

OPINNÄYTETYÖ
Hanna Mäkelä 2014

**KUUSEN TAIMIEN ALKUKEHITYS TURVE-
MAAN PIENAUKOISSA ETELÄ-LAPISSA**

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU
METSÄTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

LAPIN AMMATTIKORKEAKOULU
LUONNONVARA- JA YMPÄRISTÖALA
Metsätalouden koulutusohjelma

Opinnäytetyö

**KUUSEN TAIMIEN ALKUKEHITYS TURVEMAAN
PIENAUKOISSA ETELÄ-LAPISSA**

Hanna Mäkelä

2014

Toimeksiantaja Metsäntutkimuslaitos
Ohjaaja Liisa Kuutti

Hyväksytty _____ 2014 _____

Lapin
ammattikorkeakoulu

Luonnonvara- ja
ympäristöala
Metsätalouden
koulutusohjelma

Opinnäytetyön
tiivistelmä

Tekijä

Hanna Mäkelä

Vuosi 2014

**Toimeksiantaja
Työn nimi**

Metsäntutkimuslaitos
Kuusen taimien alkukehitys turvemaan pienaukoissa Etelä-
Lapissa

Sivu- ja liitemäärä

53 + 16

Suomessa on paljon metsätalouskäytössä olevaa turvemaata ja puutuotannon käytössä 514 miljoonaa kuutiota puuta. Turvemaille on kehittymässä runsaasti uudistuskypsiä metsiä. On hyvä tutkia erilaisia tapoja uudistaa näitä turvemaan metsiä, jotta uudistamiskustannukset pysyvät kohtuullisina. Samalla voidaan miettiä ympäristön ja maiseman kannalta parhaita ja kannattavimpia uudistamistapoja.

Opinnäytetyössäni selvitin, miten rehevän turvemaan kuusikkoon tehtyihin pienaukoihin jäänyt kuusialikasvos elpyy ja lähtee kasvamaan sekä miten ovat lähteneet kehittymään uudet, pienaukoihin hakkuun jälkeen syntyneet taimet. Tutkimus tehtiin turvemaalla Pohjois-Suomessa Tervolan kunnassa, johon on hakattu erikokoisia pienaukkoja vuonna 2005. Mitattuja taimia 33 pienaukolta tuli yhteensä 172.

Kuusen taimien kasvu parani, kun hakkuista oli kulunut viisi vuotta. Elpyminen oli parasta suurimmilla pienaukoilla, jotka olivat halkaisijaltaan 20 metriä. Taimien kasvu on selvästi hitaampaa kymmenen metriä halkaisijaltaan olevissa pienaukoissa kuin pienaukoissa, joiden halkaisija on 15 tai 20 metriä. Taimien sijainnilla aukossa ei yksinään ole merkitystä taimien kasvuun, mutta aukon koolla ja taimen sijainnilla aukossa on merkitsevä yhteisvaikutus taimien kasvulle.

Halkaisijaltaan 15-metrisessä aukossa taimet kasvavat keskellä aukkoa paremmin kuin aukon reunoissa. Halkaisijaltaan 20 metriä olevissa pienaukoissa taimet kasvavat yhtä hyvin pienaukon keskellä ja reunoissa lukuun ottamatta eteläreunaa, jossa taimet kasvavat huonommin kuin muualla aukossa. Kymmenen metriä halkaisijaltaan olevissa pienaukoissa taimet kasvavat kaikkialla hitaasti. Valon määrällä on merkitystä kuusen taimien elpymiseen ja pituuskasvun vauhdittumiseen.

Tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että pienaukon halkaisijan tulisi olla vähintään puuston valtapituuden mittainen eli tässä tutkimuksessa 20 metriä. Silloin taimet kasvavat paremmin lähes kaikkialla pienaukossa ja taimia on enemmän ja ne ovat parempikuntoisia kuin pienemmillä pienaukoilla kasvavat taimet.

Avainsanat

kuusi, luontainen uudistaminen, pienaukkohakkuu,
turvema

Author	Hanna Mäkelä	Year	2014
Commissioned by	Finnish Forest Research Institute (Metla)		
Subject of thesis	Spruce Seedling Growth Ability in Peatlands Small Canopy Openings in South Lapland		
Number of pages	53 + 16		

In Finland we have a lot of peatlands which are in forestry use. In peatlands there is 514 million cubic meters of wood growing for wood production. Plenty of peatland stands are soon approaching regeneration maturity. It is important to research different kinds of regeneration methods to help keep regeneration reasonably priced. Different kinds of regeneration methods also have an impact on the environment and landscape. When there is enough information of different kinds of regeneration methods, peatland stands can be regenerated in the best possible way from the point of view of the environment and the landscape.

This study deals with Norway spruce undergrowth sapling recovery and growth, and the natural growth of Norway spruce seedlings after cuttings in small canopy openings in drained spruce mire stands in northern Finland in Tervola. In the experimental area different sized small canopy openings had been felled in 2005. There are 33 canopy openings and 172 saplings were measured from these openings.

Five years after felling the growth of spruce saplings improved. In the biggest small canopy openings which had a diameter of 20 meters, spruce saplings growth was better than in smaller canopy openings. There was no difference in which part of the canopy openings the saplings were, but together the opening size and sapling growth place make a difference in sapling height growth.

In the canopy openings which had a diameter of 15 meters, saplings grew better in the middle of the openings than on the side of the openings. In the openings, which had a diameter of 20 meter, sapling growth was the same all over the openings except in the southern part. In south part of openings saplings did not grow as well as in other parts. In the openings, which had a diameter of 10 meters, sapling growth in all parts of the openings was weaker than in bigger openings. The amount of visible radiation is an important factor for spruce sapling recovery and growth.

The small canopy opening diameter should be at least the height of the dominant trees. In this study it means canopy openings which had a diameter of 20 meters. These size canopy openings saplings grow better almost everywhere in the opening than in smaller openings. There are also more saplings and they are in better condition than in smaller openings.

Key words canopy gaps, natural regeneration, peatlands, *Picea abies*

SISÄLTÖ

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO.....	1
1 JOHDANTO	2
2 SUOMEN SUOMETSÄT	6
2.1. SUON MÄÄRITELMÄ	6
2.2 SUO METSÄN KASVUALUSTANA	7
2.3 SOIDEN KÄYTTÖ METSÄTALOUDESSA	10
3 METSÄN UUDISTAMINEN	12
3.1 METSÄN UUDISTAMINEN TURVEMAILLA	12
3.2 METSÄN LUONTAINEN UUDISTAMINEN TURVEMAILLA.....	16
3.3 METSÄN UUDISTAMINEN PIENAUKKOHAKKUIDEN KAUTTA.....	17
4 KUUSI	22
4.1 KUUSEN KASVU JA KEHITYS	22
4.2 KUUSEN ALIKASVOSOMINAISUUDET	24
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	26
5.1 TUTKIMUSALUE	26
5.2 TUTKIMUSAINEISTON MITTAAMINEN	28
5.3 TUTKIMUKSESSA KÄYTETYT TILASTOLLISET MENETELMÄT	30
6 TUTKIMUSTULOKSET	32
6.1 TAIMIEN KUNTO JA SIJAINTI PIENAUKOLLA	32
6.2 GRAAFISET TARKASTELUT	34
6.3 TILASTOLLISET TESTIT	37
6.3.1 Yksisuuntaiset varianssianalyysit	37
6.3.2 Kaksisuuntaiset varianssianalyysit	40
7 TULOSTEN TARKASTELU	44
7.1 PIENAUKON KOON VAIKUTUS TAIMEN KASVUUN.....	44
7.2 TAIMEN SIJAINNIN VAIKUTUS KASVUUN	45
7.3 TULOSTEN LUOTETTAVUUS	47
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	48
LÄHTEET.....	50
LIITTEET.....	54

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

KUVIO 1. TUKKEUTUNUT OJA LINTUPIRTIN TUTKIMUSALUEEN LOHKOLLA 1.....	15
KUVIO 2. KUUSENTAIMIA LINTUPIRTIN PIENAUKOLLA LOHKOLLA 2.....	21
KUVIO 3. HYVIN KASVAVIA TAIMI LINTUPIRTIN PIENAUKOLLA 431.....	25
KUVIO 4. TAIMIKOEALOJEN SIOITTELU PIENAUKOSSA	27
KUVIO 5. KORJUUTÄHTEITÄ KERÄTTYNÄ YHTEEN LINTUPIRTIN KOEALUEELLA LOHKOLLA 1.....	27
KUVIO 6. TAIMIEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN MÄÄRÄT 10, 15 JA 20 METRIN PIENAUKOISSA.....	31
KUVIO 7. TYHJIEN TAIMIKOEALOJEN MÄÄRÄ ERIKOKOISILLA PIENAUKOILLA YHTEENSÄ JA TAIMIKOEALOJEN MUKAAN.....	33
KUVIO 8. TAIMIEN PITUUSJAKAUMAT VUOSINA 2010 JA 2013	34
KUVIO 9. MITATTUJEN TAIMIEN PITUUDET VUOSINA 2010 JA 2013.....	34
KUVIO 10. KUUSEN TAIMIEN VUOSITTAINEN KASVU ERIKOKOISILLA PIENAUKOILLA	35
KUVIO 11. KUUSEN TAIMIEN VUOSITTAINEN KASVU KESKELLÄ PIENAUKKOA JA SEN REUNOISSA OLEVILLA TAIMIKOEALOILLA	36
KUVIO 12. KUUSEN TAIMIEN VUOSITTAINEN KASVU ERI KOHDISSA PIENAUKKOA OLEVILLA TAIMIKOEALOILLA.....	36
KUVIO 13. PARI VERTAILU PIENAUKON KOON MUKAAN KRUSKAL – WALLIS TESTISSÄ	38
KUVIO 14. VIIDEN VIIMEISEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVOT ERI KOHDISSA PIENAUKKOA JA ERIKOKOISILLA AUKOILLA	41
KUVIO 15. VIIDEN VIIMEISEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVOT AUKON KESKELLÄ JA REUNOISSA.....	43
TAULUKKO 1. MITATTUJEN TAIMIEN MÄÄRÄT ERIKOKOISILLA PIENAUKOILLA	29
TAULUKKO 2. TAIMIEN KUNTO 10, 15 JA 20 METRIÄ HALKAISIJALTAAN OLEVILLA PIENAUKOILLA	32
TAULUKKO 3. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI AUKON KOON VAIKUTUKSESTA TAIMIEN KASVUUN	37
TAULUKKO 4. TAIMIEN KASVUJEN KESKIARVOT, MITATTUJEN TAIMIEN MÄÄRÄ JA KASVUJEN HAJONTA ERIKOKOISILLA PIENAUKOILLA	39
TAULUKKO 5. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI TAIMIEN SIAINNIN VAIKUTUKSESTA TAIMEN KASVUUN	40
TAULUKKO 6. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI AUKON KOON VAIKUTUKSESTA TAIMEN KASVUUN, RIIPPUVANA MUUTTUJINA VUOSIEN 2011 JA -12 KASVUJEN KESKIARVO JA VUOSIEN 2008 – 2010 KASVUJEN KESKIARVO.....	61
TAULUKKO 7. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI AUKON KOON VAIKUTUKSESTA TAIMEN KASVUUN, RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VIIMEISEN VUODEN KESKIKASVU.....	61
TAULUKKO 8. KAKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI, SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA AUKON KOKO JA TAIMEN SIAINTI AUKOSSA (KOEALAN SIAINNEISSA MUKANA KESKIAUKKO) SELITETTÄVINÄ MUUTTUJINA VUOSIEN 2011 JA -12 SEKÄ 2008 - 2010 KASVUT	62
TAULUKKO 9. KAKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI, SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA AUKON KOKO JA TAIMEN SIAINTI AUKOSSA (KOEALAN SIAINNEISSA MUKANA KESKIAUKKO) SELITETTÄVÄNÄ MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN KASVUJEN KESKIARVO.....	62
TAULUKKO 10. KAKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI, SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA AUKON KOKO JA TAIMEN SIAINTI AUKOSSA (KOEALOISTA MUKANA VAIN REUNA KOEALAT) SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA VUOSIEN 2011 JA 2013 SEKÄ 2008- 2010 KASVUT	63
TAULUKKO 11. KAKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI, SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA AUKON KOKO JA TAIMEN SIAINTI AUKOSSA (KOEALOISTA MUKANA VAIN REUNAKOEALAT) SELITETTÄVÄNÄ MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN KASVUJEN KESKIARVO.....	64
TAULUKKO 12. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI ILMANSUUNNAN VAIKUTUKSESTA PITUUSKASVUUN PIENAUKON HALKAISIJAN OLLESSA 20 M, RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVO...	64
TAULUKKO 13. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI ILMANSUUNNAN VAIKUTUKSESTA PITUUSKASVUUN PIENAUKON HALKAISIJAN OLLESSA 20 M (MUKANA MYÖS KESKIKOEALA), RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVO	65
TAULUKKO 14. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI ILMANSUUNNAN VAIKUTUKSESTA PITUUSKASVUUN PIENAUKON HALKAISIJAN OLLESSA 15 M, RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVO...	66
TAULUKKO 15. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI ILMANSUUNNAN VAIKUTUKSESTA PITUUSKASVUUN PIENAUKON HALKAISIJAN OLLESSA 15 M (MUKANA MYÖS KESKIKOEALA) RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN VUOSITTAISTEN KASVUJEN KESKIARVO	67
TAULUKKO 16. YKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI ILMANSUUNNAN VAIKUTUKSESTA PITUUSKASVUUN PIENAUKON HALKAISIJAN OLLESSA 10 M (MUKANA MYÖS KESKIKOEALA), RIIPPUVANA MUUTTUJANA VIIDEN VIIMEISEN VUODEN VUOSITTAISTEN PITUUSKASVUJEN KESKIARVO.....	68
TAULUKKO 17. KAKSISUUNTAINE VARIANSSIANALYYSI SELITTÄVINÄ MUUTTUJINA AUKON KOKO JA TAIMEN KASVU KESKELLÄ TAI PIENAUKON REUNASSA, SELITETTÄVÄNÄ MUUTTUJANA VIIDEN VUODEN KASVUJEN KESKIARVO.....	69
TAULUKKO 18. KESKI- JA REUNAKOEALOJEN YHTEISVAIKUTUS AUKON KOON KANSSA.....	69

1 JOHDANTO

Metsien ja järvien lisäksi Suomen maisemaa hallitsevat suot. Suomen maapinta-alasta noin kymmenen miljoonaa hehtaaria on suota. Jos mukaan lasketaan myös eriasteiset soistuneet kangasmaat, nousee näiden vesien vaamien maiden yhteispinta-ala noin 11,8 miljoonaan hehtaariin. (Touko 1992, 161.) Alkuperäisestä suoalueesta on aikanaan ojitettu 54 prosenttia (Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille 2007, 5). Suomi on Euroopan soisin maa ja pinta-alaansa nähden maapallon soistunein maa (Touko 1992, 161). Suon erilaisista geologisista, ekologisista ja metsätaloudellisista määritelmistä johtuen soiden määrät Suomen maapinta-alasta vaihtelevat.

Valtakunnan metsien 11. inventoinnin mukaan Suomen metsätalousmaasta 34 prosenttia eli 8,8 miljoonaa hehtaaria on soita. Korpia näistä soista on reilut kaksi miljoonaa hehtaaria. Ojitettuja metsätalousmaan soita on 4,7 miljoonaa hehtaaria. Metsätalousmaan soita on eniten Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa. (Metsätilastollinen vuosikirja 2012, 50.) Koska suolla kasvavien metsien osuus on merkittävä, ei ole lainkaan yhden tekevää, miten näitä suometsiä kasvatetaan ja uudistetaan.

Kuten kaikkien metsien käsittelyohjeet, ovat myös suometsien käsittelyohjeet muuttuneet aikojen saatossa samalla, kun metsäpolitiikan päämäärät ovat muuttuneet. Turvemaiden metsissä on sovellettu vuoteen 2007 saakka kiivennäismaan hyvän metsänhoidon suosituksia. Vasta vuonna 2007 ilmestyivät ensimmäiset erityisesti turvemaille suunnatut hyvän metsänhoidon suositukset, vaikka suontutkimusosasto oli ollut metsätutkimuslaitoksella olemassa jo vuodesta 1928 ja vuodesta 1938 asti suometsätieto oli ollut yliopistollinen tutkimus- ja opetusala (Päivänen 2007, 11). Vuonna 1985 ilmestyneessä Metsä 2000-ohjelmassa kiinnitettiin jo vakavaa huomiota kunnostusojituksen tarpeellisuuteen (Päivänen 2007, 158) ja näin suometsien erityiseen hoidon tarpeeseen.

Suomen soilla on nykyisin puuntuotannon käytössä 514 miljoonaa kuutiota puuta (Metsätilastollinen vuosikirja 2012, 65). Soilla on siis huomattavat puuvarannot ja monet ojitetut suot alkavat lähestyä uudistamisvaihetta (Hökkä – Repola – Moilanen - Saarinen 2011, 633).

Yleinen tapa uudistaa turvemaan kuusikoita on avohakkuu, mätästys ja istutus, koska tätä on pidetty varmana keinona saada uusi metsä hakatun tilalle. On ollut aiheellista tutkia myös muita vaihtoehtoja. Tutkimuksissa on todettu, että turvemaalle saadaan aikaiseksi uusi taimikko luontaisesti ilman mitään muokkaustoimiakin (Moilanen – Issakainen - Vesala 2011, 27). Tämä on hyvä tieto, koska varsinkaan pohjoisessa osassa Suomea suometsistä saatavat tulot eivät nouse kovin korkeiksi johtuen hitaasta kasvusta ja pieneksi jäävästä puustosta. Luontaisella uudistamisella saadaan vähennettyä uudistamiskuluja ja samalla maanmuokkauksen jäädessä pois vähennetään vesistöihin virtaavien ravinteiden määrää. Tämä on tärkeä näkökohta nykyisen ympäristön - ja vesistöjen suojelun kannalta.

Yleinen ilmapiiri ja metsänomistajien metsiinsä kohdistuvat tavoitteet ovat muuttuneet. Halutaan lisää vaihtelevuutta metsäkasvatus - ja uudistamismenetelmiin ja näin huomioida paremmin metsien erilaiset käyttötarkoitukset (Kumela – Hänninen 2011, 60). Vuoden 2014 alusta voimaan tullessa uudessa metsälaisissa on otettu huomioon mahdollisuus eri-ikäisrakenteisen metsän kasvattamiseen ja metsän uudistamiseen pienaukkohakkuuin (Metsänkäsittelymenetelmien monipuolistaminen - jatkotyöryhmän muistio 2012, 15). Tämä luo myös tarvetta tutkia erilaisten kasvatus- ja uudistamismenetelmien toimivuutta, jotta metsänomistajien käytössä olisi paras mahdollinen tieto erilaisten toimintatapojen vaikuttavuudesta ja sopivuudesta juuri heidän tavoitteisiinsa.

Olen ollut itse kiinnostunut luontaisesta uudistamisesta ja sen mahdollisuuksista opintojeni alusta asti. Metsäntutkimuslaitoksella on käynnissä hanke ”Luontainen uudistaminen – pusikoita vai puuntuottamista”. Tavoitteena hankkeessa on ratkaista ajankohtaisimmat ja merkittävimmät luontaisen uudistamisen kysymykset niin, että männyn ja kuusen luontaisen uudistamisen menetelmät ovat hallinnassa sekä kivennäis- että turvemaalla (Metsän luontainen uudistaminen – pusikoita vai puun tuottamista 2012). Tähän osana kuuluu suometsien luontaisen uudistamisen tutkiminen.

Otin yhteyttä Metsäntutkimuslaitokseen ja esitin kiinnostukseni turvemaan luontaiseen metsän uudistamiseen ja tiedustelin mahdollisuutta päästä mukaan tutkimaan aihetta. Pääsin jatkamaan vuonna 2005 alkanutta turvemaan

pienaukkojen kuusen luontaisen uudistamisen tutkimusta. Tutkimuksissa on tähän mennessä tultu siihen tulokseen, että kuusi lähtee hyvin taimettumaan turvemaan pienaukossa. Vielä ei kuitenkaan ole tietoa siitä, kuinka hyvin taimet jatkavat kasvuaan tällaisessa pienaukoissa. Tutkimukseni tarkoituksena on tuottaa lisätietoa siitä, kuinka mahdollisia uudistamismenetelmiä pienaukkohakkuu ja luontainen uudistaminen turvemaan kuusikossa todellisuudessa ovat.

Vastaavia turvemaanuudistamisen pienaukkokokeita ei ole Suomessa tehty. Käyrämössä on meneillään tutkimus, jossa tavoitteena on tutkia kangasmaan uudistamista männylle pienaukkoja käyttäen. Etelä-Suomessa on Monimuotoisuus talousmetsien hoidossa – hankkeessa tehty pienaukko uudistamisen kokeita kangasmaan kuusikoissa (Valkonen – Siren – Piri 2010, 22). Turvemaan luontaista uudistamista on tutkittu samoin kuin kuusen alikasvos taimikon kasvua ylispuuhakkuun ja lannoituksen jälkeen (Moilanen ym. 2011). Tutkimukseni tarkoituksena on tuottaa lisää tietoa luontaisen uudistamisen mahdollisuuksista turvemaalla.

Tutkimukseni tavoitteena on selvittää, miten rehevän turvemaan kuusikkoon tehtyihin pienaukkoihin jäänyt kuusialikasvos elpyy ja lähtee kasvamaan sekä, miten ovat lähteneet kehittymään uudet pienaukon hakkuun jälkeen syntyneet taimet. Tutkimusongelmani ovat seuraavat:

- Onko pienaukon koolla vaikutusta kuusen taimien elpymiseen ja kasvuun?
- Vaikuttaako reunametsä kuusen taimien kehitykseen?

Olen rajannut tutkimukseni ulkopuolelle maanmuokkauksen mahdollisen vaikutuksen taimien kehitykselle. Kaikki neljä tutkimuslohkoa sijaitsevat ohutturpeisella ruohoturvekankaalla, joten saatavat tulokset ovat sovellettavissa vain Pohjois-Suomen reheville suoalueille.

