljelyketjuun ei tule lepovuosia kuten perinteisessä maanmuokkauksen ja metsurityönä suoritettavassa istutustyössä usein käy. Arvioitu työvoimapula perustuu metsureiden kouluttamisen vähentämiseen ja ammatin vetovoimaisuuden heikkenemiseen.

Koneellinen istutus ei ole sen kehittymisestä huolimatta kuitenkaan syrjäyttänyt perinteistä ”miestyövoimana” tehtävää istutusta. Kannattavuuden parantamiseksi istutuslaitteen sekä itse koneen kustannukset pitäisi saada pysymään riittävän matalana työn tuottavuuteen suhteutettuna. Tällä hetkellä koneet pystyvät istuttamaan noin 250 taimea tunnissa, mutta mättäiden nopeampi tekeminen on esteenä työn nopeuttamiselle. Erityisesti yksityismetsätaloudessa menetelmän käyttö on

satunnaista ja kokeiluluonteista suuremmillakin istutusaloilla. Kesä ja syystaimien kehittyminen ja käyttöönotto, tottumukset viljelijöiden käytössä edesauttavat koneellistumisen kannattavuutta. (Istutuksen koneellistaminen on haasteellista 2009; Valkonen ym. (toim.) 2001, 149–150; Hanni 2015.) Muun muassa UPM:llä on yhteistyökumppaniensa kanssa suunnitteilla ns. jatkuvatoiminen istutuskone, jolla pystyisi rohkeiden arvioiden mukaan istuttamaan 700–1000 taimia tunnissa.

Koneellista istuttamista on kehitelty jo 1970-luvulta lähtien. Markkinoilla on tällä hetkellä kolmen eri valmistajan istutuslaitteita: Bracke (Bracke Forest Ab), M-Planter (M-Planter Oy) ja Risutec (Risutekniikka Ky). M-Planterissa on kaksi istutus päätä, muissa yksi. Risutecin uuteen istutuskoneeseen on myös saatavissa boorilannoitteen levitin. Taimet asetetaan käsin istutuslaitteessa olevaan taimikasettiin. Työnjäljen onnistumisen sekä työn tehokkuuden näkökulmasta kuljettajan roolin on havaittu olevan erittäin suuri. (Laine ym. 2012, 19–22; Istutuksen koneellistaminen on haasteellista 2009.)

Metsätehon raportissa 233 selvitettiin kyselytutkimuksella kaikilta vuonna 2013 koneellista istutusta tekevilta koneyrittäjiltä, miksi he epäilevät saavuttavansa mahdollisen istutuskapasiteettiinsa. Vastauksissa esiin nousi työmaiden kivisyys, sopivien työkohteiden puute omalla toiminta-alueella, kohteiden huono suunnittelu, pienet tai mäkiset työmaat sekä ammattitaitoisten kuljettajien puuttuminen. Työn tuottavuus tutkimuksessa oli noin 0,99/ha päivää kohden yhdellä istutuskoneella. Ammattimetsurien istutusnopeudeksi voitaneen arvioida noin 1000 kpl taimia päivässä (8 tuntia), eli reilun puolen hehtaarin alue, kun tavoite istutustiheys kuusella on keskimäärin 1800 taimia/ha. (Kärhä ym. 2014.) Toki istutustyön nopeuteen vaikuttaa mm. istutusalan kivikkoisuus sekä maanmuokkaustapa.

Tärkeimmiksi onnistunutta työnjälkeä määritteleviksi tekijöiksi tutkimuksessa haastateltavat koneyrittäjät mainitsivat tärkeysjärjestyksessä kuljettajan ammattitaidon, istutustyön laadukkuuden, riittävän suuret istutustyömäärät vuotta kohden sekä hakkuutähteiden korjuun istutettavalta alueelta (Kärhä ym. 2014). Etenkin istutustyömäärien vähäisyyteen vaikuttanee kannattavuuden vaatimukset istutusalan 1,5 hehtaarin minimikoon suhteen. Myös perinteisenä metsurityönä suoritettavan istutustyön pitkät perinteet sekä koneistutuksen alueellisesti rajoittunut saatavuus saattavat vaikuttaa etenkin metsänomistajien mielissä työn suoritustapaan.

3.4 Kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin vaikuttavia tekijöitä

Kuusentaimien kasvuun ja kasvuolosuhteisiin vaikuttavat monet eri tekijät. Primääriset, eli pysyvät tai hitaasti muuttuvat kasvupaikkatekijät määrittelevät pitkälti kasvillisuuden ja puuston kasvun kehittymisen. Sekundääriset kasvupaikkatekijät puolestaan vaihtelevat lyhyellä ajanjaksolla ja ihminen pystyy niihin jossain määrin vaikuttamaan. (Hotanen ym. 2008, 19–20.) Tärkeimmät ympäristötekijät taimen kasvua ajatellen ovat taimien käytettävissä olevan veden ja valon määrä, lämpöolot sekä maaperän ravinnepitoisuus, rakenne sekä maastonmuodot. (Hyvän metsänhoidon suositukset 2007, 16; Luoranen ym. 2012, 22–23.)

Lämpöoloja määrittelevät kasvukauden pituus, minimilämpötilat sekä lämpösума. Suomen oloissa puut ovatkin sopeutuneet vuodenaikojen vaihteluihin vuosirytmensä avulla. Näin kasvukauden alussa kasvuun lähtö ei tapahdu liian aikaisin, mutta toisaalta puut osaavat varautua talven tuloon kasvun päättyessä loppukesästä. Lämpösума tarkoittaa viiden plusasteen ylittävien keskilämpötilojen summaa, joka selittää kasvukauden etenemistä. Lämpösумman vuosittainen ja alueellinen vaihtelu voi olla suurta. (Mälkönen (toim.) 2003, 57–60, 141–148.)

Kasvukauden sademäärä on Keski-Suomessa noin 350–450 mm. Kasvukauden alussa sade on yleensä niukinta, kevät ja alkukesä ovatkin useasti kuivinta aikaa. Noin kolmannes vuosittaisesta sademäärästä sataa maahan lumena. Taimille aiheutuvat lumituhot ovat Keski-Suomen korkeudella lähinnä paikallisia. Toisaalta lumipeite on suojana kylmältä ja kuivumiselta taimien juuria ja aluskasvillisuutta ajatellen. Paksu lumikerros estää niin ikään myös maan routaantumista. (Mälkönen (toim.) 2003, 60–61, 141–148.)

Maastonmuodot vaikuttavat taimien kasvuun vesi- ja lämpöolojen sekä ravinteisuuden kautta. Korkeissa maastonkohdissa maaperä on yleisesti ottaen ohuempaa, karkeampaa ja kivisempää. Kivennäismaalajit ovat voineet lajittua, niissä on melko samankokoisia hiukkasia (sora, hiekka, karkea ja hieno hieta, hiesu, savi), taikka ne ovat pysyneet lajittumattomina (moreenit). Hienojen lajitteiden (hieno hieta, hiesu, savi) osuus maaperässä vaikuttaa suuresti maan ravinne-, lämpö- ja vesioloihin. Orgaanisia maalajeja ovat puolestaan multa, turve sekä kangashumus. Suomessa esiintyy tyypillisenä maannostyyppinä ns. podsolimaannos. Se

syntyy vuosisatojen kuluessa veden huuhtoessa ylempiä maakerroksia alaspäin ja kuljettaessaan mukanaan huuhtoutuneita aineita alemmaksi. Hietainen moreeni sekä hietamaat huuhtoutuvat kaikkein helpoimmin. (Mälkönen 2003, 129–139, 141–148; Luoranen ym. 2012, 13–14.)

Karikkeen maatuessa muodostuu kangashumusta, jota maaperäelimet ja mikrobit hajottavat. Orgaanisessa muodossa olevat ravinteet muuttuvat puille ja kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Esimerkiksi tyyppi vapautuu näin puiden käyttöön. Kasvit ja puut kierrättävät osan ottamistaan ravinteistaan takaisin maahan karikkeen muodossa. Kaliumia ja fosforia liukenee yleensä riittävästi puiden käytettäväksi, mutta typestä saattaa paikoitellen olla puutetta. Kangashumus muodostaa siis jatkuvassa muutostilassa olevan ravinnevaraston. (Mälkönen 2003, 81–90, 107, 141–148; Luoranen ym. 2012, 12–14.)

Laikkumätästys on sopiva maanmuokkausmenetelmä keskikarkeille tai hienoille kivennäismaille sekä kuivatukseltaan kunnossa oleville turvemaille. Maa käännetään laikkumätästyksessä ylösalaisin muokkaamattoman maan päälle. Hyvälaatuisen mättääseen tulisi suositusten mukaan tulla 5–10 cm:n paksuinen kivennäismaakerros ja sen alle kaksinkertainen humuskerros. (Luoranen ym. 2012, 79.) Onnistunut maanmuokkaus parantaa maan lämpötilaa, vähentää maan tiiviyttä sekä parantaa etenkin hienojakoisilla mailla taimien vedenottomahdollisuuksia maan ilmavuutta lisäämällä. Mättäiden mahdollinen routaantuminen on ongelma pienten, juuri istutettujen taimien kannalta roudan nostaessa paakkutaimet maasta ylös (Mälkönen (toim.) 2003, 161.)

Luonnontaimien syntyminen, uudistusalan vesakoituminen sekä rehevä kasvillisuus uhkaavat etenkin pienten kuusentaimien kehitystä alkuvuosina. Ensimmäisinä kasvuvuosinaan pienet taimet kilpailevat valon ohella maaperän ravinteista, vedestä sekä juuriston kasvutilasta kehittyvän pintakasvillisuuden kanssa. Pahimassa tapauksessa kilpailussa voiton vievä pintakasvillisuus tappaa pienen taimen tai ainakin hidastaa sen kasvua merkittävästi. Jo päätehakkuuta edeltävän puuston ominaisuudet vaikuttavat luonnontaimien syntymiseen istutustaimien rinnalle.

Maanmuokkauksen ja energiapuunkorjuun yhteydessä maanpintaa rikkoontuu, jolloin heinäkasvillisuudelle muodostuu paremmat edellytykset vallata paljastunutta maa-alaa itselleen. Tällä tavoin etenkin luonnontaimien siemensyntyinen lisääntyminen estyy. Koivu vesoo runsaimmin ensimmäisen kesän aikana hakkuun jälkeen. Sen vesat saavat alkunsa leposilmuista, joista jopa 95 % voi olla maan alla. Juurivesoja koivuihin ei puolestaan muodostu. (Valkonen ym. 2001; Luoranen ym. 2012, 68, 120, 124.)

Haapa ja harmaaleppä muodostavat kanto- ja juurivesoja. Ongelmana istutustaimien kehityksen alkuvuosien kannalta on juuri vesasyntyisten luonnontaimien paljon nopeampi alkukehitys. Etenkin vesasyntyiset koivut saattavat olla kolmen vuoden iässä jopa 1,5 metriä pidempiä kuin siemensyntyiset taimet. Hieskoivun vesomiskykyä pidetään parempana kuin rauduskoivun. Paljon keskustelua herättäneellä kaatoajankohdalla on vaikutusta eniten vesojen pituuskehitykseen, ei niinkään määrään. Lisäksi harmaaleppä ja hieskoivu kehittävät joidenkin tutkimusten perusteella vesoja eniten kannon ollessa läpimitaltaan 10–12 cm. Mikäli lehtipuuvesakon osuus taimikossa nousee esim. 50 %, taimikonhoidon kustannukset nousevat arviolta noin 15–30%. (Valkonen ym. 2001; Luoranen ym. 2012, 68, 120, 124.) Ruotsissa on tutkittu myös lehtipuuvesakon korkeaan kantaan raivaamista, jonka tarkoituksena on vähentää lehtipuiden vesomista. Käytännön kokemukset menetelmästä ovat sekä positiivisia että negatiivisia. Positiivisempia tuloksia on kuitenkin havaittu saavutettavan latvonnalla eli lehtipuiden latvojen taittamisella metrin säteellä istutustaimesta. Varhaisperkaukseen on kehitetty perinteisen raivaussahatyön rinnalle koneellisia menetelmiä. Vesakko kitketään koneellisesti juurineen istutustaimen ympäriltä, jolloin taimikko ei vesakoidu enää uudelleen.

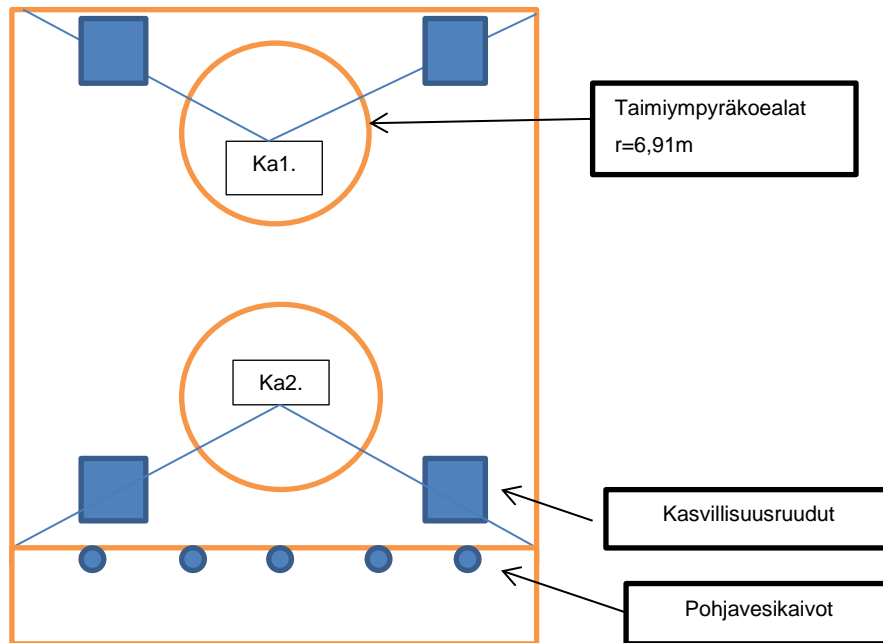
4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Kantojenoston ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset -hanke

Tässä opinnäytetyössä käytettävä aineisto on saatu Luonnonvarakeskuksen ja UPM:n yhteistyönä toteuttaman hankkeen aikaisemmista tutkimustuloksista ja maastomittauksista vuosien 2009 ja 2012 osalta. Hankkeen koekentillä Pohjois-, Keski- ja Etelä-Suomessa tutkitaan mm:

- maanpinnan rikkoontumista
- pohjaveden määrä ja laatua
- maasta vapautuvan hiilidioksidin määrää
- kasvillisuuden kehitystä ja taimettumista
- mykorritsasieniyhteisöjä sekä maaperäeläimistöä (Kubin ym. 2012; Pasanen ym. 2009.)

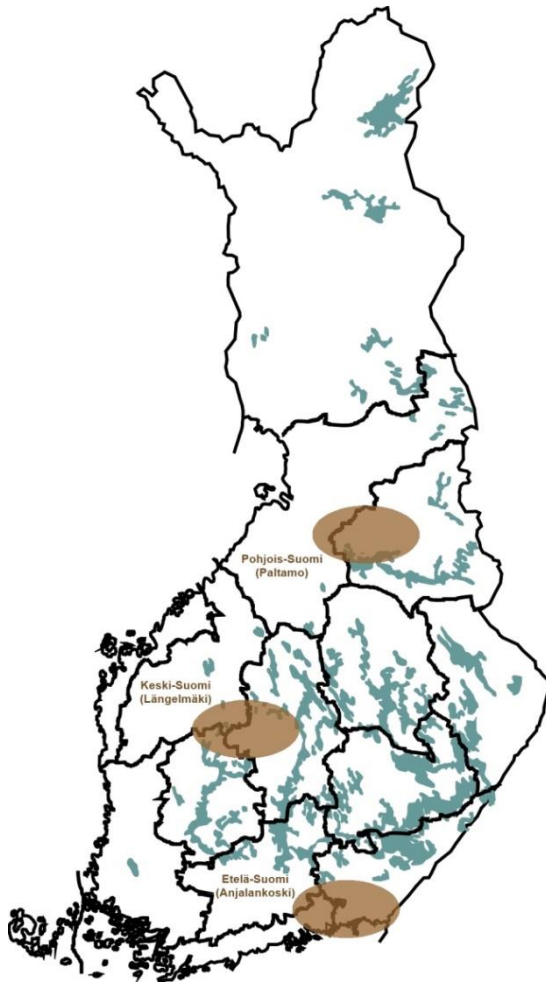
Hankkeen tärkeimpänä tavoitteena on tuottaa pitkän aikavälin tutkimustietoa hakkuutähteen keruun ja kantojenoston vaikutuksista kangasmailla. Koejäsenien käsittelyinä kullakin lohkolla oli tavanomainen laikkumätästys ja kuusen koneellinen istutus ilman energiapuunkorjuuta (Kj 3), 70 prosenttinen hakkuutähteen keruu (Kj 4), 70 prosenttinen hakkuutähteen keruu sekä kantojen jättäminen 25 kpl/ha maahan (Kj 5) sekä 100 prosenttinen hakkuutähteen ja kantojenkeruu (Kj 6). Luonnonvarakeskus seuraa muun muassa puun taimien kehitystä ja luontaista taimettumista säännöllisesti kahdelta kiinteältä 1,5 aarin ympyräkoealalta koejäseniltä 3, 4, 5 ja 6.



Kuvio 2. Luonnonvarakeskuksen taimien inventoinnin ja kasvillisuuden seurannan periaate kullakin koejäsenillä 3, 4, 5 ja 6. Koejäsenen koko on 30m x 50m.

4.2 Koejärjestelyt

Hankkeen koekenttäjärjestelyt on toteutettu kolmella maantieteellisellä alueella Etelä-, Keski- sekä Pohjois-Suomessa. Etelä-Suomen koekentät sijaitsevat Anjalankoskella, Keski-Suomen Längelmäellä sekä Pohjois-Suomen Paltamossa (Kuvio 3) (Kubin ym. 2012; Paananen ym. 2009). Opinnäytetyön maastomittaukset suoritettiin Keski-Suomessa Längelmäellä.

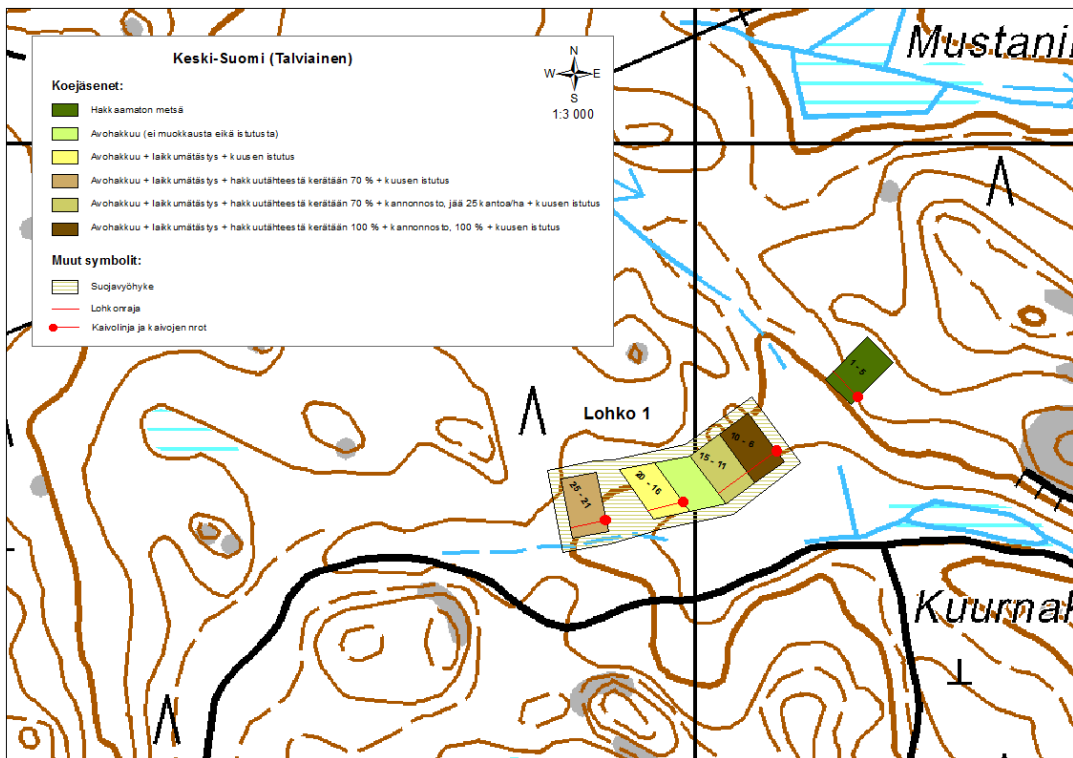


Kuvio 3. Hankkeen koekenttien maantieteelliset sijainnit (Pasanen ym.2009).

