



Karelia-ammattikorkeakoulu
Metsätalousinsinööri (AMK)

Mäntyalkuperien kasvu- ja laatuominaisuudet Punkaharjun jalostusvertailukokeessa

Hanna-Riikka Haurinen

Opinnäytetyö, tammikuu 2023

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Tammikuu 2023
Metsätalouden koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä
Hanna-Riikka Haurinen

Nimeke
Mäntyalkuperien kasvu- ja laatuominaisuudet Punkaharjun jalostusvertailukokeessa

Toimeksiantaja
Luonnonvarakeskus

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tutkittiin eri mäntyalkuperien kasvu- ja laatuominaisuuksia. Tutkimuksessa oli mukana yhteensä 17 eri jalostustason männyn siemenerää Suomesta, Latviasta ja Ruotsista. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää se, miten eri siemenerät menestyvät Etelä-Savon Punkaharjun maastossa. Jalostusvertailukoe oli istutettu v. 2009, ja tutkimuksen mittaukset suoritettiin v. 2022. Opinnäytetyön tulokset perustuivat läpimitan, pituuden, oksan paksuuden ja oksakulman mittauksiin.

Siemenerät jaoteltiin analysointia varten myös 9.ään eri alkuperäryhmään, missä kukin ryhmä edusti eri jalostustasoa tai maantieteellistä sijaintia. Tutkimustulokset osoittivat sen, että suomalaiset ryhmät menestyivät parhaiten elävyyden osalta. Tilavuuskasvussa taas latvialainen metsikkösiemenerä oli paras, mikä kertoi myös hyvästä pituus- ja läpimittakasvusta. Oksanlaadussa menestyivät suomalaiset jalostetut ryhmät.

Tulosten perusteella Suomen männyn jalostus on tuottanut tulosta niin kasvullisesti kuin laadullisestikin. Ruotsalaiset ryhmät menestyivät kohtalaisesti kaikilla osa-alueilla. Latvialaisten siemenerien keskinäiset erot olivat suuret. Kokonaisuutta tarkasteltaessa menestynein latvialainen siemenerä oli metsikkösiemenerä. Latvialaisten siemenerien heikon elävyyden vuoksi siemenerät eivät kuitenkaan soveltuneet Punkaharjun ilmastoon.

Kieli
suomi

Sivuja 36
Liitteet 3
Liitesivumäärä 3

Asiasanat
mänty, kasvu, laatu, alkuperä, jalostus, Punkaharju, varianssianalyysi



THESIS
January 2023
Degree Programme in Forestry

Tikkarinne 9
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. + 358 13 260 600

Author
Hanna-Riikka Haurinen

Title
Growth and Quality Characteristics of Scots Pine Provenances in Punkaharju Tree Breeding Comparison Test

Commissioned by
Natural Resources Institute Finland

Abstract

This thesis focused on studying the growth and quality characteristics of different Scots pine provenances. Research included 17 different breeding level seed batches from Finland, Sweden and Latvia. The aim was to find out how the seed batches survived in the climate of Punkaharju. The breeding trial were planted in 2009 and the research measurements were made in 2022. The results of the study were based on measuring height, diameter, branch thickness and branches angle.

Seed batches were divided in nine different provenance groups. Each group represented different level of breeding or location. The results showed that Finnish groups succeeded the best in terms of vitality. Latvian wild wood group was the best in height, diameter and cubic capacity. The best quality of branch had Finnish breeding groups.

Based on the research results Finnish pine breeding has produced results both in terms of growth and quality. Swedish groups performed moderately well in all areas. The best Latvian seed lot was the wild wood provenance group. However, the poor vigour in the Latvian seed lots pointed out that Latvian seeds will not survive in the Punkaharju climate.

Language
Finnish

Pages 36
Appendices 3
Pages of Appendices 3

Keywords
Scots pine, growing, quality, provenance, breeding, Punkaharju, variance analysis

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Mänty	6
3	Männyn jalostus	6
3.1	Siemenviljelyssiemen	8
3.2	Jalostuksen hyödyt	10
4	Männyn alkuperäsiirrot	11
4.1	Metsikkösiemen	11
4.2	Siemenviljelyssiemen	12
5	Tutkimuksen tavoitteet	14
6	Tutkimuksen toteutus	14
6.1	Aineiston keruu	15
6.2	Tutkimusmenetelmät	18
7	Tutkimuksen tulokset	19
7.1	Jalostusvertailukokeen elävyys	19
7.2	Alkuperäryhmien kasvuominaisuudet	21
7.3	Alkuperäryhmien laatuominaisuudet	24
7.4	Muuttujien välinen yhteys	27
7.5	Kaksisuuntainen varianssianalyysi	28
8	Tulosten tarkastelu	30
9	Pohdinta	33
	Lähteet	35

Liitteet

Liite 1	Siemenerä luettelo
Liite 2	Koealuekartta
Liite 3	Metsikkösiemenen alkuperäsiirtosuositus kartta

1 Johdanto

Mänty on Suomen yleisin puu, joka elää kuivilla kankailla ja valoisissa paikoissa (Sarvas 2002, 297; Tapion taskukirja 2008, 98). Ilmaston muuttuessa ja metsäteollisuuden kasvaessa männyn jalostuksen merkitys on kasvanut. Männyn jalostus pyrkii kestävään, hyvin kasvavaan ja vähäoksaiseen puuhun, mikä näkyy myöhemmin hyvänä sahatavarana ja kestäväenä puulajina ilmastonmuutoksen ympärillä. (Jokela 2010, 34.)

Männyn jalostuksessa voidaan perustaa puiden jalostusvertailukokeita. Jalostusvertailukokeiden keskiössä on esimerkiksi se, miten erilaiset mäntyalkuperät menestyvät eri ympäristöissä ja minkälaisia kasvu- ja laatuominaisuuksia näille alkuperille muodostuu.

Siemenerien alkuperäsiirrosta puhutaan silloin, kun siemenerän maantieteellistä sijaintia muutetaan (Haapanen & Ruotsalainen 2016, 211). Alkuperäsiirroissa on omat suositukset männyn siemenviljelyssiemenille ja metsikkösiemenille (Ruotsalainen, Beuker & Haapanen 2016b, 1; Niemelä 2016, 1). Suositukset ovat luotu sen vuoksi, että puut menestyisivät mahdollisimman hyvin, oikeanlaisessa ympäristössä (Niemelä 2016, 2 - 10).