Tässä opinnäytetyössä käsittelen ensin Suomen suometsiä, suon määrittelyä, suota metsän kasvualustana ja sitä, miten Suomessa suometsiä käytetään metsätaloudessa. Tämän jälkeen kerron metsän uudistamisesta ja luontaisesta uudistamisesta turvemailla ja uudistamisesta pienaukkohakkui-

den kautta. Pohdin myös kuusen kasvua ja kehitystä. Näiden taustatietojen jälkeen kerron tekemästäni tutkimuksesta ja sen tuloksista.

2 SUOMEN SUOMETSÄT

2.1. Suon määritelmä

Suomessa on paljon soita johtuen humidisesta ilmastosta, joka tarkoittaa, että haihdunta on sadantaa vähäisempää. Lisäksi soiden synnylle on otollista maan suhteellinen tasaisuus (Päivänen 2007, 11). Näin pohjaveden pinta pysyy lähellä maanpintaa ja turvetta pääsee muodostumaan. Turve on epätäydellisesti hajonneista kasvinjäänöksistä muodostunut eloperäinen maalaji (Laine – Minkkinen – Laiho – Tuittila - Vasander 2000, 5). Hajoaminen on epätäydellistä juuri maaperän märkyydestä johtuen. Turpeeksi luokiteltavassa aineksessa edellytetään olevan vähintään 75 prosenttia eloperäistä ainesta. Suomalaisessa turvemaassa eloperäisen aineksen osuus on useimmiten yli 90 prosenttia kuivamassasta. (Päivänen 2007, 15.)

Suomessa on ollut soita noin kymmenen miljoonaa hehtaaria eli noin kolmannes maapinta-alasta (Tuokko 1992, 161). Suo määritellään eri tieteenaloilla eri tavoilla, joten suopinta-alan määrä vaihtelee paljonkin määritelmästä riippuen. Kasvitieteellisen ja ekologisen määritelmän mukaisesti Suomessa on jäljellä enää noin neljä miljoonaa hehtaaria suota. (Päivänen 2007, 16.) Tämä johtuu siitä, että suoksi määritellään ekosysteemi, jota luonnehtii lähellä maanpintaa oleva pohjavedenpinta ja jossa hajoava orgaaninen aine ainakin osaksi kerrostuu turpeeksi (Laine – Vasander 1998, 10). Ojitetuilla alueilla uutta turvetta ei välttämättä muodostu ja silloin alue ei ole ekologisen määritelmän mukaisesti enää suo. Geologisen määritelmän mukaan alue on suota, jos turvekerroksen paksuus on vähintään 30 senttimetriä (Lindroos 2003, 37).

Metsätaloudellisen määritelmän mukaan alue on suo, mikäli kivennäismaata peittävä orgaaninen kerros on turvetta tai, jos yli 75 prosenttia alueella olevasta kasvillisuudesta on suokasvillisuutta. Tätä määritelmää käytetään valtakunnan metsien inventointeja tehtäessä. (VMI 11 Maastotyöohje 2009, 35.) Tämän määritelmän mukaan ojitetut alueet säilyvät soina silloinkin, kun ne ovat muuttuneet jo turvekankaiksi. Tällöin täytyy turpeen olemassa olo kivennäismaata peittämässä. Vain siinä tapauksessa, että alkuperäinen turvekerros on ollut niin ohut, että se häviää kuivatuksen jälkeen kokonaan, voidaan entinen suo määritellä kivennäismaaksi (Päivänen 2007, 18). Valtakun-

nan metsien 11. inventoinnin mukaan Suomessa on 8,8 miljoonaa hehtaaria suota (Metsätilastollinen vuosikirja 2012, 50).

2.2 Suo metsän kasvualustana

Turvemaiden metsät ovat luontaisesti erirakenteisempia kuin kangasmaan metsät. Luonnontilaisella suolla vesi vaivaa ja estää puiden juuria saamasta happea. Puut pääsevät kasvamaan lähinnä korkeimmilla mättäillä ja siellä, missä vesi liikkuu. Turvemaata eroaa myös kasvualustana kangasmaasta. Turve pidättää vettä paremmin ja lämpötaloudellisesti se ei ole hyvä kasvualusta. (Kojola 2009, 13.) Vaikka suot ojitetaan, ne eivät silti kasvualustana muutu kivennäismaan kaltaisiksi.

Luonnontilaisten soiden ongelma metsän kasvualustana on ennen kaikkea veden määrä. Liiallinen märkyys haittaa puiden juurien hapen saantia ja maaperän pieneliöstön toimintaa. Pieneliöstö hajottaa orgaanisia aineita ja tästä syntyy ravinteita puiden juuriston käyttöön. (Päivänen – Paavilainen 1998, 75.) Toisaalta kaikki vesi ei ole yhtä haitallista. Liikkuva vesi esimerkiksi kaltevassa rinteessä olevassa korpijuotissa ei aiheuta puuston kasvulle samanlaisia ongelmia kuin seisova vesi tasaisella maalla sijaitsevalla isovarpurämeellä. Korvessa voi olla paksukin turvekerros, joka sisältää hyvin ravinteita ja sen lisäksi liikkuvaa vettä, mikä aikaan saa sen, että puiden juuret saavat riittävästi happea ja ravinteita. Tällaisessa paikassa puut pääsevät kasvamaan hyvin. (Päivänen 2007, 193.)

Mineotrofiset suot eli sellaiset suot, jotka saavat ravinteita sadeveden lisäksi myös ympäristöstä pohja- ja pintavesien mukana (Laine – Vasander 2008, 11) voivat luonnontilaisinkin tuottaa puuta, jos ovat puustoisia alun perin (Päivänen - Paavilainen 1998, 72). Tasamaalla olevilla soilla vesi ei pääse liikkumaan ja puiden juuret kärsivät hapen puutteesta. Ojituksilla parannetaan suon tai soistuneen kankaan vesitaloutta niin, että juuriston hapen saanti paranee ja näin kasvun edellytykset paranevat.

Turvemaat eroavat vesitaloutensa lisäksi kivennäismaista maaperässä olevien ravinteiden suhteen ja lämpötaloutensa suhteen. Lämpötalouden erot luonnontilaisilla soilla, ojitetuilla soilla ja kivennäismailla johtuvat ennen kaik-

kea maaperässä olevasta huokostilavuudesta sekä veden täyttämän huokostilavuuden osuudesta (Päivänen 2007, 72).

Turvemailla kokonaishuokostilavuus on huomattavan korkea. Heikosti maatuneessa turpeessa huokostilavuus voi olla jopa 97 prosenttia ja pitkälle maatuneessa turpeessakin 81 – 85 prosenttia. Kivennäismailla huokostilavuuden osuus vaihtelee 30 – 60 prosentin välillä. (Päivänen – Paavilainen 1998, 72.)

Koska kivennäismailla maan tiheys on suurempi ja huokostilavuus pienempi kuin turvemailla, kivennäismaat johtavat lämpöä paremmin kuin turvemaat. Kivennäismaat ovat yleensä kuivempia kuin turvemaat ja näin ollen kivennäismaat myös lämpiävät nopeammin kuin turvemaat. Paljon vettä sisältävä maaperä lämpiää kuivempaa maaperää hitaammin, koska veden ominaislämpökapasiteetti on suuri. Turvemaat lämpiävät sitä hitaammin, mitä märempiä ne ovat. (Päivänen 2007, 72.) Näin ollen sekä ojitetut että ojittamattomat suot lämpiävät hitaammin kuin kivennäismaat keväällä.

Ojitettujen soiden huokostilavuudesta pienempi osa on veden vallassa kuin ojittamattomilla soilla. Tästä johtuen ojitetut suot johtavat lämpöä maaperässä vähemmän kuin ojittamattomat suot, koska vesi johtaa lämpöä ilmaa paremmin. Vaikka lämpötilat ojitetujen soiden pintaturvekerroksissa ovat jonkin verran ojittamattomia soita alhaisemmat, tämä ei kuitenkaan haittaa puuston kasvua niin paljon kuin ojittamattomien soiden pintaturpeen hapettomat olot, jotka johtuvat liiallisesta vedestä. (Päivänen 2007 s. 74.)

On myös tehty tutkimuksia, joiden perusteella vaikuttaa siltä, että kasvukauden alun alhaiset lämpötilat kasvualustassa eivät näytä hidastavan silmujen puhkeamista ja pituuskasvun käynnistymistä, vaan pituuskasvun käynnistyminen riippuu enemmän ilman lämpötilasta. Puiden juuriston kasvuun sen sijaan kasvualustan lämpötilalla tutkimusten mukaan on vaikutusta. (Päivänen 2007, 73.)

Turvemaiden ravinnepitoisuus riippuu pitkälti siitä, miten suo on aikanaan syntynyt ja kehittynyt. Ombrotrofiset suot esimerkiksi keidassuot saavat ravintonsa vain sadevedestä ja ovat näin melko niukkaravinteisia. Minerotrofiset suot taas saavat sadeveden lisäksi ravinteita ympäristöstä tulevista pohja - ja

pintavesistä. (Laine – Vasander 2008, 11.) Minerotrofisilla soilla ravinteiden määrä riippuu ympäröivien alueiden ravinnepitoisuudesta.

Metsää kasvatetaan vain sellaisilla turvemailla, joissa ravinnepitoisuus on riittävä puiden kasvua varten. Päivänen esittää kirjassaan Holmenin 1986 tekemän vertailun turvemaan ja kivennäismaan ravinteiden eroista. Tämän mukaan turvemaalla on kivennäismaihin verrattuna paljon typpeä ja se on yleensä hyvin juuriston saatavissa. (Päivänen 2007, 78.) Jos turvemaalla on puutetta kasveille käyttökelpoisesta tyyppistä, on kysymys sellaisesta turvemaasta, joka kannattaa ennallistaa ja palauttaa vähitellen luonnontilaiseksi suoksi (Päivänen 2007, 81).

Kaikki ravinteet eivät ole puuston juurille käyttökelpoisessa muodossa. Turpeessa olevasta tyyppistä puille käyttökelpoisessa muodossa on yleensä vain yksi prosentti typen kokonaismäärästä. Liukoisen fosforin määräkin on vain alle kymmenen prosenttia totaalifosforin määrästä. Kalsiumia taas on yli puolet kokonaismäärästä puille käyttökelpoisessa muodossa ja lähes kaikki turpeessa oleva kalium on puiden käytettävissä. (Päivänen – Paavilainen 1998, 73.) Näitä mineraaliravinteita turpeessa on kivennäismaata vähemmän. Etenkin fosforin ja kaliumin puute voivat olla turvemaalla kasvua hidastavia tekijöitä. Joskus myös hivenravinteiden puutteet voivat muodostua kasvua rajoittaviksi tekijöiksi. (Päivänen 2007, 78.)

Turvemaalla ojitus vaikuttaa ravinteiden määrään. Luonnontilaisella suolla ravinteiden kierto tapahtuu kenttä- ja pohjakerroksen kasvien kautta. Suurin osa näistä kasveista kuolee syksyllä, joten kasvit ottavat joka vuosi ravinteet uudelleen biomassan kasvattamista varten ja toisaalta ravinteet palautuvat vuoden aikana takaisin kiertoon. Ojitetuilla soilla kasvillisuudessa tapahtuu muutoksia siten, että monivuotisia varpuja syntyy ja puita tulee enemmän ja näin ravinteet eivät kierrä enää samalla tahdilla kuin ojittamattomilla soilla. Muutos ravinnekierrossa on sitä suurempi mitä märempi suo on ollut ennen ojitusta. (Laiho – Kaunisto – Alm 2005, 46.)

Ojituksen jälkeiselle ensimmäiselle puusukupolvelle saattaa vielä riittää ravinteita, mutta toinen puusukupolvi voi jo kärsiä ravinnepuutoksista (Moilanen ym. 2011, 26; Päivänen 2007, 83). Ravinteiden häviämistä voidaan ehkäistä jonkin verran sillä, että hakkuu tähteet jätetään alueelle. Todennäköistä kui-

tenkin on, että ojitetulla alueella toisen puusukupolven kasvattamiseksi tarvitaan lannoituksia ravinne-epätasapainon korjaamiseksi (Moilanen ym. 2011, 27).

2.3 Soiden käyttö metsätaloudessa

Soiden ojituksia tehtiin nykyisen Suomen alueella ensikertaa laajemmin nälkävuosien aikaan 1866 – 1868. Näiden ojitusten tarkoituksena oli kuivattaa suosta peltoa. Pellonraivausten jäädessä kuitenkin kesken ojitetut alueet jäivät metsälle. (Päivänen 2007, 155.) Varsinainen metsäojien kaivaminen alkoi vasta 1910-luvulla metsähallituksen ja metsäyhtiöiden alkaessa ojittaa veden vaivaamia metsämaitaan (Niskanen 1992, 171). Metsähallitus oli palkannut ensimmäiset kaksi suonkuivausmetsänhoitajaa vuonna 1908. Tästä voidaan katsoa alkaneen järjestelmällisen metsänojitustoiminnan. (Päivänen 2007, 156.)

Ojia kaivettiin ensimmäiset vuosikymmenet lapiotyönä ja vasta 1950 - luvun puolivälistä ojituksista valtaosa tehtiin konetyönä (Niskanen 1992, 170 – 171). Huipussaan metsäojitukset olivat 1960 - luvulta 1990 - luvun puoleen väliin (Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille 2007, 5).

Ensimmäinen metsänparannuslaki annettiin huhtikuussa 1928. Laki oli nimeltään ”Laki varojen varaamisesta soiden kuivaukseen metsätaloudellisia tarkoituksia varten sekä muiden tuottamattomien tai vähätuottoisten metsäalojen saattamiseen tuottavaan kuntoon”. Laissa säädettiin markkamääräisesti tuki soiden kuivattamista ja muita metsänparannustoimia varten sekä valtion että yksityisten maalle. (Antola 1992, 30 – 31.) Lain tarkoitus oli nimensä mukaisesti saada vähätuottoiset alueet kuten esimerkiksi suot tuottavaan kuntoon.

Tuolloin tavoitteena oli puun tuotannon edistäminen (Päivänen 2007, 157). Metsänparannuslaki oli voimassa aina viisi vuotta kerrallaan, mutta niitä muokattiin myös välillä. Ensimmäinen pysyvä metsänparannuslaki annettiin 1968. Suometsien kannalta tässä laissa pysyi edelleen uudisojitukset tuettavina työmuotoina, mutta uutena työajajina tuen piiriin tuli lannoitus. Vuonna 1987 voimaan tullut metsäparannuslaki toi mukanaan uuden tuettavan työajajin eli kunnostusojituksen. (Antola 1992, 34 – 36.)

Ensimmäisen metsänparannuslain tultua voimaan oli kiireesti tutkittava, mitkä alueet olivat ojituskelpoisia ja miten laaditaan tarkoituksen mukaisia ojitussuunnitelmia (Päivänen 2007, 12). Lakeja laadittaessa ja oppikirjoja kirjoitettaessa on aina ollut käytössä vain sen aikainen tutkimustieto ja asiantuntemus. Tiedon lisääntyessä toimintatavat kehittyvät. Lisääntyvä tieto tuo tarvetta muuttaa käytäntöjä. Näin tapahtui esimerkiksi tiedon lisääntyessä soiden ojitusten kannattavuudesta. Nykyisin metsänomistajat voivat saada tukea soiden ennallistamiseen, kun on todettu, että aikanaan on ojitettu vääränlaisia soita.

Tieto siitä, että metsäojitukset eivät ole kertainvestointeja, vaan metsäojien kunnossapito vaatii jatkuvaa seuranta- ja kunnossapitotoimenpiteitä, toi mukanaan kunnostusojitukset tuettavien toimien piiriin (Päivänen 2007, 13). Nykyisen tietämyksen valossa tämä vaikuttaa aivan itsestään selvältä asialta. Silloin, kun ojituksia on alettu tekemään, asia on ollut kaikille tuntematon. On mennyt vuosikymmeniä ennen kuin on havaittu, että ojat umpeutuvat, eikä puiden aikaansaama haihdunta maaperästä ole riittävää, vaan vedenpinta nousee uudelleen alkaen jälleen haitata kasvua.

Vuonna 1997 voimaan tuli laki kestävän metsätalouden rahoituksesta, jonka mukaan metsäparannusrahoitusta myönnetään vain kunnostusojitukselle eikä enää uudisojitukselle (Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta 1996, 6§). Tästä eteenpäin on panostettu jo ojitettujen soiden metsäkasvatuksen tehostamiseen, mikäli siihen on edellytykset eli puu ojitetulla suolla kasvaa. Kunnostusojituksia ei kannata tehdä sellaisille alueille, joissa alkuperäinen ojitus ei ole mitenkään parantanut metsän kasvua.

Valtakunnan metsien 11. inventoinnin tulosten mukaan Suomessa on noin 4,7 miljoonaa hehtaaria ojitettuja soita. Näistä ojitetusta soista 4,2 miljoonaa hehtaaria on metsämaata eli puuston kasvu vuodessa on vähintään yksi kuutio hehtaaria kohden. Ojittamattomia soita on noin neljä miljoonaa hehtaaria ja siitä metsämaata on vain 850 000 hehtaaria. (Metsätilastollinen vuosikirja 2012, 51.) Tästä voitaneen päätellä, että ojitukset ovat olleet hyvin usein kannattavia sijoituksia ja nyt kannattaa panostaa metsän uudistumisen ja tulevan kasvun varmistamiseen.

3 METSÄN UUDISTAMINEN

3.1 Metsän uudistaminen turvemailla

Onnistuneen uudistamisen edellytys on kaikkialla se, että tunnistetaan alueen kasvupaikkatyyppi sekä ilmastolliset olosuhteet ja valitaan näiden tietojen perusteella alueelle parhaiten soveltuva uudistamistapa ja kasvatettavat puulajit. Tämän lisäksi tulee ottaa huomioon metsänomistajan tavoitteet metsän suhteen sekä luonnon monimuotoisuuden kannalta tärkeät alueet, minkä myös laki edellyttää.

Kasvuolosuhteet turvemailla eroavat kivennäismaan kasvuolosuhteista, kuten luvussa 2.2 kuvasin. Tästä syystä metsän uudistaminen turvemailla poikkeaa jonkin verran kivennäismaan uudistamismenetelmistä. Edes uudistuskypsyden määrittelemisen ei ole ojitettujen turvemaiden metsissä yhtä yksinkertaista kuin kivennäismaan metsissä. Tämä johtuu siitä, että puuston kasvuun lähtö soilla on vaihtelevaa. Siemenet itävät turvemailla usein hyvin, mutta jo taimiaineksessa voidaan huomata erirakenteisuutta varsinkin luonnontilaisilla soilla mutta myös turvekankailla. (Päivänen 2007, 198.)

Suopuuston uudistamiskypsyys suositellaan määriteltäväksi puuston järeyden ja kasvukunnon perusteella eikä puuston biologisen iän perusteella. Tämä on erityisen tärkeää silloin, kun ollaan uudistamassa ojituksen jälkeen kasvanutta ensimmäistä puustoa, joka on kasvanut ensin luonnontilaisena ja puut saattavat olla hyvin eri-ikäisiä. (Laine ym. 2008, 208.) Nyt ja tulevana vuosina uudistettavista turvemaiden metsistä suurin osa on tällaisia luonnontilaisina syntyneitä ja myöhemmin ojitettuja soita. Koska suurin osa ojituksista on tehty 1960 - 1970 luvuilla ollaan vasta pikku hiljaa tulossa vaiheeseen, jossa ojitettuja turvemaita aletaan suuremmissa määrin uudistaa. Erilaisia uudistamismenetelmiä ja turvemaiden erityisoloihin parhaiten sopivia tapoja tutkitaan kokoajan lisääntyvissä määrin.

Turvemaan tyypilliset uudistamisen ongelmat ovat vesoittuminen ja korjuunsekä muokkausjäljen siemensyntyisen hieskoivun taimettuminen, ravinneepätasapainon riski II- tyyppin turvekankailla, kuntaantuminen ja kuivaustarve sekä talous. Taloudellisesti turvemaan uudistaminen on usein kivennäismaan uudistamista kalliimpaa, koska uudistamistöihin joudutaan investoimaan enemmän. (Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaalle 2007, 27.)

Puunkorjuun tarkka suunnittelu turvemaalle on vielä tärkeämpää kuin kivennäismaalle, jotta maaperä ja jäävä puusto eivät tuhoutuisi. Puun saanto on yleensä huonompi kuin kivennäismaalla johtuen puiden ryhmittäisyydestä. Tämä nostaa korjuukustannuksia (Päivänen 2007, 240 – 241). Kunnostusojittaminen ja maanmuokkaus maksavat ja suunnitelmat niiden osalta on tehtävä hyvin, jotta voidaan minimoida ojituksen ja muokkauksen vaikutukset ympäröivään ympäristöön. Mahdollisen lannoituksen tarve nostaa myös uudistamiskustannuksia. Maanmuokkaus voi aiheuttaa myös lisääntyneitä vesakoitumista ja näin lisääntyneitä taimikonhoitokuluja (Moilanen – Hökkä – Saarinen 2014). On hyvä, että tutkitaan uusia erilaisia uudistamistapoja, jotta uudistaminen saadaan kannattavaksi.

Hieskoivutaimikon syntyminen uudistamisalalle johtuu pitkälti siitä, että koivu pioneeripuulajina lähtee kasvuun heti, kun sille ilmaantuu siihen otolliset olosuhteet. Hieskoivun on todettu tulevan muita puulajeja paremmin toimeen vähähappisissa oloissa (Päivänen 2007, 230). Tästä syystä se tulee erityisen hyvin toimeen turvemaalla, vaikka veden pinta voi olla korkealla.

Vaikka hieskoivu on osaltaan ongelma vallatessaan kasvutilaa havupuilta, on sen kasvulla turvemaalla myös hyötyjä. Päiväsen mukaan on ilmeistä, että koivikko haihduttaa vettä keskikesällä enemmän kuin havupuut. Maan ollessa lämmin, on mikrobitoiminta vilkkainta, ja siksi kuivatuksen tulisi juuri silloin olla hyvä maan riittävän tuuletuksen varmistamiseksi (Päivänen 2007, 230). Tällöin siis koivikon runsaampi haihdutus on hyvä asia.