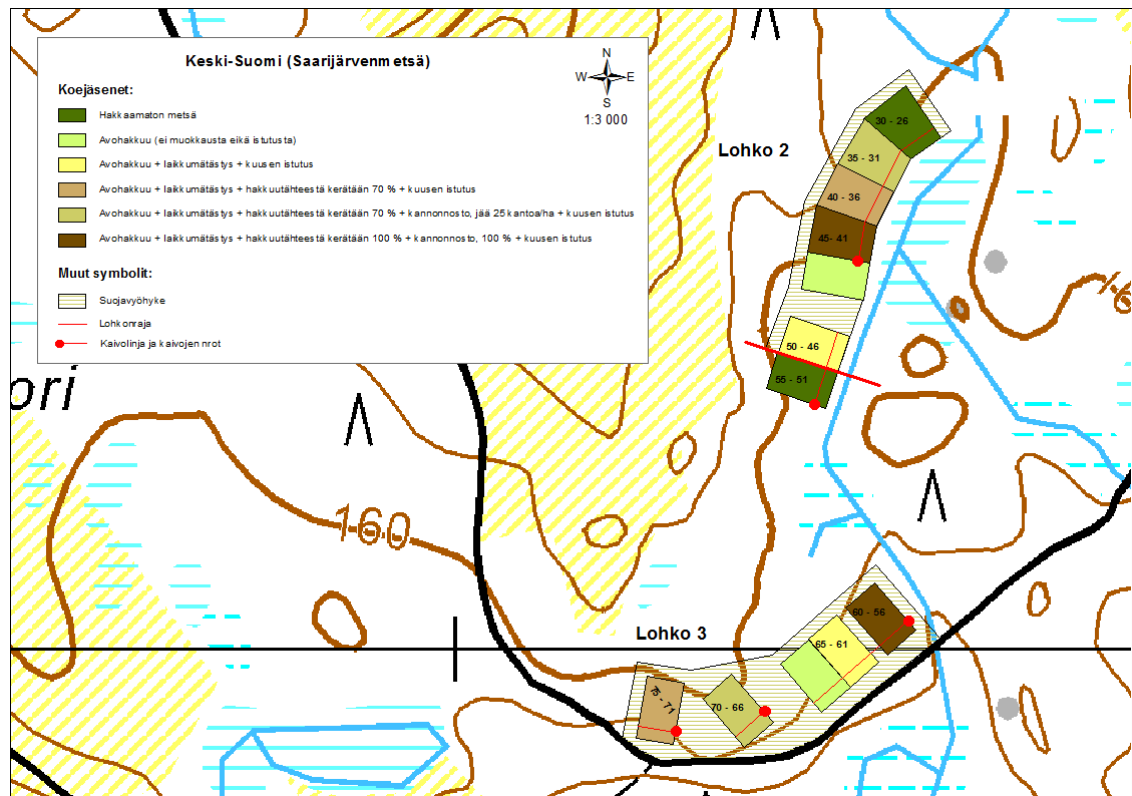
Koekenttänä Keski-Suomessa toimii UPM Kymmene Oy:n mailla Orivedellä sijaitseva lohko 1 (Kuvio 5) sekä Jämsässä olevat lohkot 2 ja 3 (Kuvio 6). Etäisyyttä lohkoilla 1 ja lohkoilla 2–3 on noin 15 km (Kuvio 4). Kukin kuudesta koejäsenestä on kooltaan 30 m x 50 m. Lohkot sijaitsevat 120–160 metrinkorkeudella merenpinnasta. Kallion syvyys maanpinnasta on 0,9–6,0 metriä ja maalajiksi on määritetty hiekkamoreeni. Valtapuuston ikä ennen päätehakkuuta oli keskimäärin 78 vuotta, puustoa oli keskimäärin 286 m³/ha sekä sen valtapituus oli noin 25 metriä. Runkoluku oli välillä 460–1393 kpl/ha ja kasvukauden tehoisa lämpösumma alueella on keskimäärin 1200 d.d. (Kubin ym. 2012;Pasanen ym. 2009).



Kuvio 4. Lohkojen 1-3 sijoittuminen toisiinsa nähden Keski-Suomen koekentällä (Pohjakartta:Paikkatietoikkuna).



Kuvio 5. Lohko 1 (Talviaisen lohko) sijaitsee Orivedellä. Koejäsenien 1-6 sijoittuminen lohkolle (Tarvainen 2015).



Kuvio 6. Lohkot 2 ja 3 (Saarijärvenmetsän lohkot) sijaitsevat Jämsässä. Koejäsenien 1-6 sijoittuminen lohkolle (Tarvainen 2015).

UPM Kymmene Oyj teki lohkoille päätehakuun ja hakkuutähteiden korjuun 30.10.–9.11.2007. Latvusmassa kerättiin eriasteisesti heti hakkuun jälkeen (Kj 4, 5 ja 6). Käsittelylle, jolle ei tehty hakkuutähteen korjuuta (Kj 3), latvusmassa levitettiin tasaisesti koeruuduille hakkuun yhteydessä. Kantojen nosto suoritettiin keuhälällä 2008, viikolla 20, jolloin ne jätettiin kuivumaan kasoihin koejäsenille muutaman viikon ajaksi (Kj 5 ja 6). Koealojen ympärille jätettiin noin 10 metrin levyiset suoja-
vyöhykkeet, joilta ei nostettu kantoja lainkaan (Kuviot 5 ja 6).

Laikkumätästys ja istutus koneellisesti tehtiin vuoden 2008 syksyllä, viikolla 35, Bräcke-
mätästys- ja istutuslaitteella (Kuva 2). Laite tekee yhden mättään kerrallaan, tiivistää ja istuttaa taimen mättään keskelle. Istutustaimina käytettiin 2-
vuotiaita kuusen paakutaimia. (Kubin ym. 2012, 10–12; Pasanen ym. 2009; Tarvainen ym. 2015.)



Kuva 1. Längelmäen koekentällä käytetty kantojennostopää (Jorma Pasanen 23.5.2008).



Kuva 2. Bracke- merkkinen laikkumätästys -ja istutuslaite kiinnitettyä kaivinkoneen puomiin (Puuntuottaja 2012).

4.3 Maastoinventointi kesällä 2015

Maastoinventointi tehtiin vuoden 2015 kesäkuussa viikolla 23 Keski-Suomen koe-kentällä Längelmäellä kolmen päivän aikana. Ensimmäisenä päivänä mittaukset suoritettiin Talviaisen lohkolta (lohko 1:Kuvio 5), toisena ja kolmantena päivänä Saarijärvenmetsän lohkoilta (lohkot 2 ja 3:Kuvio 6). Mittaukset tehtiin kunkin kolmen lohkon koejäseniltä 3,4,5 ja 6.

Kasvuolosuhteita tarkasteltiin maastossa luonnontaimien syntyvyyden sekä kasvil-lisuuden kehittymisen osalta. Istutustaimia tutkittiin pituutta, vuoden 2014 kasvua sekä taimien kuntoa tarkastelemalla.

4.3.1 Taimien inventointi

Tässä tutkimuksessa jokaisen kolmen lohkon koejäsenen 3, 4, 5 ja 6 keskipistee-seen sijoitettiin 1 aarin (100 m²) ympyräkoeala. Koejäsenien keskipisteessä oli valmiiksi sijoitettuna tunnustekilpi, josta varmistui lohkon sekä koejäsenen numero. Yksi puukeppi laitettiin merkiksi aloituskohtaan, toiseen keppiin sidottiin 5,64 met-riä pitkä nylon-naru kiinni ympyräkoealan muodostamista varten. Kolmas keppi asetettiin koejäsenen keskipisteeseen, joka toimi samalla ympyräkoealan keskipis-teenä.

Maastoinventointilomakkeeseen (Liite 1) kirjattiin ympyräkoealalle osuvien istutet-tujen kuusentaimien pituus, vuoden 2014 vuosikasvu sekä kunto ennalta määritel-lyn luokituksen perusteella (Taulukko 1). Pituus mitattiin alumiinisella korkomitalla ja tulos kirjattiin senttimetreinä (cm). Kasvun mittaukseen käytettiin metallista vii-voitinta ja tulos kirjattiin niin ikään senttimetreinä (cm).



Kuva 3. Säteeltään 5,65 metrin ympyräkoeala mitattiin kunkin koejäsenen keskipistekeppinä toimivan tunnustekilven luota.



Kuva 4. Vuoden 2014 kasvu mitattiin jokaiselta 1 aarin ympyräkoealalle sijoitettavasta istutustaimelta.



Kuva 5. Vioittunut kuusen taimi lohkon 1 koejäsenellä 3. Halla saattaa olla yksi mahdollinen mutkaisten kasvaimien aiheuttaja. Tällainen taimi luokiteltiin heikentyneeksi.



Kuva 6. Kuusen taimen kuollut latva johtaa usein koko taimen kuolemaan. Taimi lohkon 2 koejäsenellä 3.



Kuva 7. Metsämyyrä syö kuusen taimen silmuja, joka aiheuttaa mm. monilatvaisuutta kasvun jatkuessa sivuoksista. Taimi Längelmäen lohkon 2 koejäsenellä 4.

Taulukko 1. Taimien kunnan ja mahdollisen tuhon ilmiasun luokitus.

Taimen kunto	Tuhon ilmiasu
1= terve	1= kohonnut maasta
2= heikentynyt	2= (kohonnut +) kaatunut
3= heikko	3= ranka katkennut
4= kituva	4= rangan kuorivaurio
5= kuollut	5= oksavaurio
6= hävinnyt	6= neulasvaurio
	7= silmuvaurio
	8= kuiva latva
	11= haaroittunut latva
	12= mutka rungossa

Luontaisesti syntyneiden taimien pituutta ja kappalemäärää koejäsenillä tutkittiin vastaavalta ympyräkoealalta sekä kasvillisuusinventointiruuduilta kuin istutus-taimiakin. Alle 1 metrin mittaiset taimet merkittiin kirjanpitoon tukkimiehenkirjanpi-dolla puulajeittain. Luonnontaimien esiintyminen kirjattiin maastoinventointilomak-keeseen puulajeittain (Liite 1). Lohkolla 1 on tehty varhaisperkaus vuonna 2012, lohkoilla 2 ja 3 vastaavaa toimenpidettä ei ollut toteutettu tämän tutkimuksen maastoinventoinnin aikaan.



Kuva 8. Lohkolla 1 varhaisperkaus oli tehty vuonna 2012.



Kuva 9. Lohkoilla 2 ja 3 ei varhaisperkausta ollut suoritettu.

4.3.2 Kasvillisuuden vaikutus taimien kasvuun

Kasvillisuuden seurantaan varten vuonna 2009 kunkin käsittelyalan (Kj 3,4 5 ja 6) kulmiin perustettiin neljä kappaletta kiinteitä, pysyviä 1 m² koeruutuja säännöllistä kasvillisuuden seurantaan varten. (Kubin ym. 2012; Pasanen ym. 2009; Tarvainen ym. 2015). Inventointiruuduista selvitettiin vuoden 2015 maastomittauksissa silmäääräisesti prosenttipeittävytenä muokatun maan kasvilajien osuudet ja kirjattiin ne maastoinventointilomakkeeseen (Liite 2). Ruuduilta tarkastettiin myös mahdollisten kantojen, kivien, lahopuun sekä hakkuutähteiden osuus.

Koeruutujen avulla pystytään selvittämään, onko eri käsittelyjen välillä kasvilajien palautumisen nopeudessa tai kasvilajien suhteissa eroja. Eri kasvilajien mahdollista vaikutusta istutustaimien pituuteen ja kasvuun pystyttiin myös arvioimaan.



Kuva 10. Kiinteät 1 m²:n kasvillisuusinventointiruudut oli merkitty maastoon kahdella numeroidulla alumiinimerkillä. Kahdella nivelmitalla saatiin rajattua neliönmuotoinen alue.

4.4 Aineiston tilastollinen tarkastelu

Maastossa kerätyn aineiston tarkastelu tehtiin Microsoft Excel- taulukkolaskentaohjelmalla. Tulokset perustuvat mittausten keskiarvoihin ja ovat yleistetty koskemaan koko koejäsentä. Luonnontaimien osalta muut puulajit - ryhmä sisältää tuloksissa pihlajan, haavan, lepän, raidan sekä pajun. Istutus- ja luonnontaimien kappalemäärät on muutettu hehtaarikohtaisiksi lukemiksi (kpl/ha). Istutustaimien pituutta ja vuoden 2014 kasvua kullakin tutkimuksessa mukana olleella koejäsenellä vertailtiin kahden riippumattoman otoksen T-testillä. Lähtökoh- taisesti testissä oletetaan, että vertailtava ja verrokkina olevana kohde eivät ole toisistaan riippuvaisia tulosten suhteen. Testillä tutkitaan ja vertaillaan kullakin loh- kolla erikseen koejäsenten 4, 5 ja 6 keskiarvoja verrokkikoejäsenenä toimivaan käsittelyyn, josta energiapuuta ei ollut korjattu (Kj 3). P-arvon jäädessä alle 0,05 (5 %) voidaan tulosta tulkita niin, että kahden vertailukohteen keskiarvojen välillä on tilastollisesti merkittäviä eroja. P-arvolla selitetään todennäköisyyttä keskiarvojen mahdollisten erojen otantavirheestä johtumiselle. (Mellin 2006,135.) Tulosten

yleistettävyyttä pohdittaessa vastaavat tulokset olisi saatava aikaiseksi myös seuraavalla tutkimuskerralla. Lohkovaikutuksen arviointi jää tässä tapauksessa tilastollisin menetelmin tekemättä, mutta sitä pyritään selittämään ja pohtimaan teorian ja käytännön pohjalta.

Luottamusväli laskettiin kuusentaimien pituudelle ja vuoden 2014 kasvulle. Minimija maksimiarvo, keskihajonta sekä aritmeettinen keskiarvo laskettiin koejäsenittäin ja lohkoittain istutettujen kuusentaimien vuosikasvulle sekä pituudelle.

Kasvillisuusruutujen kasvillisuuden vaikutusta kuusentaimien pituuteen ja kasvuun testattiin koko aineistolla Excelin korrelaatio-laskennan avulla. Paljaan kivennäismaan, humuspinnan sekä sammalen/jäkälän osuus laskettiin yhteen. Näin inventointiajankohdan vaikutus tuloksiin saadaan poistettua. Myös kantojen ja hakkuutahteiden sekä heinän ja muun ruohokasvillisuuden suhteelliset peittävyudet yhdistettiin. Korrelaatiokerroin, jonka arvo on -1 ja +1 välillä, kertoo suoraviivaisen riippuvuuden voimakkuudesta. Nollan lähellä olevat arvot tarkoittavat, ettei kahden muuttujan välillä ole suoraviivaista riippuvuutta. Lähellä +1 olevat kertovat positiivisesta riippuvuudesta, -1 arvoa lähenevät arvot puolestaan negatiivisesta riippuvuudesta. (Korrelaatio ja sen merkitsevyys 30.3.2015.) Biologisessa tarkastelussa merkitsevyyden rajana pidetään yleisesti lukemaa $\pm 0,5$ (Tarvainen 12.4.2016).

Luonnonvarakeskuksen luovuttamia, vuosien 2009 ja 2012 maastoinventointituloksia, on tarkasteltu samoilla periaatteilla kuin vuoden 2015 mittauksia vertailtavuuden aikaansaamiseksi eri vuosien välille. Huomioitavaa on, että taiminventointi on suoritettu aikaisempina vuosina kahdelta kiinteäksi perustetulta 1,5 aarin ympyräkoealalta kultakin koejäseneltä. Verrattaessa aiemmin mitattuja hehtaarikohtaisia taimiääriä, pituuksia ja kasvuja vuoden 2015 mittaustuloksiin, tulokset perustuvat eri taimista ja koejäsenien kohdasta mitattuihin lukemiin, jolla on vaikutusta tulosten vertailtavuuteen. Myöskään kaikista taimien tuhoista vuosilta 2009 ja 2012 ei ollut saatavilla tuhon syytä. Myös aiemmissa mittauksissa on suuremmasta mittausalasta johtuen laajempi taustamateriaali keskiarvovertailun pohjana, jolloin tulosten yleistettävyyttä voidaan pitää parempana.

Mättäät on kirjattu kokoluokittain (normaali, pieni, suuri) vuoden 2009 inventoinnissa kahdelta 1, 5 aarin kiinteältä, taimi-inventoinnin ympyräkoealalta kultakin koejä-

seneltä. Samassa inventoinnissa on luokiteltu mättään paksuus, pituus ja leveys sekä kivennäismaan lajite mättäiltä. Saatua mittausaineistoa on mahdollista käyttää esimerkiksi taimien kasvua selittävänä tekijänä, mikäli tulokset osoittavat, että energiapuun korjuumenetelmällä on vaikutusta mättään kokoon.

Alle 1 metrin mittaiset taimet kirjattiin maastossa puulajeittain, joten näistä ei tarkkaa pituustietoa ole tulosten tarkastelussa voitu käyttää. Lohkolla 1 vuonna 2012 tehty varhaisperkaus on otettava huomioon tuloksia tarkasteltaessa vuoden 2015 osalta.

5 TULOKSET

5.1 Istutus- ja luonnontaimien kappalemäärät

Istutustaimien kappalemäärissä vuosina 2009, 2012 ja 2015 ei ollut merkitseviä eroavaisuuksia eri käsittelyjen tai lohkojenkaan välillä (Taulukko 2). Käsittelyllä, jolla ei suoritettu lainkaan kantojen tai hakkuutähteiden korjuuta (Kj 3), istutustaimien määrä oli jo istutuksen jälkeisenä vuonna 2009 muita käsittelyjä hieman alhaisempi. Vastaavasti käsittelyllä, jolta kerättiin kaikki hakkuutähteet ja kannot pois (Kj 6), istutustaimien kappalemäärät olivat kaikkina inventointivuosina eri lohkoilla pääsääntöisesti hieman suuremmat muihin käsittelyihin verrattuna.

Mättäiden kokoluokittaisia hehtaariohtaisia lukumääriä tarkasteltaessa vuoden 2009 inventoinnin perusteella lohkojen 1 ja 3 jokaisella käsittelyllä oli pääsääntöisesti suurin osa pituudelta ja leveydeltä normaalikokoisia mättäitä (40 cm x 50 cm) ja selvä vähemmistö alamittaisia mättäitä. Lohkolla 2 mättäiden kokojakauma oli selvästi epätasaisempaa eri käsittelyjen välillä (Liite 7).

Mättäiden paksuuteen eri voimakkuuksilla toteutetulla energiapuunkorjuulla oli tutkimuksen tulosten mukaan vaihtelevia vaikutuksia. Normaalipaksuisia mättäitä (10–15 cm) lohkolla 1 oli eniten (1767 kpl/ha) käsittelyllä, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva aines oli kerätty pois (Kj 6). Vähiten (1033 kpl/ha) vastaavia mättäitä oli käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu ollenkaan (Kj 3). Lohkon 2 osalta eniten (1533 kpl/ha) normaali paksuiseksi luokiteltuja mättäitä oli osittaisella hakkuutähteiden korjuu käsittelyllä (Kj 4) ja vähiten (533 kpl/ha) käsittelyllä, jolta oli korjattu osa hakkuutähteistä sekä kannoista (Kj 5). Lohkolla 3 puolestaan eniten (1233 kpl/ha) osittaisella hakkuutähteiden ja kantojen korjuu alalla (Kj 5) ja vähiten (867 kpl/ha) käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu (Kj 3)(Liite 5).

Taulukko 2. Istutustaimien hehtaarikohtaiset kappalemäärät koejäsenittäin lohkoilla 1, 2 ja 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.

Inventointivuosi	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
LOHKO 1	1567	1767	1567	2200	1567	1733	1567	2200	1600	1800	1600	2200
LOHKO 2	1533	1767	1367	1767	1533	1767	1333	1767	1600	1800	1400	1800
LOHKO 3	1700	2000	1767	1867	1700	2000	1700	1833	1700	2100	1700	1900

Luonnontaimien kappalemäärissä mukana ovat myös alle metrin mittaiset taimet. Lohkoilla 1, 2 ja 3 osittainen tai 100 prosenttinen kantojen ja hakkuutähteiden korjuu (Kj 5 ja Kj 6) ei säännönmukaisesti ja järjestelmällisesti lisännyt luonnontaimien syntymistä (Taulukot 3, 4 ja 5). Vuoden kuluttua istuttamisesta luonnontaimien esiintyminen oli vielä vähäistä kaikilla lohkoilla ja koejäsenillä. Lohkoilla 2 ja 3 raudus- ja hieskoivun määrä oli kuitenkin jo syntyneistä luonnontaimista selkeästi suurin kaikilla käsittelyillä. Neljän ja seitsemän vuoden kuluttua istuttamisesta selkeästi eniten luonnontaimista esiintyi raudus- ja hieskoivua jokaisen lohkon eri käsittelyillä.