Opinnäytetyössä tutkittiin Luonnonvarakeskuksen v. 2009 perustamaa jalostusvertailukoetta Punkaharjulla. Jalostusvertailukokeessa oli mukana 17 eri siemenalkuperää, jalostettuja ja jalostamattomia, jotka olivat kotoisin Suomesta, Ruotsista ja Latviasta. Puista haluttiin selvittää eri jalostusasteiden kehittyminen kasvu- ja laatuominaisuuksissa ja se, kuinka alkuperässiirrot Latviasta ja Ruotsista onnistuivat Etelä-Savon ilmastoon. Erityistä huomiota kiinnitettiin latvialaisiin alkuperiin, sillä tämän maan alkuperiä ei ollut koskaan aikaisemmin testattu Suomessa.

2 Mänty

Metsämänty, *Pinus sylvestris*, on Suomen yleisin puulaji (Sarvas 2002, 297). Vuonna 2021 männyn osuus Suomen kokonaispuuston tilavuudesta oli 49,8 % eli 1248 miljoonaa m³:ta (Luonnonvarakeskus 2021).

Männyn optimi kasvupaikka on hiekka- ja moreenipitoiset maaperät (Fagerstedt, Pellinen, Saranpää & Timonen 2005, 72). Runsasravinteisella maaperällä mänty menettää pituuskasvuun, runkoon muodostuu helposti lenkoutta, puun oksaisuus lisääntyy ja oksan paksuus kasvaa (Tapion taskukirja 2008, 98; Kärkkäinen 2007, 258). Mänty tarvitsee valoa kasvaakseen ja tyypillisintä sille on kasvaa valtapuuna. Valon tarpeen vuoksi mänty ei pärjää alikasvospuuna tai eri-ikäisrakenteisissa metsissä. (Tapion taskukirja 2008, 98.) Tiheässä kasvava nuori mänty käyttää kasvuhormoninsa aurinkoisen latvan kasvatukseen, eikä niinkään oksistoon (Kärkkäinen 2007, 258).

Mänty tulee sukukypsäksi 15 - 20 vuoden iässä. Mänty on yksikotinen puu, missä hede- ja emikukinnot muodostuvat samaan puuhun. Emikukinnot esiintyvät puun latvassa punaisina, pieninä, käpymäisinä kukkina. Hedekukat sijaitsevat puun alaoksilla terttumaisina, keltaisina kukintoina. Männyn siemenen kasvukausi kestää 2 vuotta. Puun siemen tulee toisen kasvukauden lopulla ja se tippuu kävyn kuoren alta kolmannen kasvukauden alussa. (Nygren 2020, 9 - 59.)

3 Männyn jalostus

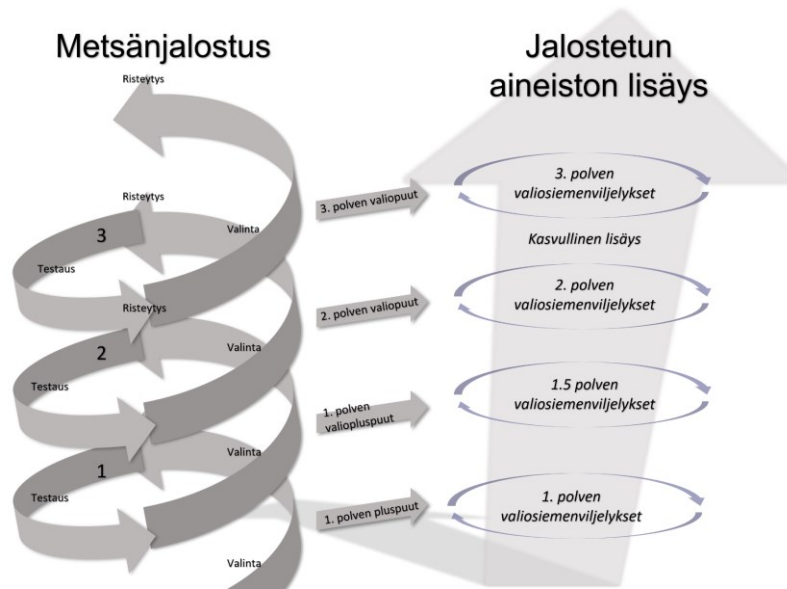
Suomen metsänjalostus alkoi v. 1947 Metsäpuiden rodunjalostussäätiön toimesta. Nykyään jalostustoimintaa vetää Luonnonvarakeskus, joka saa jalostukseen rahoitusta Suomen valtiolta. Maa- ja metsätalousministeriön tehtäviin kuuluu valvoa metsänjalostusohjelmaa. (Jokela 2010, 33 - 34.)

Männyn jalostuksen päätehtävänä on tuottaa metsätalouteen hyvälaatuisia taimia ja siemeniä. Puun hyviä laatuominaisuuksia ovat mm. vähäoksaisuus, rungon suoruus ja kestävyys. (Jokela 2010, 34.) Hyvät oksan laatuominaisuudet ovat ohuet ja suorakulman omaavat oksat. Hyvän oksan laatuominaisuudet takaavat pienen oksan poikkileikkauspinnan ja tämä näkyy hyvänä sahatavara hintana. (Hakala 2010, 9.) Kestävyys merkitsee metsänjalostuksessa mm. erisääilmäiden ja tuholaiden sietämistä (Jokela 2010, 34). Metsänjalostus on kuitenkin pitkäjänteistä työtä, sillä yksi jalostuskierros kestää 20 - 25 vuotta (Metsäpuiden siementarvearviotyöryhmän muistio 2011, 12).

Männyn jalostus alkaa parhaiden puuyksilöiden valinnalla (kuva 1). Ensimmäiset puuyksilöt on valittu luontaisesti syntyneistä metsiköistä, ja näitä valittuja puita kutsutaan pluspuiksi. Pluspuut omaavat luonnostaan suorarunkoisen puun ominaisuudet. (Häggman & Oksa 1999, 13.)

Seuraava vaihe on pluspuiden jälkeläiskokeiden perustaminen. Jälkeläiskokeissa verrataan useiden pluspuiden jälkeläisiä ja jälkeläisten arvoja keskenään. Tämän vertailun perusteella valitaan pluspuiden parhaat jälkeläiset, jota kutsutaan jalostuspopulaatioksi. (Häggman & Oksa 1999, 13 - 15.)