On kuitenkin selvää, että havupuiden kasvuun lähtö hidastuu tai pysähtyy kokonaan, kun aukkoon kasvaa paljon koivuja. Tämä johtuu siitä, että koivu vie valon ja kilpailee ravinteista. Aiemmissa tutkimustuloksissa Lintupirtin koealalta on selvinnyt, että hieskoivutaimien määrä alkoi lisääntyä viisi vuotta hakkuun jälkeen, mutta koivun taimia oli vähemmän pienaukoilla kuin avohakkuualoilla (Hökkä – Repola – Moilanen – Saarinen 2012, 702).

Yleisesti on katsottu, että ravinnepuutoksia on erityisesti II-tyyppin turvekankailla (Laiho - Penttilä – Laine 2000, 318). Ravinnepuutoksia voi uudistamisen yhteydessä esiintyä syystä tai toisesta myös I - tyyppin turvekankailla (Moilanen ym. 2011, 27). Ravinteita saattaa huuhtoutua muokkauksen jälkeen sadevesien mukana ojiin. Ravinteista kaliumia voi aiheuttaa puu-

tosoireita. Kaliumia esiintyy pintaturpeessa ja sen määrä vähenee mentäessä syvemmälle lukuun ottamatta ohutturpeisia alueita, jossa kaliumia saadaan kivennäismaasta pintaturpeen alta (Laiho ym. 2000, 317). Voi siis olla, että paksuturpeisilla alueilla maanmuokkauksella ja erityisesti mätästyksellä voidaan ehkäistä uuden puusukupolven kaliumpuutosta. Mätästyksessä kivennäismaan kaliumvarannot nousevat maanpinnan lähelle ja näin taimien käyttöön. (Moilanen ym. 2011, 27.)

Tässä tutkimuksessa koealue on ohutturpeisella suolla, jossa ei pitäisi olla suuria ravinnepuutoksia. Koska hakkuusta ei ole vielä kulunut kovin kauaa, taimien ravinnepuutoksia ei välttämättä vielä ole havaittavissa. Tutkimuksessa en ole erityisesti kiinnittänyt huomiota mahdollisiin ravinnepuutoksen aiheuttamiin taimien kunnan heikkenemisiin, vaan olen yleisesti katsonut taimien kuntoa. Uudistamisen yhteydessä ravinteiden katoamista voidaan todennäköisesti estää sillä, että kokopuun korjuuta vältetään etenkin paksuturpeisilla kohteilla (Laiho ym. 2000, 319; Päivänen 2007, 83).

Kunttaantuminen tapahtuu suon kuivatussukkesion edetessä kohti turvekan-gasta. Kun ojituksen jälkeen pohjavedenpinta laskee, veden turvekerroksessa aiheuttama noste päättyy ja turvekerros tiivistyy. (Päivänen 2007, 56.) Tämä johtaa siihen, että maaperä ei ole enää niin herkkä luontaiselle taimettumiselle kuin ennen turvekerroksen tiivistymistä. Tällöin varsinkin luontainen uudistaminen vaikeutuu. (Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaalle 2007, 22.)

Myös raakahumuskerroksen muodostuminen estää taimettumista, koska kapilaarinen yhteys pohjaveteen katkeaa ja tämä aiheuttaa karikerroksen kuivumisen. Raakahumus muodostuu kasvunsa lopettaneen turvekerroksen pinnalle kertyvästä puuston karikkeesta. Luonnontilaisella suolla tätä rakka-humuskerrosta ei ole, koska karikkeet hautautuvat rahkasammalkasvustoon ja pintaturpeeseen. Taimettumisen kannalta on siis tärkeää, että pohjaveden pinta on riittävän lähellä tai vesi pääsee kapilaarisesti nousemaan ylöspäin. Liian korkealla oleva pohjavesi toisaalta taas haittaa sirkkataimien juurtumista ja varhaiskehitystä. (Saarinen 2005, 180.)

Edellä mainittujen lisäksi pintakasvillisuus haittaa siementen itämistä ja taimien kasvua. Pintakasvillisuus kilpailee taimien kanssa vedestä, valosta, ra-

vinteista ja juuriston käyttöön soveltuvasta hapestasta. Tämän lisäksi jotkut kasvit tuottavat vesiuutosyhdisteitä, jotka estävät taimen itämistä. Tällaisia kielteisen allelopaattisen vaikutuksen synnyttäviä kasveja, ovat muun muassa juolukka, suopursu ja variksenmarja. (Päivänen 2007, 246.) Näitä kasveja esiintyy karummilla soilla. Tämän tutkimuksen rehevissä korvissa ei näitä kasveja ole eli allelopaattisesta vaikutuksesta ei ole haittaa tällä alueella siementen itämiselle. Aluskasvillisuus on kyllä rehevää ja taimet joutuvat kilpailemaan ravinteista ja valosta.

Kuivatustarve tulee miettiä kaikissa turvemaan uudistamiseen tai kasvattamiseenkin tähtäävissä hakkuissa. Ojitus ei ole koskaan ikuinen ratkaisu. Kun puustoa hakataan, sen haihduttava vaikutus vähenee ja ojien kunnon tarkistaminen ja kunnostusojitus tulevat usein tarpeeseen. Tässä tutkimuksessa koealuetta ei ole kunnostusojitettu. Osa ojista näytti silmämääräisesti tukkeutuneilta, mutta vain lohkolla 1 pienaukoilla oli havaittavissa seisovaa vettä. Kuviossa 1 on nähtävillä tukkeutunut oja. Tässä tapauksessa pienaukot ovat niin pieniä ja ympäröivää metsää on jäljellä niin paljon, että puuston vettä haihduttava vaikutus on todennäköisesti jatkunut pienaukkojen hakkaamisesta huolimatta.



Kuvio 1. Tukkeutunut oja Lintupirtin tutkimusalueen lohkolla 1

Turvemaan kuusikon uudistamisessa taimikon vakiintumisen ja alkukehityksen kannalta varmimpana ja kokonaiskustannuksiltaan usein edullisempänä ratkaisuna suositellaan Hyvän metsänhoidon ohjeissa turvemaalle (2007, 23) istutusta mättäisiin. Mättäisiin istuttaminen antaa kuuselle hyvät lähtökohdat, koska istutettuna se ei jää muun kasvillisuuden varjoon, kuten helposti jäisi kylvettyinä tai luontaisesti aukossa uudistuen. Tehdyn tutkimuksen perusteella turvekankaan mättäisiin istutetuista kuusista kuuden vuoden aikana kuoli vain kymmenen prosenttia (Moilanen – Ferm - Issakainen 1995, 125). Tästä syystä menetelmää pidettäneen hyvänä. Myös mäntyä suositellaan hyvän metsänhoidon ohjeiden mukaan istutettavaksi tai kylvettäväksi.

Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille kertovat myös luontaisen uudistamisen vaihtoehdosta metsänomistajalle. Tapion uusimmissa 2014 julkaistuissa metsänhoidon suosituksissa kuusen luontaista uudistamista pidetään Pohjois-Suomessa mahdollisena kaikilla turvekankailla varputurvekankaita lukuun ottamatta. Tämä kuitenkin edellyttää, että taimettumisen merkit ovat näkyvissä ja puolukkaturvekankailla sekä I – tyyppin mustikkaturvekankailla on syytä olla jo olemassa kehityskelpoinen taimikko. (Metsänhoidon suositukset 2014, 47.)

3.2 Metsän luontainen uudistaminen turvemilla

Metsän luontaisella uudistamisella tarkoitetaan sellaisia uudistamistapoja, joissa ei käytetä metsän viljelyä eli istutusta tai kylvöä. Luontaisessa uudistamisessa vanha puusukupolvi siementää uuden sukupolven ennen kuin vanha puusukupolvi kaadetaan.

Turvemaan viljavuus, pintakasvillisuus ja vesitalous vaikuttavat siihen, kuinka hyvin luontainen uudistaminen alueella onnistuu. Suometsien uudistamisessa on jo varhain 1930 - luvulla todettu, että rahkasammalkasvusto pohjakerroksessa on otollinen kostea kasvualusta metsäpuiden siementen itämiselle. Luonnontilaisilla soilla tapahtuukin jatkuvaa luontaista uudistumista. Taimet ovat usein vaihtuvaa taimiainesta, johon luetaan vakiintumattomat alle kymmenen senttimetrin mittaiset taimet. Ojituksen jälkeen kuivatuksen toimiessa suoekosysteemi vähitellen muuttuu kohti metsäekosysteemiä ja alueen kasvillisuus ja vesitalous muuttuvat. (Päivänen 2007, 244 – 245.) Tämä kehitys heikentää luontaista uudistumista. Esimerkiksi seinä-, kerros- ja karhunsam-

malkasvustot estävät siementen itämistä (Saarinen 2005, 179) samoin kuin edellisessä luvussa kerrotut taimettumista heikentävät tekijät.

Kunnostusojittamattomilla vanhoilla ojitusalueilla, missä ojaverkko on päässyt tukkeutumaan, kasvillisuussukcession muutos suokasvillisuudesta kohti metsäkasvillisuutta taantuu ja osittain kääntyy takaisin päin. Tällöin muodostuu erilaisten kasvillisuuksien mosaiikki, johon syntyy jälleen rahkasammalkasvustoja. Myös pohjaveden pinta nousee niin, että luontaisen taimettumisen olosuhteet saattavat parantua. On tärkeää huomioida turvemaan kasvisukcessiokehitys ja sen mahdollistamat taimettumisedellytykset. (Saarinen 2005, 179.)

Luontaisen uudistamisen edellytykset näyttävät olevan parhaat ruoho- ja mustikkaturvekankailla (Päivänen 2007, 246). Moilanen on osoittanut tekemissään kokeissa, että mustikkaturvekankaalle kasvaa hakkuun jälkeen luontaisesti ilman minkäänlaisia toimenpiteitä kuusi- koivusekametsä (Moilanen ym. 2011, 27). Moilasan kokeissa kävi selväksi, että taimettuminen oli parasta sellaisissa kohdissa, joissa maanpintaa oli rikottu (Moilanen ym. 2011, 24). Lintupirtin pienaukkokokeessa koe on perustettu ohutturpeiselle ruohoturvekankaalle ja tähän mennessä on saatu tulokseksi, että luontaisia taimia on pienaukoissa (Hökkä ym. 2011, 638).

Valmiin alikasvoksen käyttäminen tai siemenpuuston tai reunapuustona avulla uudistaminen voi olla kannattava vaihtoehto sellaisilla paikoilla, missä siihen on edellytyksiä. Näin säästytään kalliilta uudistamiskustannuksilta. Varsinkin Pohjois-Suomessa, missä turvemaiden puista saatava tuotto ei ole niin hyvä, on kannattavaa tutkia edelleen uusia luontaisen uudistamisen mahdollisuuksia, jotta turvemaan metsät eivät jää täysin käyttämättä taloudellisen vähätuottoisuuden takia.

3.3 Metsän uudistaminen pienaukkohakkuiden kautta

Pienaukkohakkuiden tavoitteena on metsänuudistaminen vähitellen hakkaamalla metsään pieniä aukkoja, jotka taimettuvat luontaisesti reunametsien siemennyksellä ja jo maaperässä olevista siemenistä ja taimista (Valkonen ym. 2010, 20). Taimettumisen jälkeen aukkoja voidaan kasvattaa tai aikaisemmassa hakkuussa pystyyn jätetty metsä hakata kokonaan. Pienaukko-

hakuulla pystytään välttämään äkillinen muutos maisemassa. Tavoitteena voi olla myös uudistamiskustannusten pienentäminen tai välttäminen kokonaan. (Valkonen ym. 2010, 90.)

Vuoden 2014 alusta voimaan tullut uusi Metsälaki antaa metsänomistajille aikaisempaa enemmän vapauksia metsien hoitamiseen. Laki mahdollistaa aikaisempaa paremmin erirakenteisen metsän kasvattamisen ja mahdollistaa myös pienaukkohakkuiden tekemisen. Jos pienaukot ovat alle 0,3 hehtaarin kokoisia, ei kysymyksessä katsota olevan uudistushakkuun ja sitä pienempiä aukkoja voi tehdä kasvatushakkuiden yhteydessä, kunhan pohjapinta-ala jää riittävän suureksi (Metsälaki 5§ ja 5a§). Pohjois-Suomessa lehtomaisilla kankailla tai niitä vastaavilla turvekankailla ja tuoreilla kankailla tai niitä vastaavilla turvekankailla puuston pohjapinta-alan on hakkuun jälkeen oltava vähintään 11 neliometriä hehtaaria kohden. (Metsänhoidon suositukset 2014, 166). Metsälain 5§ mukaan hakkuussa vapautuneita taimikoita ei lasketa mukaan, kun arvioidaan puuston riittävyttä kasvatushakkuun jälkeen. Voidaan siis tehdä pienaukkoja ja vapauttaa niillä alikasvoksia ja näin vähitellen uudistaa metsää säilyttäen samalla sen peitteellisyys.

Pienaukkohakkuita voidaan toteuttaa eritavoin ja pyrkimällä erilaisiin tavoitteisiin. Valkonen kuvaa kirjassa Poiminta- ja pienaukkohakkuut - vaihtoehtoja avohakkuille pienaukkohakkuiden kautta metsän uudistamista sellaisessa muodossa, jossa tavoitteena on melko tasainen taimikko. Tällöin pienaukkohakkuiden kautta uudistaminen tehdään niin, että hakataan pienaukkoja, jotka taimettuvat luontaisesti. Tämän jälkeen välialueet hakataan ja viljellään. (Valkonen ym. 2010 s. 91.)

Valkonen mainitsee, että on myös mahdollista yhdistää poimintahakkuita ja pienaukkohakkuita, kun halutaan kasvattaa eri-ikäisrakenteista metsää (Valkonen ym. 2010, 90). Päivänen kirjoittaa, että ruotsalaisessa metsähoitopöytäkirjassa pienaukkohakkuita pidetään kasvatushakkuina, joilla pyritään pitämään metsä eri-ikäisrakenteisena, eikä uudistamaan sitä lähes tasaikäiseksi (Päivänen 2010, 326). Valkonen esittää saman asian kirjassaan niin, että metsä voidaan uudistaa vähitellen tekemällä pienaukkoja varsinkin alikasvosryhmien ympärille ja laajentamalla niitä, kun ne ovat taimettuneet. Näin uudistaminen saattaa kestää 60 - 100 vuotta, jolloin metsä olisi jatku-

vasti peitteellinen. Tästä toimintatavasta Suomessa ei ole tutkittua tietoa, joten sen toimiminen Valkosen mukaan on hyvin teoreettista. (Valkonen ym. 2010, 96.)

Pukkala, Lähde ja Laiho ovat tehneet teoksen Metsän jatkuva kasvatus. He esittävät kirjassaan, että metsiä olisi taloudellisesti kannattavampaa kasvat-
taa jatkuvalla kasvatuksella, siis eri-ikäisrakenteisena, kuin nykyisen kaltai-
sena tasarakenteisena (Pukkala – Lähde – Laiho 2011, 55-56). Heidän esit-
tämänsä mallin mukaan hakkuita tehdään ylä- ja laatuharvennus periaatteella
silloin, kun puuston pohjapinta-ala on 18 – 25 neliometriä hehtaarilla. Hak-
kuut tehdään riittävän voimallisesti, että taimettumiselle saadaan tilaa. Tässä
eri-ikäisrakenteisen puuston kasvatuksen mallissa ei tehdä avohakkuita, mut-
ta poikkeustapauksissa voidaan tehdä pienaukkoja, joiden koko on enintään
0,1 hehtaaria. (Pukkala ym. 2011, 63.)

On siis olemassa erilaisia näkemyksiä pienaukkojen käytöstä metsän kasva-
tuksesta sekä niiden kannattavuudesta. Yhtä oikeaa ratkaisua ei varmasti ole
vielä löydetty.

Uuden metsälain mukaan pienukkohakkuu on kasvatushakkuu, jos aukon
koko on alle 0,3 hehtaaria ja uudistamishakkuu, jos aukon koko on tätä suu-
rempi (Metsälaki 5§). Oli kysymys sitten kummasta tahansa metsä uudistuu
vähitellen, jos ja kun aukkoihin syntyy taimia. Toinen kysymys sitten onkin se,
missä pienaukkohakkuiden avulla onnistutaan saamaan uusia taimia aikai-
seksi.

Aukon koolla on merkitystä taimien syntyyn ja niiden kasvuun kahdella taval-
la: toisaalta aukko ei saa olla liian suuri, jotta reunametsä pystyy sen siemen-
tämään ja toisaalta taas reunametsän lähellä taimet kasvavat tutkimusten
mukaan hitaammin kuin aukon keskellä (Valkonen ym. 2010, 92). Tämän
perusteella voidaan päätellä, että aukon koon ollessa pieni, taimien kasvu on
koko aukolla hidasta. Pienaukkona pidetään yleisesti 0,5 hehtaarin tai sitä
pienempää aukkoa. Tällöin varttunut männikkö ja kuusikko pystyvät siemen-
tämään koko aukon, koska siemennyksen katsotaan riittävän hyvin 30 - 50
metriin asti (Valkonen ym. 2010, 91). Hyvien siemenvuosien ajankohdista
riippuen hakattavalla aukolla saattaa olla jo valmiinakin siemeniä, jotka lähte-
vät kasvuun saadessaan tilaa.

Kuten aiemmin olen jo maininnut, pienaukkohakkuulla on myös mahdollista vapauttaa alikasvostaimikkoa. Tämä tulee kysymykseen lähinnä kuusen taimien suhteen, koska mänty ja koivu valopuina eivät kasva alikasvoksena kovin hyvin ja niiden elpyminen voi olla hyvin hidasta. Kuivilla kasvupaikoilla mäntykin uudistuu alikasvoksen kautta. (Saksa – Saarinen – Valkonen, 1998, 22 – 23). Kun uudistamisessa käytetään hyväksi alikasvostaimia, luontainen taimiaines kehittyy alueelle vähitellen pidemmän ajan kuluessa, eikä valtaapuuston vuotuisen siemensadon määrä rajoita tällöin taimettumista (Saksa ym. 1998, 19).

Pienaukkohakkuut eivät sovellu joka paikkaan. On otettava huomioon kasvatettava puulaji ja maaperä alueella, johon hakkuuta ollaan tekemässä. Pienaukkohakkuut luontaisesti uudistaen soveltuvat sellaisiin paikkoihin, joissa luontainen taimettuminen onnistuu. Tällaisia kohteita ovat muun muassa rehevät kuusikot, lehdot ja lehtomaiset kankaat sekä tietyt turvemaat ja karut männiköt.

Metsänomistajat ovat kiinnostuneita uudentyyppisistä avohakkuulle vaihtoehtoisista hakkuista. Ennen kaikkea pienmetsänomistajat ja metsänomistajat, jotka saavat palkkaa eivätkä näin ilmeisesti ole niin riippuvaisia metsätuloistaan, ovat kiinnostuneita vaihtoehtoista avohakkuulle. Nämä metsänomistajat ovat myös halukkaita kokeilemaan jatkuvan kasvatuksen menetelmiä metsissä. Myös ne metsänomistajat, jotka ovat kiinnostuneita luontoarvoista, kaipaavat vaihtoehtoja avohakkuulle. (Kumela – Hänninen 2011, 57.) Lisäksi metsäluonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi tulevaisuudessa ja samalla kuitenkin metsän taloudellisen tuoton yhdistämiseksi pienaukkohakkuut ovat sille soveltuvilla alueilla hyvä vaihtoehto (Kauhanen - Kuuluvainen- Ylisirniö – Huhta 2008, 63-64).

Tässä tutkimuksessa tutkitaan, kuinka kuusi lähtee kasvamaan rehevän turvemaan kuusikon pienaukoissa. Aukot ovat pieniä, suurimmat 0,03 hehtaaria. Tällaisia aukkoja tekemällä voitaisiin tulevaisuudessa tähdätä erikäs rakenteisten metsienkin kasvattamiseen. Toisaalta voitaisiin tähdätä myös melko tasaikäiseen uudistamiseen pienaukkojen ja myöhemmin välialueiden istuttamisen kautta, jos niin haluttaisiin. Kuviossa 2 on kuvattuna taimia kasvamassa pienaukossa.



Kuvio 2. Kuusentaimia Lintupirtin pienaukolla lohkolla 2

Käsittelen seuraavassa luvussa kuusen kasvua ja kehitystä. Kuusi on Suomessa se puu, joka parhaiten soveltuu uudistettavaksi pienaukkojen kautta tai kasvatettavaksi eri-ikäisrakenteisessa metsässä.

4 KUUSI

4.1 Kuusen kasvu ja kehitys

Kuusi (*Picea abies*) on Suomessa kasvavista puista toiseksi yleisin. Kuusen tilavuus on 30 prosenttia Suomen puustosta. Männyn tilavuus on 50 prosenttia ja koivun 17 prosenttia. Kuusen osuus puuston tilavuudesta on suurin Häme - Uusimaalla, Pirkanmaalla ja Pohjois-Savossa. Kuusen tilavuus tulee tulevaisuudessa kasvamaan, koska vuodesta 2006 lähtien kuusen osuus metsien viljelyalasta on ollut yli puolet. (Metsätilastollinen vuosikirja 2013, 36 ja 103.)

Kuusi kasvaa Suomessa kaikkialla lukuun ottamatta pohjoisimpia osia. Parhaiten se kasvaa tuoreilla - tai sitä rehevimmillä kankailla ja ravinteikkailla mailla. Kuusi kestää meillä kasvavista puulajeista parhaiten varjostusta, vaikka onkin vain puolivarjopuu (Sarvas 2002, 227). Tästä johtuen kuusi on klimaksipuulaji eli luonnollisessa metsän kehityksessä kuusi usein kasvaa muiden puiden alla alikasvoksena ja ajan myötä kasvaessaan valtaa alaa. Vanhoissa metsissä voi olla puhtaita kuusikoita. Tämä johtuu siitä, että kuusella on huono itse harvenemiskyky ja sen lisäksi hapan neulaskariste (Fagestedt – Pellinen – Saarenpää – Timonen 1996, 52). Mikään ei kasva tiheän kuusikon alla varjossa, kun happamat neulaset vielä happamoittavat maaperää.