Vuonna 2012 vähiten luonnontaimia esiintyi lohkoilla 1 käsittelyllä, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva aines oli korjattu pois (Kj 6), lohkoilla 2 puolestaan käsittelyllä, jolta vain hakkuutähteitä oli korjattu (Kj 4). Lohkoilla 3 vähiten luonnontaimia oli käsittelyillä, joilta vain hakkuutähteitä oli korjattu (Kj 4) sekä alalla, jolla oli suoritettu osittainen hakkuutähteiden ja kantojen poisto (Kj 5). Vuoden 2015 osalta vähiten luonnontaimia oli lohkojen 1 ja 2 käsittelyillä 6 sekä lohkon 3 osalta käsittelyllä 4.

Toiseksi suurimpana puulajina kappalemäärissä mitattuna esiintyi kullakin lohkoilla käsittelyllä ”Muu puulaji”-ryhmä. Ryhmä käsittää haavan, lepän, pihlajan sekä pajun. Pääsääntöisesti näitä puulajeja esiintyi vähiten käsittelyllä, jolta oli korjattu 100 prosenttisesti kaikki energiapuu pois (Kj 6). Luonnollisesti syntyneitä havupui-

ta verrattaessa voidaan havaita, että kuusta esiintyy kaikkien lohkojen käsittelyillä selkeästi vähemmän kuin mäntyä.

Taulukko 3. Luonnontaimien hehtaarikohtaiset kappalemäärät puulajeittain lohkol-
la 1 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 1	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	33	-	66	-	100	100	233	-	600	200	900
Kuusi	-	33	-	-	-	33	33	-	-	200	400	200
Raudus- ja hies- koivu	-	-	-	-	2599	4400	4233	1882	4500	6900	4800	1100
Muu puulaji	-	-	-	-	400	333	233	67	1000	1300	300	200
Yhteensä Kpl/ha	0	66	0	66	2999	4866	4599	2182	5500	9000	5700	2400

Taulukko 4. Luonnontaimien hehtaarikohtaiset kappalemäärät puulajeittain lohkol-
la 2 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 2	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	-	33	-	33	133	67	100	100	1500	700	1400
Kuusi	-	-	-	-	33	-	-	33	100	200	-	-
Raudus- ja hies- koivu	232	33	1122	33	6966	800	4166	1033	7700	8100	17500	4200
Muu puulaji	67	-	67	-	500	67	700	300	1700	2000	3600	400
Yhteensä Kpl/ha	299	33	1222	33	7532	1000	4933	1466	9600	11800	21800	6000

Taulukko 5. Luonnontaimien hehtaariohittaiset kappalemäärät puulajeittain lohkol-
la 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 3	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	-	-	67	233	67	-	400	600	300	300	1600
Kuusi	33	-	-	33	-	-	-	-	400	-	500	-
Raudus-ja hies- koivu	199	-	-	530	3666	33	-	4033	8500	1600	1400	9300
Muu puulaji	-	-	-	-	300	33	133	133	1500	1200	3100	1400
Yhteensä Kpl/ha	232	0	0	630	4199	133	133	4566	11000	3100	5300	12300

5.2 Taimien pituus ja istutustaimien kasvu

Vuonna 2009, eli istuttamisen jälkeisenä kesänä, ei eri käsittelyjen välillä ollut suuria eroja istutustaimien pituudessa. Neljän vuoden kuluttua istuttamisesta, vuonna 2012, lohkon 1 käsittelyllä, jolta kaikki energiapuiksi soveltuva materiaali oli poistettu (Kj 6), istutustaimien keskipituus oli lyhin (101 cm). Keskimäärin pisimmät istutustaimet olivat käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu ollenkaan (Kj 3)(112 cm). Lohkolla 2 tulokset olivat täysin päinvastaiset, lyhimmät (97cm) istutustaimet olivat käsittelyllä, jolle energiapuunkorjuuta ei ollut tehty (Kj 3). Pisimmät (106 cm) taimet olivat täydellisesti energiapuusta korjatulla käsittelyllä (Kj 6).

Istutustaimien keskipituuksiin vuoden 2015 tulosten perusteella eri käsittelyillä tai lohkoilla ei muodostunut suuria eroja (Taulukko 6). Lohkon 1 käsittelyllä, jolla hakkuutähteestä oli kerätty ainoastaan 70 prosenttia (Kj 4) istutustaimien keskipituus oli kaikkein pienin. Samansuuntainen tulos saatiin käsittelyltä, jolta oli kerätty kaikki hakkuutähteet ja kannot pois (Kj 6). Lohkojen 2 käsittelyillä, joilla oli tehty osittainen tai täydellinen hakkuutähteiden ja kantojen poisto (Kj 5 ja 6) oli istutustaimi-

en keskipituus hivenen pienempi verrattuna kahteen muuhun käsittelyyn (Kj 3 ja 4). Lohkolla 3 istutustaimien keskipituudet olivat niin ikään hieman pienemmät käsittelyillä, joilta kantoja oli poistettu (Kj 5 ja 6).

Vuoden 2009 keskikasvuja tarkasteltaessa lohkolla 1 eri käsittelyjen välille ei suuria eroja muodostunut. Lohkolla 2 pienimmät keskikasvut (13 cm) olivat osittain hakkuutähteet korjatulla käsittelyllä (Kj 4) sekä osittain hakkuutähteet ja kannot poistetulla alalla (Kj 5). Suurinta (17cm) istutustaimien keskikasvu oli ollut energiapuuta korjaamattomalla käsittelyllä (Kj 3) sekä täydellisesti energiapuukorjatulla alalla (Kj 6).

Vuoden 2012 keskikasvujen osalta lohkojen eri käsittelyille ei ollut edelleenkään havaittavissa suuria eroja, keskikasvut olivat samansuuruisia kaikilla käsittelyaloilla (hieman yli 30 cm). Lohkolla 2 puolestaan pienintä (29cm) keskikasvu oli käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu laisinkaan (Kj 3). Suurinta (31 cm) keskimääräinen kasvu oli osittaisella hakkuutähteiden ja kantojen korjuu alalla (Kj 5). Lohkolla 3 suurin keskikasvu oli mitattu käsittelyiltä 4 (41 cm), muiden käsittelyjen välillä ei suuria eroja ollut (32- 35 cm).

Vuonna 2015 mitattuihin keskikasvuihin ei muodostunut suuria eroja eri käsittelyjen tai lohkojenkaan välille (Taulukko 7). Lohkon 1 käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut poistettu (Kj 3), vuotuinen keskikasvu oli pienintä (44 cm) ja suurinta (55cm) osittain hakkuutähteet ja kannot korjatulla käsittelyllä (Kj 5). Lohkon 2 osalta suurin keskikasvu (50 cm) oli energiapuuta korjaamattomalla käsittelyllä (Kj 3) ja heikoin (44 cm) täydellisesti korjatulla käsittelyllä (Kj 6). Lohkolla 3 keskikasvu oli ollut heikointa käsittelyillä 3 (36cm) ja 6 (35 cm), suurinta (56 cm) osittain hakkuutähteet korjatulla käsittelyllä (Kj 4).

Istutustaimien keskikasvut vuosina 2009 ja 2012 erikokoisilla mättäillä mättäiden pituutta ja leveyttä tarkasteltaessa eivät poikenneet säännönmukaisesti toisistaan eri lohkoilla ja käsittelyillä (Liite 3). Mättäiden kokoluokkajakauma on mitattu Luonnonvarakeskuksen toimesta vuonna 2009. Ali- ja ylikokoisille mättäille istutetut taimet kasvoivat pääsääntöisesti yhtä hyvin kuin normaalikokoiseksi (40 cm x 50 cm) luokitelluilla mättäillä.

Eri paksuisilla mättiläillä istutustaimien kasvua vuonna 2009 tarkasteltaessa lohkon 1 osalta ei suuria eroja taimien kasvussa ollut eri käsittelyjen tai mättiläiden koonkaan välillä. Käsittelyä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu lainkaan (Kj 3), lukuun ottamatta ohuilla mättiläillä (alle 10 cm) keskimääräinen kasvu oli hieman heikompi tai samansuuruista kuin paksuiksi (yli 15 cm) tai normaalikokoisiksi luokitelluilla mättiläillä. Lohkolla 2 ei suuria eroja eri käsittelyjen tai mättiläiden kokoluokkien välille muodostunut. Lohkon 3 kaikilla käsittelyillä ohuilla mättiläillä kasvavien istutustaimien kasvu oli hieman pienempää (Liite 8).

Vuonna 2012 lohkon 1 kaikilla käsittelyillä ohuilla mättiläillä kasvavien taimien keskimääräinen kasvu oli hieman pienempää. Lohkolla 2 käsittelyä, jolta ei energiapuuta ollut korjattu (Kj 3), lukuun ottamatta ohuilla mättiläillä taimien kasvu oli myös hieman hitaampaa tai lähes samaa kuin normaali paksuisilla mättiläillä. Käsittelyllä 3 taimien kasvu oli huonointa paksuilla mättiläillä. Lohkon 3 käsittelyjen ja mättiläiden paksuuksien välille ei muodostunut suuria eroja taimien kasvun suhteen. Pääsääntöisesti ohuilla mättiläillä kasvun voidaan todeta olleen kuitenkin hieman heikompi (Liite 9).

Istutustaimien kokonaiskasvuja aikavälillä 2008–2014 tarkasteltaessa lohkon 1 osalta suurimmaksi osoittautui osittaisella hakkuutähteiden ja kantojenpoisto käsittelyllä (Kj 5) olevien istutustaimien kasvut (185 cm). Lohkolla 2 ja 3 suurinta aikavälin kasvu oli ollut pelkällä hakkuutähteitä korjatulla alalla (Kj 4). Lohkon 2 käsittelyllä kokonaiskasvu oli 193 cm ja lohkolla 3 187 cm (Kuvio 7). Kaikilla lohkoilla istutustaimien keskikasvu ja keskipituus vuonna 2015 kulkevat pääsääntöisesti samansuuntaisesti, mitä pidempi taimi sitä suurempi kasvu (Kuvio 8).

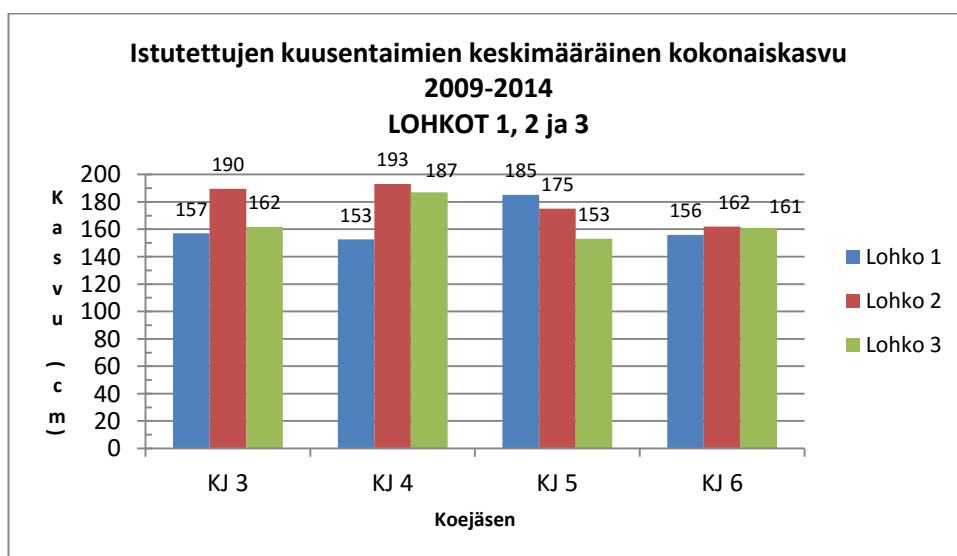
Erot eri koejäsenten keskikasvuissa vuonna 2014, kokonaiskasvussa ajalla 2008–2014 tai taimien keskipituuksissa vuonna 2015, eivät osoittautuneet tässä tutkimuksessa tilastollisesti merkitseviksi (T-testi; Liite 4). Tasaisesti jakaantuneet keskihajonnat vuoden 2015 mittaustulosten osalta eri käsittelyjen välillä osoittavat istutustaimien keskipituuksien ja vuosikasvujen jakaantuvan tasaisesti eri taimien ja koejäsenten välille (Taulukot 6 ja 7).

Taulukko 6. Istutustaimien keskipituus (cm) vuonna 2015 lohkoilla 1, 2 ja 3.

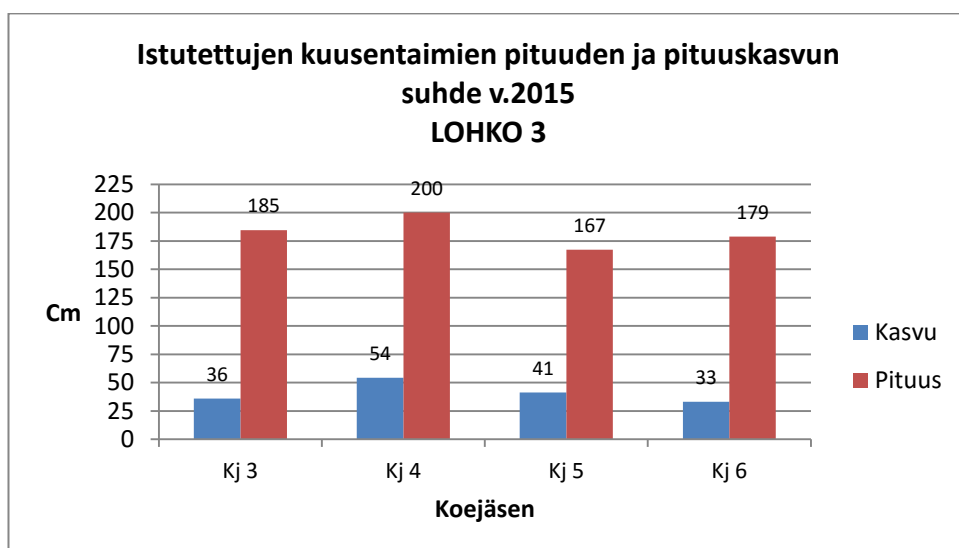
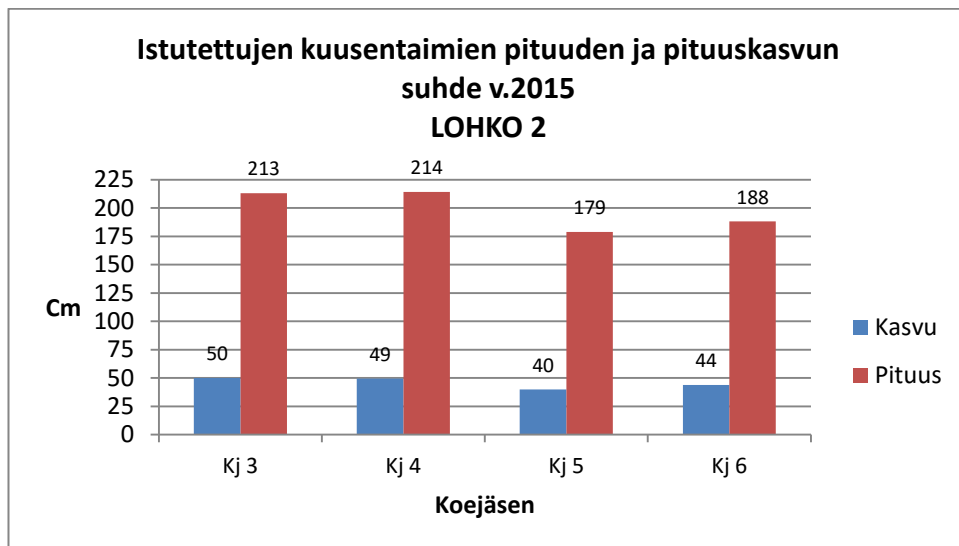
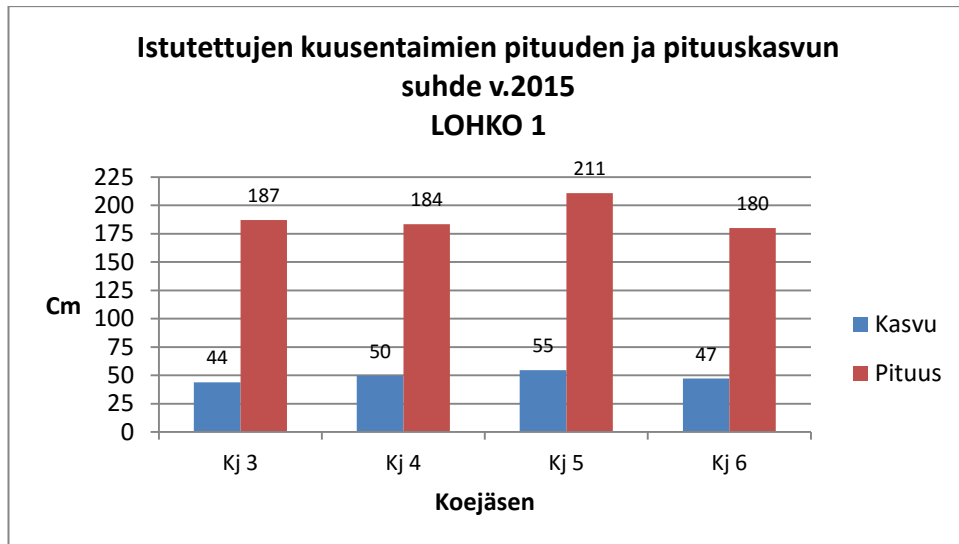
LOHKO 1	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	183	179	211	181
Keskihajonta	46,8	52,2	45,7	42,7
Minimi ja maksimi	105 ja 260	105 ja 287	145 ja 280	110 ja 290
Luottamusväli 95 %	156–196	143–193	178–223	159–192
LOHKO 2	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	215	215	201	188
Keskihajonta	56,4	40,6	42,2	50,9
Minimi ja maksimi	74 ja 335	117 ja 305	123 ja 270	120 ja 322
Luottamusväli 95 %	187–243	192–237	178–223	167–209
LOHKO 3	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	185	214	178	184
Keskihajonta	39,5	40,2	43,6	42,4
Minimi ja maksimi	130 ja 274	127 ja 283	120 ja 249	120 ja 270
Luottamusväli 95 %	161–195	183–219	151–190	157–196

Taulukko 7. Istutustaimien keskikasvu (cm) vuonna 2014 lohkoilla 1, 2 ja 3.

LOHKO 1	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	44	50	55	47
Keskihajonta	12,4	19,8	15,1	15,4
Minimi ja maksimi	17 ja 60	0 ja 88	24 ja 80	19 ja 82
Luottamusväli 95 %	38–49	40–59	47–62	41–53
LOHKO 2	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	50	49	45	44
Keskihajonta	19,1	13,0	11,6	14,7
Minimi ja maksimi	0 ja 77	20 ja 72	25 ja 65	13 ja 70
Luottamusväli 95 %	41–60	44–55	39–51	38–50
LOHKO 3	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Keskiarvo	36	56	44	35
Keskihajonta	13,1	13,2	15,2	13,2
Minimi ja maksimi	10 ja 64	34 ja 83	21 ja 90	12 ja 61
Luottamusväli 95 %	30–42	50–62	38–51	29–41



Kuvio 7. Istutettujen kuusentaimien vuosien 2009–2014 kokonaiskasvu lohkoittain ja koejäsenittäin. Tulokset laskettu Luonnonvarakeskuksen vuosien 2009 ja 2012 mittaustulosten sekä omien vuoden 2015 mittaustulosten perusteella.



Kuvio 8. Istutettujen kuusentaimien pituuden suhde pituuskasvuun vuonna 2015 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä.

Neljän vuoden kuluttua istutuksesta, vuoden 2012 inventoinnissa, tulokset osoittivat kaikilla lohkoilla raudus- ja hieskoivikon keskipituutta verrattaessa muihin puulajeihin niiden olevan selvästi pidempiä. Jokaisen lohkon käsittelyllä, jolta vain osa hakkuutähteestä oli kerätty pois (Kj 4), raudus- ja hieskoivikon keskipituus oli pienin (Taulukko 8, 9 ja 10). Lohkon 3 käsittelyllä, jolta osa hakkuutähteistä ja kannoista oli korjattu pois (Kj 5), ei raudus- ja hieskoivuja ollut lainkaan. Muu lehtipuusto oli jäänyt koivuihin verrattuna jo lyhyemmäksi neljässä vuodessa istutuksesta. Lohkon 1 ja 2 käsittelyillä, joilta osa hakkuutähteistä ja annoista oli korjattu (Kj 5), raudus- ja hieskoivikko oli pisintä. Lohko 3 osalta puolesta pisimmät raudus- ja hieskoivut kasvoivat käsittelyllä, jolta oli kaikki energiapuuksi soveltuva aines korjattu pois (Kj 6).