Kolmas vaihe on jalostuspopulaation risteytys (Häggman & Oksa 1999, 13). Risteytys eli lisääntyminen tapahtuu niin, että puiden kukinnat eristetään ja pölytys tapahtuu manuaalisesti siitepölyruiskun avulla (Koski 1983, 60). Risteytyksellä tuotetaan uusi puusukupolvi (Ruotsalainen 1999, 82).



Kuva 1. Metsänjalostuksen sykli (Kuva: Matti Haapanen).

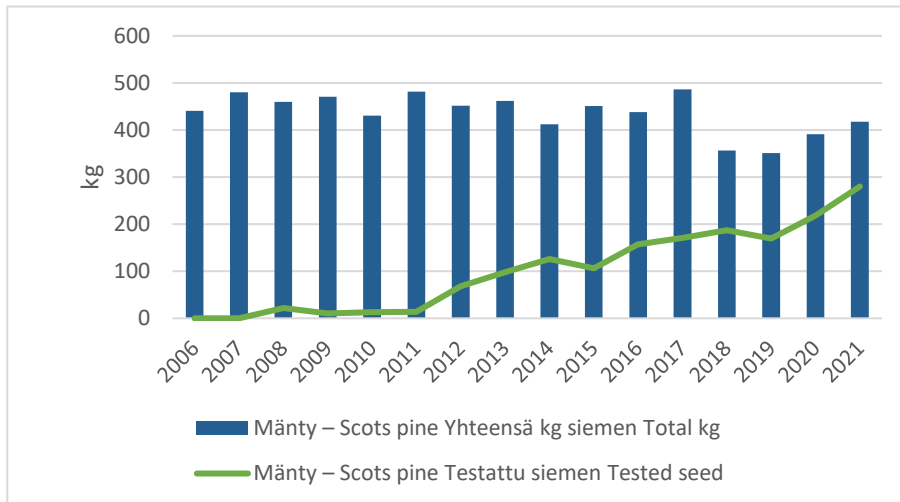
Suomen männynjalostus sykli on menossa 1,5 polven valiosiemenviljelyksessä (kuva 1). Metsänjalostuksen 1,5 polven pluspuut ovat käyneet läpi kolme valinta vaihetta, plus puiden valinnan ja 1. polven pluspuiden valinnan ja 1. polven valio pluspuiden valinnan. Jokaisessa valintavaiheessa valittujen puiden perinnöllisyys jatkuu ja kehittyy. (Haapanen & Ruotsalainen 2007, 7.)

3.1 Siemenviljelyssiemen

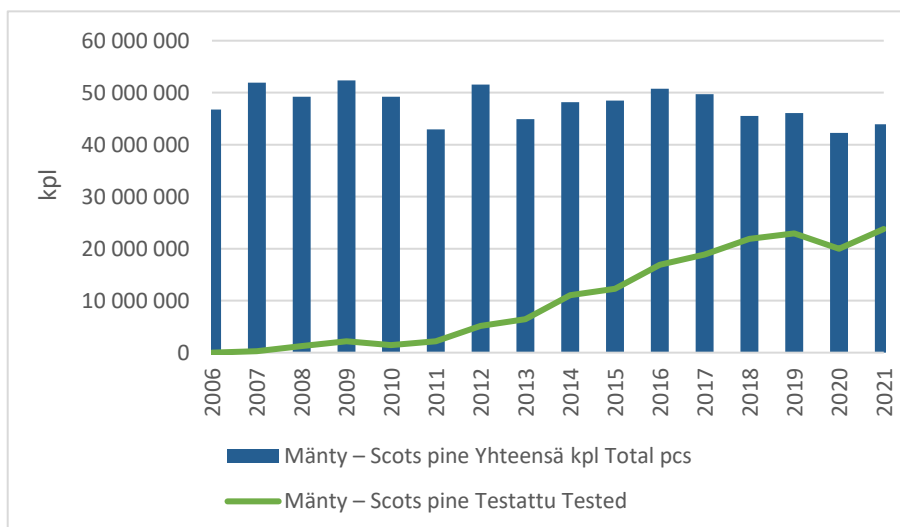
Siemenviljelyllä siirretään metsänjalostuksella saavutetut tulokset käytännön tasolle (Yrjänä & Karvinen 2002, 25). Siemenviljelysmetsiköt ovat pluspuiden vartteoksilla perustettuja kloonimetsiköitä. Varttaminen tapahtuu niin, että pluspuista leikataan 10 - 15 cm:n latvusverso, joka vartetaan eli liitetään kasvamaan perusrunkoon eli saman puulajin tavalliseen siemensyntyiseen taimeen. Vartteoksa leikataan puusta talven aikaan ja varttaminen tehdään uuden puun runkoon heti alkukesästä. (Koski 1983, 75.) Pluspuun oksa kiinnittyy perusrunkoon ja jatkaa kasvamistaan (Nygren 2020, 13). Siemenviljelysmetsiköiden kannattava siementuotanto on keskimäärin 40 vuotta (Tasanen 2010, 300).

Siemenviljelyksessä tuotetut siemenet ovat kooltaan suuria, nopean alkukasvun omaavia ja tasaisesti itäviä. Näiden ominaisuuksien ansiosta männyn

jalostettua siementä käytetään paljon taimitarhoilla. Männyn jalostettua siementä käytetään myös metsäkylvöissä. Jalostettu siemen on kalliimpaa kuin luonnonsiemen, mutta samalla se tuottaa laadukkaampaa ja nopeakasvuista puutavaraa. (Tasanen 2010, 298 - 299.) Viimeisen kymmenen vuoden aikana jalostetun männyn metsänviljelyaineiston käyttö on yleistynyt niin siemenen (kuvio 1) kuin taimien osalta (kuvio 2) (Ruokavirasto 2022).



Kuvio 1. Luontaisen ja jalostetun männynsiemenen käyttö taimitarhoilla (Ruokavirasto 2022).



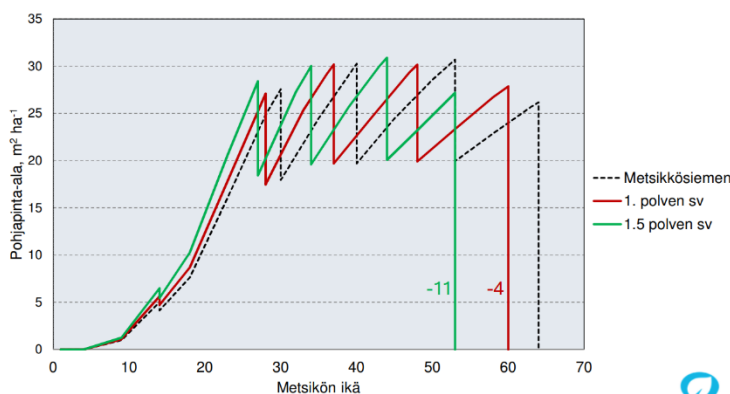
Kuvio 2. Luontaisen ja jalostetun männyn taimien käyttö metsänviljelyssä (Ruokavirasto 2022).