Luonnontilaisessa kuusikossa täytyy syntyä jonkin asteisia tuhoja ja puita kuolla, jotta metsä pääsee uudistumaan. Jos syntyy isompi aukko esimerkiksi tulipalossa, lehtipuut ja mänty tulevat jälleen kasvamaan alueelle ennen kuin kuusi kasvaa niiden alle. Kuusi ei kasva kovin hyvin palaneeseen maahan ellei sitä ole muokattu tehokkaasti (Mälkönen 2003, 169). Pienet aukot voivat uudistua suoraan kuusen alikasvoksella.

Kuusi alkaa kukkia kasvupaikasta riippuen vasta noin 40 vuoden iässä. Kukat avautuvat touko – kesäkuussa, mutta Pohjois-Suomessa kukinta saattaa tapahtua vasta heinäkuun alussa. Siemenet varastoituvat kävyssä talven yli ja tippuvat seuraavan kevään kuivina ja aurinkoisina päivinä. Vaihtelut kukinnan ja siemensadon välillä ovat suuria, eikä niitä tunneta tarkkaan. (Sipilä 2006.) Hyvien siemenvuosien väli saattaa Pohjois-Suomessa olla kymmenenkin vuotta, Etelä-Suomessa kuitenkin vain 2 – 3 vuotta (Fagerstedt ym. 1996, 52).

Tekemäni tutkimuksen koealueelle hakattiin pienaukot 2005. Sinä vuonna oli ennusteiden mukaan runsas kuusen siemensato (Metla tiedotteet, 2005). Tämä todennäköisesti on saanut aikaan sen, että koealueelle on syntynyt myös uusia taimia hakkuiden jälkeen alikasvostaimien lisäksi.

Kuusi taimettuu hyvin, kun kosteus ja ravinneolosuhteet ovat sille sopivat (Saksa ym. 1998, 19). Korpikuusikoissa on voitu todeta, että peräti 64 prosenttia kuusentaimista on syntynyt jo ennen uudistamiseen tähtääviä kaistalehakkuita (Päivänen 2007, 245). Niin ikään Etelä-Suomessa luontaisesti uudistettujen kuusikoiden taimista 60 - 80 prosenttia on syntynyt jo ennen suojuspuu asentoon hakkuuta (Hyppönen - Saksa - Valkonen 1998, 16). Tutkimuksissa on saatu tuloksia, joiden mukaan kuusen siemen ei tarvitse itääkseen paljon valoa ja varsinkin kosteissa paikoissa liika valo voi jopa estää siemenen itämisen (Leinonen - Rita 1995, 104).

Kuusentaimien sirkkalehdet ovat kolmikulmaisia ja isompia kuin myöhemmin ilmestyvät normaalit neulaset. Ensimmäiset varsinaiset oksakiehkurat kuusi muodostaa neljän vuoden iässä. (Sipilä 2006.) Tässä tutkimuksessa mitatuista taimista osa oli hakkuun jälkeen syntyneitä taimia, jotka olivat juuri ehtineet kasvattaa kolmen vuoden oksakiehkurat niin, että niiden iän pystyi laskemaan.

Kuusen kasvu on aina hidasta ensimmäiset viisi vuotta, minkä jälkeen kuusi lähtee olosuhteiden ollessa sopivat parempaan kasvuun (Sipilä 2006). Pituuskasvun hitaus voidaan selittää allokaatiohierarkian avulla eli sillä tärkeysjärjestyksellä, mihin puu käyttää yhteyttämistuotteensa. Ensisijaisesti puu pyrkii ylläpitämään olemassa olevan solukon. Sen jälkeen se kasvattaa hienojuuria ja neulasia sekä keskittyy kukkimiseen ja siementuotantoon. Vasta tämän jälkeen yhteyttämistuotteiden riittäessä puu käyttää niitä pääverson, oksien ja juurien pituuskasvuun ja vasta viimeisenä paksuuskasvuun. Kasvu keskittyy siis ensin puun muihin osiin ja vasta sitten pituus- ja paksuuskasvuun. (Valkonen - Saksa - Saarinen - Moilanen 1998, 37.)

Kuusen taimi ei tarvitse kasvaakseen valoa lähellekään niin paljon kuin mänty tai koivu tarvitsee. Kuusi pysyy hengissä, vaikka saisi vain kymmenen prosenttia metsikköön tulevasta kokonaisvalosta. Kehittyäkseen normaalisti kuusi vaatii 20 - 30 prosenttia metsikköön tulevasta valon kokonaissäteilystä.

(Saksa ym. 1998, 21.) Näin siis kuusi soveltuu hyvin kasvamaan alikasvoksena ja voisi olettaa, että se saa kasvamiseen riittävästi valoa myös pienaukoissa kasvaessaan. Jos varjostuksen määrä kuitenkin on liian suuri, kuusi sopeuttaa elintoimintansa siihen ja päärangon pituuskasvun oksien pituuskasvua pienemmäksi. Näin latvuksista tulee lyhyitä, latteita ja epäsymmetrisiä. Alikasvoksen kasvuun vaikuttaa valon määrän lisäksi kilpailu vedestä ja ravinteista ylispuuston kanssa. (Saksa ym. 1998, 26.)

4.2 Kuusen alikasvoksen vapautuminen

Kun alikasvostaimi vapautuu ylispuuston alta, sen elintoimintojen täytyy sopeutua jälleen uuteen tilanteeseen. Ylispuuston poisto lisää valoa ja kilpailu ravinteista vähenee. Lisäksi ylispuuston poisto vaikuttaa lämpötiloihin siten, että maanpinnan läheisten ilmakerrosten päivälämpötilat yleensä nousevat ja yölämpötilat laskevat (Valkonen ym. 1998, 34). Tässä tutkimuksessa pienaukot ovat niin pieniä, että välttämättä lämpötilassa tapahtuneet muutokset aukoissa eivät ole olleet kovin suuria.

Alikasvokset ovat mukauttaneet rakenteensa varjossa kasvamiseen. Ylispuuston poiston jälkeen valon määrän lisääntyessä alikasvostaimilla kestää jonkin aikaa ennen kuin ne sopeutuvat uuteen tilanteeseen. Voimakkaasta varjostuksesta vapautettujen puiden varjoneulasten ilmaraot eivät pysty kunnolla sulkeutumaan ja estämään liiallista haihtumista vaan ne haihduttavat runsaasti. Tästä johtuva kuivuusstressi voi aiheuttaa jopa taimen kuoleman. (Valkonen ym. 1998, 35.)

Alikasvospuun vapautusreaktio voidaan jakaa useampaan vaiheeseen. Vapautumisen jälkeen puun kasvu pysyy ennallaan tai jopa hidastuu. Tämän toipumisvaiheen kesto riippuu puulajista, kasvupaikasta, puun kasvukunnosta ja poistetun puuston tiheydestä. Hyväkuntoisella kuusella toipumisvaihe kestää kahdesta kuuteen vuotta. Tämän jälkeen seuraa elpymisvaihe, joka kestää siihen asti, kunnes alikasvospuu kasvaa pituutta samaa tahtia aina vapaana kasvaneen puun kanssa. (Valkonen ym. 1998, 40.)

Alikasvoskuusen iällä vapauttamisen jälkeiseen elpymiseen ja kasvuun on jonkin verran merkitystä. Iältään vanhempien alikasvoskuusten täytyy olla selvästi kookkaampia kuin nuorempien alikasvostaimien, jotta ne voisivat

kehittyä istutuskuusikon valtapituuden nopeudella. (Valkonen ym. 1998, 45.) Turvemaalla on tehty vain vähän tutkimuksia kuusialikasvosten kehityksestä. Näissä tutkimuksissa on vapautettu kuusialikasvos koivikon alta. Tässä tutkimuksessa alikasvoskuuset ovat kasvaneet kuusimetsän alla.

Kuusialikasvoksen vapauttamista ajatellen hyvä kuusen alikasvos ei ole siis riippuvainen alikasvoksen iästä. Nopein elpymisreaktio on sellaisilla kuusilla, joiden kasvu ennen vapautumista on ollut keskimäärästä tai sitä vähäisempää ja ne ovat säilyneet riittävän hyväkuntoisina ja elpymiskykyisinä. Hitaammin kasvaneet alikasvos kuuset elpyvät hitaammin. (Koistinen - Valkonen 1993, 185.) Hyvä alikasvos on kasvattanut pääversoaan eikä vain neulasia. Tämä nopeuttaa pituuskasvun elpymistä. (Valkonen ym. 1998, 42 – 43.) Kuviossa 3 on kuusen taimia, joiden kasvusta näkyy kuinka pituuskasvu on lisääntynyt alikasvoksen vapautumisen jälkeen. Kuvasta näkee, että kuuset ovat kasvattaneet vahvasti oksiaan alikasvos aikanaan.



Kuvio 3. Hyvin kasvavia taimi Lintupirtin pienaukolla 431

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

5.1 Tutkimusalue

Tutkimukseni aineiston olen kerännyt metsähallituksen mailta Pohjois-Suomesta, Tervolan kunnan alueelta (N= 7341008, E=440177). Liitteenä 1 on kartta alueesta. Tutkimusalue on rehevää ohutturpeista kuusta kasvavaa ruoho- ja lehtokorpea, joka on ojitettu 1960-luvulla. Turpeen paksuus on 10 – 50 senttimetriä (Hökkä ym. 2011, 635).

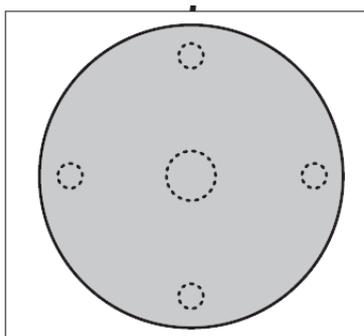
Metsäntutkimuslaitoksen pienaukkouudistamista selvittävä koe on perustettu alueelle syksyllä 2004. Talvella 2005 hakattiin pienaukot ja alueella olevat avohakkuualat, joita en tässä tutkimuksessa käsittele.

Pienaukot ovat hakattu neljälle erilliselle lohkolle, joiden paikat on satunnaisesti valittu. Lohkoja on käytetty, koska aukot on hakattu neljään toisistaan erillään olevaan metsikköön. Eri lohkojen kasvillisuus poikkeaa osittain toisistaan. Osalla pienaukoista kasvaa enemmän korpikastikkaa ja mesiangervoa kuin toisilla ja myös rahkasammalten kasvun määrissä on eroja.

Pienaukot ovat halkaisijaltaan 10, 15 ja 20 metriä (pinta-alat 78,5 m², 177 m² ja 314 m²). Lohkolla 1 on jokaista kokoa olevia pienaukkoja kolme eli yhteensä yhdeksän pienaukkoa. Lohkolla 2 on 12 pienaukkoja ja lohkoilla 3 ja 4 hakattuja pienaukkoja on molemmilla kuusi kappaletta. Yhteensä aukkoja on 33. Liitteenä 2 ovat kartat ja ilmakuvat jokaiselta lohkolta. Pienaukkojen väliin on jätetty 10 – 20 metriä koskematonta metsää. Koetta perustettaessa on pyritty välttämään suuria luonnon aukkoja (Hökkä ym. 2011, 636).

Hakattujen aukkojen koot on tarkoin mietitty. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että jos aukon koko on suurempi kuin hakattavan puuston valtapituus, lehtipuuston taimien määrä kasvaa aukossa merkittävästi (Leemans 1991, 164). Ennen hakkuita kaikista tulevalta aukolta hakattavista puista mitattiin rinnankorkeusläpimitta ja valituista koepuista pituus. Näihin tietoihin ja aikaisempiin tutkimuksiin nojautuen päädyttiin siihen, että aukon maksimikokona käytetään halkaisijaltaan 20 metriä, joka vastaa valtapituutta. Pienimistä aukoista tehtiin halkaisijaltaan puolet ja keskikokoisista kolme neljäsosaa isoimman aukon koosta. (Hökkä ym. 2011, 636)

Pienaukoille on sijoitettu hakkuun jälkeen kiinteät taimikoealat. Taimikoealojen sijoittelu näkyy kuvioista 4. Jokaisella pienaukolla on viisi koealaa, joiden keskipiste on merkitty muovisella putkella. Keskellä aukkoa on kymmenen neliömetrin kokoinen ympyräkoeala ja pienaukon jokaiseen pääilmansuuntaan (pohjoiseen, itään, etelään ja länteen) puolentoista metrin päähän alueen reunasta on tehty viiden neliömetrin kokoiset ympyräkoealat. Kaiken kokoisilta pienaukoilta taimikoealoja oli 55 eli yhteensä 165.



Kuvio 4. Taimikoealojen sijoittelu pienaukossa

Ennen aukkojen hakkuita kaikki hakattavat puut merkittiin. Hakkuiden ajoittuminen talveen vähensi vaurioita maaperässä ja olemassa olevissa taimissa. Hakkuiden jälkeen suurin osa hakkuutähteistä ja puiden latvuksista siirrettiin pienaukkojen ulkopuolelle. Kuviossa 5 on hakkuutähteet kerättynä kaasaan. Kesäkuussa 2005 kuudelle pienaukolle lohkolla 1 ja kolmelle pienaukolle lohkolla 3 tehtiin maanmuokkaus kaivurilaikutuksena. Tässä tutkimuksessa en ottanut mittauksissa huomioon maanmuokkauksen vaikutuksia rajallisesta ajasta johtuen.



Kuvio 5. Korjuutähteitä kerättynä yhteen Lintupirtin koealueella lohkolla 1

Hakkuiden jälkeen lohkojen 3 ja 4 taimet on mitattu joka vuosi vuodesta 2005 vuoteen 2010. Lohkojen 1 ja 2 taimet on mitattu vuosina 2005 ja 2010. (Hökä ym. 2011, 636 - 637)

5.2 Tutkimusaineiston mittaaminen

Tein kuusen taimien mittaukset Lintupirtin koealueella toukokuussa 2013. Mittasin taimet koealueelle sijoitetuilta kiinteiltä taimikoealoilta. Minulla oli käytettävissä vuoden 2010 taimien pituusmittausten tulokset, jossa oli kirjattuna vuoden 2005 inventoinnissa yli kymmenen senttimetriä pitkien taimien sijainti etäisyyden ja suunnan mukaan taimikoealojen keskipisteistä määriteltynä.

Taimikoealojen yhteispinta-ala on 30 neliömetriä, keskikoeala kymmenen neliömetriä ja neljä muuta koealaa viisi neliömetriä. Näin ollen yksi mitattu kuusen taimi millä tahansa taimikoealalla edustaa 333 kuusta hehtaarilla. Mitattavien taimien määrä hehtaarilla sai tässä tutkimuksessa olla korkeintaan 3000 tainta. Mittasin jokaiselta pienaukolta korkeintaan yhdeksän kasvatettavaksi kelpaavaa kuusen tainta. Alun perin tarkoitus oli, että mittaan keskellä olevalta taimikoealalta kaksi tainta ja reunoissa olevilta koealoilta yksi - kaksi tainta jokaiselta. Kasvatuskelpoisten mitattavien taimien etäisyys toisistaan oli vähintään 60 senttimetriä ja taimien piti olla mittaushetkellä vähintään 20 senttimetrin pituisia ja kehityskykyisiä ympäröivään kasvillisuuteen nähden. Näillä kriteereillä minulle tuli yhteensä kaikilta koealoilta mitatuksi 172 kuusen tainta.

Kirjasin taimet jokaisella taimikoealalla niin, että ensimmäinen taimi oli 1 ja seuraava 2 ja niin edelleen. Taulukossa 1 taimen numero tarkoittaa sitä, kuinka mones taimikoealalta mitattu taimi on kyseessä. Taulukosta 1 näkyy, kuinka monelta taimikoealalta olen mitannut enemmän kuin yhden taimen. Siitä nähdään myös, kuinka monta tainta erikokoisilta pienaukoilta olen mitannut ja paljonko taimia näin on hehtaaria kohden. Kaikilla taimikoealoilla ei ollut mitattavia taimia (Luku 6.1 kuvio 7). Tästä syystä mittasin joiltakin keskellä pienaukkoa olevilta taimikoealoilta useampia taimia kuin kaksi. Tämä oli mahdollista, koska mitattujen taimien etäisyys toisistaan oli yli 60 senttimetriä.

En mitannut tutkimuksessani muiden puiden kuin kuusien taimia.

Taulukko 1. Mitattujen taimien määrät erikokoisilla pienaukoilla

Taimien määrä 10 m halkaisijaltaan olevilla aukoilla			Taimien määrä 15 m halkaisijaltaan olevilla aukoilla			Taimien määrä 20 m halkaisijaltaan olevilla aukoilla		
Taimi numero	Taimien lukumäärä		Taimi numero	Taimien lukumäärä		Taimi numero	Taimien lukumäärä	
	1	28		1	32		1	34
	2	18		2	14		2	15
	3	5		3	5		3	8
	4	3		4	2		4	5
	5	1					5	1
	6	1						
Yhteensä		56	Yhteensä		53	Yhteensä		63
Taimia/ha	56*333/11	1700	Taimia/ha	53*333/11	1600	Taimia/ha	63*333/11	1900

Mittasin kasvatettavaksi kelpaavista taimista pituuden ja viimeisten viiden vuoden vuosittaiset pituuskasvut sentin tasaavissa luokissa. Osasta taimia mittasin pituuskasvun vain edellisiltä kolmelta vuodelta, jos sitä edeltävien vuosien kasvujen määrittäminen kävi liian haastavaksi. Katsoin silmämääräisesti taimien kunnon. Kuntoluokat olivat:

- 1 = terve, hyväkuntoinen
- 2 = kunto hieman alentunut
- 3 = kunto selvästi alentunut.

Mittausten jälkeen kirjasin tiedot Exceliin ja siirsin ne siitä SPSS-ohjelmaan.

Mittaamaan lähtiessäni oletus oli, että suurin osa mitattaviksi tulevista taimista olisi jo vuonna 2005 mittauksessa mukana olleita taimia, jolle oli määritelty sijainti suunnan ja etäisyyden mukaan. Asia ei kuitenkaan maastossa osoittautunut niin yksinkertaiseksi, miltä se ensin vaikutti. Jossain vaiheessa ensimmäisten mittausten taulukoissa suunnat ja etäisyydet ja jopa taimen pituudet olivat menneet sekaisin ja väärin sarakkeisiin. Tämä aiheutti sen, että näiden taimien paikallistaminen ei ollut maastossa kovinkaan yksinkertaista. Lisäksi keskellä sijaitsevien taimikoealojen taimien etäisyydet ja suunnat oli mitattu keskitolpasta eikä taimikoealan keskipisteeseen asetetusta muoviputkesta kuten muilla taimikoealoilla. En tiennyt tätä aluksi ja se hankaloitti aiemmin mitattujen taimien paikallistamista.

Näistä ongelmista huolimatta pyrin löytämään samat taimet, jotka olivat jo aiemmin mitattu, mutta en siinä jokaisella koealalla onnistunut. Tästä syystä joudun perustamaan tutkimukseni ja tulosten analysoinnin vain omiin mittaus-tuloksiini.

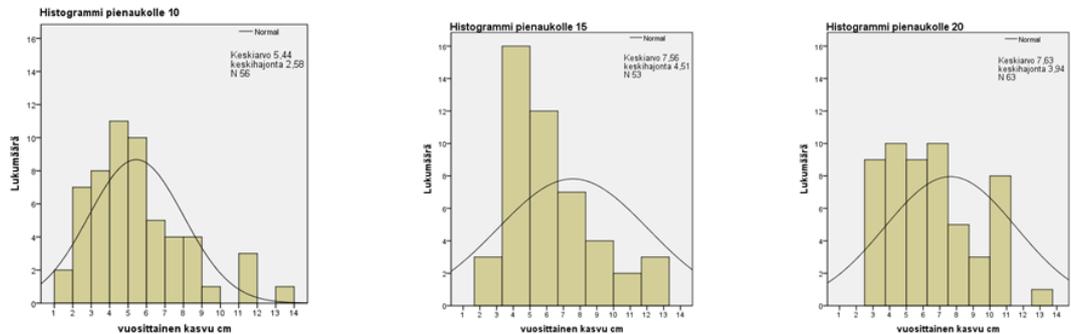
5.3 Tutkimuksessa käytetyt tilastolliset menetelmät

Tutkimusaineisto perustuu satunnaisesti sijoitetuille lohkoille tehtyjen pienaukkojen ennalta määritellyiltä koealoilta mitattuihin kuusen taimien pituuk-siin. Tutkimusalueen neljä eri lohkoa on satunnaisesti sijoitettu alueen met-siin. Pienaukkoja on hakattu lohkoille niin, että niiden väliin on jäänyt vähin-tään 10 - 20 metriä pystymetsää. Taimikoealat on sijoitettu pienaukoille, ku-ten olen kuvannut luvussa 5.1. Tutkimus on otantatutkimus, jossa jokainen mitattu taimi edustaa 333 tainta hehtaarilla. Koealoilta mitatut taimet eivät ole satunnaisesti valittuja, vaan mitattavat taimet on valittu sen mukaan, että ne vaikuttavat kasvatuskelpoisilta, ovat vähintään 20 senttimetriä pitkiä ja mitat-tujen taimien etäisyys toisiinsa on vähintään 60 senttimetriä. Mitattuja taimia tutkimuksessa on kaikkiaan 172.