Luonnontaimien keskipituutta tarkasteltaessa puulajeittain vuonna 2015 tutkimustulokset osoittivat niin ikään raudus- ja hieskoivun olevan pääsääntöisesti pidempää verrattuna muihin luontaisesti syntyneisiin puulajeihin kaikilla lohkoilla ja käsittelyillä. Muut puulajit -ryhmä, joka sisältää muun luontaisesti syntyneen lehtipuuston, olivat lähestulkoon yhtä pitkiä raudus- ja hieskoivun kanssa. Lohkojen 2 ja 3 käsittelyillä, joilla hakkuutähteitä oli ainoastaan kerätty (Kj 4) sekä hakkuutähteitä ja kantoja osittain kerätyllä alalla (Kj 5) raudus- ja hieskoivun keskipituudet olivat suurimmat. Lohkon 1 osalta puolestaan käsittelyllä, jolta oli kaikki energiapuuksi soveltuva aines kerätty pois (Kj, 6), on pisin raudus- ja hieskoivikko. Männyn ja kuusen keskipituudet jäivät selkeästi pienemmiksi kaikilla käsittelyillä verrattuna lehtipuustoon (Taulukot 8,9 ja 10).

Taulukko 8. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain lohkolla 1 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 1	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	3	-	1,5	-	62	42	45	-	113	-	138
Kuusi	-	1	-	-	-	30	42	-	-	-	-	-
Raudus-ja hies- koivu	-	-	-	-	112	79	140	99	170	154	150	195
Muu puulaji	-	-	-	-	113	106	120	94	150	151	-	-

Taulukko 9. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain lohkolla 2 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 2	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	-	3	-	16	44	27	17	-	125	125	106
Kuusi	-	-	-	-	36	-	-	78	-	-	-	-
Raudus-ja hies- koivu	6	3	10	3	118	101	120	108	205	216	210	185
Muu puulaji	27	-	24	-	101	107	85	67	142	145	131	-

Taulukko 10. Luonnontaimien keskipituudet (cm) puulajeittain lohkolla 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 3	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Mänty	-	-	-	1	37	77	-	33	153	136	103	136
Kuusi	1	-	-	1	-	-	-	-				
Raudus- ja hies- koivu	4,5	-	-	9	133	60	-	153	230	250	260	198
Muu puulaji	-	-	-	-	99	215	132	69	175	215	152	205

5.3 Istutustaimien kunto ja tuhon ilmiäsu

Vuoden kuluttua istutuksesta, inventointivuonna 2009, kaikkien käsittelyjen taimet kaikilla kolmella lohkolla olivat pääosin terveitä. Kuolleita taimia oli eniten, 10 %, lohkon 1 käsittelyjä tarkasteltaessa alalla, josta oli korjattu osittain sekä hakkuutähteitä että kantoja (Kj 5). Lohkolla 2 kuolleiden taimien osuus, 8 %, oli suurin käsittelyllä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu (Kj 3). Kuolleiden taimien osuus oli lohkon 3 kaikkia käsittelyjä verrattaessa tasaista, 2–3 prosenttia kaikista taimista (Taulukko 11,12, ja 13).

Vuoden 2012 inventoinnissa, neljän vuoden kuluttua istutuksesta, terveiden taimien lukumäärä oli kuitenkin romahtanut jokaisen lohkon kaikilla koejäsenillä. Suuri osa terveistä taimista oli siirtynyt heikentyneeseen luokitukseen kaikilla käsittelyillä ja lohkoilla. Lohkon 1 kohdalla vähiten, 55 %, terveitä istutustaimia oli käsittelyillä, joilta oli poistettu vain osa hakkuutähteestä (Kj 4) sekä osittaisesti hakkuutähteet ja kannot poistetulla käsittelyllä (Kj 5). Lohkolla 2 terveitä taimia oli puolestaan vähiten käsittelyllä, jolta ei ollut poistettu hakkuutähteitä lainkaan (Kj 3) sekä osittain hakkuutähteet ja kannot poistetulla alalla (Kj 5). Lohkon 3 osalta selvästi pienin, 42 %, terveiden taimien osuus oli energiapuuta korjaamattomalla käsittelyllä (Kj 3) (Taulukko 11, 12 ja 13).

Tutkimuksen tulosten mukaan vuonna 2015 tarkastetuista taimista valtaosa, yli 80 %, lohkojen 1, 2 ja 3 kaikilla käsittelyillä olivat terveitä ja elinvoimaisia. Lohkon 1 ja 2 käsittelyillä, joissa hakkuutähteet ja kannot oli korjattu osittain (Kj 5) sekä täydellisesti energiapuukorjatulla käsittelyllä (Kj 6) oli eniten terveeksi luokiteltuja istutus-taimia. Vähiten, 83 %, terveitä taimia oli molemmilla lohkoilla käsittelyllä, jolta ei ollut poistettu energiapuuta lainkaan (Kj 3). Lohkon 3 osalta terveitä taimia löytyi eniten myös käsittelyltä, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva aines oli korjattu pois (kj 6). Pienin terveiden taimien osuus, 79 %, oli puolestaan käsittelyllä, jolta oli poistettu vain osa hakkuutähteestä (Kj 4) (Taulukko 11, 12 ja 13). Kuolleeksi luokiteltuja taimia, 4 %, löytyi ainoastaan lohkon 3 käsittelyltä, jolta oli hakkuutähdettä korjattu vai osittain (Kj 4).

Taulukko 11. Istutustaimien kunto lohkoilla 1 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 1	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Terve	83 %	94 %	84 %	92 %	68 %	55 %	55 %	71 %	83 %	90 %	94 %	93 %
2=Heikentynyt	-	2 %	4 %	5 %	-	39 %	34 %	24 %	17 %	5 %	6 %	7 %
3=Heikko	11 %	-	2 %	-	-	4 %	7 %	5 %	-	-	-	-
4=Kituva	-	2 %	-	1 %	-	-	-	-	-	5 %	-	-
5=Kuollut	6 %	2 %	10 %	2 %	-	2 %	4 %	-	-	-	-	-

Taulukko 12. Istutustaimien kunto lohkoilla 2 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 2	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Terve	92 %	90 %	88 %	90 %	41 %	71 %	45 %	62 %	83 %	89 %	100 %	96 %
2=Heikentynyt	-	8 %	3 %	6 %	37 %	19 %	36 %	30 %	17 %	11 %	-	4 %
3=Heikko	-	-	2 %	-	15 %	8 %	9 %	8 %	-	-	-	-
4=Kituva	-	2 %	5 %	-	7 %	2 %	5 %	-	-	-	-	-
5=Kuollut	8 %	-	2 %	4 %	-	-	5 %	-	-	-	-	-

Taulukko 13. Istutustaimien kunto lohkoilla 3 vuosina 2009,2012 ja 2015.

LOHKO 3	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Terve	92 %	95 %	89 %	89 %	42 %	72 %	58 %	54 %	87 %	79 %	85 %	91 %
2=Heikentynyt	6 %	2 %	7 %	4 %	40 %	27 %	31 %	39 %	15 %	17 %	15 %	9 %
3=Heikko	-	-	2 %	5 %	12 %	-	7 %	7 %	-	-	-	-
4=Kituva	-	-	-	-	6 %	1 %	2 %	-	-	-	-	-
5=Kuollut	2 %	3 %	2 %	2 %	-	-	2 %	-	-	4 %	-	-

Vuoden 2009, vuosi istuttamisen jälkeen, tuhojen ilmenemismuotoja tarkasteltaessa lohkon 1 osalta esimerkiksi käsittelyllä, jolta osa hakkuutähteistä ja kannoista oli korjattu (Kj 5), eniten tuhoista ilmeni rangan kuorivaurioita sekä taimien maasta kohoamista. Myös osittain hakkuutähteet korjatulla käsittelyllä (Kj 4) valtaosa (33 %) ilmenneistä tuhoista oli taimien maasta kohoamisia. Lohkoilla 2 ja 3 tuhojen jakautuminen eri ilmenemismuotojen välille oli tasaisempaa (Liite11).

Myös jo vuonna 2012 lohkon 1 kaikilla käsittelyillä oli havaittavissa haaroittuneiden latvojen suuri määrä (noin 20–30 %) ilmenneistä tuhoista. Myös lohkolla 2 haaroittuneiden latvojen suuri osuus oli silmiinpistävä kaikilla käsittelyillä, lukuun ottamatta alaa, jolta energiapuuta ei ollut korjattu lainkaan (Kj 3). Lohkolla 3 tuhojen ilmenemismuodoissa ei ole havaittavissa yhtä selkeää tuhon ilmiänsua (Liite 11).

Vuoden 2015 istutustaimien tuhojen ilmenemismuotoja tarkasteltaessa lohkon 1 käsittelyllä, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva aines oli kerätty pois (Kj 6) tuhojen ilmenemismuotona on ollut taimien maasta kohoaminen ja/tai kaatuminen. Käsittelyllä, jolta vain osa hakkuutähteistä oli poistettu (Kj 4), tuhoista puolet ilmenee neulasvauriona ja toiset mutkana rungossa. Käsittelyllä, jolta ei energiapuuta ollut poistettu ollenkaan (Kj 3), esiintyy taimien latvatuhoja sekä rungon mutkaisuutta. Osittain hakkuutähteitä ja kantoja korjatulta käsittelyltä (Kj 5) vikaantuneiden taimien ilmenemismuotoa oli haaroittunut latva. Lohkolla 2 tuhojen ilmenemismuodoista valtaosa oli taimien haaroittuneita latvoja käsittelyillä 3, 4 ja 6. Samoin lohkon 3 kaikilla käsittelyillä valtaosa taimien vikaantumisista ilmeni haaroittuneina latvoina. Myös taimien kuivien latvojen osuus oli kyseisellä lohkolla suuri käsittelyä 6 lukuun ottamatta (Liite 11).

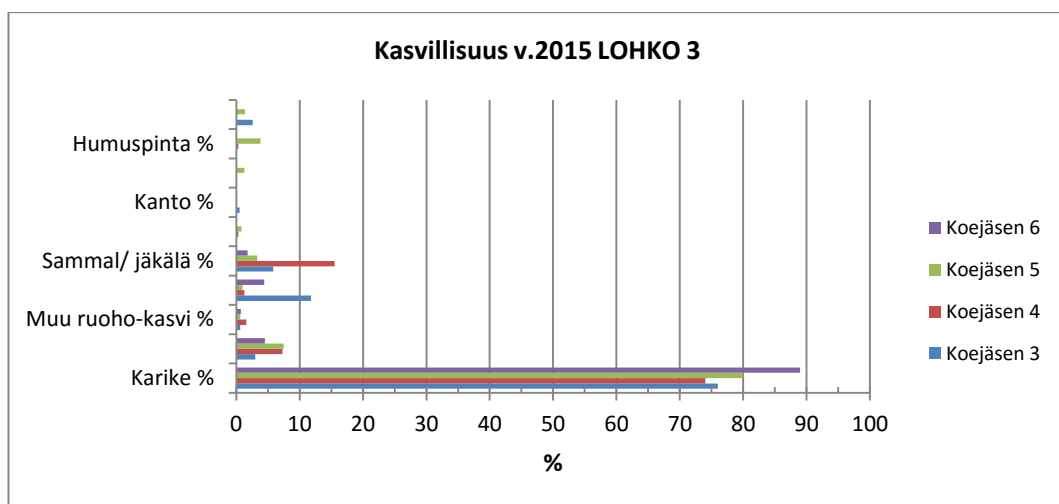
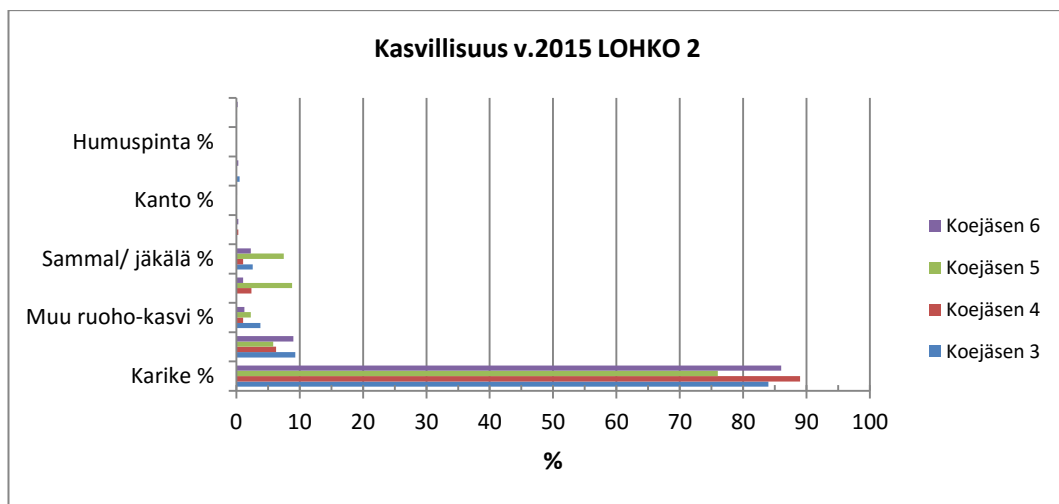
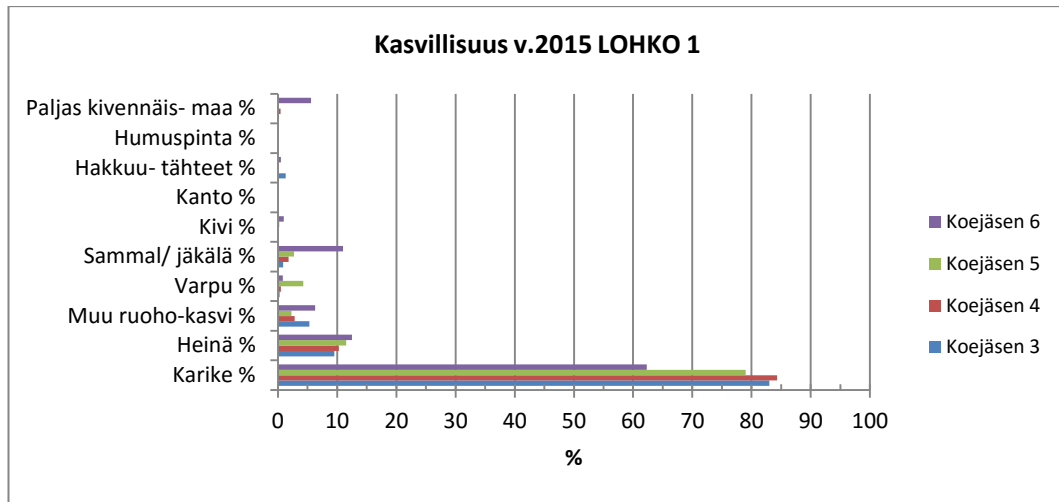
5.4 Kasvillisuus

Maastoinventointi vuoden 2015 osalta on tehty kesäkuun ensimmäisellä viikolla, joten heinäisyyttä ei päässyt suoraan maastossa mittaamaan. Lohkolla 1 kaikilla käsittelyillä karikkeen ja heinän määrä oli vallitsevin. Vastaavasti sammalen ja jäkälän osuus oli käsittelyllä suurempi. Myös lohkoilla 2 ja 3 karikkeen ja heinän osuus oli vallitsevin kaikilla energiapuukorjuu voimakkuuksilla käsitellyillä aloilla. Lohkon 2 käsittelyllä, jolta oli korjattu osa hakkuutähteistä ja kannoista (Kj 5), varpujen sekä sammalen ja jäkälän määrä oli suurempi kuin muilla aloilla. Lohkolta 3 löytyi eniten sammalta ja jäkälää käsittelyltä, jolta vain osa hakkuutähteistä oli korjattu pois (Kj 4). Varpujen osuus oli suurin alalla, jolta energiapuuta ei ollut korjattu (Kj 3). Paljaan maan osuus kaikilla lohkoilla ja käsittelyillä oli hyvin pieni (Kuvio 9).

Kasvillisuuden vaikutusta kuusentaimien vuoden 2014 pituuskasvuun tarkasteltaessa tulokset osoittivat, ettei tässä aineistossa minkään kasviryhmän suhteellisella

peittävyydellä ollut vaikutusta kuusen taimien pituuskasvuun ($<\pm 0,50$). Laskettaessa yhteen paljaan maan, humuspinnan sekä sammal- ja jäkäläpeitteen suhteelliset peittävyudet ja verrattaessa saatua arvoa istutustaimien kasvuun havaittiin, ettei niillä ollut vaikutusta istutustaimien kasvuun (korrelaatiokerroin $-0,10$). Myöskään varvuilla ($0,03$), karikkeella ($0,11$), hakkuutähteillä ja kannoilla ($0,03$), kivillä ($-0,08$) tai heinien ja muun ruohokasvillisuuden yhteen lasketulla osuudella ($-0,02$) ei voida todeta olevan vaikutusta vuosikasvuun.

Myöskään istutustaimien pituuteen eri kasviryhmien suhteellisilla peittävyyksillä ei tämän tutkimuksen perusteella ollut vaikutusta ($<\pm 0,50$). Paljaan maan, humuspinnan sekä sammal- ja jäkäläpeitteen yhteenlasketulla suhteellisella peittävyydellä korrelaatiokertoimeksi saatiin $-0,16$, varpujen $0,27$, karikkeen $0,27$, hakkuutähtien ja kantojen $-0,01$ sekä kivien $-0,20$. Heinien ja muun ruohokasvillisuuden yhteen lasketulle osuudelle korrelaatiokertoimeksi saatiin $-0,25$.



Kuvio 9. Kasvillisuus prosenttipeittävyytenä vuonna 2015 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä.

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Energiapuunkorjuun voimakkuuden vaikutukset istutus- ja luonnontaimien kappalemääriin

Eri energiapuunkorjuu käsittelyvoimakkuuksilla ei tämän tutkimuksen perusteella ollut suuria eroja istutettujen kuusentaimien kappalemääriin vuoden, neljän vuoden taikka seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta. Tulosten perusteella hakkuutähteidä ja kantojen korjuukohteilla laikkumättäitä saatiin maanmuokkauksessa hieman enemmän aikaiseksi. Samalla myös istutustaimien määrä oli jo istutuksen jälkeisenä vuonna muita käsittelyjä hieman alhaisempi käsittelyillä, joilta energiapuuta ei ollut poistettu lainkaan. Vastaavasti istutuspaikkoja on saatu tehtyä täydellisesti hakkuutähteet ja kannot poistetuille kohteille enemmän ja tasaisemmin todennäköisesti juuri kokonaisvaltaisen energiapuuaineksen poiston johdosta. Tämä tukee päätelmää ja aiempia tutkimustuloksia hakkuutähteidä ja kantojen korjuun maanmuokkausta edistävästä vaikutuksesta ja istutuspaikkojen lisääntymisestä. Hyvän metsänhoidon suositusten mukainen istutustiheys on kuusella 1800 kpl/ha (Hyvän metsänhoidon suositukset 2007,48). Hakkuutähteidä korjuu lisäsi taimien keskimääräistä istutustiheyttä myös Saksan ja Saurasen (1999, 71–74) Keski-Suomessa Saarijärvellä toteuttamassa tutkimuksessa, jossa yhtenä tutkimuksen kohteena oli hakkuutähteen määrän vaikutus uudistamistulokseen. Tuloksena oli myös tilajärjestykseltään tasaisempi taimikko. Paljaan maan osuus kohosi 5–6 prosentista 10 prosenttiin hakkuutähteidä korjaamisen johdosta, jolla on myös oleellinen merkitys laadukkaiden istutuskohtien lisääntymisessä.

Eteläsuomalaisessa tutkimuksessa vuosina 2008 ja 2009 inventoitujen kannonosto- ja maanmuokkausalojen sekä tyyppillisen laikkumättästyksen aloilla ilman kannonostoa, kuusentaimien eloonjäännissä ei ollut puolestaan suuria eroja käsittelyjen välillä. Kuusentaimet oli istutettu koelohjalle 4–9 vuotta aiemmin. (Saksa, 2012.)

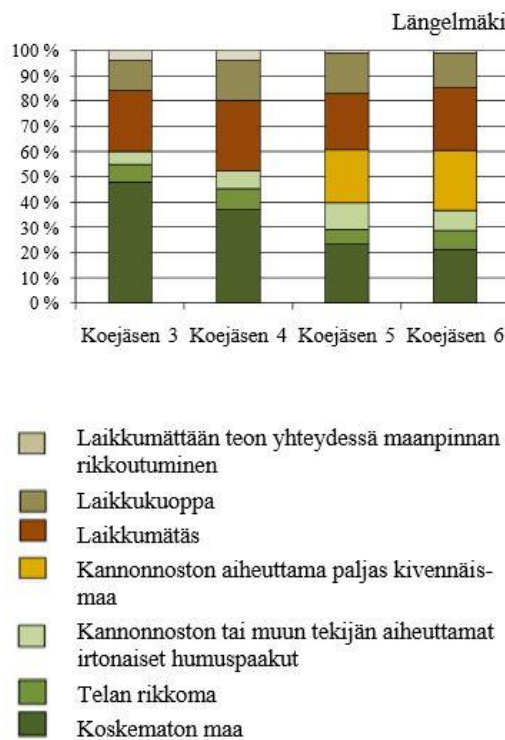
Tarkasteltaessa tehtyjen mättäiden pituutta ja leveyttä ei eriasteisella energiapuunkorjuulla ollut merkittävää eroa normaalikokoisten mättäiden osuuteen. Jokaisella käsittelyllä energiapuunkorjuun voimakkuudesta riippumatta oli pääsääntöisesti suurin osa normaalikokoisia mättäitä (40 cm x 50 cm) ja selvä vähemmistö alamittaisia mättäitä. Lohko 2 poikkesi kuitenkin muista lohkoista mättäiden epätaisella kokojakaumalla eri käsittelyjen välillä.