3.2 Jalostuksen hyödyt

Männyn jalostuksessa parannusta on saatu aikaan viljelyvarmuudessa ja pituus- ja tilavuuskasvussa (Metsäpuiden siementarvearviointiryhmän muistio 2011, 12). Metsänomistajalle jalostettu mänty näyttäytyy nopeakasvuisena ja aiempaa suurempana tuottona. Tutkimustulokset osoittavat, että männyn 1. polven siemenviljelysaineiston vuotuinen keskikasvu hehtaarilla on yli + 1 % enemmän kuin metsikkösiemenestä kasvaneilla taimilla. 1,5 polven jalostetulla männyllä vuotuinen keskikasvu hehtaarilla on parantunut 20 - 25 % verrattuna metsikkötaimiin. (Jansson, Kehlet, Haapanen, Kvaalen & Steffenrem 2016, 275.)

Jalostetulla aineistolla männyn kiertoaika on lyhentynyt 4 - 17 vuodella (kuvio 3) ja paljaan maan arvokasvua on tullut 500 - 1800 € hehtaarilta. Kiertoaajan lyhentymisen vaikuttavia tekijöitä ovat mm. sijainti, maaperä ja puun sukupolvi. (Haapanen, Hynynen, Ruotsalainen, Siipilehto & Kilpeläinen 2016, 997.)

MOTTI-simulointi: männikön uudistaminen istuttamalla, tuore kangas, 1200 d.d.



Kuvio 3. Männyn kiertoaajan lyheneminen siemenviljelyaineiston avulla, MOTTI-simulointia käyttäen (Haapanen 2016).

Tulevaisuuden näkymät jalostetulla metsänviljelysaineistolla ovat hyvät. Alustavien laskelmien mukaan jalostetulla männyllä tukkipuun osuus kasvaisi 1,9 miljoonalla m³:lla vuodessa ja kuitupuun osuus 2,8 miljoonalla m³:lla vuodessa (taulukko 1). Tämä 4,7 miljoonan m³:n kasvunlisäys merkitsisi männyn puuston arvossa reilun 100 milj. €:n kasvua. (Koistinen 2016, 9 - 13.)

	Hakkuut nykyisin, milj. m ³ /vuosi	Jalostus- hyöty (tuotos)	Metsän- viljelyn osuus (jaloste- tulla)	"Jalostus- hyöty- kerroin"	Lisä- tuotos, milj. m ³ /vuosi
MäT	11,0	25 %	70 %*	0,175	1,9
MäK	15,8	25 %	70 %*	0,175	2,8

Taulukko 1. Männy kasvuennuste jalostetulla metsänviljelysaineis-
tolla (Koistinen 2016, 9).

Jalostetun männyaineiston avulla puuainese on laadukkaampaa. Jalostus pa-
rantaa myös viljelysvarmuutta, joka ilmenee käytännössä hyvänä sietokykyinä
erilaisiin luonnonuhkiin ja sääilmiöihin. (Tasanen 2010, 285 - 286.)

4 Männy alkuperäsiirrot

4.1 Metsikkösiemen

Varhaisimmat metsäpuiden alkuperien siirtokokeet on Suomessa perustettu jo
1930-luvulla. Männy alkuperässiirroilla pyritään siihen, että eri siemeneriä pys-
tytään hyödyntämään maantieteellisen sijainnin muuttuessa. (Haapanen &
Ruotsalainen 2016, 211.) Suomessa männy siirtosuosituksia on päivitetty vii-
meksi vuonna 2016 (liite 2). Nykyiset siirtosuositukset painottuvat kilometreihin,
kun vanhoissa suosituksissa puhuttiin lämpösummiin perustuvista siirtosuosi-
tusrajoista. Alkuperäsiirtosuositusten päivitysten taustalla on ollut se, että män-
ny siementä opittaisiin käyttämään tehokkaammin oikeilla alueilla. Siemenen
oikeaoppinen käyttö lisää puuston kasvua ja kestävyttä. (Niemelä 2016, 2 -
10.)

Käytännön tasolla männy metsikkösiemenen alkuperäsiirrot on jaettu Suo-
messa neljään lohkoon. Lohkot ovat Etelä-Suomen leveysaste 63 N ja sitä ete-
läisemmät paikat, Väli-Suomen leveysasteet 63 - 65 N, Pohjois-Suomen leveys-
asteet 65 - 67 N ja Lapin leveysaste 67 N ja siitä pohjoisemmat paikat. Etelä-

Suomen siemensiirtosuositukset ovat 100 km etelään ja 150 km pohjoiseen päin. Väli-Suomessa siirtosuositukset ovat 150 km etelään ja 100 km pohjoiseen päin. Pohjois-Suomessa siirtosuositukset ovat 250 km etelään ja 50 km pohjoiseen. Lapin 67 N leveysasteella alkuperäissiirtoja ei tehdä kuin etelään päin enintään 350 km. Nämä siirtosuosituskilometrit ovat siirtojen maksimiraja-arvoja. (Ruotsalainen, Beuker & Haapanen 2016a, 14.)

Optimi siemenalkuperä Etelä- ja Väli-Suomessa on paikallinen. Pohjois-Suomen optimi-alkuperä on 50 km pohjoisesta siirretty siemen ja Lapissa 150 km pohjoisemmasta siirretty siemenalkuperä (taulukko 2). (Ruotsalainen ym. 2016a, 14.)

Alue	Leveysasteet, °N	Suositeltavat suurimmat alkuperässiirrot, km		Optimi-alkuperä
		Etelästä	Pohjoisesta	
Etelä-Suomi	– 63	150	100	Paikallinen
Väli-Suomi	63 – 65	100	150	Paikallinen
Pohjois-Suomi	65 – 67	50	250	50 km pohjoisesta
Lappi	67 –	0	350	150 km pohjoisesta

Taulukko 2. Metsikkösiemenen alkuperässiirtosuositukset (Ruotsalainen ym. 2016a, 14).