Aineiston olen analysoinut SPSS 20.0 ohjelmalla. Varianssianalyysejä olen tehnyt yksisuuntaisina ja kaksisuuntaisina. Olen tehnyt analyysit käyttäen riippuvina muuttujina vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvoa ja vuosien 2008 – 2010 kasvujen keskiarvoa sekä käyttäen riippuvana muuttujana vii-den viimeisen vuoden vuosikasvujen keskiarvoa. Vuotuisia pituuskasvuja ei ole käytetty siitä syystä, että jokaisen taimen edellisen vuoden kasvu vaikut-taa seuraavan vuoden kasvuun ja tämän riippuvuuden huomiointi olisi huo-mattavasti monimutkaistanut varianssianalyysiä. Käyttäessäni analysoinneis-sa viiden vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvoa tuloksesta tulee luotetta-vampi kuin silloin, jos analysoisin jokaisen vuoden kasvun erikseen. Kahden jakson analysointia käytin siitä syystä, että graafisen tarkastelun mukaan pi-tuuskasvussa näytti tapahtuneen muutos vuosien 2010 ja 2011 välillä ja ha-lusin nähdä, tuleeko se esille analyysissä.

Tutkimuksessa olen lähtenyt siitä olettamuksesta, että aineistot ovat normaali-jakauman mukaisia ja varianssianalyysi antaa oikean tuloksen. Tämä ei kui-tenkaan tutkimuksissa mitatuilla taimimäärillä pidä paikkaansa. Testasin normaalijakautuneisuuden Kolmogrov-Smirnov – testillä. Tämä testi osoitti,

että, taimien kasvu ei ole normaalisti jakautunut. Kuviosta 6 nähdään, kuinka vuosittaisten kasvujen määrät eroavat normaalijakautuneisuudesta. Vuosittaiset kasvut ovat viiden viimeisen vuoden kasvujen keskiarvoja.



Kuvio 6. Taimien vuosittaisten kasvujen määrät 10, 15 ja 20 metrin pienaukoissa

Olen lähtenyt siitä oletuksesta, että jos mitattuja taimia olisi ollut paljon enemmän, toisin sanoen tutkimuksessa olleita pienaukkoja olisi ollut enemmän, olisi normaalijakautuneisuuden ehto täyttynyt. Olen analysoinut aineistoa myös Kruskal-Wallisin ei-parametrisellä testillä, jossa ei edellytetä normaalijakautuneisuutta ja katsonut, antavatko nämä eri menetelmät saman tuloksen.

6 TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Taimien kunto ja sijainti pienaukolla

Tein ristiintaulukoinnin kaikille kolmelle erikokoiselle pienaukolle sen suhteen, mikä on taimien kunto eri kohdissa pienaukkoa sijaitsevilla taimikoealoilla. Samalla näistä taulukoista käy ilmi, montako tainta olen mitannut erikohdissa pienaukkoa sijaitsevilta taimikoealoilta. Tulokset näkyvät taulukossa 2.

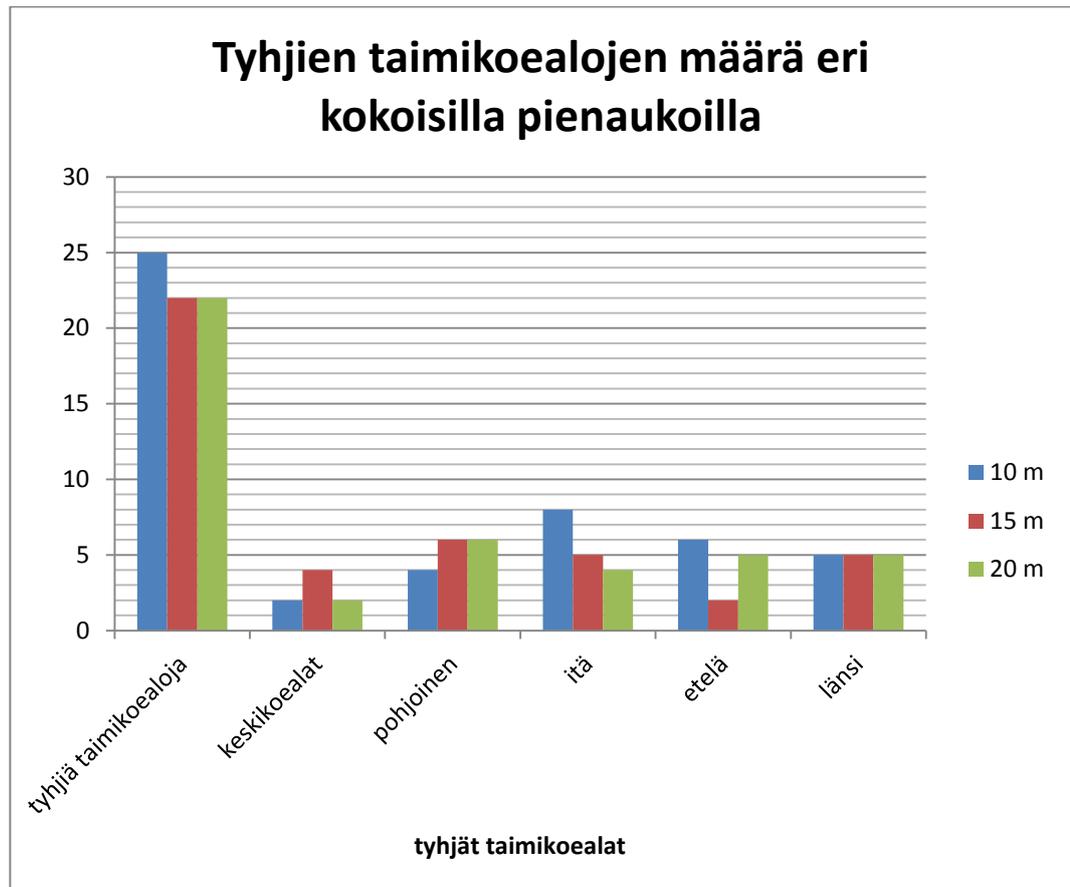
Taulukko 2. Taimien kunto 10, 15 ja 20 metriä halkaisijaltaan olevilla pienaukoilla

10 metrin aukko		Koealan sijainti aukossa					yhteensä	prosenttia %
		keskikoeala	pohjoinen	itä	etelä	länsi		
kunto	terve, hyvä kuntoinen	16	4	3	4	3	30	54
	kunto hieman alentunut	9	6	2	4	1	22	39
	kunto selvästi alentunut	1	0	1	0	2	4	7
yhteensä		26	10	6	8	6	56	100
15 metrin aukko		Koealan sijainti aukossa					yhteensä	prosenttia %
		keskikoeala	pohjoinen	itä	etelä	länsi		
kunto	terve, hyvä kuntoinen	15	5	3	5	7	35	66
	kunto hieman alentunut	4	2	3	6	1	16	30
	kunto selvästi alentunut	0	0	1	1	0	2	4
yhteensä		19	7	7	12	8	53	100
20 metrin aukko		Koealan sijainti aukossa					Yhteensä	Prosenttia %
		keskikoeala	pohjoinen	itä	etelä	länsi		
kunto	terve, hyvä kuntoinen	17	4	13	6	7	47	74
	kunto hieman alentunut	6	2	1	3	1	13	21
	kunto selvästi alentunut	2	0	0	0	1	3	5
yhteensä		25	6	14	9	9	63	100

Taulukosta näkyy, että taimet ovat hyväkuntoisimpia isoimmilla pienaukoilla. Jos mukaan otetaan hyväkuntoisten lisäksi ne taimet, joiden kunto on hieman alentunut, erot aukkojen koon suhteen jäävät pieniksi.

Taimia on kaiken kokoisilla aukoilla mitattu eniten keskellä olevilta taimikoealoilta yhteensä 70 tainta. Tämä johtuu siitä, että keskikoealat ovat pinta-alaltaan kymmenen neliometriä, kun reunakoealojen koko on vain viisi neliometriä. Tarkoituksin oli, että keskikoealalta mitataan kaksi tainta ja muilta yksi - kaksi tainta. Kuitenkin joiltakin keskikoealoilta on mitattu enemmän kuin kaksi tainta, koska saman pienaukon muilla koealoilla ei ole ollut mitattavaksi

kelpaavia taimia. Toisaalta on myös keskikoealoja, joilta ei ole mitattu lainkaan taimia. Nämä tiedot näkyvät kuviosta 7.



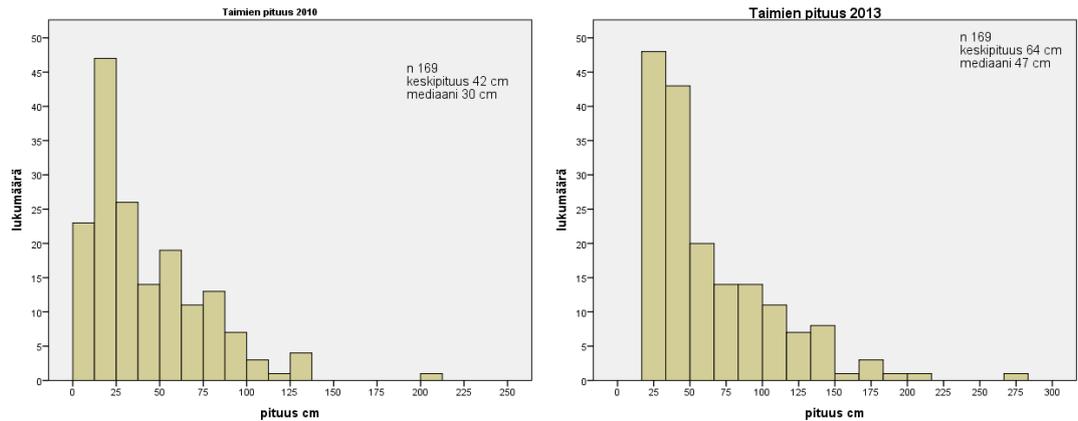
Kuvio 7. Tyhjien taimikoealojen määrä erikokoisilla pienaukoilla yhteensä ja taimikoealojen mukaan

Pienaukoissa, joiden halkaisija on 15 metriä, mitatuista taimista 36 prosenttia kasvaa keskikoealalla. Taimettomia keskikoealoja oli eniten näissä keskikokoisissa aukoissa. Kymmenen metriä halkaisijaltaan olevilla aukolla keskikoealalla kasvaa 46 prosenttia mitatuista taimista ja 20 metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla 40 prosenttia.

Kuviosta 7 nähdään, että tyhjiä taimikoealoja oli eniten kymmenen metriä halkaisijaltaan olevilla pienaukoilla ja isommilla pienaukoilla tyhjiä koealoja oli vähän vähemmän. Kolmella pienaukolla ei ollut yhtään kasvatuskelpoiseksi luokiteltavaa tainta. Näistä aukoista kaksi sijaitsivat loholla 1 ja aukot olivat kymmenen metriä ja 20 metriä halkaisijaltaan. Yksi tyhjä pienaukko sijaitsi loholla 4. Tämä aukko oli halkaisijaltaan 15 metriä.

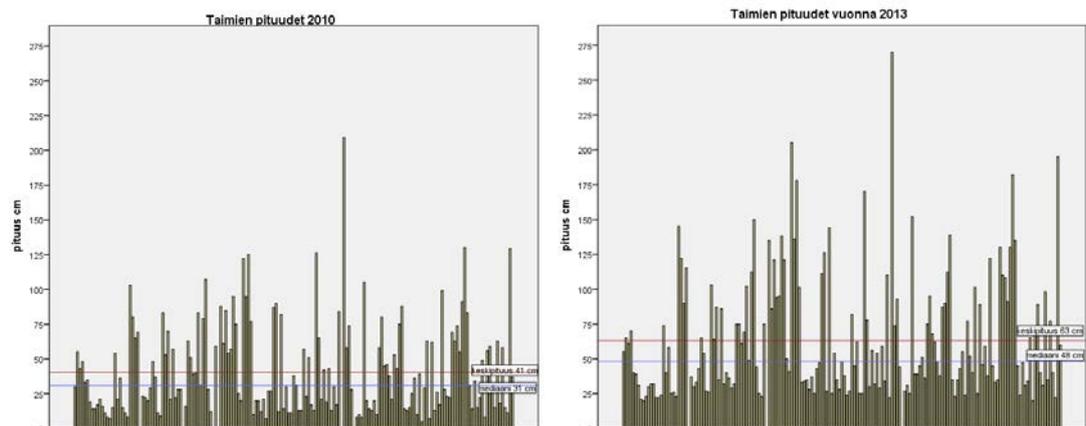
6.2 Graafiset tarkastelut

Kaikista taimista on mitattu vähintään kolmen edellisen vuoden pituuskasvut.



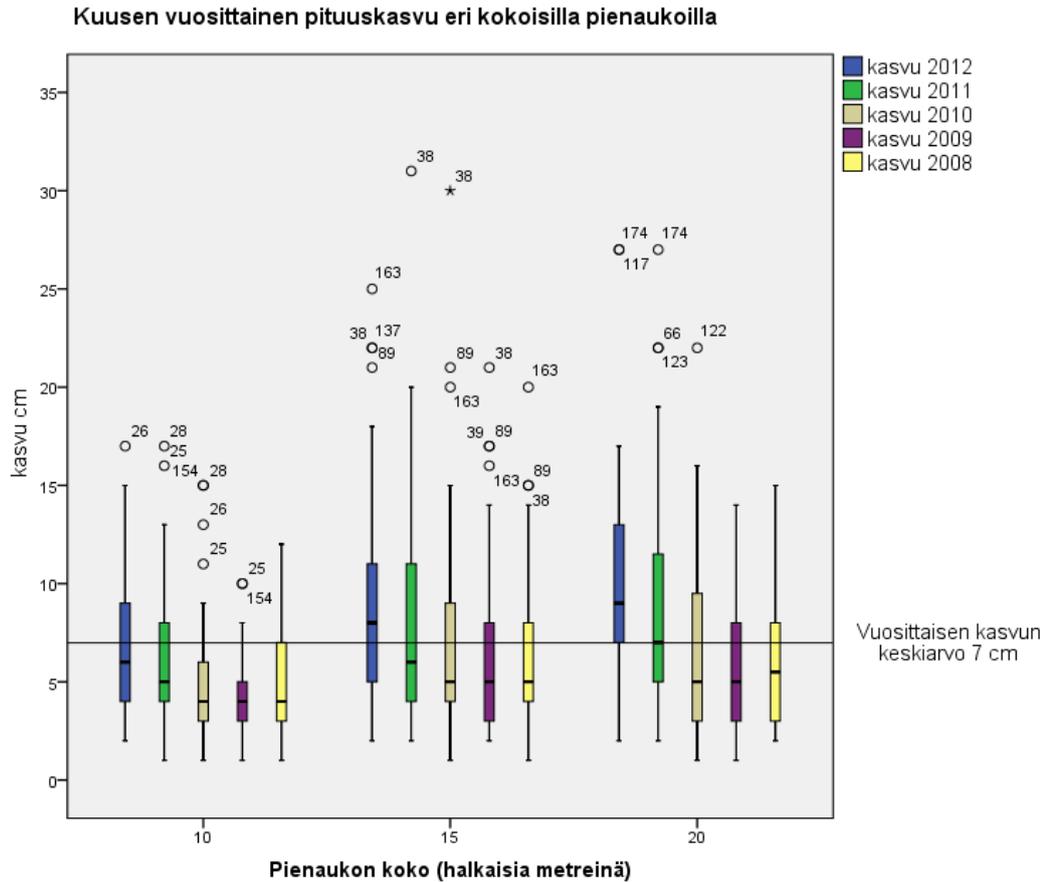
Kuvio 8. Taimien pituusjakaumat vuosina 2010 ja 2013

Kuvioissa 8 on esitettyä taimien pituusjakaumat vuosina 2010 ja 2013. Kuviossa 9 nähdään kaikkien mitattujen taimien pituudet vuonna 2010 ja 2013.



Kuvio 9. Mitattujen taimien pituudet vuosina 2010 ja 2013

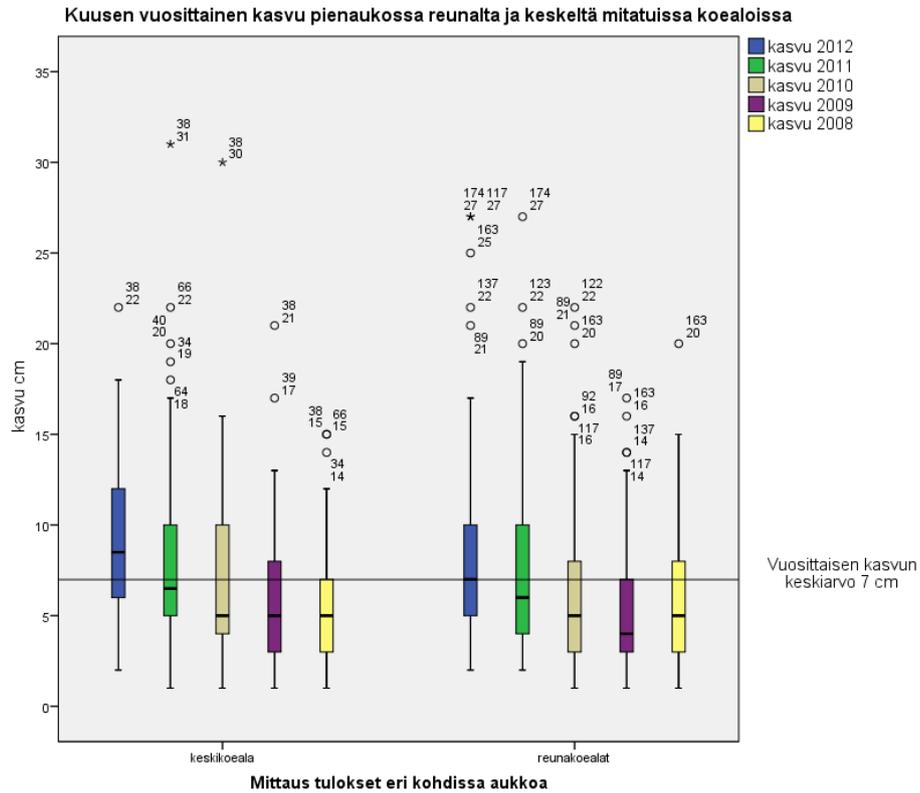
Kuvioissa 10 on esitetty, miten taimien vuosittainen kasvu viimeisten viiden vuoden aikana on kehittynyt erikokoisilla pienaukoilla.



Kuvio 10. Kuusen taimien vuosittainen kasvu erikokoisilla pienaukoilla

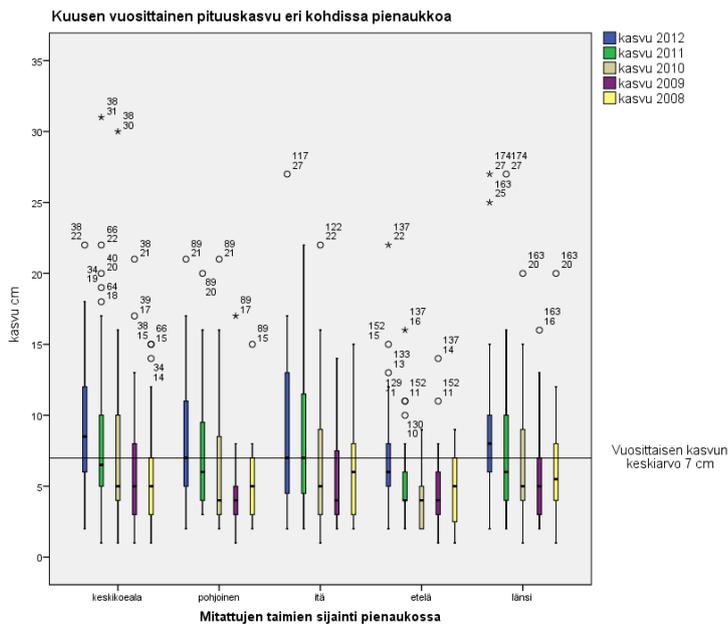
Kuviosta 10 voi havaita, että kasvu on selvästi lähtenyt elpymään. Kaikilla kolmella erikokoisella pienaukolla kasvu on pysynyt oikeastaan samana vuodet 2008 -2010. Suurimmalla aukolla kasvu näyttää jopa hitusen taantuneen vuonna 2009, mutta elpyneen selvimmin vuonna 2011. Pienimmällä pienaukolla elpyminen näyttää hitaimmalta.

Kuviosta 11 käy ilmi miten kuusen vuosittainen kasvu on kehittynyt keskellä pienaukkoa ja sen reunoissa.



Kuvio 11. Kuusen taimien vuosittainen kasvu keskellä pienaukkoa ja sen reunoissa olevilla taimikoealoilla

Kuvioista 11 ja 12 voi myös havaita, että taimien kasvu on alkanut elpyä vuonna 2011. Kuvioista 11 voi havaita, että kasvu elpyy voimakkaammin keskikoealoilla kuin reunakoealoilla.



Kuvio 12. Kuusen taimien vuosittainen kasvu eri kohdissa pienaukkoa olevilla taimikoealoilla

Kuvion 12 perusteella elpyminen näyttäisi olevan parasta pienaukkojen länsiosassa olevilla taimikoealoilla.

6.3 Tilastolliset testit

6.3.1 Yksisuuntaiset varianssianalyysit

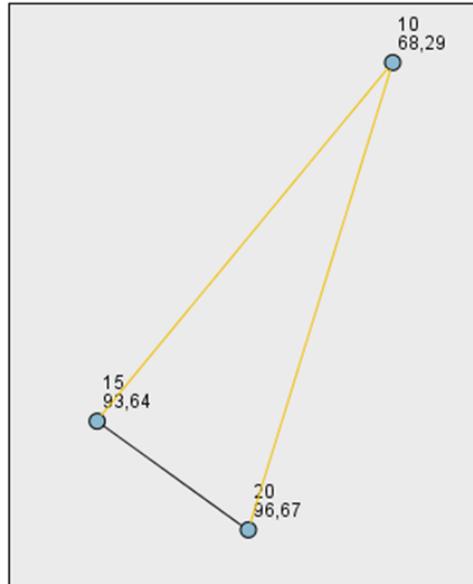
Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testasin aukon koon vaikutuksen taimen kasvuun. Tein testin myös ei parametrisenä Kruskal-Wallis - testillä, tuloksen luotettavuuden vahvistamiseksi. Tein sekä yksisuuntaisen varianssianalyysin että Kruskal-Wallis – testin käyttäen riippuvana muuttujana viiden vuoden kasvun keskiarvoa. Koska kasvun tasossa vaikutti tapahtuneen muutos vuoden 2010 jälkeen, tein toiset analyysit käyttäen riippuvina muuttujina joko vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvoa tai vuosien 2008- 2010 kasvujen keskiarvoa. Sekä Kruskal-Wallis - testillä että yksisuuntaisella varianssianalyysillä tulokseksi tuli, että ero taimien kasvussa oli merkitsevä sen suhteen, minkä kokoisessa aukossa taimet kasvavat. Taulukossa 3 on yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset.