Jokaisella loholla osittainen tai 100 %:n kantojen ja hakkuutähteiden korjuu (Kj 5 ja Kj 6) ei säännönmukaisesti ja järjestelmällisesti lisännyt luonnontaimien syntymistä. Huomattavaa on myös lohko vaikutusta arvioitaessa, että lohko 1 on maaperältään rehevämpi kuin lohkot 2 ja 3 (Huusko ym. 2014). Lohkolla 1 (Talviaisen lohko) oli tehty varhaisperkaus vuonna 2012, joka vaikutti vuonna 2015 inventoituihin luonnontaimien määriin.

Päinvastaisia tutkimustuloksia kantojen ja hakkuutähteiden korjuun vaikutuksista luonnontaimien syntymiseen oli saanut esimerkiksi Niemi (2013) opinnäytetyössään. Kantojennoston yhteydessä paljastuu enemmän kivennäismaata, mikä tukee teoriassa siemensyntyisten luonnontaimien parempaa menestymismahdollisuutta. Useat käytännön havainnot ovat osoittaneet, että kantojen ja hakkuutähteiden korjuualoilla luontaista taimettumista on enemmän verrattuna aloihin, joilta korjuuta ei ole tehty. Lehtipuiden osuus näistä taimista on suurin. (Luoranen ym. 2012, 68; Hyvän metsänhoidon suositukset 2010, 31–32.) Osa tutkimustuloksista on lisäksi osoittanut istutustaimien eloonjäämisprosentin olevan muutaman prosenttiyksikön korkeampi verrattuna hakkuutähteitä korjaamattomiin aloihin. (Luoranen, Saksa & Uotila 2012, 66–67.)

Luonnonvarakeskuksen toteuttamassa selvityksessä energiapuunkorjuun vaikutuksista ehjän ja rikkoontuneen maanpinnan esiintymiseen, pelkällä kuusen mätästys- ja istutuslialalla ilman hakkuutähteiden tai kantojen korjuuta (Kj 3) oli odotetusti ehjän maanpinnan osuus suurin (Kuvio 10). (Kubin ym. 2012; Tarvainen ym. 2015.) Pohjois-Suomen koekentällä tutkittiin lisäksi nostettujen kantojen koon vaikutus maanpinnan rikkoontumiseen. Saatujen tulosten perusteella maa rikkoontuu noin 2 m²:n alalta kantojen läpimitan ollessa 12–13 cm, 30 cm:n kannoilla rikkoontuneen maan ala on kaksinkertainen, 4 m². Yli 40 cm:n kannoilla rikkoontunut ala kasvaa jo 6–8 m²:n. (Kubin ym. 2012.) Tuloksia voitaneen soveltaa suuntaa anta-

vina myös Keski-Suomeen. Energiapuunkorjuu näyttäisi siis lisäävän maanpinnan rikkonaisuutta, koska hakkuutähteitä korjaavat koneet lisäävät hakkuualalla koneella liikkumista. Kantojenkorjuukohteilla vaikutus edelleen voimistuu. Maanmuokkauksessa ja istutuksessa sekä hakkuussa käytetyn koneen koolla sekä ajourien määrällä ja sijoittumisella koealalle on huomionarvoinen vaikutus maaperän rikkoutumiseen (Tarvainen ym. 2015). Toisaalta menetelmä, jossa kaikki energiapuuksi soveltuva aines oli kerätty pois (Kj 6) ei rikkonut maaperää sen enempää kuin osittainkaan kantojen poisto (Kj 5).



Kuvio 10. Maanpinnan tila koejäsenittäin vuoden 2009 inventoinnissa Längelmäellä (Kubin ym. 2012).

Niemi (2013) on opinnäytetyössään pohtinut samoin vesasyntyisen lehtipuuston huomattavan pienempää määrää kannonnostokohteilla vertailukohteisiin nähden, joilla kannonnostoa ei ollut tehty. Koivujen pienkannot kärsivät kannonnostosta, joka hidastaa vesomista. Raudus- ja hieskoivun määrä kullakin käsittelyllä oli niin ikään ylivoimainen puulajien runsaussuhteita arvioitaessa.

Saksan (2012) tutkimuksessa ainoa merkittävä ero kantojenkorjuu koealalla verrattuna korjaamattomaan alaan oli luontaisesti syntyneen kuusen yli kaksinkertainen määrä tavanomaisesti laikkumätästetyllä koealalla ilman kantojenkorjuuta.

Luontaisesti syntyneitä männyntaimia oli puolestaan kannonnostokohteilla runsaammin, samoin lehtipuita. Ero ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää. Männyntaimien suurempaan esiintymiseen vaikuttanee suurempi maanpinnan rikkinaisuus, jolloin männynsiement pääsevät itämään paremmin. 75 % luontaisesti syntyneestä lehtipuustosta oli raudus- ja hieskoivua. Koivun runsaaseen määrään vaikutti myös tutkimuksen mukaan korkea lämpötila touko-kesäkuun välisenä aikana sekä sateiden runsaus usealla peräkkäisellä kasvukaudella.

Länsi-Suomessa vuonna 1977 perustetulla koekenttäjärjestelyllä on tutkittu pitkän aikavälin tutkimuksena kantojenkorjuun vaikutuksia maaperän ominaisuuksiin, männyn ja kuusen kasvuun sekä luonnontaimien esiintymiseen (Karlsson & Tamminen, 2013). Tämänkään tutkimuksen tulosten perusteella kantojenoston ei havaittu lisäävän huomattavasti luontaisesti syntyneiden taimien määrää.

6.2 Taimien piteuden ja istutustaimien kasvun tarkastelu

Vuosien 2009, 2012 tai 2015 mittausten perusteella energiapuunkorjuun voimakkuudella ei ollut suurta, kaikilla lohkoilla säännöllisesti toistuvaa, vaikutusta istutustaimien pituuteen tai kasvuun. Vuoden 2012 tuloksia tarkasteltaessa, lohkon 1 keskipituudeltaan lyhimpien istutustaimien löytymien käsittelyltä, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva materiaali oli poistettu (Kj 6), sekä pisimmät istutustaimet käsittelyltä, jolta energiapuuta ei ollut korjattu ollenkaan (Kj 3), tukisi oletusta ravinteiden mahdollisesti pienemmästä määrästä alalla, jolta kaikki energiapuuksi soveltuva aine on poistettu. Raudus- ja hieskoivikko oli neljän vuoden kuluttua istutuksesta saavuttanut istutustaimet pituudessa. Ravinteet vapautuvat puiden ja kasvillisuuden käyttöön keskimäärin 3–5 vuoden kuluttua avohakkuusta. Lohkon 2 tulokset eivät puolestaan tukeneet tätä teoriaa, vaan olivat täysin päinvastaiset. Istutustaimien kokonaiskasvuissakaan vuosina 2008–2014 ei voida havaita suuria eroja eri käsittelyjen välillä. Tulokset eivät ainakaan osoita yleistettävästi, että energiapuuta korjaamattomilla aloilla istutustaimien kasvu olisi parempaa. Istutustaimien keskikasvua ja keskipituutta verrattaessa toisiinsa seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta noudattaa se pääsääntöisesti linjaa mitä pidempi taimi sitä suu-

rempi kasvu. Myöskään Saksan ja Saurasen (1999) tutkimuksessa hakkuutähteen määrällä ei todettu olevan merkitystä ensimmäisen kasvukauden aikana istutettujen taimien pituuden kehittymiseen. Samansuuntaisia tuloksia hakkuutähteen tai kantojen eriaisteisesta korjuusta on saatu myös Luonnonvarakeskuksen aiemmissa inventoinneissa vuosina 2009 ja 2012 (Kubin ym. 2012).

Energiapuunkorjuun voimakkuus ei tulosten perusteella vaikuttanut myöskään merkittävästi mättäiden laatuun. Ohuilla mättäillä kasvavien istutustaimien kasvun voidaan todeta pääsääntöisesti olevan hieman pienempää. Istutustaimien keskikasvut vuosina 2009 ja 2012 erikokoisilla mättäillä mättäiden pituutta ja leveyttä tarkasteltaessa eivät poikkea säännönmukaisesti toisistaan. Ala- ja ylikokoisille mättäille istutetut taimet kasvavat pääsääntöisesti yhtä hyvin kuin normaalikokoiseksi luokitelluilla mättäillä. Lähtöolettamuksena voidaan pitää, että humuspitoisuus laikkumättäessä edesauttaa taimen kasvua ja elossa pysymistä. Hajottajaeliöstöstä, kasvupaikkatekijöistä ja kasvillisuudesta riippuen muodostuneet humukset luokitellaan pääsääntöisesti kangashumukseen, mullaksen ja multa. Kangashumus on tyypillisintä havumetsissä. (Mälkönen 2003, 134.) Istutetun taimen juuriston olisi yletyttävä kivennäismaan alla olevaan humuskerrokseen jo heti istutusvaiheessa. Kuusen juuristo on pinnallinen ja kasvaa valtaosin humuksessa sekä kivennäismaassa lähellä maan pintaa (Luoranen & Kiljunen 2006, 14). Tuloksia pohdittaessa voisi olettaa, että paksuiksi luokitelluilla mättäillä olisi kivennäismaakerrosta enemmän mättään päällä, jolloin taimien juuret eivät pääsisi kosketuksiin humuskerroksen kanssa ja näin taimet saattaisivat juroa vuosiakin. Normaalialueilla mättäillä puolestaan tulosten mukaan taimien kasvu oli hitaampaa kaikilla koejäsenillä. Tähän voisi syynä olla esimerkiksi taimien juurten ulottuminen muokkaamattomaan maahan ja kivennäismaakerroksen pienempi määrä mättään pinnalla.

Luontaisesti syntyneistä taimista raudus- ja hieskoivikon keskipituus muihin puulajeihin verrattuna on selkeästi pidempi kaikilla energiapuukorjuun voimakkuuksilla. Käsittelyn voimakkuudella ei tutkimuksen perusteella ole säännönmukaista merkitystä koivikon pituuden kehitykseen. Luontaisesti syntyneen koivikon pituuskehitys voi tutkimuksen perusteella olla samankaltaista niin energiapuuta korjaamattomalla käsittelyllä kuin täydellisesti poistetullakin alalla. Muu lehtipuusto oli jäänyt koi-

vuihin verrattuna lyhyemmäksi jo neljässä vuodessa istutuksesta kaikilla energia-
puukorjuu käsittelyvoimakkuuksilla. Luontaisesti syntyneiden havupuiden keskipi-
tuudet jäivät selkeästi pienemmiksi kaikilla energiapuun korjuukäsittelyillä verrat-
tuna lehtipuustoon.

Hakkuutähteiden poistamisen vaikutuksia maaperän kemiallisiin ominaisuuksiin,
neulasten ravinnepitoisuuksiin sekä männynntaimien kasvuun on tutkittu niin ikään
Itä-Suomessa 1970-luvun lopulla perustetulla kenttäkokeella (Saarsalmi ym.
2010). Maaperä- ja neulaskokeet maastossa suoritettiin 23 vuoden kuluttua istu-
tuksesta. Puustomittaukset (rinnankorkeusläpimitta, 5-vuoden pituuskasvu, korke-
us) tehtiin 10 vuotta istutuksen jälkeen vuosina 1988 ja 1981 sekä jälleen vuosina
2000 ja 2001. Tuloksissa männynntaimien kasvussa ei havaittu eroavaisuuksia en-
simmäisten 20-vuoden aikana. Ainoastaan lukumäärältään niitä oli vähemmän
tavanomaisella ainespuukorjuualalla. Neulasten typpi- ja kaliumpitoisuudet olivat
myös huomattavasti korkeammat tavanomaisella ainespuukorjuualalla. Boorin,
magnesiumin, fosforin, sinkin ja mangaanin määrät olivat niin ikään alhaisemmat
kokopuukorjuualalla.

Länsi-Suomessa vuonna 1977 perustetulla koekenttäjärjestelyjen tutkimustulosten
mukaan kantojen korjuulla yli 30 vuotta istutuksen jälkeen ei näyttänyt olevan vai-
kutusta maaperän ravinneaineiden kokonaismääriin magnesiumia lukuun ottamat-
ta. Magnesiumin määrä oli suurempi kantojennostoaloilla molemmilla puulajeilla.
Orgaaninen kerros oli niin ikään ohuempi sekä puusto keskimääräisesti pidempää
kyseisellä käsittelyllä. Männyn kasvu oli voimakkaampaa kantojennostoaloilla ver-
rattuna käsittelemättömiin aloihin. Kuusella vastaavaa ei havaittu. Huomioitavaa
kokeen tuloksia sovellettaessa nykypäivään on, että tänä päivänä kantojennosto-
tekniikka on kehittyneempää, mm. vähemmän maaperää rikkovaa kuin 1970-
luvulla. (Karlsson & Tamminen 2013.)

6.3 Energiapuunkorjuukäsittelyiden vaikutukset istutustaimien kuntoon ja tuhojen ilmiasuun

Tämän tutkimuksen tuloksia tarkasteltaessa ei eri energiapuunkorjuun voimakkuu-
della ole merkittävää vaikutusta istutustaimien kuntoon taikka mahdollisen tuhon

ilmenemismuotoon vuoden, neljän vuoden taikka seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta. Kaikkien käsittelyjen taimet kaikilla kolmella lohkoilla olivat pääosin terveitä vuoden kuluttua istuttamisesta.

Lohkon 1 hienojakoisempi maalajite saattaa olla yksi osatekijä suureen taimien maasta kohonneisuuden määrää vuoden kuluttua istutuksesta. Lohkoilla 2 ja 3, jotka ovat maalajitteeltaan karkeampia, ei vastaavaa tuhon ilmenemismuotoa ollut havaittavissa (Liite 12). Vuoden 2012 inventoinnissa, neljän vuoden kuluttua istutuksesta, terveiden taimien lukumäärä oli kuitenkin romahtanut kaikilla käsittelyvoimakkuuksilla. Suuren osan terveiden taimien siirtymisestä heikentyneeseen luokitukseen kaikilla lohkoilla voitaneen olettaa taimien haaroittuneiden latvojen suuren määrän olevan ainakin osittain myyrätuhojen seurausta. Vuonna 2015 tarkastetuista taimista valtaosa oli terveitä ja elinvoimaisia. Tulosten pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että pääsääntöisesti käsittelyillä, jolta energiapuuta ei ollut poistettu lainkaan, terveiden taimien määrä on hieman alhaisempi.

Metsämyyrä syö kuusen taimen silmuja, joka aiheuttaa monilatvaisuutta kasvun jatkuessa sivuoksista. Peltomyyrän aiheuttama tuho näkyy pääsääntöisesti pienen taimen katkeamisena, ja pystyyn kuolemisena. Se syö taimen alaosan kuorta tai silppuaa koko pienen taimen. Vesimyyrä puolestaan järsii kuusentaimien juuria, jolloin taimia kaatuu ja kuolee. Metsäkanalinnut syövät myös taimien päätesilmuja ja katkaisevat neulasia jolloin seurauksena on taimien pensastuminen. Kuusentaimien kehittymistä metsiköksi voivat uhata lisäksi männyn- ja kuusenjuurikäävät, hyönteiset (tukkimiehentäi, juuriniluri), jänis, metsäkauris sekä hirvi. Sienitaudeista uhkana ovat mm. versosurma, harmaahome, kuusensuopursuruoste sekä mustakoro. (Luoranen & Kiljunen 2006, 86–95; Luoranen ym. 2012, 41–49; Kasanen 2009, 114–115, 151–160.)

Myös halla (kevät-, kesä, syyshalla) vaurioittaa etenkin keväisin kasvuun lähteneitä silmuja ja uusia neulasia. Kasvat versot nuokahtavat, jolloin kasvu häiriintyy. Rouste nostaa hienoilla maalajitteilla huonosti juurtuneita taimia ylös maasta, jolloin ne kuivuvat ja kuolevat.

6.4 Kasvillisuuden vaikutus istutustaimien pituuteen ja kasvuun

Kasvilajien suhteissa ei ollut vuoden 2015 inventointitulosten perusteella suuria eroavaisuuksia eri käsittelyjen välillä. Mikäli karike tulkitaan ainakin pääosin heinäksi, muodostuu heinäkasveista suurin kasvillisuuden ryhmä kaikilla energiapuunkorjuu käsittelyvoimakkuuksilla. Kivennäismaan paljas pinta lisääntyy luonnollisesti mitä voimakkaimpana energiapuunkorjuu ja kantojen käsittely toteutetaan. Myös ruohokasvien peittävyys on samansuuntainen. Lähtökohtaisesti voitaneen olettaa, että ainakin osa karikkeesta olisi luokiteltavissa heinäksi. Toisaalta taimet ovat keskipituudeltaan noin 2 metrisiä, joten heinäisyydellä ei enää taimien eloonjäännin ja kunnan puolesta ole merkitystä. Koskemattoman maan kasvillisuutta ei tässä tutkimuksessa selvitetty.

Kasvilajien suhteissa ei ollut merkittäviä eroavaisuuksia myöskään eri käsittelyjen välillä vuoden kuluttua avohakkuusta. Vuoden kuluttua istutuksesta (vuoden 2009 inventointi) mättäiden kasvillisuus oli niin ikään vielä vähäistä. Kasvilajien kehityksessä oli myös vähän eroja ehjän maan ja mättäiden välillä. Paljaan maan paljas-tuminen näytti kuitenkin lisäävän luontaisesti syntyneiden puuntaimien lajistoa. Ruohoja ja saniaisia esiintyi puolestaan runsaammin ehjällä, koskemattomalla maalla, samoin kuin sammalet ja jäkälät. Kaikilla käsittelyillä havaittiin niin ikään olevan kenttäkerroksen kasvillisuuteen lisäävä vaikutus koskemattomalla maan-pinnalla, mutta pohjakerroksen kasvillisuus näytti kärsivän rikkoontuneen maan verran. Neljän vuoden kuluttua istutuksesta (v.2012) kasvibiomassan määrä oli tulosten perusteella alhaisempi käsitellyillä aloilla kuin koskemattomassa, hakkaamattomassa kontrollimetsässä. Sammalien ja jäkälien palautumista eri käsitte-lyille ei myöskään ollut tapahtunut. (Tarvainen ym.2015; Kubin ym.2012.)

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella eri energiapuunkorjuu käsittelyvoimakkuuksien jälkeen syntyneillä eri kasvillisuusryhmien suhteellisilla peittävyyksillä muokatulla maalla ei ollut vaikutusta kuusentaimien vuoden 2014 pituuskasvuun tai keskipituuteen. Paljaan maan, humuspinnan sekä sammal- ja jäkäläpeitteen yhteenlasketun osuuden, varpujen, karikkeen, kivien, hakkuutähteiden ja kantojen taikka heinien ja muun ruohokasvillisuuden ei voida todeta lisäävän tai heikentävän istutustaimien pituuskasvua taikka vaikuttavan niiden pituuteen.

Istutetut kuusentaimet kilpailevat varsinkin ensimmäisinä vuosinaan pintakasvillisuuden kanssa maaperän ravinteista, vedestä, valosta sekä kasvutilasta mikä vaikuttaa etenkin istutustaimien pituuskasvuun. Taimien varsista voi tulla lisäksi hentoja ja entistä alttiimpia muille tuhoille kasvukilpailun vuoksi. Mekaaniset vauriot, esimerkiksi korkea heinäkasvillisuus taivuttaa pienet taimet alleen, voivat aiheuttaa merkittäviä vaurioita taimikoissa. Myyrätuhojen sekä tukkimiehentäin aiheuttamien vaurioiden riski kasvaa runsaan pintakasvillisuuden myötä. (Luoranen & Kiljunen 2006, 77.)