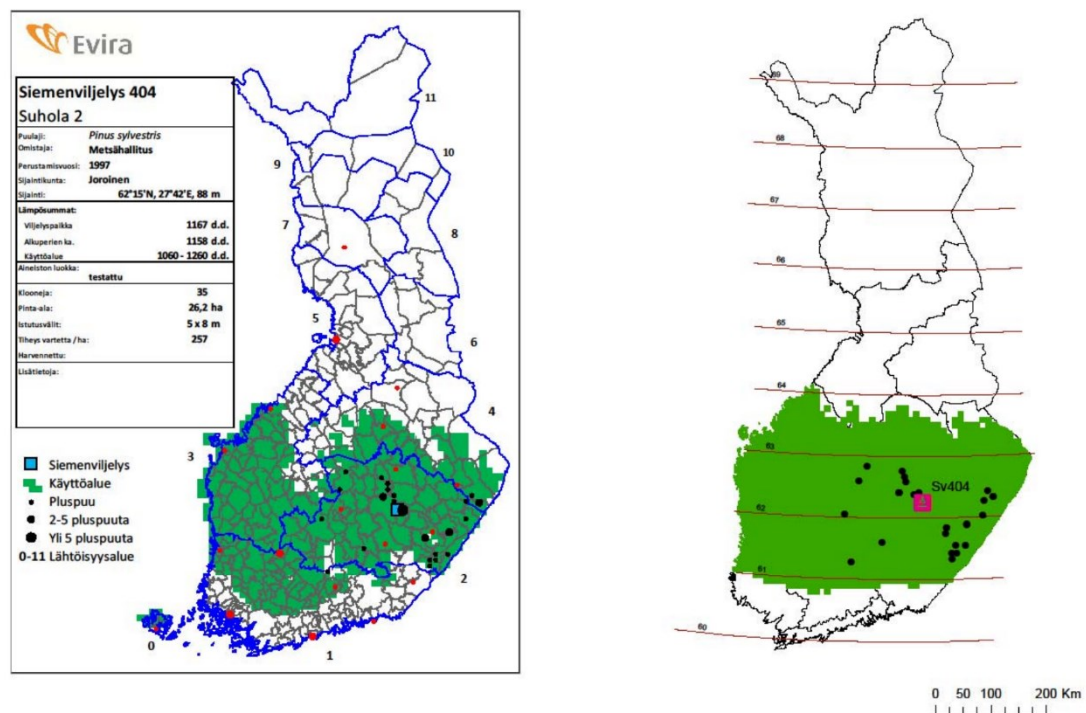
Siementen tuottavuus heikkenee mitä lähemmäs siirtosuosituksen raja-arvoja mennään. Esimerkiksi leveysasteen 63 N alkuperän siirtosuositus pohjoiseen suuntaan on 100 km, jolloin puuntuotos laskee muutaman prosenttiyksikön verran. Maaston korkeuserot vaikuttavat myös alkuperässiirtoihin. Jos viljelypaikan sijainti muuttuu 100 m korkeammalle alkuperäisestä maastosta, olosuhteiden muutos vastaa tällöin 100 km siirtoa pohjoiseen. Sama pätee myös alavammalle viljelypaikalle siirtoon. (Niemelä 2016, 11 - 12.)

4.2 Siemenviljelyssiemen

Ennen v. 2016 siemenviljelyssiementen alkuperässiirrot perustuivat Eviran käyttöaluerajoihin, jotka pohjautuivat 1961 - 1990 vuotuisiin lämpösummiin. Suomen uudet siemenviljelyssiementen käyttörajat määriteltiin v. 2016. Uudet

käyttöaluerajat mukautuvat enemmän leveysasteiden suuntaisesti, eikä niinkään lämpösummia myötäillen. Vuosiin 1961 - 1990 verrattuna nykyilmasto on lämmennyt ja tämä näkyy myös uusissa käyttöalue määrittelyissä, missä aluerajat ovat siirtyneet pohjoisemmaksi. (Ruotsalainen ym. 2016b, 24.)

Uudet siemenviljelyssiementen käyttöaluerajat perustuvat tutkimukseen, joka on tehty yhteistyössä ruotsalaisten kanssa. Tutkimuksen pohjana on käytetty männyn kenttäaluekokeita, jotka sijaitsevat Suomessa ja Ruotsissa. Tutkimuksen kenttäkokeita oli yhteensä 378 ja yli 3000 erilaista siemensiirtoa. Kenttäkokeiden lisäksi tarvittiin maiden ilmastotiedot. Tämä suoritettiin Suomessa niin, että maa jaettiin hilapisteisiin, joiden koko oli 10 km x 10 km. Ilmastotietojen ja kenttäkokeiden mittausten, pituuden ja elävyyden perusteella pystyttiin ennustamaan kullekin hilapisteelle paikallisen siemenalkuperän pituus- ja elävyydsmalli. Sama ennuste tehtiin myös siemenviljelyssiemenille, missä otettiin huomioon näiden siirtovaikutukset ja jalostushyödyt. Siemenviljelyssiementen käyttöaluerajat perustuvat tämänhetkisen ilmaston elävyyden ennusteeseen ja v. 2050 kasvuennusteeseen tulevaisuuden ilmastossa (kuva 2). (Berlin ym. 2016, 1 - 3.)



Kuva 2. Esimerkki Keski-Suomen käyttöaluerajoista siemenviljelyssiemenelle. Vasemmalla vanha malli Eviran siemenviljelyssiementen käyttöaluerajoista perustuen vuosien 1961 - 1990 lämpösummiin. Oikealla nykyhetken

käyttöalueraja 1,5 polven siemenviljelyssiemenille pohjautuen v. 2020 elävyyden ennusteeseen ja v. 2050 kasvuennusteeseen. (Ruotsalainen ym. 2016b, liite 5.)

5 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimuksen kohteena oli 13-vuotias männyn jalostusvertailukoe. Vertailukokeen istutuksessa käytettiin männyn eri siemeneriä Suomesta, Ruotsista ja Latviasta. Siemeneriä oli yhteensä 17 ja ne sisälsivät sekä jalostettuja että jalostamattomia siemeneriä. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää mäntyalkuperien jalostushyödyt ja se, mitkä olivat näiden eri siemenerien siirtovaikutukset.

Tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi jalostuksenvertailukokeesta mitattiin puiden pituus, läpimitta, oksan paksuus ja kasvukulma sekä laskettiin oksakiehkuran oksien lukumäärä ja poikaoksat. Puista tehtiin myös silmämääräiset arviot oksien paksuudesta ja kasvukulmista sekä arvioitiin puiden vaurioita ja niiden aiheuttajia. Tutkimuskysymyksinä käytettiin:

- Mitkä olivat siemenerien väliset elävyyserot?
- Mitkä olivat eri maiden metsikköalkuperien, jalostettujen 1. ja 1,5 polven siemenviljelyserien kasvu- ja laatuominaisuuserot?
- Mitkä olivat siemenerien siirtovaikutukset?

6 Tutkimuksen toteutus

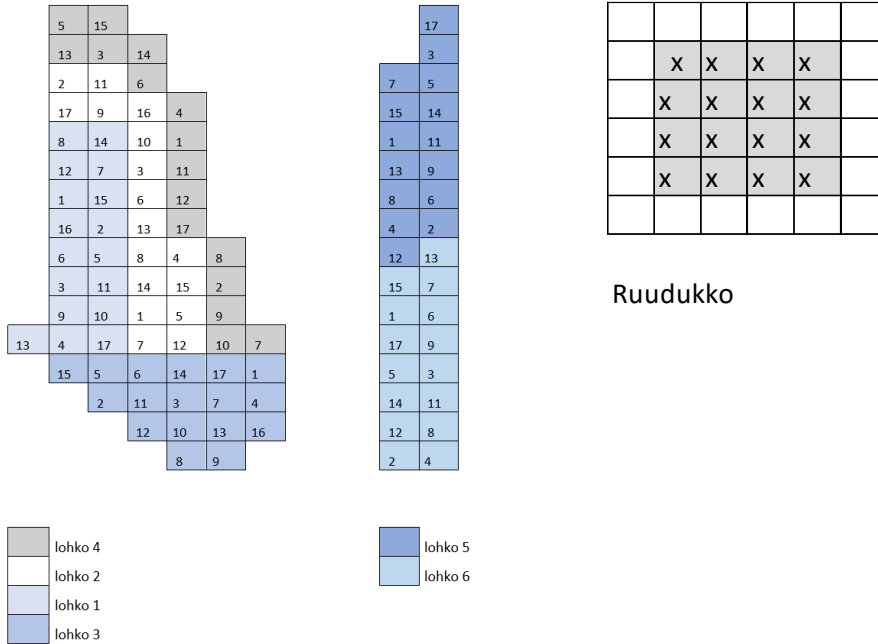
Männyn jalostusvertailukoe sijaitsi Etelä-Savossa, Punkaharjun Laukansaaressa. Koe oli istutettu v. 2009, kahdelle eri koealueelle. Koealueiden yhtenäispinta-ala oli 1,4 ha. Kokeessa oli käytetty 17 erilaista männyn siemenerää (liite 3), missä siemenerät olivat:

- 1 = Suomalainen metsikkösiemenerä Karvialta.
- 2 = Suomalainen metsikkösiemenerä Kerimäeltä.
- 3 = Latvialainen metsikkösiemenerä Ugalesta.
- 4, 5 ja 6 = Suomalaisia nuoria 1,5-polven siemenviljelyssiemeneriä Joroisista.
 - 4, 5 ja 6 siemenerillä oli ollut eri emopuut eli siemenerät olivat eri sukuisia.
- 7 ja 8 = Suomalaisia varttuneita 1. polven siemenviljelyssiemeneriä liitistä.
 - 7 ja 8 siemenerillä oli sama emo ja isä puu. Erän 7 siemenet olivat kerätty ennen harvennusta v. 2004 ja erän 8 siemenet olivat kerätty harvennuksen jälkeen v. 2007.
- 9 = Suomalainen varttunut 1. polven siemenviljelyssiemenerä Mäntyharjulta.
- 10 = Latvialainen 1. polven siemenviljelyssiemenerä Ventspilsistä.
- 11 = Latvialainen 1,5- polven siemenviljelyssiemenerä Kuldigasta.
- 12 = Latvialainen 1. polven siemenviljelyssiemenerä Madonasta.
- 13 = Latvialainen 1,5-polven siemenviljelyssiemenerä Ludzasta.
- 14 = Ruotsalainen 1. polven siemenviljelyssiemenerä Asarumista (56,58 leveysaste).
- 15 = Ruotsalainen 1. polven siemenviljelyssiemenerä Sollerönestä (61,04 leveysaste).
- 16 = Suomalainen risteytysperheen siemenerä Lohjalta.
- 17 = Suomalainen risteytysperheen siemenerä Suomenniemeltä.

6.1 Aineiston keruu

Koealueiden puut oli jaettu 6:een eri lohkoon (kuva 3). Jokaisen lohkon sisällä oli 17 ruudukkoa, missä jokainen ruutu edusti omaa siemenerää. Lohkojen välillä oli erilaisia kasvuolosuhteita, mutta yksi lohko pyrki edustamaan yhdenlaista kasvuolosuhdetta, esimerkiksi maaperän kosteuden suhteen. Koealueella 1 olivat lohkot 1 - 4 ja koealueella 2 olivat lohkot 5 - 6 (liite 1). Siemenerän puut oli

istutettu systemaattisesti ruudukkoon. Yksi ruutu sisälsi 36 puuta, jotka edustivat perusjoukkoa ja sisimmät 16 puuta edustivat otantapuita (kuva 3).



Kuva 3. Koealueiden lohkokartta. Vasemmalla koealue 1 (lohkot 1- 4) ja oikealla koealue 2 (lohkot 5 - 6). Oikealla ruudukko, joka edusti aina yhtä siemenettä. Ruudukon 36 puuta olivat perusjoukko ja sisimmät 16 puuta olivat otantapuita (Kuva; Matti Haapanen).

Puun läpimitta, d 1,3 mitattiin perusjoukon puista 1,3 m korkeudesta. Läpimitta mitattiin millimetreinä yhden desimaalin tarkkuudella, siihen tarkoitettulla läpimitasaksilla. Jos 1,3 m korkeudelle osui oksia, mittausta tapahtui oksien ala- tai yläpuolelta. Mittausta ei tehty oksan tyveltä, jottei se vääristänyt mittaustulosta.

Ruudukon sisimmät 16 puuta olivat tutkimuksen otantapuita. Otantapuita oli oltava vähintään 12, jos otantapuita oli elossa alle minimirajan, tällöin ruudukon perusjoukosta valittiin sattumanvaraisesti puuta, jotta 12 minimiraja tulisi täyteen.