Taulukko 3. Yksisuuntainen varianssianalyysi aukon koon vaikutuksesta taimien kasvuun

		neliöiden summa	vapausaste	F	p-arvo
viidenvuodenkasvu	ryhmien välillä	3952,339	2	5,222	,006
	ryhmien sisällä	63957,353	169		
	yhteensä	67909,692	171		
kasvu11ja12	ryhmien välillä	291,986	2	6,743	,002
	ryhmien sisällä	3658,892	169		
	yhteensä	3950,878	171		
kasvu08ja09ja10	ryhmien välillä	110,507	2	4,391	,014
	ryhmien sisällä	2088,692	166		
	yhteensä	2199,199	168		

Yksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset erikokoisten aukkojen vaikutuksesta taimien kasvuun löytyvät liitteestä 3 taulukoista 6 ja 7. Testien mukaan kymmenen metriä halkaisijaltaan olevissa aukoissa taimien kasvu on hitaampaa kuin isommilla aukoilla. Tämän näkyy myös luvun 6.2. graafisissa kuvioissa. Kuvio 13 havainnollistaa mielestäni myös hyvin sitä, että aukon halkaisijan ollessa kymmenen metriä, taimien kasvu poikkeaa isompien aukko-

jen kasvusta, mutta 15 ja 20 metriä halkaisijaltaan olevat aukot eivät poikkea toisistaan. Kuvio on otettu Kruskal-Wallis testin tuloksesta, jossa riippuvana muuttujana on ollut viiden vuoden kasvun keskiarvo. Lukuarvot kuviossa ovat pituuskasvujen järjestyslukujen summia. Testi muuttaa todelliset pituuskasvujen arvot järjestyslukuiksi ja käyttää niitä vertailuissa.



Kuvio 13. Pari vertailu pienaukon koon mukaan Kruskal – Wallis testissä

Viiden viimeisen vuoden kasvun keskiarvon ollessa riippuvana muuttujana on taimien kasvujen keskiarvojen ero pienimpien ja suurimpien aukkojen välillä 2,196 senttimetriä. Pienimmän ja keskikokoisen aukon kasvujen keskiarvojen ero on 2,124 senttimetriä ja keskikokoisen ja suurimman aukon taimien kasvujen keskiarvojen ero on 0,72 senttimetriä. Taimet kasvavat paremmin halkaisijaltaan 15 tai 20 metriä olevilla aukoilla kuin aukon halkaisijan ollessa kymmenen metriä.

Kun riippuvana muuttujana olivat vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvot, pienimpien ja suurimpien aukkojen kasvujen keskiarvojen erot olivat 2,992 senttimetriä ja pienimpien ja keskikokoisten aukkojen kasvujen keskiarvojen erot olivat 2,435 senttimetriä. Erot keskikokoisten ja isoimpien aukkojen taimien kasvujen keskiarvojen välillä olivat 0,557 senttimetriä. Merkittävyydet ovat samat, oli sitten riippuvana muuttujana viiden viimeisen vuoden kasvujen keskiarvot tai vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvot. Liitteessä 3 taulukoissa 6 ja 7 on testien tulokset.

Kun riippuvana muuttujana käytetään vuosien 2008 - 2010 kasvujen keskiarvoa, tulokset eroavat edellisistä jonkin verran. Pienimmissä ja keskikokoisissa aukoissa kasvavien taimien kasvujen keskiarvojen ero on 1,922 senttimetriä. Tämä ero on vielä merkitsevää. Pienimmissä ja suurimmissa aukoissa kasvavien taimien kasvun keskiarvon ero on 1,509 senttimetriä. Tämä jää vähän merkitsevyys tason alapuolelle, kun p- arvo on 0,059 ja merkitsevyys tasona käytetään 0,05. Keskikokoisten ja suurimpien aukkojen taimien kasvujen keskiarvojen erot ovat 0,412 senttimetriä ja ero on niin päin, että keskikokoisilla aukoilla taimet ovat kasvaneet vähän paremmin kuin suurimmilla aukoilla. Nämä tulokset ovat liitteessä 3 taulukossa 6.

Taulukosta 4 nähdään taimien kasvujen erot erikokoisilla pienaukoilla. Taulukossa on esitetty taimien kasvujen keskiarvot niin, että kasvujen keskiarvo on laskettu vuosien 2011 ja 2012 kasvuista, erikseen vuosien 2008 – 2010 kasvusta ja kolmanneksi viiden vuoden kasvusta. Tämä taulukko havainnollistaa myös kasvun parantumista vuoden 2010 jälkeen.

Taulukko 4. Taimien kasvujen keskiarvot, mitattujen taimien määrä ja kasvujen hajonta erikokoisilla pienaukoilla

Raportti

pienaukon koko		keskikasvu vuosina 11-12	keskikasvu vuosina 08-10	viiden vuoden keskikasvu
10	keskiarvo	6,36	4,71	5,44
	N	56	54	56
	hajonta	3,341	2,355	2,576
15	keskiarvo	8,79	6,63	7,56
	N	53	52	53
	hajonta	5,422	4,204	4,508
20	keskiarvo	9,35	6,22	7,63
	N	63	63	63
	hajonta	4,945	3,796	3,949
yhteensä	keskiarvo	8,20	5,87	6,89
	N	172	169	172
	hajonta	4,807	3,618	3,873

Testasin yksisuuntaisella varianssianalyysillä lisäksi taimien sijainnin vaikutusta taimien kasvuun. Tämän tuloksen perusteella pelkästään sillä, missä kohtaa pienaukkoa taimet kasvavat ei ole tilastollista merkitsevyyttä taimien kasvun kannalta. Taulukossa 5 on tämän testin tulos.

Taulukko 5. Yksisuuntainen varianssianalyysi taimien sijainnin vaikutuksesta taimen kasvuun

		neliöiden summa	vapausaste	F	p-arvo
viidenvuodenkasvu	ryhmien välillä	2200,871	4	1,398	,237
	ryhmien sisällä	65708,821	167		
	yhteensä	67909,692	171		
kasvu11ja12	ryhmien välillä	127,901	4	1,397	,237
	ryhmien sisällä	3822,976	167		
	yhteensä	3950,878	171		
kasvu08ja09ja10	ryhmien välillä	64,181	4	1,232	,299
	ryhmien sisällä	2135,018	164		
	yhteensä	2199,199	168		

6.3.2 Kaksisuuntaiset varianssianalyysit

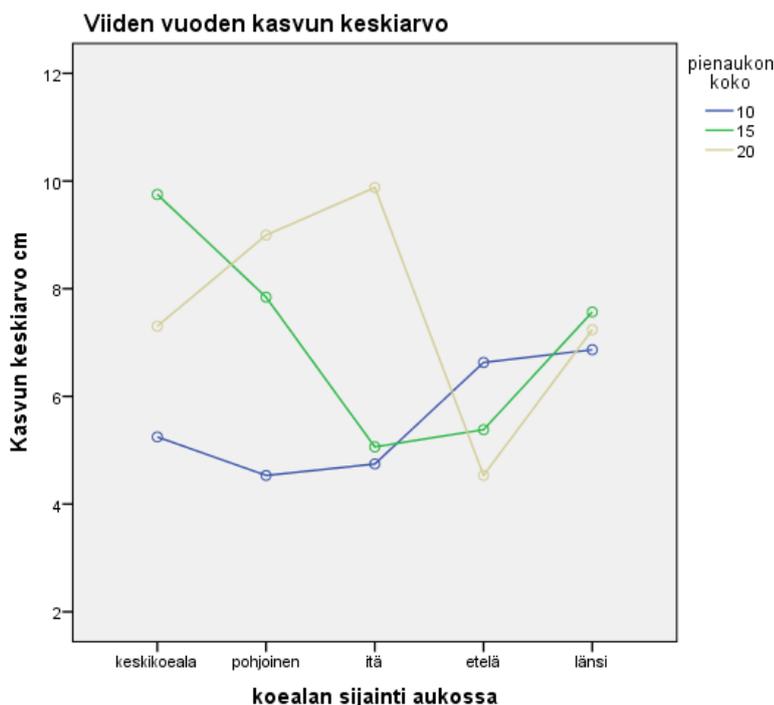
Tutkin kaksisuuntaisen varianssianalyysin avulla, onko pienaukon koolla ja taimien sijainnilla aukossa yhdysvaikutus taimien kasvuun. Selitettävänä eli riippuvina muuttujina olivat ensimmäisessä analyysissä vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvot ja vuosien 2008 - 2010 kasvujen keskiarvot. Toisessa analyysissä selitettävänä muuttujana käytin koko viiden vuoden jakson vuosittaisten kasvujen keskiarvoa. Lisäksi tutkin samoja selitettäviä muuttujia käyttäen taimikoealan sijainnin ilmansuunnin mukaan ja aukon koon yhteisvaikutusta jättämällä keskikoealat pois analyysistä. Testien tulokset ovat liitteessä 3 taulukoissa 8 – 11.

Varianssianalyysin tulokset osoittavat, että aukon koolla ja taimien sijainnilla aukossa on yhteisvaikutusta taimien kasvuun kaikissa tapauksissa, kun keskikoealan taimet ovat mukana analyysissä. Tulokset ovat liitteessä kolme taulukoissa 8 ja 9. Liitteestä 3 taulukoista 10 ja 11 voi myös lukea sen, että aukon koolla yksinään on tilastollisesti merkitsevä vaikutus taimien kasvuun, mutta taimien sijainnilla aukossa ei yksinään näytä olevan tilastollista merkit-

sevyyttä taimien kasvuun. Tämä on sama tulos, joka saatiin edellisessä luvussa yksisuuntaisella varianssianalyysillä päävaikutuksia tutkittaessa.

Kaksisuuntainen varianssianalyysi aukon koon ja taimien sijainnin mukaan ilman keskikoealan taimia antaa tulokseksi, että yhteisvaikutus ei ole merkitsevä silloin, kun riippuvina muuttujina ovat vuosien 2011 ja 2012 kasvujen keskiarvo ja vuosien 2008 – 2010 kasvujen keskiarvo. Tässä analyysissä ei tullut esille merkitsevää eroa myöskään yksin aukon koon tai taimien sijainnin suhteen. Tulokset ovat liitteessä 3 taulukossa 10. Kun analyysi tehdään niin, että riippuvana muuttujana on viiden vuoden kasvujen keskiarvo, aukon koolla ja taimien sijainnilla pienaukossa on tilastollinen merkitsevyys, vaikka keskikoealan taimet eivät ole mukana analyysissä. Testin tulos on liitteessä 3 taulukossa 11. Tämän analyysin perusteella aukon koolla on tilastollisesti merkitsevä vaikutus taimien kasvuun, mutta taimien sijainnilla ei ole yksinään vaikutusta.

Kuvio 14 kuvaa taimien sijainnin ja aukon koon vaikutusta kasvuun. Suurimmalla aukolla taimien pituuskasvussa on selvä ero sen perusteella, kasvavatko taimet aukon etelä- vai itälaidalla. Keskikokoisella aukolla taas näyttää siltä, että keskikoealalla kasvu on nopeampaa kuin reunoilla.



Kuvio 14. Viiden viimeisen vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvot eri kohdissa pienaukkoa ja erikokoisilla aukoilla

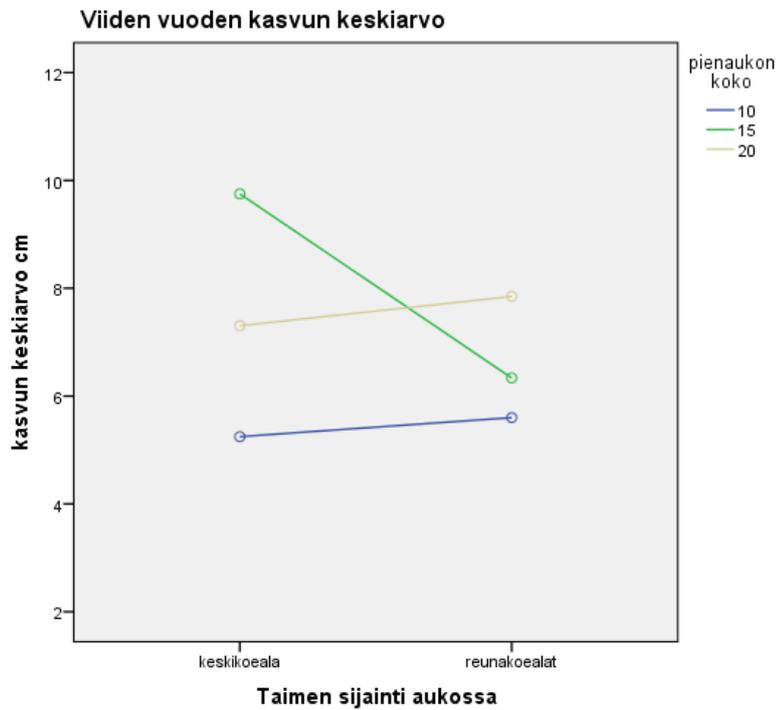
Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä saatiin selville, että aukon koolla ja taimien sijainnilla aukossa on tilastollisesti merkitsevä yhteisvaikutus taimien kasvuun. Yksisuuntaisella varianssianalyysillä testasin sen, minkä kokoisella pienaukolla ja taimien sijainnilla on vaikutusta taimien kasvuun. Tein yksisuuntaisen varianssianalyysin sijainnin vaikutuksesta erikseen kaikille kolmelle pienaukon koolle. Selittävänä muuttujana oli näissä analyysissä taimen sijainti pienaukossa ja selitettävänä muuttujana taimen viiden viimeisen vuoden kasvujen keskiarvo. Tulokset olivat juuri sellaiset kuin kuvio 14 antoi olettaa. Suurimmalla pienaukolla taimen kasvussa on merkitsevä ero sen mukaan, kasvaako taimi pienaukon itä- vai eteläreunassa. Tulos oli riippumaton siitä, otetaanko keskikoealan taimet huomioon analyysissä vai ei. Nämä tulokset löytyvät liitteestä 3 taulukoista 12 ja 13.

Keskikokoisella pienaukolla ei ollut merkitystä sillä, missä ilmansuunnassa taimi kasvoi. Sillä oli merkitystä, kasvoiko taimi aukon keskellä vai reunassa. Tulokset ovat liitteessä 3 taulukoissa 14 ja 18.

Pienimmissä aukoissa, joiden halkaisija on kymmenen metriä, ei ole merkitystä lainkaan sillä, missä kohden aukkoa taimet kasvavat. Tämä näkyy liitteessä 3 taulukoissa 16 ja 18. Aiemmin on jo selvinnyt, että pienimmissä aukoissa taimet kasvavat hitaimmin ja selvä ero 15 metriä ja 20 metriä halkaisijaltaan oleviin aukkoihin on olemassa.

Testasin vielä kaksisuuntaisella varianssianalyysillä aukon koon ja taimien sijainnin reunalla tai keskellä pienaukkoa mahdollista yhteisvaikutusta. Tämä testi eroaa edellisestä sillä, että eri ilmansuuntia ei tässä huomioida, vaan testissä huomioidaan sen merkitys, kasvavatko taimet keskellä pienaukkoa vai sen reunassa. Selitettävänä muuttujana käytin viiden vuoden kasvujen keskiarvoa. Tämän analyysin perusteella aukon koolla ja taimien sijainnilla aukon keskellä tai reunassa on merkitsevä yhteisvaikutus kasvuun. Tämän testin tulos on liitteessä 3 taulukossa 17. Liitteessä 3 taulukossa 18 näkyy viiden vuoden kasvujen keskiarvot. Näistä näkee, että vain 15 metriä halkaisijaltaan olevissa pienaukossa on merkitystä sillä, kasvavatko taimi pienaukon reunalla vai keskellä. Keskikoealojen taimien pituuskasvu vuodessa on 9,75 senttimetriä ja reunakoealojen taimien pituuskasvu vuodessa on 6,34 senttimetriä. Pituuskasvussa on eroa 3,4 senttimetriä. Pienissä aukoissa

keskellä ja reunassa kasvavien taimien pituuskasvun ero vuodessa on vain 0,4 senttimetriä ja isoissa aukoissa sama ero on 0,5 senttimetriä. Pienillä ja isoilla aukoilla tämä ero ei ole tilastollisesti merkitsevää.



Kuvio 15. Viiden viimeisen vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvot aukon keskellä ja reunoissa

Kuviosta 15 nähdään hyvin, että keski- ja reunakoealojen välillä on eroa juuri keskikokoisella pienaukolla. Eroa ei ole lainkaan niin paljon havaittavissa pienillä ja isoilla pienaukoilla.

7 TULOSTEN TARKASTELU

7.1 Pienaukon koon vaikutus taimen kasvuun

Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää, vaikuttaako pienaukon koko kehityskelpoisten kuusen taimien kasvuun. Saamani tulokset osoittavat, että pienaukon koolla on merkitystä taimen kasvuun. Näiden tulosten perusteella kymmenen metriä halkaisijaltaan olevalla pienaukolla taimen kasvu on hitaampaa ja kasvu myös elpyy hitaammin kuin 15 tai 20 metriä halkaisijaltaan olevalla aukolla.

Taimien kasvu alkoi elpyä vuoden 2010 jälkeen eli viisi vuotta hakkuun jälkeen. Aikaisemmat tutkimustulokset tukevat tätä. Hyväkuntoisilla kuusen alikasvostaimilla toipumisvaihe hakkuun jälkeen on kahdesta kuuteen vuotta. Tämän jälkeen tulee vielä elpymisvaihe ennen, kuin alikasvostaimet kehittyvät samaa tahtia istutettujen taimien kanssa (Valkonen ym. 1998, 39 ja 41). Vaikuttaisi siltä, että tämän aineiston taimet ovat vielä elpymisvaiheessa, koska kuusen luontainen kasvunopeus voi olla 30 cm vuodessa (Valkonen ym. 1998, 42). Tässä tutkimuksessa mitatut kuusen taimet kasvoivat keskimäärin seitsemän senttimetriä vuodessa. Vuosina 2011 ja 2012 kasvu oli 20 metriä halkaisijaltaan olevilla pienaukoilla keskimäärin 9,35 senttimetriä vuodessa (taulukko 4 s. 39)

Tutkimustulosteni perusteella vuosien 2008 - 2010 aikana erot erikokoisilla aukoilla kasvavien taimien pituuskasvuissa eivät olleet niin merkittävät kuin vuosien 2011 ja 2012 aikana. Vuoden 2011 jälkeen erot pienimmillä aukolla kasvavien taimien ja isommilla aukoilla kasvavien taimien välillä lisääntyivät.

Vuonna 1996 on Etelä – Suomessa Monimuotoisuus talousmetsien uudistamisessa (MONTA) - tutkimuksessa tehty läpimitaltaan 40 - 50 metrin kokoisia pienaukkoja. Näillä pienaukoilla on tutkittu vuonna 2008, miten kuusen taimien pituus on kehittynyt eri etäisyydellä reunametsästä. Tutkimuksessa saatiin tulos, että reunametsä vaikuttaa selvästi kuusen taimien kasvuun ainakin 20 metrin etäisyydelle asti. (Valkonen ym. 2010, 22 ja 92) Tässä tutkimuksessa kaikki taimet kasvavat siis sellaisella etäisyydellä reunametsästä, että sen vaikutuksen tulisi hidastaa taimien kasvua. MONTA-tutkimusten tuloksista on nähtävissä, että kuusen taimet ovat kuitenkin jo pidempiä 15 metrin ja 20 metrin päässä reunametsästä kuin 10 metrin päässä reunametsästä.

Tässä tutkimuksessani taimet eivät millään koealalla ole reunametsästä kauempana kuin kymmenen metrin etäisyydellä. Tästä huolimatta kasvuissa on havaittavissa eroja. Valkonen toteaa MONTA – kokeen tuloksista, että reunametsän välitön läheisyys eli viisi metriä metsän rajasta tekee taimien kasvusta hyvin hidasta (Valkonen ym. 2010, 92). Tutkimuksessani tämä tarkoittaisi sitä, että taimet kasvaisivat vähän paremmin vain 15 metriä ja 20 metriä halkaisijaltaan olevien pienaukkojen keskellä olevilla taimikoealoilla. 15 metriä halkaisijaltaan olevilla pienaukoilla tämä pitää paikkansa. Taimet kasvavat paremmin aukon keskellä kuin reunoissa.

20 metriä halkaisijaltaan olevalla aukolla ei ollut taimien pituuskasvujen kannalta merkitystä sillä, kasvavatko ne aukon keskellä vai reunassa. Valkonen puhuu reunametsän kilpailusta eli ravinteiden ja veden riittävydestä (Valkonen ym. 2010, 92). Tutkimukset on tehty erilaisissa maaperissä. Lintupirtillä rehevässä korvessa ravinteiden ja veden puute ja kilpailu niistä reunametsän kanssa eivät ehkä ole niin merkitsevässä asemassa kuin MONTA – kokeen tutkimusalueella.

Mielenkiintoista oli, että tutkimuksessani mitattavia taimia oli kymmenen metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla enemmän kuin 15 metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla. Ero näiden kahden aukon koon välillä ei taimimäärissä ollut kuin 100 tainta hehtaarilla. Isoimmalla aukolla oli 300 tainta hehtaarilla enemmän kuin keskikokoisella aukolla. (Taulukko 1 sivu 28) Vaikka taimen pituuskasvulle ei ollut merkitsevää eroa siinä, kasvaako taimi 15 vai 20 metriä halkaisijaltaan olevassa pienaukossa taimien määrissä näyttäisi olevan eroa. Tämä ero voi johtua siitä, että taimet saavat enemmän valoa, lämpöä ja ravinteita suurimmalla aukolla. Taimet olivat myös terveempiä ja hyväkuntoisempia 20 metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla. Lisäksi taimet kasvavat lähes kaikkialla 20 metriä halkaisijaltaan olevassa aukossa yhtä hyvin, kun taas 15 metriä halkaisijaltaan olevassa aukossa taimet kasvavat keskellä paremmin kuin reunoilla.