Talviaisen lohkolla (lohko 1) hiekkamoreenin vallitsevana maalajitteena on hienojakoinen maa, Saarijärvenmetsän lohkoilla (lohkot 2 ja 3) puolestaan hienojakoinen sekä keskikarkea. Lohkolla 3 esiintyy karkeaa maalajitettakin (Taulukko 20). Talviaisen lohko (lohko1) on lisäksi usean eri tekijän summana rehevämpi kuin lohkot 2 ja 3 (Saarijärvenmetsän lohkot). Luonnonvarakeskuksen tekemien mittausten mukaan typpi ja fosforipitoisuudet ovat korkeammat, mutta eivät tilastollisesti merkitsevästi, lohkolla 1 verrattuna lohkoihin 2 ja 3 (Huusko ym. 2014). Orgaanisen aineksen paksuus on myös pienin Talviaisen lohkolla (keskimäärin 4,4 cm). Eniten orgaanista ainesta on humuskerroksessa eli podsoliprofiilin ylimmässä kerroksessa. Sillä on maan rakennetta, ilmavuutta sekä veden liikkumista parantava vaikutus (Mälkönen 2003, 84–89). Maan orgaanisen aineksen pH- arvot lohkoilla ovat välillä 3,1–3,5. Lisäksi Keski-Suomen kaikilla kolmella lohkolla orgaanista ainesta on suhteellisen vähän. C/N-suhde lohkolla 1 on 23,9, lohkolla 2 29,0 ja lohkolla 3 31,4. (Huusko ym. 2014.) Orgaanisen aineen pitoisuus on suurin humuskerroksessa, eli podsoliprofiilin ylimmässä kerroksessa. Tavanomaisesti orgaanisen aineen laatua kuvaava C/N-suhde havumetsien humuskerroksessa on noin 36.(Mälkönen 2003, 85.) Wallin (2012) tutkimuksessa kokopuunkorjuun vaikutuksista koealojen puuntuotoskykyyn ravinteiden määrissä tapahtui 3–60 % lasku avohakkuun ja kokopuunkorjuun jälkeen. Vertailukohteena toimi tavanomainen ainespuunkorjuu, jossa hakkuutähteet jätettiin koealalle. Maaperän tuottavuuden ilmaisijoina toimivat maaperän pH, kalsium, kalium, fosfori, magnesium sekä puuston läpimitta.

Humus- ja kivennäismaan sekoitusta oli eniten lohkon 1 osalta käsittelyllä, jolta hakkuutähteistä ja kantoja oli kerätty osittain pois (Kj 5) sekä käsittelyllä, jolta kaik-

ki energiapuuaines oli kerätty pois (Kj 6). Samoin oli myös lohkon 2 käsittelyllä, jolta oli osa hakkuutähteistä ja kannoista kerätty pois, lähes puolet enemmän humuksen ja kivennäismaan sekoitusta muihin korjuuvoimakkuuksiin verrattuna. Lohkon 3 käsittelyiden välille ei suuria eroavaisuuksia syntynyt. Kivennäismaa määrittelee pitkälti kasvupaikan ravinteisuuden, mutta puuntuotoskyky näyttäisi olevan pääsääntöisesti enemmän riippuvainen humuskerroksen laadusta (Mälkönen 2003, 147).

7 POHDINTA

Tämän työn tulosten perusteella kuusen taimien keskimääräinen pituus, kasvu sekä kunto olivat samankaltaisia seitsemän vuoden kuluttua istutuksesta pelkällä maanmuokkaus- ja istutuslalla sekä eriasteisesti korjatuilla hakkuutähde ja kantojennosto aloilla Keski-Suomessa. Myöskään kasvillisuusryhmien suhteellisilla peittävyksillä ei ollut vaikutusta istutustaimien vuoden 2014 kasvuun tai pituuden kehittymiseen. Ainoastaan kantojenkorjuualoilla taimien istutustiheys oli hieman suurempi mikä tukee aiempien tutkimustulosten linjaa. Tulokset ovat samansuuntaisia myös vuosien 2009 (vuosi istutuksesta) ja 2012 (neljä vuotta istutuksesta) osalta. Mättäiden laatuun ei energiapuunkorjuuvoimakkuudella ollut suurta vaikutusta. Hakkuutähteiden korjuu tai kantojennosto ei näyttäisi säännönmukaisesti ja järjestelmällisesti lisäävän luonnontaimien syntymistä useimmista aiemmista tutkimuksista poiketen.

Käytettäessä suurempaa otantaa olisi ehkä saatu tilastollisia eroja jo syntymäänkin. Sattuman mahdollisuutta olisi saatu niin ikään pienennettyä. Yleistettävien tulosten selvittäminen vaatisi kattavampaa mittausaineistoa ainakin vuoden 2015 osalta. Käytännössä esimerkiksi maanmuokkauksen, istuttamisen sekä kantojen noston toteutuksen onnistumisessa saattaa olla vaihtelevuutta, joka voi vaikuttaa tuloksiin käytännön tasolla. Pitkäjänteistä, vuosia tai vuosikymmeniä kestävää tutkimusta erilaisilla kasvupaikoilla tarvitaan pitkän aikavälin tulosten saamiseksi. On hyvä huomioida myös, ettei tutkimuksessa tarkasteltu tilastollisin menetelmin eri lohkojen välisiä kasvupaikkaominaisuuksien vaikutuksia tuloksiin.

Tämän tutkimuksen perusteella saadaan suuntaa antavia tuloksia seitsemän vuotta istuttamisen jälkeen, joten taimet ovat vielä kehityskaarensa alkupäässä. Pitkän aikavälin tutkimustulosten saamiseksi tutkimusta aiheesta tulisi jatkaa. Työn tulokset vastasivat aikaisempia hankkeeseen liittyviä, samoilta koejäseniltä ja lohkoilta vuosina 2009 ja 2012 saatuja mittaustuloksia. Kantojen nostoon ja hakkuutähteiden korjuuseen liittyy vielä useita lähinnä ihmisten ajattelutavasta riippuvia näkökulmia energiapuunkorjuusta niin puolesta kuin vastaan, jotka heijastuvat vaihtelevina käytäntöinä energiapuunkorjuun suhteen eri avohakkuualoilta.

Kuusenkantoja kertyy noin 200–250 i-m³ hehtaaria kohden, jolloin maanomistajan saama rahasumma hehtaarilta olisi noin 100–130 euroa. Rahallisesta korvauksesta voi maanomistaja olla montaa mieltä. Maan tiivistymistä ei oletettavasti tapahdu, koska juuret jäävät kuitenkin maahan. Kuusen kantojen energiatiheys on suuri, mutta niiden korjuuta rajoittavat ainakin tällä hetkellä negatiiviset mielikuvat ravinekadon pelossa sekä vaikeudet saada kannoista tarpeeksi puhtaita voimalaitosten tarpeisiin. Kantojen nosto rikkoo myös maannoksen rakenteen, jonka kehittymiseen on kulunut useita satoja vuosia. Kantojen noston onnistumisessa korostuukin oikea kohdevalinta. Esimerkiksi Ruotsissa kantoja on korjattu aina hyvin varovaisin periaattein ja näyttäisi, että se loppuisi siellä jopa kokonaan. Kantojenkorjuu tehdäänkin tänä päivänä varoen ja tarkkoja ohjeistuksia noudattaen. Maa-perä pyritään säilyttämään elinvoimaisena ja vesistöt puhtaina.

Vuonna 2014 metsähakkeen käyttö väheni ensimmäistä kertaa voima- ja lämpölaitoksissa. Myös energiapuun hankinta- ja pystykauppojen määrät ovat vähentyneet samanaikaisesti. Suomen tavoite on kuitenkin nostaa vuoteen 2020 mennessä metsähakkeen käyttö 13,5 milj.m³ vuodessa. (Metsähakkeen kohtalonhetki 2015.) Energiapuunkorjuun kannattavuuteen vaikuttavat ennen kaikkea korjuuolosuhteet, mm. lämpimät talvet sekä kilpailevista fossiilisista polttoaineista kivihiilen alentunut hinta. Myös muualta teollisuudesta tuleva sahanpuru ja kuoriaines ajavat energiapuuna metsistä suoraan korjattavan puuaineksen ohitse. Myös Kemera-tukien alentuminen vaikuttaa metsähakkeenkorjuun ja käytön kannattavuuteen. Vaihtelevuutta ja monen eri tekijän yhteisvaikutusten arviointia toteutetaan myös energiapuunkorjuun jatkojalostuksen ja käytön puolella, ei pelkästään sen tarjonnan mahdollisuuksien näkökulmasta.

Vuonna 2015 Suomen metsäkeskuksen keräämästä tiedosta 128 000 hehtaarin taimikkoaloilta lähes kolmanneksella, 35 600 hehtaarilla, oli välitön hoitotarve (Taimikoissa riittää hoitotarvetta 2015). Taimikonhoidon tärkeimpänä tavoitteena on istutustaimien kasvun ja kehittymisen varmistaminen. Uhkana on taimien kasvun taantuminen luontaisesti syntyneiden lehtipuiden varjostuksessa. Varhaisperkauksen hinta ilman arvonlisäveroa on noin 300 €/ha työn suorittajasta sekä perkauksen kohteena olevasta alasta riippuen. Kantojen ja hakkuutähteiden korjuun vaikutukset luonnontaimien syntymisen määrään ymmärrettävästi kiinnostavat

maanomistajia. Mikäli luonnontaimien, etenkin lehtipuuston määrä huomattavasti lisääntyy kantojenkorjuukohteilla, menee kannoista nostovaiheessa saatu rahasumma periaatteessa hukkaan. Koneellistumisen kehittyessä mm. boorilannoituksen sekä purppuranahakan levityksen yhdistämistä koneelliseen kitkentään on jo harjoitettu. Purppuranahakka lahottaa lehtipuiden kantoja, jolloin vesominen vähenee.

Omaa oppimista ajatellen työn tekeminen oli erittäin mielenkiintoista ja omia taitojani kehittävää. Aihe liittyi läheisesti omiin mielenkiinnon kohteisiini, mm. energia-
puunkorjuun vaikutuksiin uuden puusukupolven tuottavassa kasvussa ja metsänomistajien rahallisiin panostuksiin metsiensä hoidossa. Olemassa oleva tieto on ollut ristiriitaista, vähäistä sekä myös osittain vaikeasti löydettävissä. Maastossa tehtävä työ oli opettavaista ja toi vaihtelua kirjoittamiseen. Tärkeää maastotyökentelyssä on järjestelmällinen ja suunnitelmallinen toiminta, tarkkuus sekä selkeät, huolella tehdyt muistiinpanot. Haastavinta itselleni oli tulosten analysointi ja niiden työstäminen. Myös aihealueen rajaus ja tekstin tiivistäminen osoittautui haasteellisemmaksi, mitä olin osannut kuvitella. Mittaustulosten työstäminen osoittautui tarkkuutta ja kärsivällisyyttä vaativaksi tehtäväksi. Useampaan otteeseen työtä, niin tuloksia kuin itse tekstiäkin, oli muokattava moneen kertaan, jotta haluttu lopputulos saavutettiin.

Suuret kiitokset Luonnonvarakeskuksen tutkija Oili Tarvaiselle kattavan tutkimusmateriaalin luovuttamisesta sekä tarkasta ja pitkäjänteisestä opastamisesta työn aikana niin maastossa kuin aineiston tulkinnassakin.

LÄHTEET

- Alakangas, E., Keränen, J., Flyktman, M., Jetsu, P., Penttinen, L., Tukia, J. & Kattaja, J. 2012. [Verkkójulkaisu]. Keski-Suomen biomassavarat, tuotanto, käyttö, jalostus ja logistiikka-käyttö vuonna 2010 ja 2020. [Viitattu 12.3.2016]. Saatavana: http://www.bioclus.eu/en/images/files/Keski_Suomen_biomassavarat_ja_niiden_k%C3%A4ytt%C3%B6.pdf
- Egnel, G. 2010. Is the productivity decline in Norway spruce following whole tree harvesting in the final filling in boreal Sweden permanent or temporary?. *Forest Ecology and Management* 261, 148–153.
- Hanni, J. 2015. Kymmenen kysymystä koneellisesta istutuksesta. *Terve metsä* 1/2015.
- Hotanen, J-P., Nousiainen, H., Mäkipää, R., Reinikainen, A. & Tonteri, T. 2008. *Metsätyypit- opas kasvupaikkojen luokitteluun*. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Hukkanen, T. 2010. Kantobiomassan laskennallinen määrittäminen Metlan 3475-hankkeen koekentillä. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala. Metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Julkaisematon.
- Huusko, K., Tarvainen, O., Saravesi, K., Pennanen, T., Fritze, H., Kubin, E. & Markkola, A. 2014. Short-term impacts of energy wood harvesting on ectomycorrhizal fungal communities of Norway spruce saplings. *The Isme Journal*, 1-11.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2007. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. Energiapuunkorjuu ja kasvatusta. 2010. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Sastamala: Metsäkustannus Oy
- Istutuksen koneellistaminen on haasteellista. 27.10.2009. [Verkkosivu]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 7.2.2016]. Saatavana: <http://www.metla.fi/uutiskirje/mkl/2009-2/uutinen-1.htm>
- Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset. Päivitetty 9.10.2014. [Verkkosivusto]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 20.12.2015]. Saatavana: <http://www.metla.fi/hanke/3475/3475-koekalueet.htm>

- Kalson, K. & Tamminen, P. 2013. Long-term effects of stump harvesting on soil properties and tree growth in Scots pine and Norway spruce stands. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 28:6,550–558.
- Kasanen, R. 2009. Metsäpuiden sienitaudit. Metsäkustannus Oy.
- Kokko, A. 2012. Kantojen ja hakkuutähteiden korjuun vaikutus veden laatuun. [Verkkojulkaisu]. Rovaniemi: Rovaniemen ammattikorkeakoulu. Luonnonvara- ja ympäristöala, metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 6.2.2016]. Saatavana: <https://www.theseus.fi/handle/10024/39588>
- Koneellisen istutuksen kausi päättymässä. 14.10.2015. [Verkkosivu]. Metsäkeskus. [Viitattu 12.3.2016]. Saatavana: <http://www.metsakeskus.fi/uutiset/koneellisen-istutuksen-kausi-paattymassa>
- Korrelaatio ja sen merkitsevyys. Päivitetty 30.3.2015. [Verkkosivusto]. Akin menetelmäblogi. [Viitattu 30.3.2016]. Saatavana: <https://tilastoapu.wordpress.com/2011/11/01/10-korrelaatio-ja-sen-merkitsevyys/>
- Kubin, E., Hartman, M., Ilvesniemi, H., Lindgren, M., Kokko, A., Murto, T., Pasanen, J., Piispanen, J., Pohjola, S., Seppänen, R., Tarvainen, O., Tillman-Suteila, E. & Tolvanen, A. 2012. Metlan työraportteja 252. Kantojen noston ja hakkuutähteen keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset (3475): Koe- kenttien perustaminen ja tuloksia. [Verkkojulkaisu]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 6.2.2016]. Saatavana: <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp252.pdf>
- Kärhä, K., Hynönen, A., Laine, T., Strandström, M., Sipilä, K., Palander, T. & Rajala, P. 22.9.2014. Koneellinen metsänistutus ja sen tehostaminen Suomessa. [Verkkojulkaisu]. Metsätehon raportti 233. [Viitattu 7.2.2016]. Saatavana: http://www.metsateho.fi/wpcontent/uploads/2015/02/Raportti_233_Koneellinen_metsanistutus_ja_sen_tehostaminen_kk_ym.pdf
- Kärkkäinen, E-T. 2010. Hakkuutähteiden korjuun ympäristövaikutukset sekä hakkuutähteiden korjuun vaikutus metsänuudistamisen kokonaiskustannuksiin. [Verkkojulkaisu]. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, ympäristötiede ja -teknologia. Pro gradu-työ. [Viitattu 13.12.2015]. Saatavana: <https://jyx.jyu.fi/dspace/handle/123456789/25756>
- Laine, T. 2011. Koneellisen istutuksen käyttöönotto. [Verkkojulkaisu]. Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 11.2.2016]. Saatavana: http://www.metla.fi/ohjelma/mkl/seminarialustukset/huittinen/Laine_15_11_Huittinen_Koneellisen_istutuksen_kayttoonotto.pdf

- Laine, T. & Syri, M. 2012. [Verkkajulkaisu]. Suomen metsäkeskus ja Metsäntutkimuslaitos. [Viitattu 14.7.2015]. Saatavana: http://www.metla.fi/metinfo/metsanhoitopalvelut/pdf/Koneistutusopas2012_nettiluokittu2.pdf
- Luoranen, J. & Kiljunen, N. 2006. Kuusen paakkutaimien viljelyopas. Jyväskylä: Metsäntutkimuslaitos.
- Luoranen, J., Saksa, T. & Uotila, K. 2010. Metsänuudistaminen. Hämeenlinna: Metsäkustannus Oy.
- Maanmuokkauksen koulutusaineisto. 2000. Metsäteho. 2.painos. Porvoo: Metsäteho Oy.
- Mellin, J. 2006. [Verkkajulkaisu]. Tilastolliset menetelmät: Tilastolliset testit. [Viitattu 13.2.2016]. Saatavana: <http://math.aalto.fi/opetus/sovtoda/oppikirja/Testit.pdf>
- Metsähakkeen kohtalonhetki. Metsälehti 24.9.2015,10–11.
- Metsäntutkimuslaitos. 2009. [Valokuva]. Hanke: Kantojen noston ja hakkuutähtien keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset. Raportti koekenttien perustamisvaiheista 2005–2008. [Viitattu 7.2.2016]. Saatavana: <http://www.metla.fi/hanke/3475/pdf/Rap%202009%20Hankkeen%20koekenttien%20perustamisvaiheet%202005-2008.pdf>
- Mälkönen, E. (toim.) 2003. Metsämaa ja sen hoito. Hämeenlinna: Metsäntutkimuslaitos.
- Niemi, J. 2013. Kannonnoston vaikutus kuusentaimikoiden alkukehitykseen ja hoitotarpeeseen. [Verkkajulkaisu]. Seinäjoki: Seinjoen ammattikorkeakoulu. Maa- ja elintarvikeyksikkö, metsätalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 13.12.2015]. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/61722/Niemi_Juha.pdf?sequence=1
- Pasanen, J., Seppänen, R. & Keskitalo, A. 2009. Kantojen noston ja hakkuutähtien keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset. Hanke 3475. Raportti koekenttien perustamisvaiheista 2005–2008. [Verkkajulkaisu]. Luonnonvarakeskus. [Viitattu 7.2.2016]. Saatavana: <http://www.metla.fi/hanke/3475/pdf/Rap%202009%20Hankkeen%20koekenttien%20perustamisvaiheet%202005-2008.pdf>
- Puuntuottaja-raha on paras metsäneuvoja. 10.11.2012. [Valokuva]. Brackemerkkinen laikkumätästys- ja istutuslaite kiinnitettynä kaivinkoneen puumiin. [Viitattu 7.2.2016]. Saatavana: <http://www.puuntuottaja.com/kuusen-viljely-istuttamalla-pottitaimia-mattaisiin/>

- Saarsalmi, A., Tamminen, P., Kukkola, M. & Hautajärvi, R. 2010. Whole-tree harvesting at clear-felling: Impact on soil chemistry, needle nutrient concentrations and growth of Scots pine. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25:2, 148–156.
- Saksa, T. & Sauranen, T. 1999. Hakkuutähteen korjuumenetelmien vertailu ja vaikutus metsänuudistamiseen. Jyväskylä: Jyväskylän Teknologiateollisuus Oy. Bioenergian tutkimusohjelma. Julkaisuja 27.
- Saksa, T. 2012. Regeneration after stump harvesting in southern Finland. *Forest Ecology and Management* 290, 79-82.
- Taimikoissa riittää hoitotarvetta. *Metsälehti* 5.11.2015, 2.
- Tarvainen, O. 12.4.2016. [Henkilökohtainen sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Annette Lindström. [Viitattu 12.4.2016].
- Tarvainen, O., Hekkala, A-M., Kubin, E., Tamminen, P., Murto, T. & Tolvanen, A. 2015. Soil disturbance and early vegetation response to varying intensity of energy wood harvest. *Forest Ecology and Management*, 348, 153–163.
- Valkonen, S., Ruuska, J., Kolström Taneli., Kubin, E. & Saarinen, M. (toim.) 2001. Onnistunut metsänuudistaminen. Hämeenlinna: Metsälehti Kustannus.
- Wall, A. 2012. Risk analysis of effects of whole-tree harvesting on site productivity. *Forest Ecology and Management* 282, 175-184.
- Äijälä, O., Kuusinen, M. & Koistinen, A. (toim.) 2010. Hyvän metsänhoidon suositukset: Energiapuun korjuu ja kasvatusta. Sastamala: Metsäkustannus Oy.

LIITTEET

Liite 1. Maastoinventointilomake 1

Liite 2. Maastoinventointilomake 2

Liite 3. Istutustaimien keskimääräinen vuosikasvu eri kokoisilla mätillä vuosina 2009 ja 2012 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä

Liite 4. P-arvot

Liite 5. Mättiläiden hehtaariohaiset kappalemäärät mättilään paksuuden mukaan jaoteltuna lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä vuonna 2009

Liite 6. Istutettujen kuusentaimien keskipituudet lohkoilla 1, 2 ja 3 vuosina 2009, 2012 ja 2015.