Otantapuista mitattiin pituus, oksan paksuus ja oksan kasvukulma. Otantapuista laskettiin myös poikaoksat, ranganvaihdot ja oksien lukumäärä 1,3 m korkeudella olevasta oksakiehkurasta. Puista tehtiin myös silmämääräinen arvio oksien paksuudesta ja kasvukulmasta.

Otantapuista mitattiin pituus desimetreinä, yhden desimaalin tarkkuudella hypsometriä käyttäen. Pituus mitattiin edellisen kasvukauden oksakiehkurasta. Pituutta ei mitattu puista, joiden latvat olivat katki tai vaurioituneet.

Oksan paksuus mitattiin digitaalisella työntömitalla millimetreinä, yhden desimaalin tarkkuudella. Mitattava oksa valittiin 1,3 m korkeudella olevasta oksakiehkurasta ja tästä oksakiehkurasta valittiin mitattavaksi 2. paksuin oksa. Oksan läpimitta mitattiin kuorellisena, oksan tyvikasvun jälkeisestä kasvusta, noin 2 cm päästä rungosta.

Oksan kasvukulma mitattiin samasta oksasta mistä oli mitattu oksan läpimitta. Kasvukulman mittaukseen käytettiin mitta-astelevyä. Mittaus tapahtui niin, että puun latva oli kuvitteellinen nolla kulma, jolloin oksan kasvusuunta määritti kasvukulmaprosentin. Kasvukulma katsottiin oksan tyveltä, ensimmäiseltä 5 cm matkalta.

Silmävarainen arviointi oksakulmasta ja oksan paksuudesta tehtiin kaikista otantapuista, koko rungon pituudelta. Luokitus tehtiin asteikolla 1 - 9. Oksakulma suhteutettiin puun järeyteen missä asteikko määriteltiin:

1 = Erittäin paksu oksa / terävä oksakulma.

2

3 = Keskimääräistä selvästi paksumpi oksa / terävämpi oksakulma.

4

5 = Keskimääräinen oksa / oksakulma.

6

7 = Keskimääräistä selvästi ohuempi oksa / suorempi oksakulma.

8

9 = Erittäin ohut oksa / suora oksakulma.

Oksakiehkuran oksien lukumäärä laskettiin samasta kiehkurasta, josta oksan läpimitta ja kasvukulma oli mitattu. Oksat olivat samalta kasvukaudelta, ja vain terveet oksat laskettiin. Poikaoksat ja ranganvaihdot laskettiin 0,3 m.stä

ylöspäin. Jos kasvuhäiriöitä oli useampi samassa oksakiehkurassa, tällöin häiriö laskettiin kuitenkin yhtenä kappaleena.

Otantapuista merkattiin ylös puiden tuhot ja vauriot. Vaurioiden vakavuus ja niiden aiheuttajat arvioitiin silmämääräisesti asteikoittain. Vaurion aiheuttajia olivat:

- 1 = Lumi
- 2 = Eläin
- 3 = Sieni
- 4 = Halla
- 5 = Muu määrittelemätön syy.

Vaurion vaikuttaessa puun kasvuun ja laatuun vakavuus määriteltiin asteikolla:

- 1 = Merkityksetön
- 2 = Merkittävä vaurio
- 3 = Vaikea vaurio
- 4 = Kuolemaan johtava / johtunut vaurio.

6.2 Tutkimusmenetelmät

Männyn jalostusvertailukoe oli kvantitatiivinen- eli määrällinen tutkimus. Mitattavat muuttujat pituus, läpimitta, oksan paksuus ja oksan kasvukulma olivat jatkuvia muuttujia. Jatkuvat muuttujat mitattiin suhdeasteikolla. Muuttujien välisiä riippuvuuksia selitettiin korrelaatio- ja selityskertoimilla. (Nummenmaa 2011, 39 - 43.)

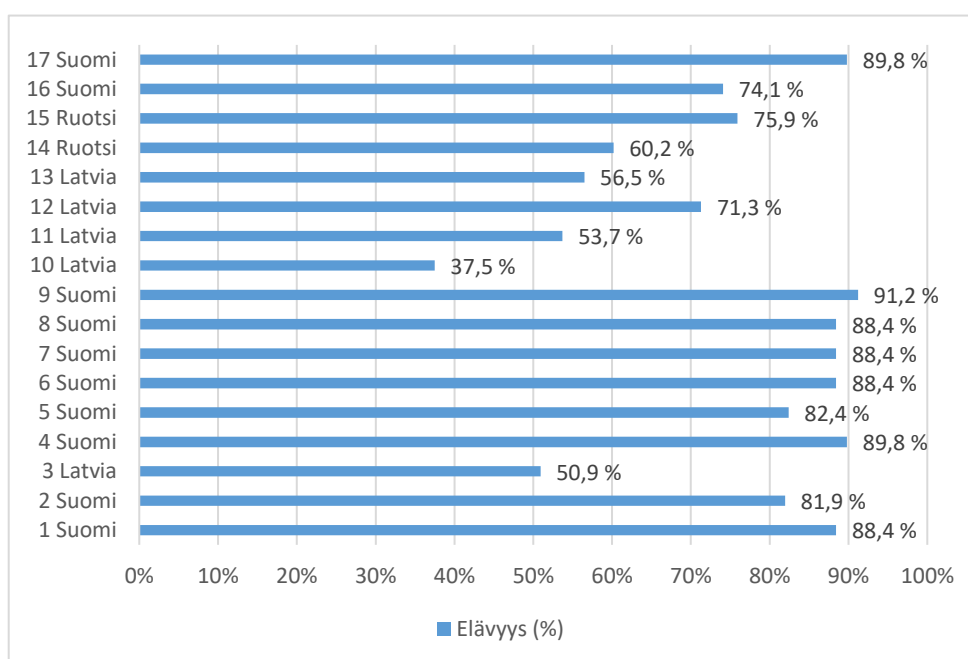
Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä vertailtiin riippumattomien ja riippuvien muuttujien välisiä eroja. Kaksisuuntainen varianssianalyysi voidaan suorittaa sen jälkeen, kun muuttujien normaalijakautuneisuus on todettu. (Taanila 2012.) Tutkimustulosten analysointiin käytettiin SPSS-ohjelmaa.