7.2 Taimen sijainnin vaikutus kasvuun

Toinen tutkittava aiheeni oli reunametsän vaikutus taimien kasvuun ja sen merkitys taimien kasvulle, missä päin aukkoa taimet sijaitsevat. Tulosten perusteella yksinään sillä ei ole merkitystä, missä kohtaa pienaukkoa taimi kas-

vaa. Taimen sijainnin ja aukon koon yhteisvaikutuksella on merkitystä sille, miten hyvin taimi kasvaa.

Kymmenen ja 20 metriä halkaisijaltaan olevilla aukolla taimien kasvun kannalta näytti olevan saman tekevää, kasvavatko ne lähellä aukon reunaa vai aukon keskellä. Pienimmillä aukoilla taimien pituuskasvun elpyminen on kaikkialla yhtä hidasta. Valo ei ilmeisesti riitä aukon keskelläkään reunapuiden varjostaessa aluetta.

Isoimmilla, 20 metriä halkaisijaltaan, olevilla aukoilla valoa pääsee kasvukauden aikana myös aukkojen reunoille niin, että taimet kasvavat sillä yhtä hyvin kuin keskellä. Kun ajatellaan, että kuusi tarvitsee normaalisti kasvaakseen 20 – 30 prosenttia metsikköön tulevasta kokonaissäteilystä (Saksa ym. 1998, 21), voidaan todeta, että pienellä aukolla valoa ei pääse aukkoon niin paljoa. Pieneenkin aukkoon valoa pääsee kuitenkin sen verran, että taimet eivät kuole kokonaan valon puutteeseen, vaan kasvavat vain hitaasti.

Tämän tutkimuksen perusteella taimet eivät kuitenkaan kasva yhtä hyvin aukon kaikilla reunoilla. Kasvu on kiivainta aukon itäreunalla ja hitainta taas eteläreunalla. Tulos voi olla osaltaan myös sattumaa, koska otoskoot ovat pieniä. Halkaisijaltaan 20 metriä olevilta aukoilta itälaidassa sijaitsevilta koealoilta aineistossa oli 14 tainta ja etelälaidalla olevilta koealoilta vain 9 tainta. Tulosta voisi kyllä selittää sillä, että pohjoisessa kasvukauden aikana aurinko paistaa pitkälle yöhön asti eikä siis laske suoraan länteen. Näin aukon itäreunalla kasvavat taimet saavat valoa aamupäivästä pitkälle iltaan asti. Eteläreunalla kasvavat taimet taas jäävät reunametsän varjoon auringon ollessa eteläisellä taivalla eli parhaaseen kasvuaikaan. Tämä hidastaa taimien kasvua.

Halkaisijaltaan 15 metriä olevilla pienaukoilla taimet kasvoivat selvästi paremmin aukon keskellä kuin reunoissa. Tämä voi johtua siitä, että reunametsä varjostaa vielä tämän kokoisessa aukossa reunoja enemmän kuin isomalla aukolla. Keskelle aukkoa reunametsän varjostus ei enää yllä niin kuin pienemmissä aukoissa. Tähän tulokseen ei vaikuta se, että 15 metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla olisi mitattu suhteessa enemmän taimia keskikoealoilta kuin muun kokoisilla aukoilla. Halkaisijaltaan 15 metriä olevilta aukoilta mitattiin keskikoealoilta 36 prosentti kaikista sen kokoisilla aukoilla mi-

tatuista taimista. Kymmenen metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla vastaava luku oli 46 prosenttia ja 20 metriä halkaisijaltaan olevilla aukoilla 40 prosenttia.

Tämän tutkimuksen perusteella ennen kaikkea valon määrällä vaikuttaisi olevan merkitystä sen suhteen, miten reunametsä haittaa kasvua. Koska 20 metriä halkaisijaltaan olevalla aukolla sillä ei ole merkitystä, kasvaako taimi keskellä vai reunassa aukkoa, ei reunametsän juuriston vaikutus taimien kasvuun voi olla kovin voimakas. Tämä voi johtua tällä tutkimusalueella siitä, että maaperä on erityisen ravinteikasta ja vettäkin on riittävästi. Näin sekä ravinteita ja vettä riittää niin taimille kuin reunametsänkin puille.

7.3 Tulosten luotettavuus

Tutkimuksen otoskoko ei ole kovin suuri, mikä vaikuttaa tulosten luotettavuuteen. Varsinkin tulokset siitä, miten taimen sijainti pienaukossa vaikuttaa taimen pituuskasvuun, ovat vain suuntaa antavia. Esimerkiksi 20 metriä halkaisijaltaan olevilla pienaukoilla pohjoisreunassa olevilta koealoilta mitattiin yhteensä kuusi tainta, itäreunassa olevilta koealoilta 14 ja etelä- ja länsireunoilla olevilta koealoilta yhdeksän tainta molemmilta.

Tuloksiin vaikuttaa varmasti jossain määrin se, että en ole pystynyt mittaamaan kaikista taimista viimeisen viiden vuoden pituuskasvua. Suuri osa näistä taimista, joista olen mitannut vain kolmen edeltävän vuoden kasvun, olivat hakkuun jälkeen syntyneitä taimia ja mittaushetkellä pituudeltaan 20 cm tai vähän sen yli. Nämä taimet laskevat keskimääräistä pituuskasvua. Jos tämän ongelman olisi halunnut poistaa tutkimuksesta, olisi mitatessa pitänyt kirjata erikseen alikasvostaimet ja uudet hakkuiden jälkeen syntyneet taimet. Koska en mittaushetkellä ollut sitä tehnyt, sitä oli mahdotonta alkaa nyt jälkikäteen päättelemään mittaustuloksista.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että pienaukon halkaisijan tulisi olla vähintään puuston valtapituuden mittainen. Tässä tutkimuksessa 20 metriä halkaisijaltaan eli pinta-alaltaan noin 0,03 hehtaaria oleva aukko oli sen kokoinen, missä kaikkialla muualla aukossa paitsi aukon etelä reunalla kasvavat taimet saivat riittävästi valoa ja pääsivät kasvamaan. Taimia oli tämän kokoisessa aukossa myös enemmän ja ne olivat parempikuntoisia kuin pienemmillä pienaukoilla kasvavat taimet. Aukosta ei kannata kuitenkaan tehdä liian suurta, että lehtipuut eivät pääse valtaamaan alaa ja hidastamaan kuusen kasvua.

Tässä tutkimuksessa en erikseen tutkinut, paljonko aukoilla kasvoi lehtipuita. Vaikka en lehtipuiden määrää laskenut, kokemukseni on, että ne eivät millään koealalla olleet hidastamassa tai estämässä taimien kasvua. Koska tutkimusalue on rehevää korpea, heinittyminen on paljon lehtipuita haitallisempi tekijä kuusen taimien kasvulle ainakin silloin, kun pienaukot pysyivät niin pieninä kuin tässä tutkimuksessa.

Tästä tutkimuksesta saatiin lisää tietoa siitä, miten taimet kasvavat pienaukoissa ja minkä kokoinen aukon tulisi olla. Tutkimustulokset ovat samansuuntaisia aikaisempien tutkimustulosten kanssa ja vahvistavat sitä käsitystä, että kuusta voidaan rehevillä turvemaidella kasvattaa luontaisesti pienaukoissa. Pienaukkokasvatuksesta on edelleen niin vähän tutkittua tietoa olemassa, että jatkotutkimuksille tälläkin koealueella on varmasti tarvetta.

Jatkossa on tarpeellista tietää, jatkuuko taimien kasvu samalla tavalla tulevaisuudessa niin, että isoimmilla pienaukoilla kasvu on nopeampaa vielä vaikkapa 10 vuoden kuluttua, vai saavatko pienempienkin aukkojen taimet kasvuvauhtia kunnolla lisää.

Ravinteiden riittävyttä turvemaan pienaukossa kasvaville taimille olisi myös mahdollista tutkia tällä koealueella. Miten on ravinnetilanteeseen vaikuttanut se, että hakkuu tähteet on kerätty aukoilta pois? Tuleeko uusi puusukupolvi kärsimään jonkin tietyn ravinteen puutteesta?

Toimisiko samanlainen pienaukkohakkuu mustikkaturvekankaiden uudistamisessa, kun tutkimuksissa on jo todettu, että mustikkaturvekankaatkin uu-

distuvat luontaisesti avohakkuilla? Tätä varten voisi perustaa uusia tutkimus-alueita.

Lähiaikoina on paljon keskusteltu eri-ikäisrakenteisen metsän kasvatusmahdollisuuksista ja sen kannattavuudesta verrattuna tasaikäisrakenteisen metsän kasvattamiseen. Tämän tutkimuksen kaltaisia pienaukkohakkuita voitaisiin käyttää, kun halutaan muuttaa tasaikäistä metsikköä eri-ikäisrakenteiseksi. Kun pienaukot ovat vain 0,03 hehtaarin kokoisia, ne eivät edellytä uudistamistoimenpiteitä. Aukkojen voidaan antaa taimettua luonnostaan. Taimikon kasvettua aukoilta voidaan niitä laajentaa tai hakata uusia pienaukkoja välialueille. Taimet vaikuttavat kasvavan ja uudistamiskustannuksilta säästyään.

Tutkimuksen tekeminen on antanut itselleni lisää tietoa pienaukkojen käytöstä metsänuudistamisessa. Tästä tulee olemaan hyötyä tulevaisuudessa tulen sitten olemaan töissä julkisella tai yksityisellä puolella metsäsektorilla. Pienaukkohakkuut esimerkiksi helpottavat maisemallisesti herkillä alueilla tehtävien uudistamisten suunnittelua. Yksityisten metsänomistajien erilaisiin metsiin kohdistuviin toiveisiin on neuvojana helpompi antaa ohjeistusta, kun itselläni on tietoa erilaisista vaihtoehdoista ja niiden sopivuudesta erilaisille kohteille.

LÄHTEET

- Anttola, A. 1992. Metsänparannuslait. – Teoksessa Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908 – 1988 (toim. K. Tuokko), 30 – 36 . Saarijärvi: Offset Oy.
- Fagerstedt, K. – Pellinen, K. – Saranpää, P. – Timonen, T. 1996. Mikä puu – mistä puusta. Helsinki: Yliopistopaino.
- Hyppönen, M. – Saksa, T. – Valkonen, S. 1998 Alikasvokset ja nykypäivän metsänhoito. – Teoksessa Alikasvokset metsän uudistamisessa, varjosta valoon (toim. M. Moilanen – T. Saksa), 13 – 17. Pihlaja-sarja nro 3. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. 2007. Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio. Metsäkustannus Oy. Helsinki: Lönberg Print.
- Hökkä, H. – Repola, J. – Moilanen, M. – Saarinen, M. 2012 Seedling Establishment on Small Cutting Areas with or without Site Preparation in a Drained Spruce Mire – a Case Study in Northern Finland. *Silva Fennica* 46 (5), 695 – 705.
- Hökkä, H. – Repola, J. – Moilanen, M. – Saarinen, M. 2011. Seedling Survival And Establishment in Small Canopy Openings in Drained Spruce Mires in Northern Finland. *Silva Fennica* 45(4), 633 – 645.
- Kauhanen, H. – Kuuluvainen, T. – Ylisirnö, A.-L. – Huhta, E. 2008 Pohjoiset havumetsät – tutkimustuloksia ekologiseen metsänhoitoon. Metsäntutkimuslaitos. Paino Kopijyvä.
- Koistinen, E. – Valkonen, S. 1993 Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in Southern Finland. *Silva Fennica* 27 (3), 179 – 194.
- Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotukseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen. Akateeminen väitöskirja. Helsingin yliopisto: Maatalous- ja metsätieteellinen tiedekunta.
- Kumela, H. – Hänninen, H. 2011. Metsänomistajien näkemykset metsänkäsittelymenetelmien monipuolistamisesta. Metlan työraportteja 203. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp203.pdf>. 20.8.2013.
- Laiho R, - Kaunisto, S. – Alm, J. 2005. Suometsien ravinnetilanteen kehitys ojituksen jälkeen. – Teoksessa Suosta metsäksi – Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 46 – 60. Metsäntutki-

mulaitoksen tiedonantoja 947. Metsäntutkimuslaitos. Vammala: Kirjapaino Oy.

Laiho, R. – Penttilä, T. – Laine, J. 2000. Riittävätkö ravinteet suometsissä? Metsätieteen aikakauskirja 2/2000, 316 – 320.

Laine, J. – Minkkinen, K. – Laiho, R. – Tuittila, E-S. – Vasander H. 2000. Suokasvit – turpeen tekijät. Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 24. Helsingin yliopisto: Metsäekologian laitos.

Lainen, J. - Penttilä, T. - Kojola, S. - Hökkä, H. - Erkki, A. - Minkkinen, K. - Nieminen, M. 2008 Metsänkasvatuksen erityispiirteet turvemaila. – Teoksessa Tapion taskukirja (toim. S. Rantala), 207-218. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Laine, J. – Vasander, H. 2008. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. Metsäkustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Laine, J. – Vasander, H. 1998. Suo ekosysteeminä. – Teoksessa Suomen suot (toim. H. Vasander), 10 – 19. Suoseura ry. Helsinki: Gummerruksen Kirjapaino.

Laki kestävän metsätalouden rahoituksesta 1996/1094 Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961094?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Laki%20kest%C3%A4v%C3%A4n%20mets%C3%A4talouden%20rahoituksesta>. 27.12.2013

Leemans, R. 1991 Canopy Gaps And Establishment Patterns of Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in Two Old – Growth Coniferous Forests in Central Sweden. *Vegetation* 93, 157 – 165. Kluwer Academic Publisher. Printed in Belgium.

Leinonen, K – Rita, H. 1995. Interaction of Prchilling, Temperature, Osmotic Stress And Light in *Picea abies* Seeds Germination. *Silva Fennica* 29(2), 95 – 106.

Lindroos, P. 2003. Maaperä. – Teoksessa Metsämaa ja sen hoito (toim. E. Mälkönen), 7 – 38 Metsäntutkimuslaitos. Metsälehti Kustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Metla, tiedotteet 2005. Osoitteessa <http://www.metla.fi/tiedotteet/2005/2005-04-07-siemensato-kartta-kuusi.htm>. 7.4.2005

Metsälaki 1996/1093. Osoitteessa <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961093>. 27.12.2013

Metsän luontainen uudistaminen – pusikoita vai puuntuotantoa 2012. Osoitteessa <http://www.metla.fi/hanke/3551/index.htm>. 15.4.2013.

- Metsänhoidon suositukset 2014 Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion julkaisu. Osoitteessa http://www.tapio.fi/files/tapio/metsanhoitosuosituksset/Metsanhoidon_suosituksset_ver1_netti.pdf. 26.2.2014
- Metsänkäsittelymenetelmien monipuolistaminen – jatkotyöryhmän muistio 2012. Maa- ja metsätalousministeriö työryhmämuistio 2012:7. http://www.mmm.fi/attachments/mmm/julkaisut/tyoryhmamuistio/2012/69ykiGifb/Lopullinen_MEMO-jatkotyoryhma_muistio_16082012.pdf. 16.8.2012
- Metsätilastollinen vuosikirja 2013, 2013. Metsäntutkimuslaitos. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/metsatilastollinenvsk/tilastovsk-sisalto.htm>. 23.1.2014
- Metsätilastollinen vuosikirja 2012, 2012. Metsäntutkimuslaitos. Osoitteessa <http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2012/index.html>. 20.8.2013
- Moilanen, M. – Ferm, A. – Issakainen, J. 1995. Kuusen – ja koivuntaimien alkukehitys korven uudistamisaloilla. Folia Forstalia 1995 (2), 115 – 130.
- Moilanen, M. – Hökkä, H. – Saarinen, M. 2014. Suometsien uudistaminen. Lapin metsätalouspäivät 2014 Levillä. Tiivistelmä esityksestä. Osoitteessa <http://www.metolappi.fi/images/mtp2014/Tiivistelmat/10-moilanen.pdf>. 21.2.2014
- Moilanen, M. - Issakainen, J. – Vesala, H. 2011. Metsänuudistaminen mustikkaturvekankaalla – luontaisesti vai viljellen? Metlan työraportteja 192. Osoitteessa <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp192.pdf>. 15.1.2011
- Mälkönen, E. 2003. Metsämaa ja sen hoito. Metsälehti Kustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Niskanen, M. 1992. Metsäojitustyön kehitysvaiheet. – Teoksessa Metsänparantajat kansakunnan asialla 1908 – 1988 (toim. K. Tuokko), 168 – 177. Saarijärvi: Offset Oy.
- Pukkala, T. – Lähde, E. – Laiho, O. 2011. Metsän jatkuva kasvatus. Joensuu: Joen Forest Program Consulting.
- Päivänen, J. 2010. Peitteistä metsänkasvatusta ja pienaukkohakkuita. Metsätieteenaikakauskirja 3/2010 Osoitteessa <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff10/ff103325.pdf>. 15.1.2014
- Päivänen, J. 2007 Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. Metsäkustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

- Päivänen, J. – Paavilainen, E. 1998. Soiden metsätaloudellinen hyväksikäyttö. – Teoksessa Suomen suot (toim. H. Vasander,), 72-83. Suoseura ry. Helsinki: Gummerruksen Kirjapaino
- Saarinen, M. 2005 Metsänuudistaminen turvemailla. – Teoksessa Suosta metsäksi – Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö (toim. E. Ahti – S. Kaunisto – M. Moilanen – I. Murtovaara), 177 – 193. Metsäntutkimulaitoksen tiedonantoja 947. Vammala: Kirjapaino Oy.
- Saksa, T. – Saarinen, M. – Valkonen, S. 1998. Alikaskosen monet kasvot. – Teoksessa Alikasvokset metsän uudistamisessa, varjosta valoon (toim. M. Moilanen – T. Saksa), 19 – 30 Pihlaja-sarja nro 3. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Sarvas, R. 2002 Havupuut. Metsälehti Kustannus. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Sipilä, A. 2006. Picea abies – Metsäkuusi, kuusi. Helsingin yliopisto: Metsätieteiden laitos. Osoitteessa http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/picea_abies.html 1.2.2014
- Valkonen, S. – Saksa, T. – Saarinen, M. – Moilanen, M. 1998 Alikasvos vapauttamisen jälkeen. – Teoksessa Alikasvokset metsän uudistamisessa, varjosta valoon (toim. M. Moilanen – T. Saksa), 33 – 53. Pihlaja-sarja nro 3. Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Valkonen, S. – Siren, M. – Piri, T. 2010. Poiminta ja pienaukkohakkuut – vaihtoehtoja avohakkuille. Metsäkustannus Oy. Tampere: Tammerprint Oy.
- VMI 11 Maastotyöohje 2009. Osoitteessa <http://www.metla.fi/ohjelma/vmi/vmi11-maasto-ohje09-2p.pdf>. 19.3.2014

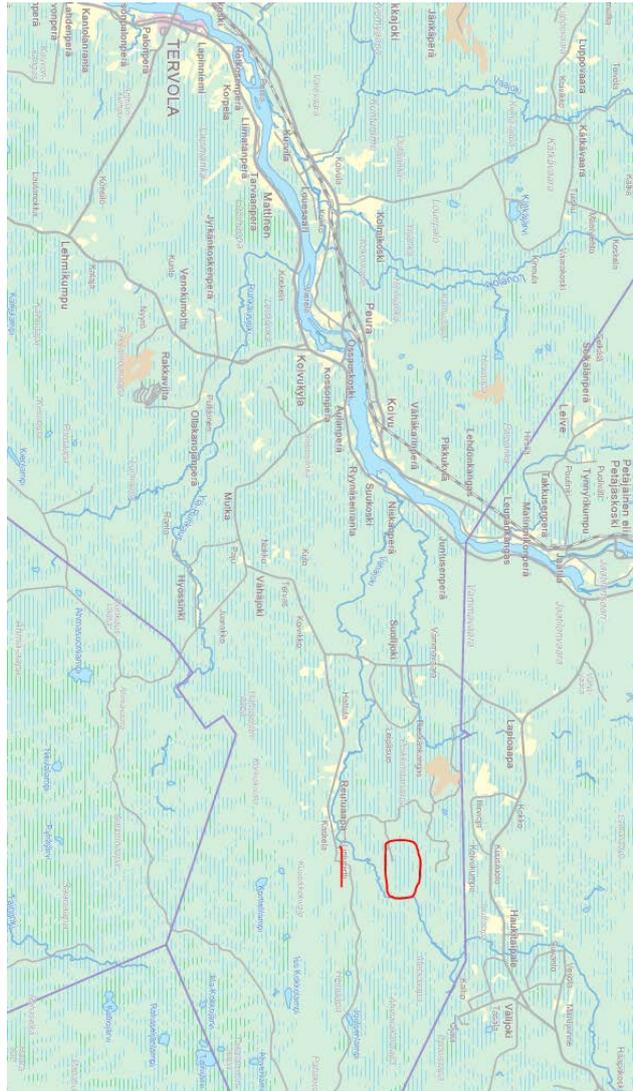
LIITTEET

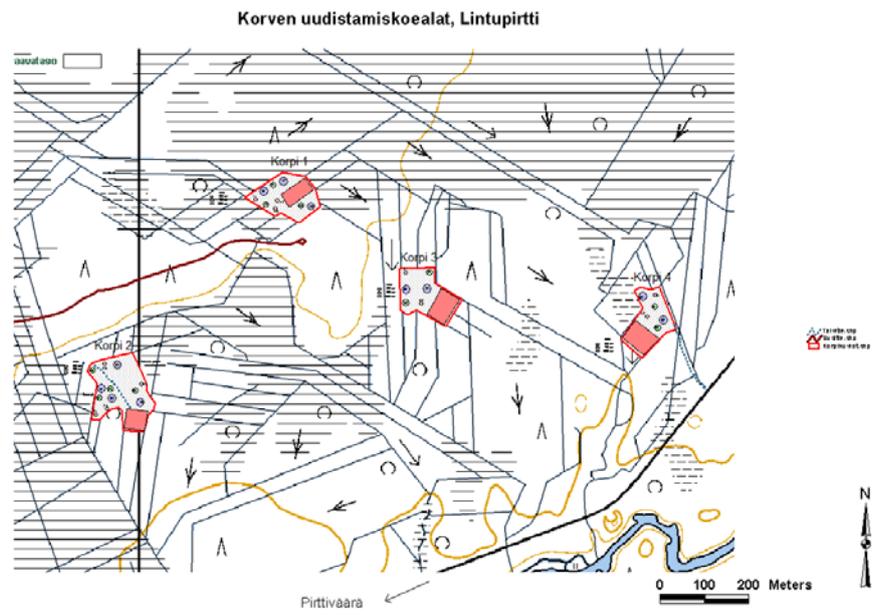
Kartta tutkimusalueen sijainnista
Lohkokartat tutkimusalueesta
Taulukot 6 - 18