Liite 7. Mättiläiden kokojakauma kappalemäärittäin vuonna 2009 lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä

Liite 8. Istutettujen kuusentaimien keskikasvu eripaksuisilla mättilällä koejäsenittäin vuonna 2009 lohkoilla 1, 2 ja 3

Liite 9. Istutettujen kuusentaimien keskikasvu eripaksuisilla mättilällä koejäsenittäin vuonna 2012 lohkoilla 1, 2 ja 3

Liite 10. Istutettujen kuusentaimien keskimääräiset vuosikasvut vuosina 2009, 2012 ja 2015 sekä kokonaiskasvu aikavälillä 2009–2014

Liite 11. Tuhojen ilmenemismuodot prosentteina vikaantuneista taimista lohkoilla 1, 2 ja 3 vuosina 2009, 2012 ja 2015

Liite 12. Maalajitteet prosentteina lohkoittain vuoden 2009 inventoinnin mukaan

LIITE 1 Maastoinventointilomake 1

Lohko	Koejäsen		Pvm		Mittaajat		Lomakeno
Rivino	Puulaji	Pituus dm	Kunto	Tuhon ilmiasu	Tuhon syy	Mätäs-koko-luokka	Muuta huomioitavaa
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							

Taimen kunto

1 = terve
2 = heikentynyt
3 = heikko
4 = kituva
5 = kuollut
6 = hävinnyt

Tuhon ilmiasu

1 = kohonnut maasta
2 = (kohonnut +) kaatunut
3 = ranka katkennut
4 = rangan kuorivaurio
5 = oksavaurio
6 = neulasvaurio
7 = silmuvaurio
8 = kuiva latva
9 = haaroittunut latva
10= mutka rungossa

Tuhon syy

1 = kuivuus
2 = märkyys
3 = lumi
4 = rouste
5 = eroosio
6 = halla
7 = metso
8 = myyrä
9 = tukkimiehen-täi
10 = muu hyönt.tuho

11 = sienitauti
12 = ravinnepuutos
13 = hirvi
14 = jänis
15 = hakkuutähteet
16 = pintakasvillisuus
17 = muut taimet
18 = lude
20 = tuntematon

Puulaji

1 = mänty
2 = kuusi
3 = rauduskoivu
4 = hieskoivu
5 = haapa
6 = leppä
7 = paju
8 = pihlaja
9 = raita

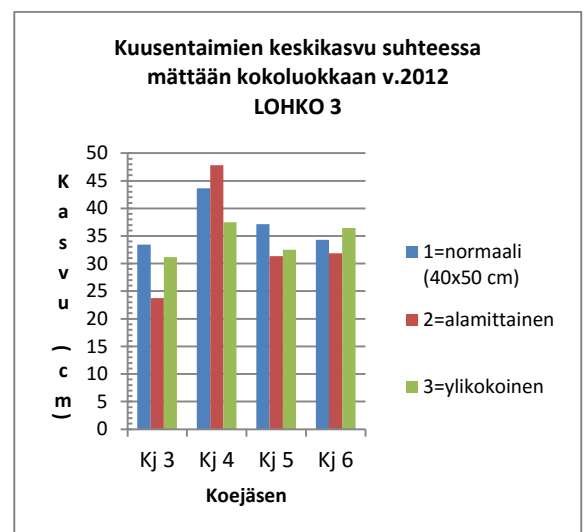
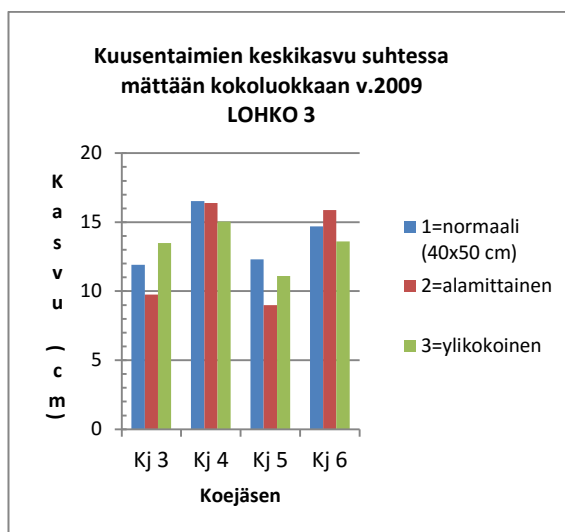
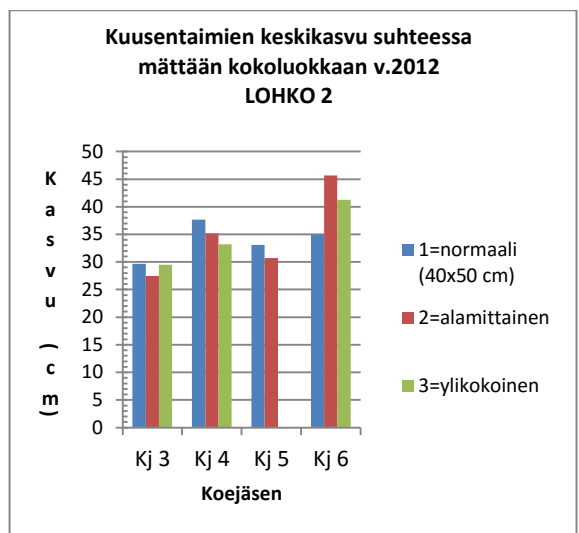
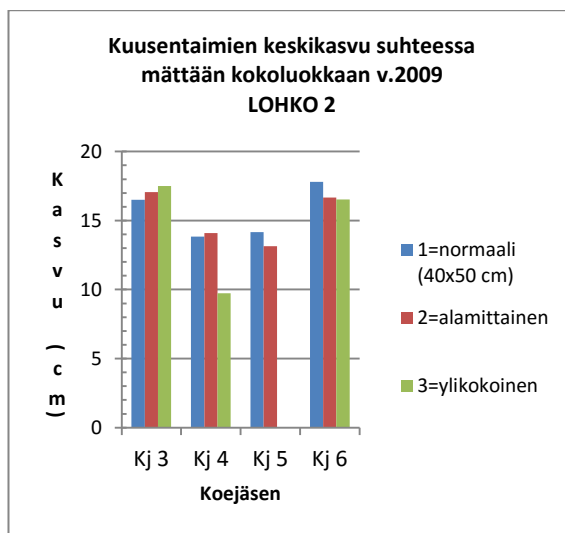
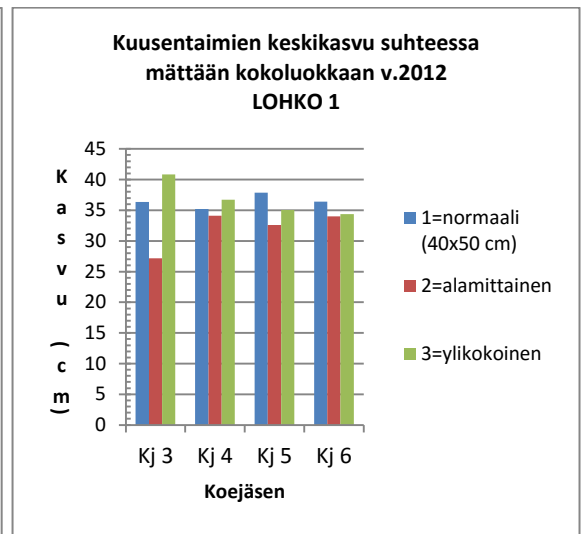
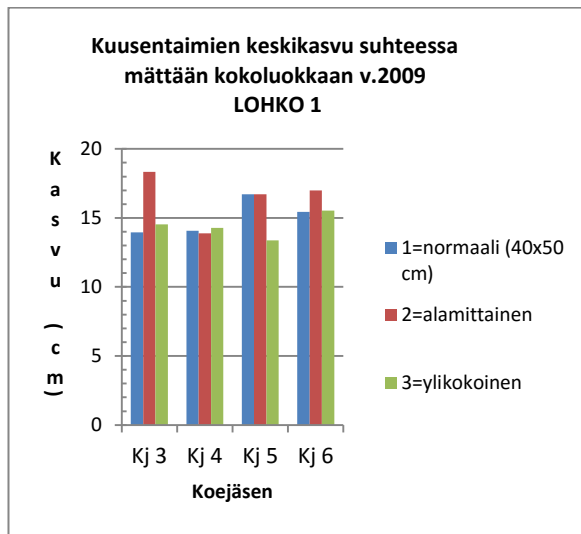
Mättään kokoluokka

1 = normaali (40x50 cm)
2 = alamittainen
3 = ylikokoinen

LIITE 2 Maastoinventointilomake 2

Alue			Lohko			Pvm			Mittaajat										Lomakenumero						
Rivino	Koejäsen	Ruutu	LT50 havu puu kpl	LT50 havu puu keski- pituu s (cm)	LT50 koivu raudu s- tai hiesk. kpl	LT50 koivu keski- pituus (cm)	LT50 muu lehti puu kpl	LT50 muu lehti puu kes- ki- pitu us (cm)	Heinä %	Muu ruoho- kasvi %	Varpu %	Sam mal/ jäkälä %	Kivi %	Kanto %	Hakkuu- tähteet %	Paljas kiven- näis- maa %	Taimen pituus (cm)	Kasvu vuonna 2014 (cm)	Tyven paksu us (mm)	Kunto	Tuhon ilmiasu	Tuhon syy	Mätäs- koko- luokka	Muuta huomioita vaa	
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
Taimen kunto			Tuhon syy			Tuhon ilmiasu																			
1 = terve			1 = kuivuus			11 = sienitauti			1 = kohonnut maasta																
2 = heikentynyt			2 = märkyys			12 = ravinnepuutos			2 = (kohonnut +) kaatunut																
3 = heikko			3 = lumi			13 = hirvi			3 = ranka katkennut																
4 = kituva			4 = rouste			14 = jänis			4 = rangan kuorivaurio																
5 = kuollut			5 = eroosio			15 = hakkuutähteet			5 = oksavaurio																
6 = hävinnyt			6 = halla			16 = pintakasvillisuus			6 = neulasvaurio																
			7 = metso			17 = muut taimet			7 = silmuvaurio																
			8 = myyrä			18 = lude			8 = kuiva latva																
			9 = tukkimieheni			20 = tuntematon			11 = haaroittunut latva																
			10 = muu hyönt.tuho						12= mutka rungossa																
Mätäskokoluokka			LT50 = luonnontaimi 50 cm etäisyydellämättäälle istutetusta kuusesta																						
1 = normaali (40x50 cm)			havupuu voi olla mänty tai kuusi																						
2 = alamittainen			muu lehtipuu voi olla paju, haapa, pihlaja, leppä = tieto voidaan kirjata huomioihin																						
3 = ylikokoinen																									

LIITE 3 Istutustaimien keskimääräinen vuosikasvu eri kokoisilla mättilillä (pituus/leveys) vuosina 2009 ja 2012 lohkon 1, 2 ja 3 koejäsenillä.



LIITE 4 P-arvot

Taulukko 1. Istutustaimien vuoden 2014 keskikasvujen p-arvo lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä.

LOHKO 1	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,253	0,019	0,348
LOHKO 2	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,887	0,330	0,264
LOHKO 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,548	0,059	0,728

Taulukko 2. Istutustaimien kokonaiskasvun (2008–2014) p-arvo lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä.

LOHKO 1	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,942	0,828	0,943
LOHKO 2	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,966	0,873	0,937
LOHKO 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,470	0,749	0,851

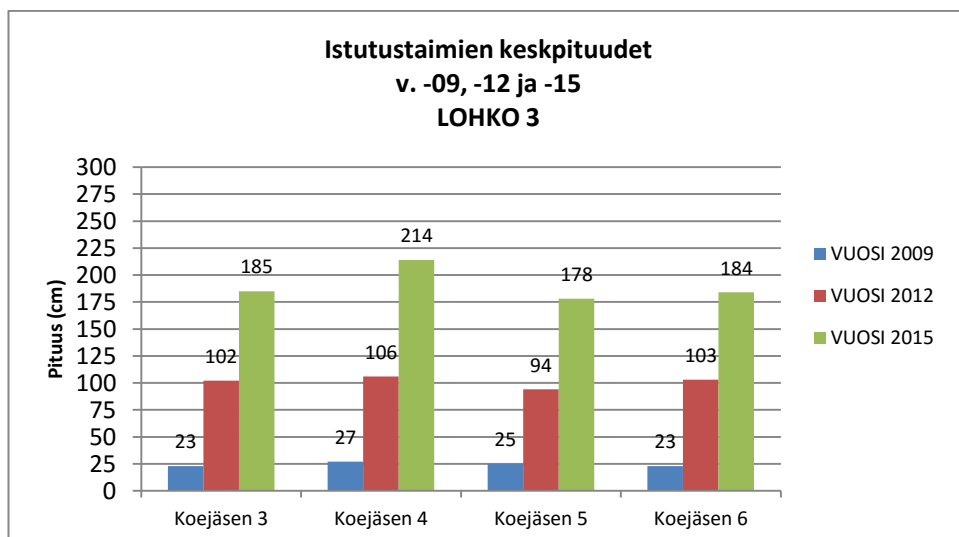
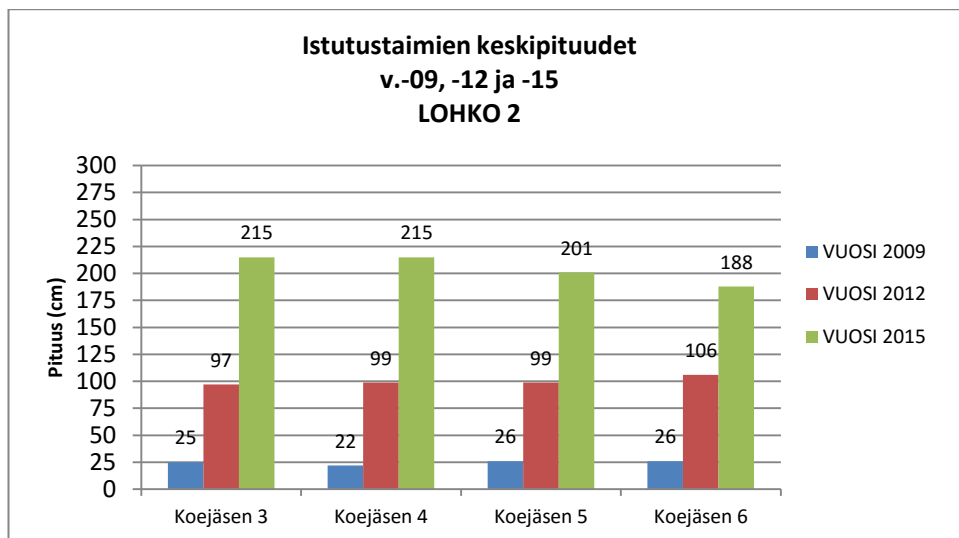
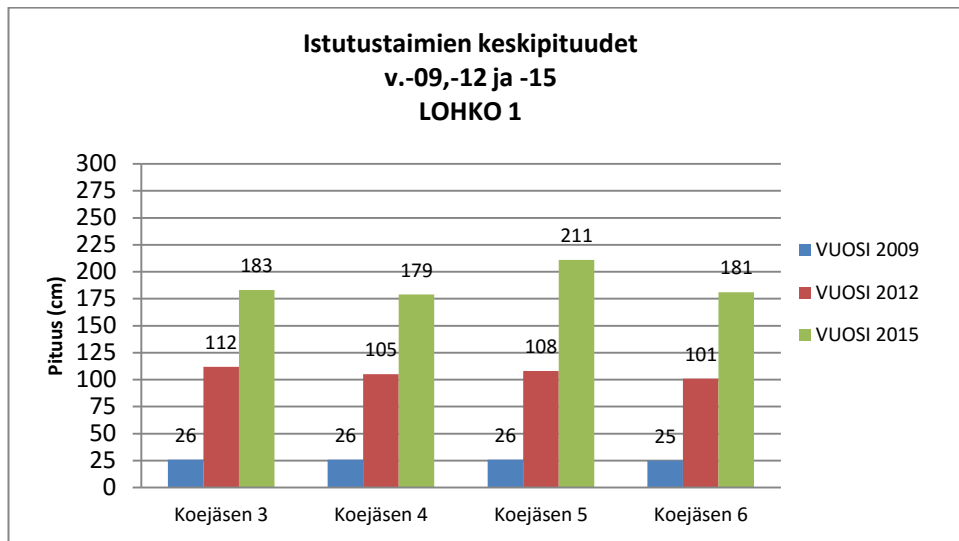
Taulukko 3. Istutustaimien pituuden p-arvo vuonna 2015 lohkoilla 1, 2 ja 3.

LOHKO 1	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,813	0,071	0,890
LOHKO 2	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,962	0,374	0,123
LOHKO 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
p-arvo	0,034	0,591	0,939

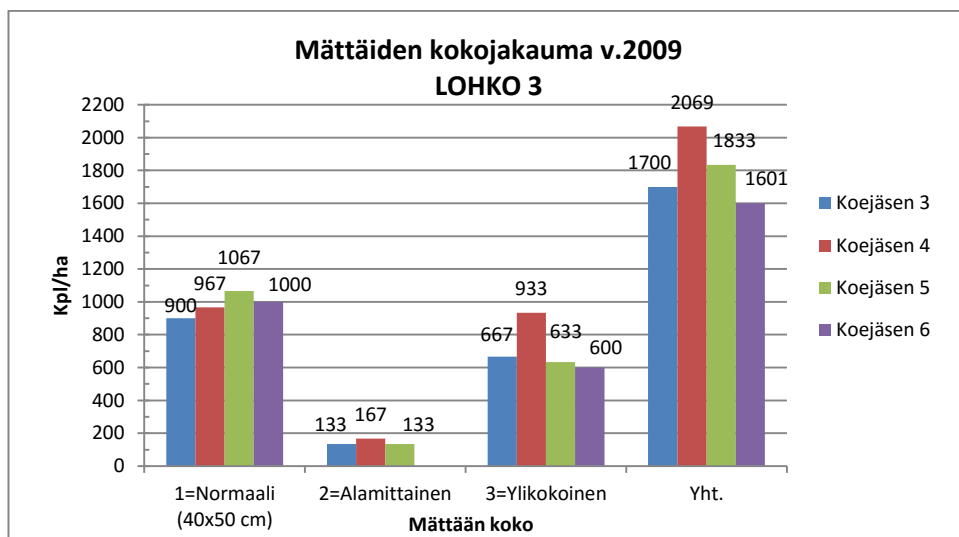
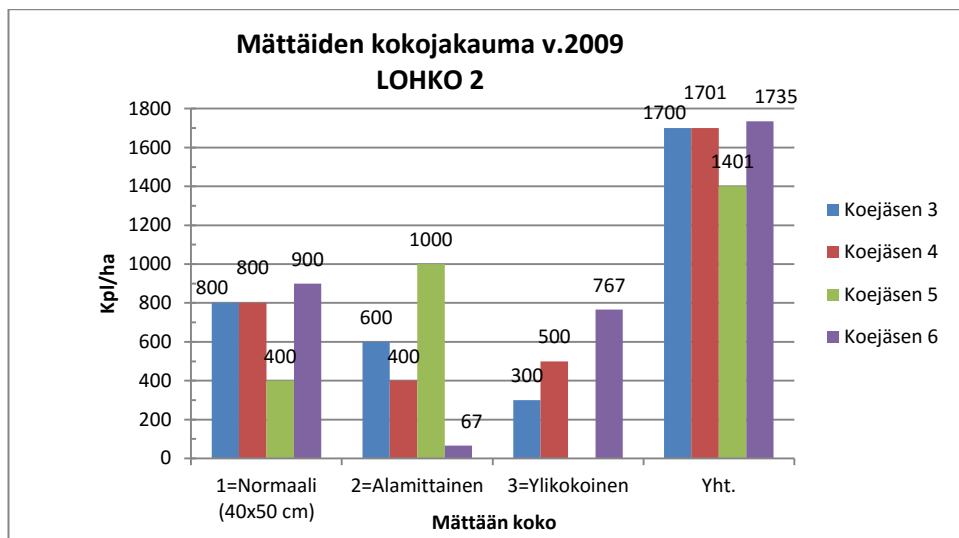
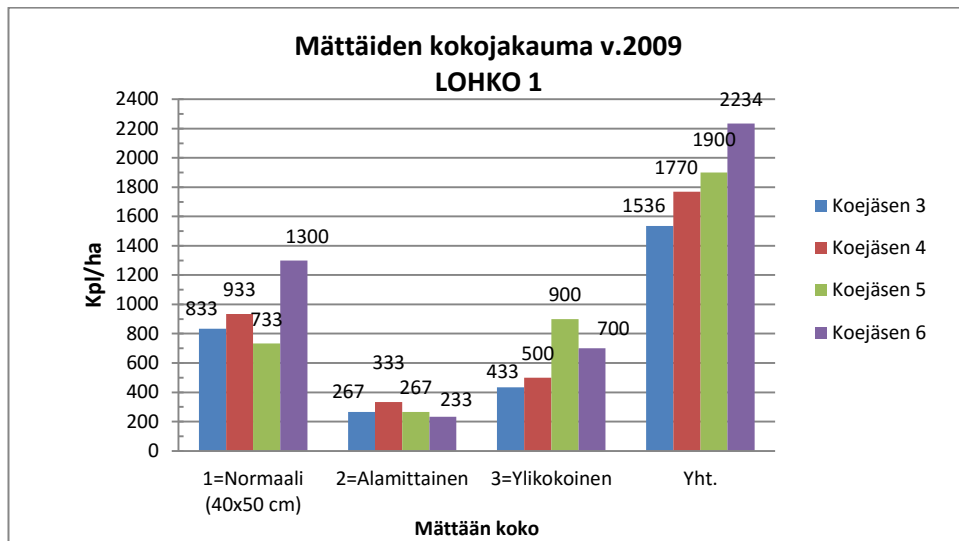
LIITE 5 Mättäiden hehtaariohittaiset kappalemäärät mättään paksuuden mukaan jaoteltuna lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä vuonna 2009