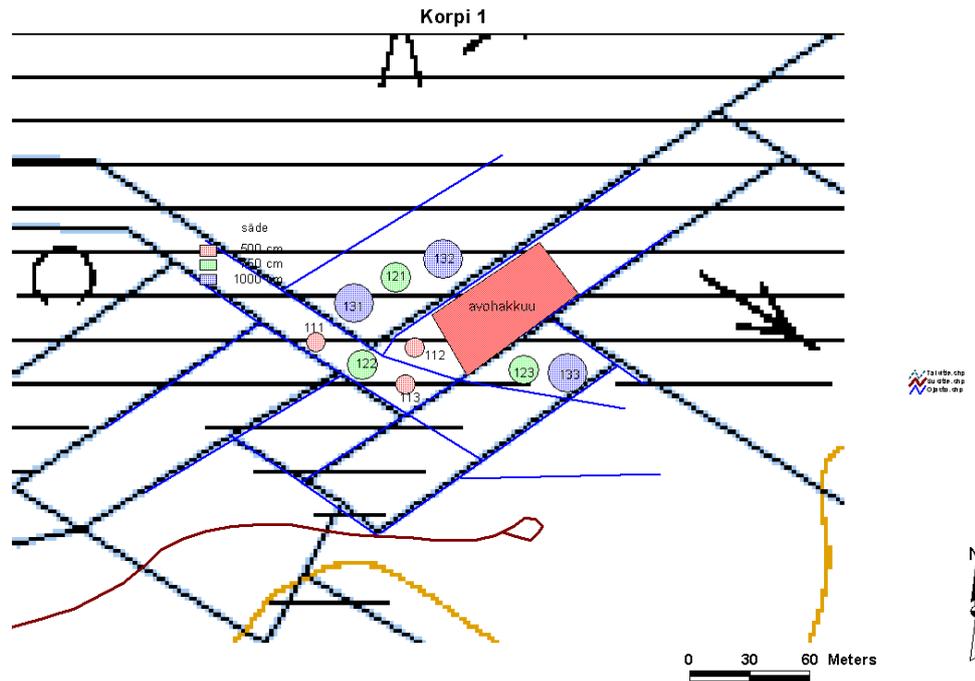
Liite 1
Liite 2
Liite 3

Kartta tutkimusalueesta

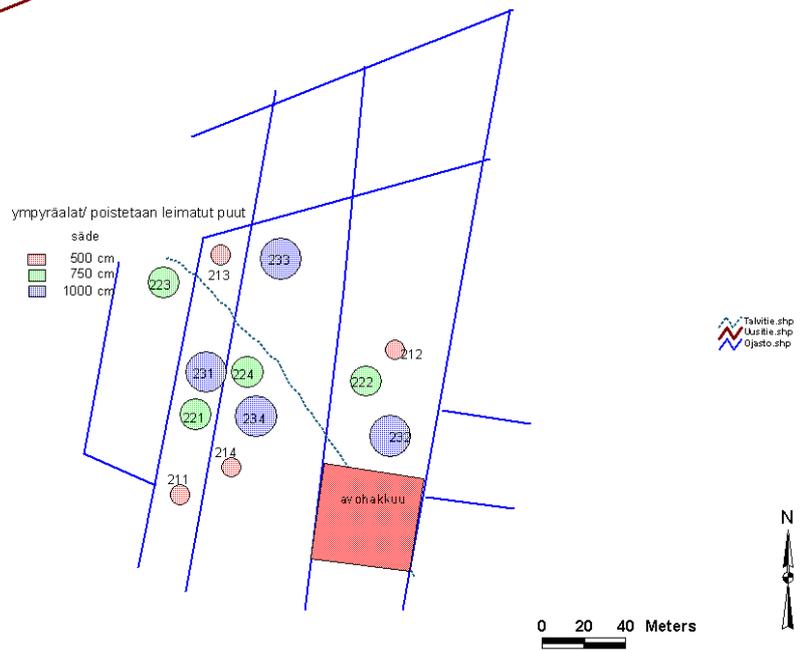
Liite 1



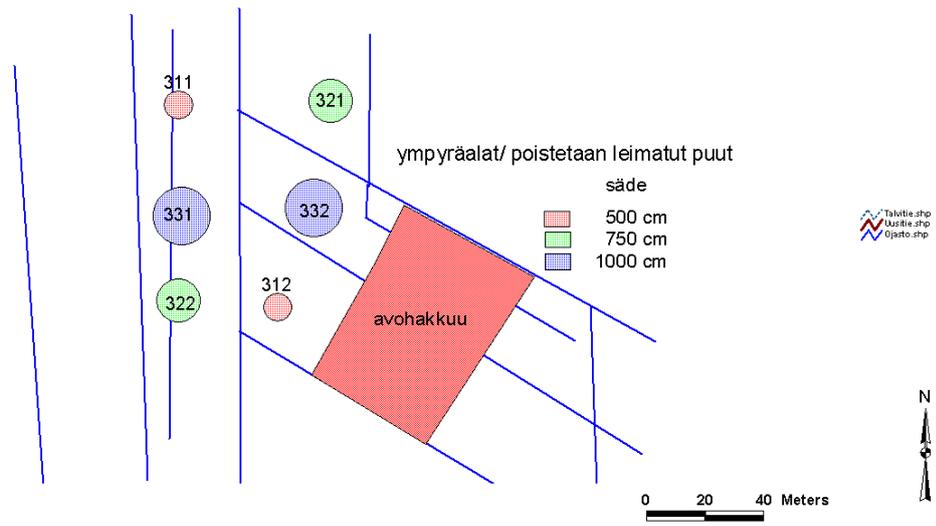


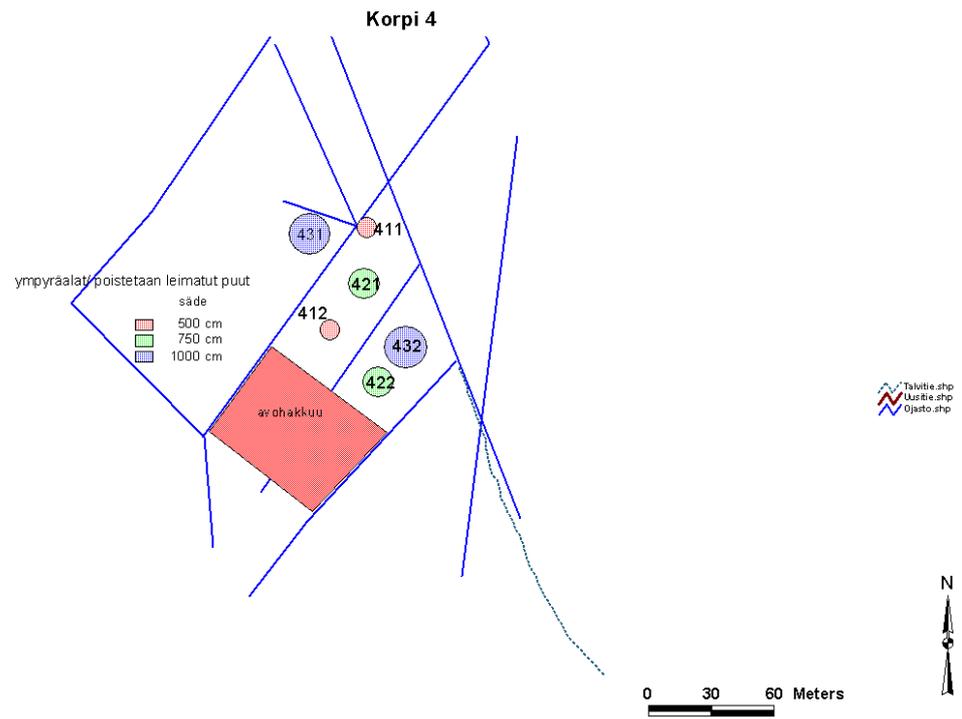


Korpi 2



Korpi 3





Taulukot 6 – 18

Liite 3

Taulukko 6. Yksisuuntainen varianssianalyysi aukon koon vaikutuksesta taimen kasvuun, riippuvina muuttujina vuosien 2011 ja -12 kasvujen keskiarvo ja vuosien 2008 – 2010 kasvujen keskiarvo

Tukey HSD

Riippuva muuttuja	(I) pienaukon koko	(J) pienaukon koko	erotus (I-J)	keski virhe	p-arvo
kasvu11ja12	10	15	-2,435 [*]	,892	,019
		20	-2,992 [*]	,855	,002
	15	10	2,435 [*]	,892	,019
		20	-,557	,867	,797
	20	10	2,992 [*]	,855	,002
		15	,557	,867	,797
kasvu08ja09ja10	10	15	-1,922 [*]	,689	,016
		20	-1,509	,658	,059
	15	10	1,922 [*]	,689	,016
		20	,412	,665	,809
	20	10	1,509	,658	,059
		15	-,412	,665	,809

The mean difference is significant at the 0.05 level.

Taulukko 7. Yksisuuntainen varianssianalyysi aukon koon vaikutuksesta taimen kasvuun, riippuvana muuttujana viiden viimeisen vuoden keskipasvu

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskipasvu
Tukey HSD

(I) pienaukon koko	(J) pienaukon koko	erotus (I-J)	keski virhe	p-arvo
10	15	-2,124 [*]	,720	,010
	20	-2,196 [*]	,690	,005
15	10	2,124 [*]	,720	,010
	20	-,072	,701	,994
20	10	2,196 [*]	,690	,005
	15	,072	,701	,994

The mean difference is significant at the 0.005 level.

Taulukko 8. Kaksisuuntainen varianssianalyysi, selittävinä muuttujina aukon koko ja taimen sijainti aukossa (koealan sijainneissa mukana keskiaukko) selitettävänä muuttujien vuosien 2011 ja -12 sekä 2008 - 2010 kasvat

vaikutus		Arvo	F	vapausaste	p-arvo
vakio	Pillai's Trace	,747	226,226 ^b	2,000	,000
	Wilks' Lambda	,253	226,226 ^b	2,000	,000
	Hotelling's Trace	2,957	226,226 ^b	2,000	,000
	Roy's Largest Root	2,957	226,226 ^b	2,000	,000
pienaukonkoko	Pillai's Trace	,068	2,717	4,000	,030
	Wilks' Lambda	,932	2,725 ^b	4,000	,030
	Hotelling's Trace	,072	2,734	4,000	,029
	Roy's Largest Root	,063	4,826 ^c	2,000	,009
koealansijainti	Pillai's Trace	,045	,887	8,000	,527
	Wilks' Lambda	,955	,891 ^b	8,000	,524
	Hotelling's Trace	,047	,894	8,000	,521
	Roy's Largest Root	,046	1,769 ^c	4,000	,138
pienaukonkoko * koealansijainti	Pillai's Trace	,159	1,661	16,000	,053
	Wilks' Lambda	,844	1,696 ^b	16,000	,046
	Hotelling's Trace	,182	1,730	16,000	,040
	Roy's Largest Root	,163	3,143 ^c	8,000	,003

- a. Design: Intercept + pienaukko+ koealansijainti + pienaukonkoko*koealansijainti
b. Exact statistic
c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level

Taulukko 9. Kaksisuuntainen varianssianalyysi, selittävinä muuttujina aukon koko ja taimen sijainti aukossa (koealan sijainneissa mukana keskiaukko) selitettävänä muuttujana viiden vuoden kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Source	Type III Sum of Squares	df	F	p-arvo
Corrected Model	577,129 ^a	14	3,255	,000
Intercept	6276,013	1	495,627	,000
koealansijainti	79,768	4	1,575	,184
pienaukonkoko	95,697	2	3,779	,025
koealansijainti * pienaukonkoko	314,674	8	3,106	,003
Error	1988,057	157		
Total	10742,151	172		
Corrected Total	2565,186	171		

- a. R Squared = ,225 (Adjusted R Squared = ,156)

Taulukko 10. Kaksisuuntainen varianssianalyysi, selittävinä muuttujina aukon koko ja ataimen sijainti aukossa (koealoista mukana vain reuna koealat) selittävinä muuttujina vuosien 2011 ja 2013 sekä 2008- 2010 kasvat

vaikutus		arvo	F	vapausaste	p-arvo
vakio	Pillai's Trace	,782	154,517 ^b	2,000	,000
	Wilks' Lambda	,218	154,517 ^b	2,000	,000
	Hotelling's Trace	3,593	154,517 ^b	2,000	,000
	Roy's Largest	3,593	154,517 ^b	2,000	,000
	Root				
pienaukonkoko	Pillai's Trace	,080	1,803	4,000	,130
	Wilks' Lambda	,920	1,820 ^b	4,000	,127
	Hotelling's Trace	,086	1,836	4,000	,124
	Roy's Largest	,086	3,738 ^c	2,000	,028
	Root				
koealansijainti	Pillai's Trace	,056	,839	6,000	,541
	Wilks' Lambda	,944	,841 ^b	6,000	,540
	Hotelling's Trace	,059	,842	6,000	,539
	Roy's Largest	,058	1,681 ^c	3,000	,177
	Root				
pienaukonkoko * koealansijainti	Pillai's Trace	,175	1,394	12,000	,172
	Wilks' Lambda	,827	1,428 ^b	12,000	,157
	Hotelling's Trace	,206	1,461	12,000	,143
	Roy's Largest	,191	2,768 ^c	6,000	,016
	Root				

a. Design: Intercept + pienaukonkoko + koealansijainti + pienaukonkoko * koealansijainti

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Taulukko 11. Kaksisuuntainen varianssianalyysi, selittävinä muuttujina aukon koko ja taimen sijainti aukossa (koealoista mukana vain reunakoealat) selitettävänä muuttujana viiden vuoden kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Lähde	Type III Sum of Squares	df	F	p-arvo
Corrected Model	342,863 ^a	11	2,572	,007
vakiot	4153,902	1	342,752	,000
pienaukonkoko	62,899	2	2,595	,080
koealansijainti	47,574	3	1,308	,277
pienaukonkoko * koealansijainti	197,731	6	2,719	,018
virhe	1090,735	90		
yhteensä	5989,180	102		
Corrected Total	1433,597	101		

a. R Squared = ,239 (Adjusted R Squared = ,146)

Taulukko 12. Yksisuuntainen varianssianalyysi ilmansuunnan vaikutuksesta pituuskasvuun pienaukon halkaisijan ollessa 20 m, riippuvana muuttujana viiden vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Tukey HSD

(I) koealan sijainti aukossa	(J) koealan sijainti aukossa	erotus (I-J)	keskivirhe	p-arvo
pohjoinen	itä	-,884	1,917	,967
	etelä	4,461	2,070	,157
	länsi	1,756	2,070	,831
itä	pohjoinen	,884	1,917	,967
	etelä	5,345 [*]	1,678	,016
	länsi	2,640	1,678	,407
etelä	pohjoinen	-4,461	2,070	,157
	itä	-5,345 [*]	1,678	,016
	länsi	-2,706	1,852	,471
länsi	pohjoinen	-1,756	2,070	,831
	itä	-2,640	1,678	,407
	etelä	2,706	1,852	,471

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Taulukko 13. Yksisuuntainen varianssianalyysi ilmansuunnan vaikutuksesta pituus-
kasvuun pienaukon halkaisijan ollessa 20 m (mukana myös keskikoeala), riippuvana
muuttujana viiden vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Tukey HSD

(I) koealan sijainti aukossa	(J) koealan sijainti aukossa	erotus (I-J)	keskivirhe	p-arvo
keskikoeala	pohjoinen	-1,690	1,683	,852
	itä	-2,575	1,236	,241
	etelä	2,771	1,439	,316
	länsi	,065	1,439	1,000
pohjoinen	keskikoeala	1,690	1,683	,852
	itä	-,884	1,806	,988
	etelä	4,461	1,951	,164
	länsi	1,756	1,951	,896
itä	keskikoeala	2,575	1,236	,241
	pohjoinen	,884	1,806	,988
	etelä	5,345*	1,581	,011
	länsi	2,640	1,581	,461
etelä	keskikoeala	-2,771	1,439	,316
	pohjoinen	-4,461	1,951	,164
	itä	-5,345*	1,581	,011
	länsi	-2,706	1,745	,535
länsi	keskikoeala	-,065	1,439	1,000
	pohjoinen	-1,756	1,951	,896
	itä	-2,640	1,581	,461
	etelä	2,706	1,745	,535

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Taulukko 14. Yksisuuntainen varianssianalyysi ilmansuunnan vaikutuksesta pituus-
kasvuun pienaukon halkaisijan ollessa 15 m, riippuvana muuttujana viiden vuoden
vuosittaisten kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Tukey HSD

(I) koealan sijainti aukossa	(J) koealan sijainti aukossa	erotus (I-J)	keskivirhe	p-arvo.
pohjoinen	itä	2,781	2,060	,540
	etelä	2,462	1,833	,544
	länsi	,276	1,995	,999
itä	pohjoinen	-2,781	2,060	,540
	etelä	-,319	1,833	,998
	länsi	-2,505	1,995	,597
etelä	pohjoinen	-2,462	1,833	,544
	itä	,319	1,833	,998
	länsi	-2,186	1,759	,605
länsi	pohjoinen	-,276	1,995	,999
	itä	2,505	1,995	,597
	etelä	2,186	1,759	,605

Taulukko 15. Yksisuuntainen varianssianalyysi ilmansuunnan vaikutuksesta pituus- kasvuun pienaukon halkaisijan ollessa 15 m (mukana myös keskikoeala) riippuvana muuttujana viiden vuoden vuosittaisten kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Tukey HSD

(I) koealan sijainti aukossa	(J) koealan sijainti aukossa	erotus (I-J)	keskivirhe	p-arvo
keskikoeala	pohjoinen	1,907	1,876	,846
	itä	4,688	1,876	,108
	etelä	4,369	1,565	,055
	länsi	2,183	1,788	,739
pohjoinen	keskikoeala	-1,907	1,876	,846
	itä	2,781	2,268	,736
	etelä	2,462	2,018	,740
	länsi	,276	2,196	1,000
itä	keskikoeala	-4,688	1,876	,108
	pohjoinen	-2,781	2,268	,736
	etelä	-,319	2,018	1,000
	länsi	-2,505	2,196	,784
etelä	keskikoeala	-4,369	1,565	,055
	pohjoinen	-2,462	2,018	,740
	itä	,319	2,018	1,000
	länsi	-2,186	1,937	,791
länsi	keskikoeala	-2,183	1,788	,739
	pohjoinen	-,276	2,196	1,000
	itä	2,505	2,196	,784
	etelä	2,186	1,937	,791

Taulukko 16. Yksisuuntainen varianssianalyysi ilmansuunnan vaikutuksesta pituus- kasvuun pienaukon halkaisijan ollessa 10 m (mukana myös keskikoeala), riippuvana muuttujana viiden viimeisen vuoden vuosittaisten pituuskasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

Tukey HSD

(I) koealan sijainti aukossa	(J) koealan sijainti aukossa	erotus (I-J)	keskivirhe	p-arvo
keskikoeala	pohjoinen	,715	,945	,942
	itä	,502	1,151	,992
	etelä	-1,382	1,027	,664
	länsi	-1,620	1,151	,626
pohjoinen	keskikoeala	-,715	,945	,942
	itä	-,213	1,312	1,000
	etelä	-2,098	1,205	,419
	länsi	-2,335	1,312	,396
itä	keskikoeala	-,502	1,151	,992
	pohjoinen	,213	1,312	1,000
	etelä	-1,885	1,372	,647
	länsi	-2,122	1,467	,601
etelä	keskikoeala	1,382	1,027	,664
	pohjoinen	2,098	1,205	,419
	itä	1,885	1,372	,647
	länsi	-,238	1,372	1,000
länsi	keskikoeala	1,620	1,151	,626
	pohjoinen	2,335	1,312	,396
	itä	2,122	1,467	,601
	etelä	,238	1,372	1,000

Taulukko 17. Kaksisuuntainen varianssianalyysi selittävinä muuttujina aukon koko ja taimenen kasvu keskellä tai pienaukon reunassa, selitettävänä muuttujana viiden vuoden kasvujen keskiarvo

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

lähde	Type III Sum of Squares	df	F	p-arvo
Corrected Model	325,062 ^a	5	4,818	,000
vakio	8045,203	1	596,174	,000
pienaukonkoko	211,466	2	7,835	,001
keskijareunakoe	28,757	1	2,131	,146
pienaukonkoko * keskijareunakoe	128,553	2	4,763	,010
virhe	2240,124	166		
yhteensä	10742,151	172		
Corrected Total	2565,186	171		

a. R Squared = ,127 (Adjusted R Squared = ,100)

Taulukko 18. Keski- ja reunakoealojen yhteisvaikutus aukon koon kanssa

Riippuva muuttuja: viidenvuodenkeskikasvu

pienaukon koko	keski ja reuna koealat	keskiarvo	keskivirhe
10	keskikoeala	5,247	,720
	reunakoealat	5,601	,671
15	keskikoeala	9,750	,843
	reunakoealat	6,336	,630
20	keskikoeala	7,304	,735
	reunakoealat	7,848	,596