LOHKO 1	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Normaali (10–15 cm)	1033	1200	1233	1767
Ohut (<10 cm)	400	233	633	267
Paksu (>15 cm)	100	367	33	167
LOHKO 2	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Normaali (10–15 cm)	1200	1533	533	1467
Ohut (<10cm)	467	167	867	67
Paksu (>15 cm)	33	-	-	233
LOHKO 3	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
Normaali (10–15 cm)	867	1133	1233	1100
Ohut (<10 cm)	300	100	167	467
Paksu (>15 cm)	533	833	433	300

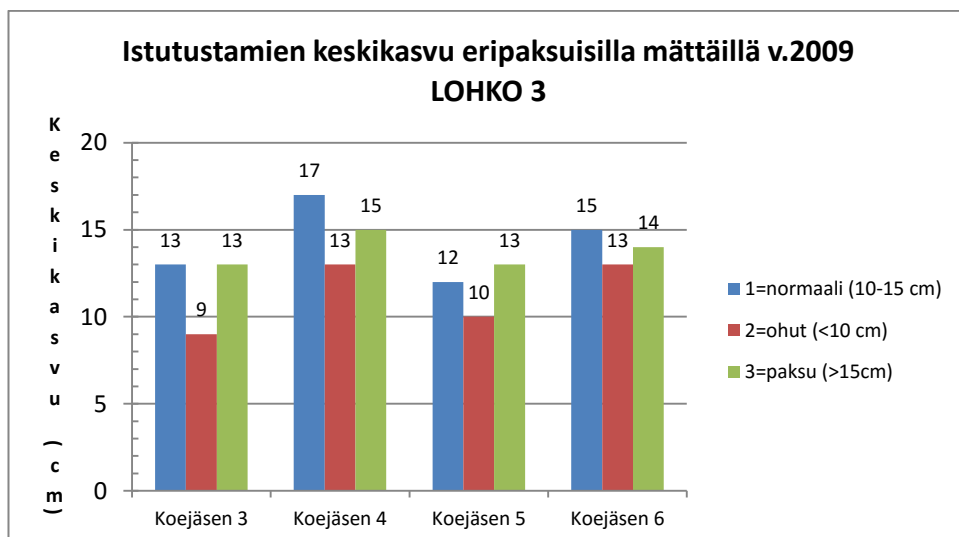
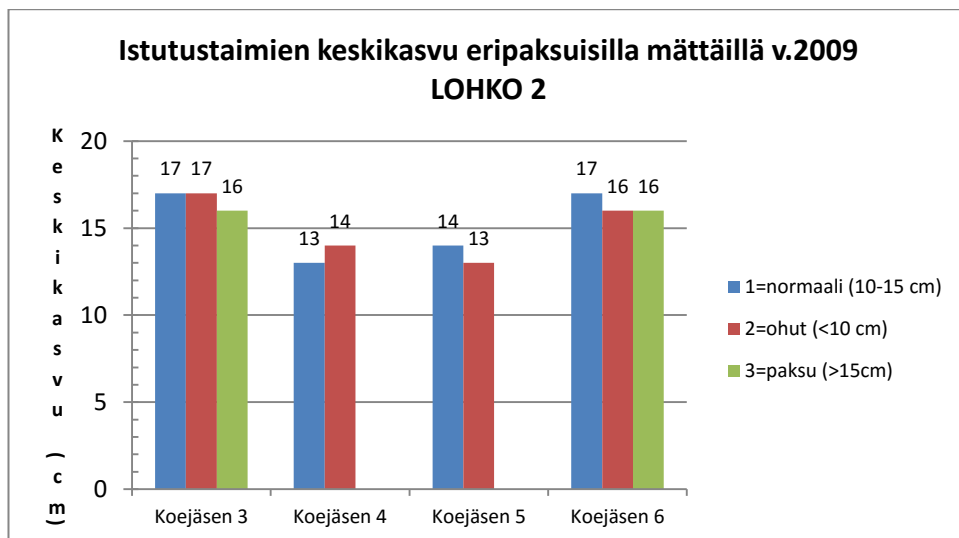
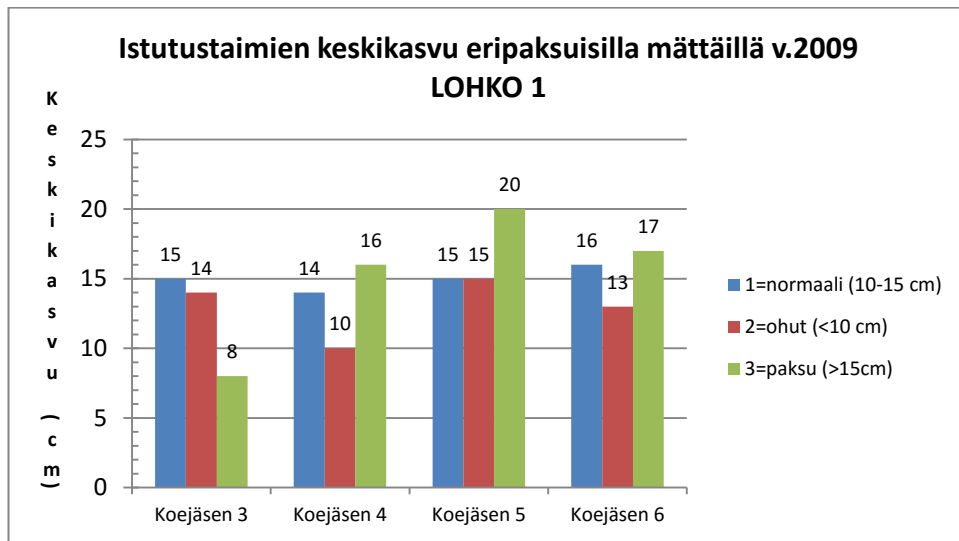
LIITE 6 Istutettujen kuusentaimien keskipituudet lohkoilla 1, 2 ja 3 vuosina 2009, 2012 ja 2015



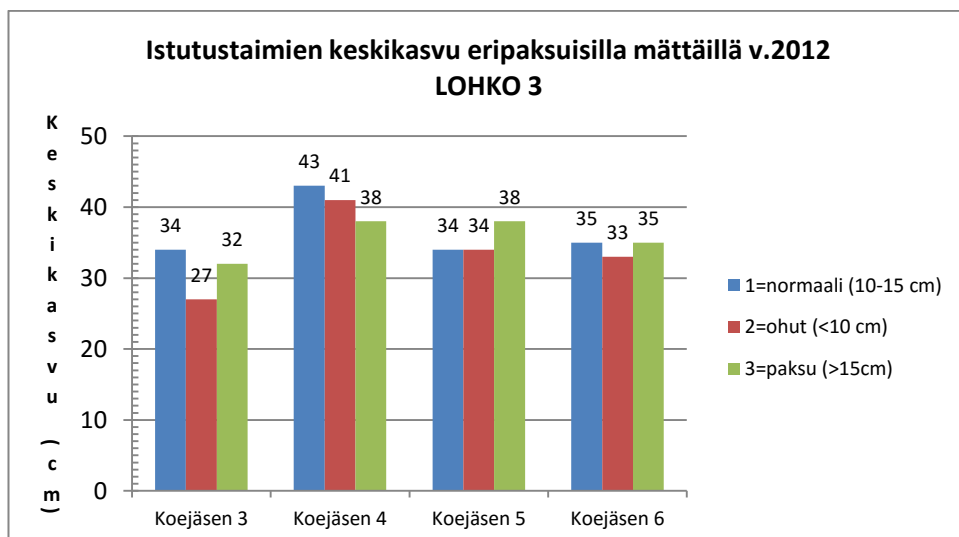
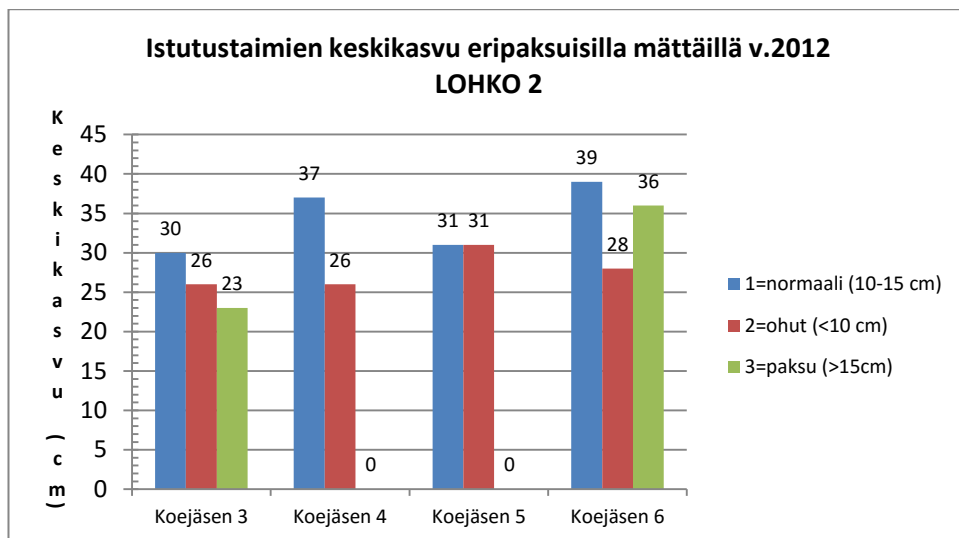
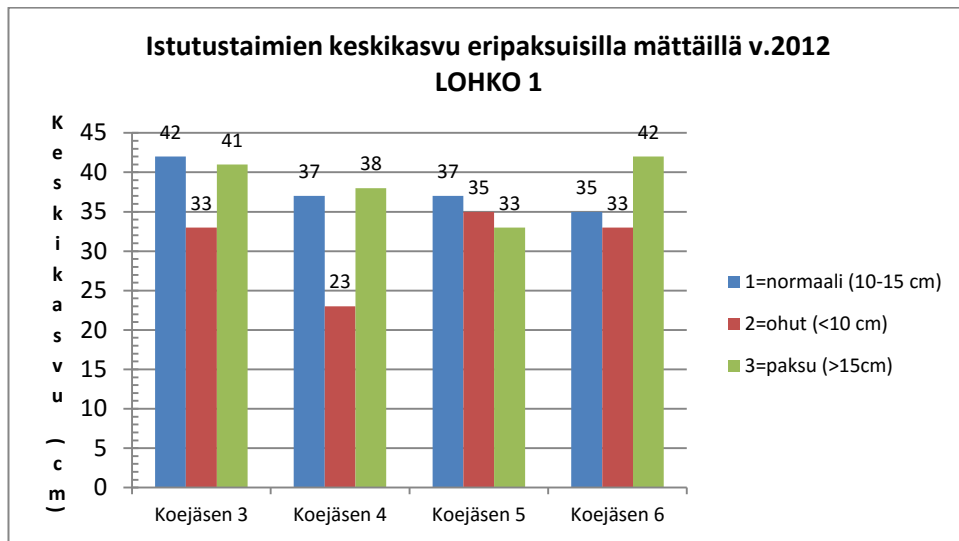
LIITE 7 Mättäiden kokojakauma kappalemäärittäin vuonna 2009 lohkojen 1, 2 ja 3 koejäsenillä



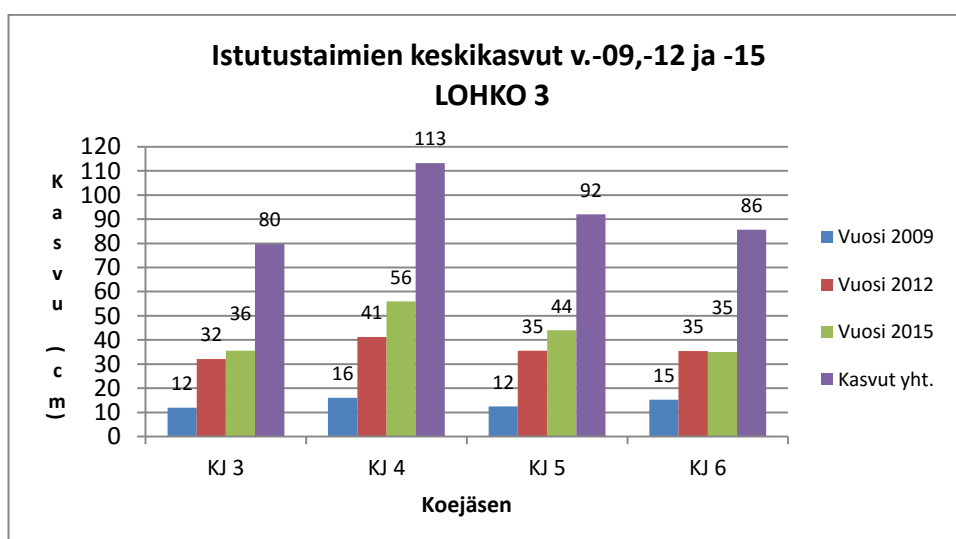
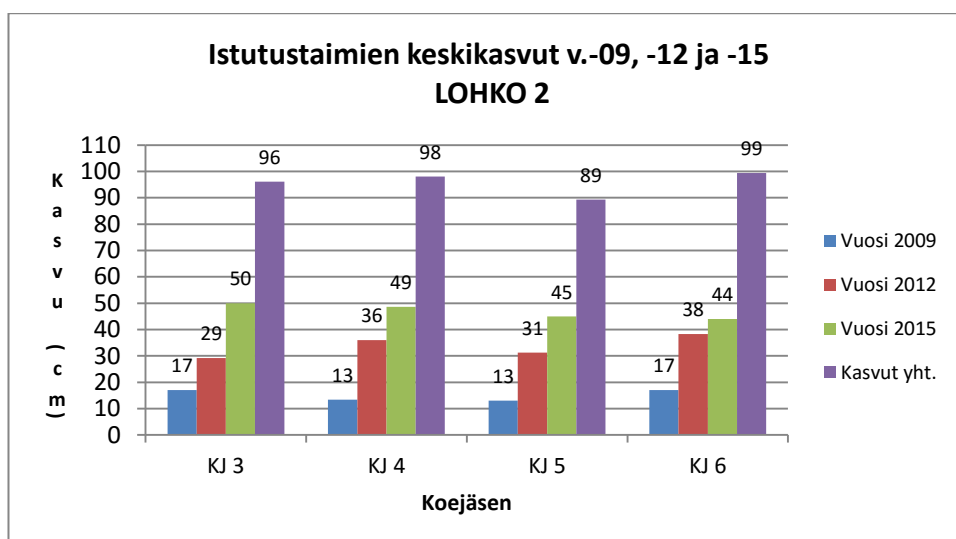
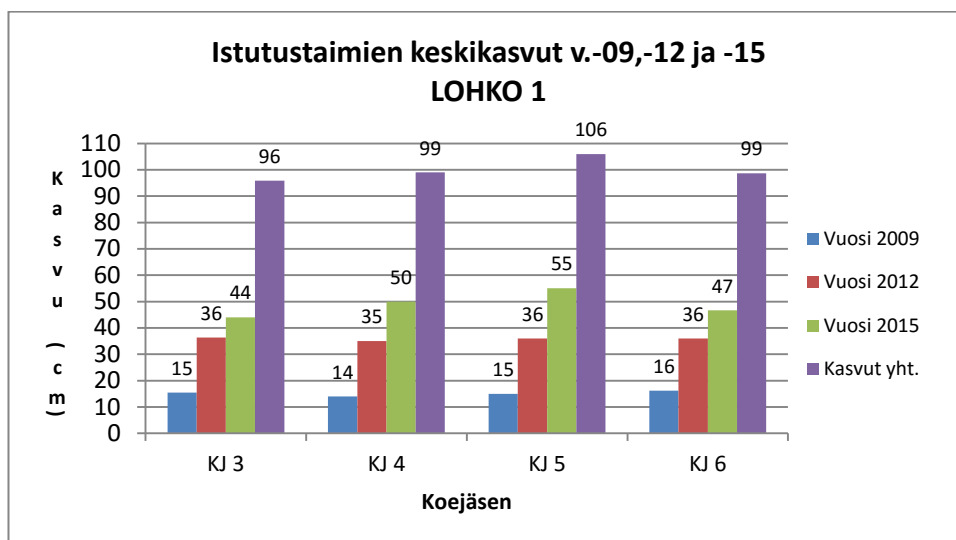
LIITE 8 Istutettujen kuusentaimien keskikasvu eripaksuisilla mättäillä koejäsenittäin vuonna 2009 lohkoilla 1, 2 ja 3



LIITE 9 Istutettujen kuusentaimien keskikasvu eripaksuisilla mättäillä koejäsenittäin vuonna 2012 lohkoilla 1, 2 ja 3



LIITE 10 Istutustaimien kuusentaimien keskimääräiset vuosikasvut vuosina 2009, 2012 ja 2015 sekä kokonaiskasvu aikavälillä 2009–2014



LIITE 11 Tuhojen ilmenemismuodot prosentteina vikaantuneista taimista lohkoilla 1, 2 ja 3 vuosina 2009,2012 ja 2015

LOHKO 1	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Kohonnut maasta	-	33 %	9 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2=(Kohonnut)+katunut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100 %
3=Ranka katkennut	-	-	-	20 %	-	-	-	-	-	-	-	-
4=Rangan kuorivaurio	-	-	45 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5=Oksavaurio	-	-	-	20 %	-	-	-	-	-	-	-	-
6=Neulasvaurio	-	-	-	-	-	-	-	11 %	-	50 %	-	-
7=Silmuvaurio	-	-	-	-	7 %	-	-	-	-	-	-	-
8=Kuiva latva	-	-	-	-	-	5 %	-	-	25 %	-	-	-
9=Haaroittunut latva	-	-	-	-	29 %	18 %	26 %	22 %	25 %	-	100 %	-
10=Mutka rungossa	-	-	-	-	-	-	-	-	50 %	50 %	-	-
Vikaantuneita taimia yhteensä kpl/ha	267	100	367	167	467	733	633	600	400	600	100	300

LOHKO 2	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Kohonnut maasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2=(Kohonnut)+katunut	-	-	-	-	-	-	4 %	-	-	-	-	-
3=Ranka katkennut	-	100 %	75 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4=Rangan kuorivaurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5=Oksavaurio	-	-	-	-	-	-	4 %	-	-	-	-	-
6=Neulasvaurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7=Silmuvaurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8=Kuiva latva	-	25 %	-	-	-	-	-	-	33 %	-	-	-
9=Haaroittunut latva	-	-	-	-	-	29 %	13 %	15 %	67 %	67 %	-	100 %
10=Mutka rungossa	-	-	-	-	-	-	4 %	-	-	33 %	-	-
Vikaantuneita taimia yhteensä kpl/ha	133	233	133	167	900	467	767	667	300	300	100	100

LOHKO 3	v.2009				v.2012				v.2015			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Kohonnut maasta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2=(Kohonnut)+katunut	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3=Ranka katkennut	25 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4=Rangan kuorivaurio	50 %	-	11 %	-	-	-	-	4 %	-	-	-	-
5=Oksavaurio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6=Neulasvaurio	-	-	11 %	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7=Silmuvaurio	-	-	-	-	7 %	-	-	-	-	-	-	-
8=Kuiva latva	-	-	11 %	-	-	-	-	-	33 %	25 %	25 %	-
9=Haaroittunut latva	-	-	-	-	-	12 %	14 %	-	67 %	75 %	75 %	100 %
10=Mutka rungossa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vikaantuneita taimia yhteensä kpl/ha	133	100	233	233	967	567	733	867	400	400	400	200

LIITE 12 Maalajitteet prosentteina lohkoittain vuoden 2009 inventoinnin mukaan

	LOHKO 1				LOHKO 2				LOHKO 3			
	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6	koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	koejäsen 6	Koejäsen 3	Koejäsen 4	Koejäsen 5	Koejäsen 6
1=Hienojakoinen	80 %	82 %	67 %	75 %	72 %	67 %	-	75 %	20 %	-		56 %
2=Keskikarkea	-	2 %	-	-	-	2 %	24 %	-	56 %	44 %	20 %	2 %
3=Karkea	-	-	-	1 %	-	-	12 %	-	2 %	33 %	40 %	
4=Humus	4 %	-	5 %	-	-	4 %	10 %		2 %	-	4 %	2 %
5=Humus+kiven näismaa	10 %	11 %	28 %	22 %	20 %	25 %	52 %	22 %	20 %	20 %	20 %	39 %