7 Tutkimuksen tulokset

Opinnäytetyössä tutkimuksen tuloksia tarkastellaan männyn pituuden (h), läpimitan (d 1,3), oksan paksuuden (op 1,3), oksan kasvukulman (ok 1,3) ja puiden elävyyden osalta.

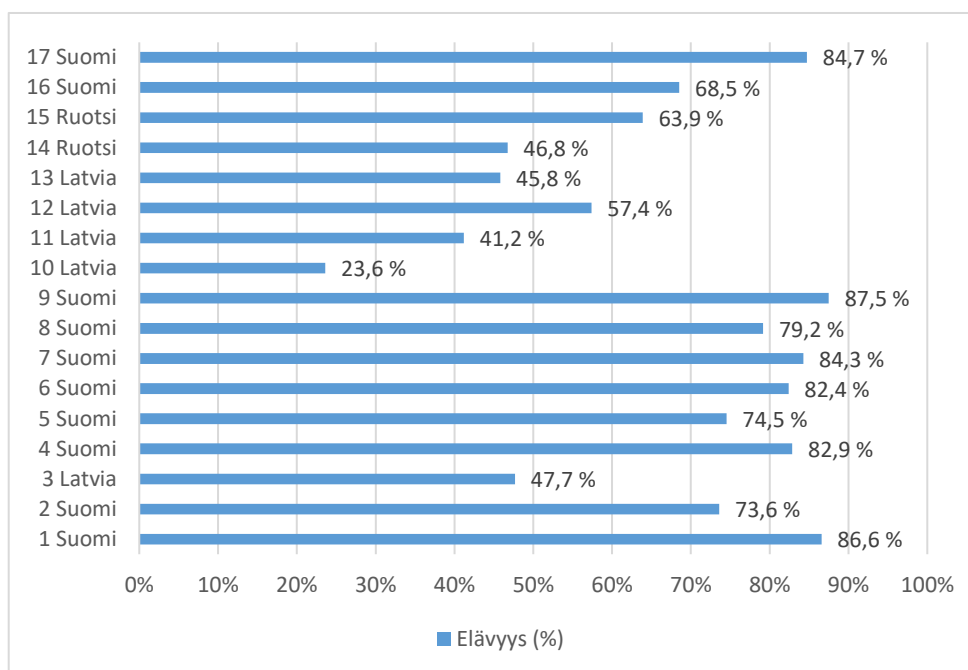
7.1 Jalostusvertailukokeen elävyys

Punkaharjun jalostusvertailukoe perustettiin v. 2009, jolloin männyn istutuksia tehtiin yhteensä 3492 kappaletta, 17. eri siemenerästä. Jalostusvertailukoe inventoitiin ensimmäisen kerran v. 2014 (kuvio 4). Ensimmäisen inventoinnin jälkeen puita oli elossa 75,4 %, 2634 kappaletta.



Kuvio 4. Siemenerien välinen elävyys v. 2014 (%).

Inventointitulokset v. 2022 osoittivat, että puiden elävyys oli laskussa (kuvio 5). Kokeen kokonaiselävyys oli laskenut v. 2014 mittauksista 67,3 %:iin, tämä tarkoitti 8,1 %:n laskua. Suurimmat muutokset olivat havaittavissa vierasperäisissä siemenerissä eli latvialaisissa ja ruotsalaisissa siemenerissä.



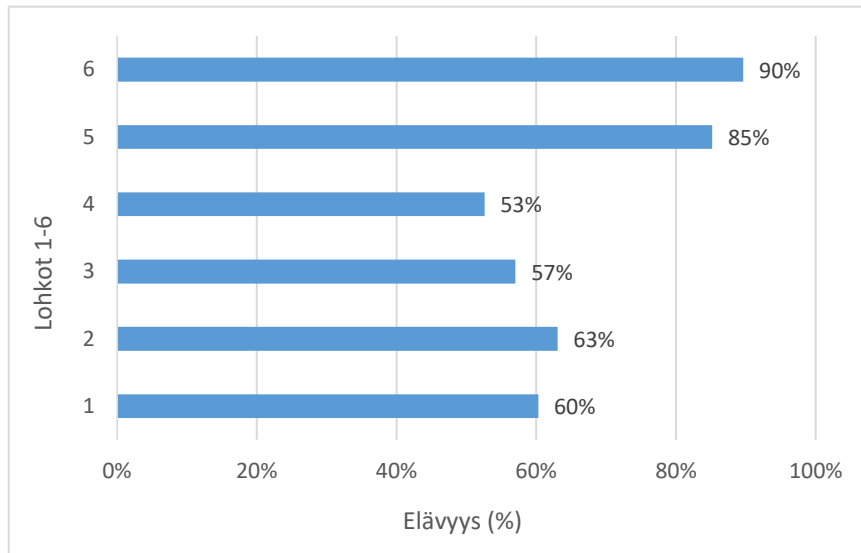
Kuvio 5. Siemenerien välinen elävyys v. 2022 (%).

Suomalaisilla siemenerillä 9 ja 1 elävyydet olivat parhaimpia. Siemenerä 9 edusti varttunutta siemenviljelyssiementä 1. polvesta, tämän elävyys oli 87,5 %. Metsikkösiemen, siemenerä 1 osoitti myös menestystä, tämän elävyys oli 86,6 %. Huonoiten suomalaisista alkuperistä selviytyi risteytysperheestä oleva siemenerä 16, jonka elävyys oli 68,5 %.

Ruotsalaiset 1. polven siemenviljelyssiemenet, erät 14 ja 15 menestyivät kohtuullisesti. Etelä-Ruotsin siemenerän 14 elävyys oli 46,8 % ja Keski-Ruotsin siemenerän 15 elävyys oli 63,9 %.

Latvialaisten alkuperät menestyvät Suomen oloista vaihtelevasti elävyyden olon 23 - 58 %:n välillä. Heikoiten latvialaisista alkuperistä menestyi erän 10 siemenviljelyssiemen, jonka elävyys oli 23,6 %. Parhaiten latvialaisista menestyi siemenviljelyssiemen erästä 12 elävyydellä 57,4 %.

Jalostusvertailukoe oli istutettu kahdelle eri koealueella. Koealueella 1 olivat lohkot 1 - 4 ja koealueella 2 lohkot 5 - 6. Lohkot 5 - 6 menestyivät koealueella 2 selkeästi paremmin elävyyden osalta (kuvio 6).



Kuvio 6. Lohkojen välinen elävyys vuonna 2022 (%).

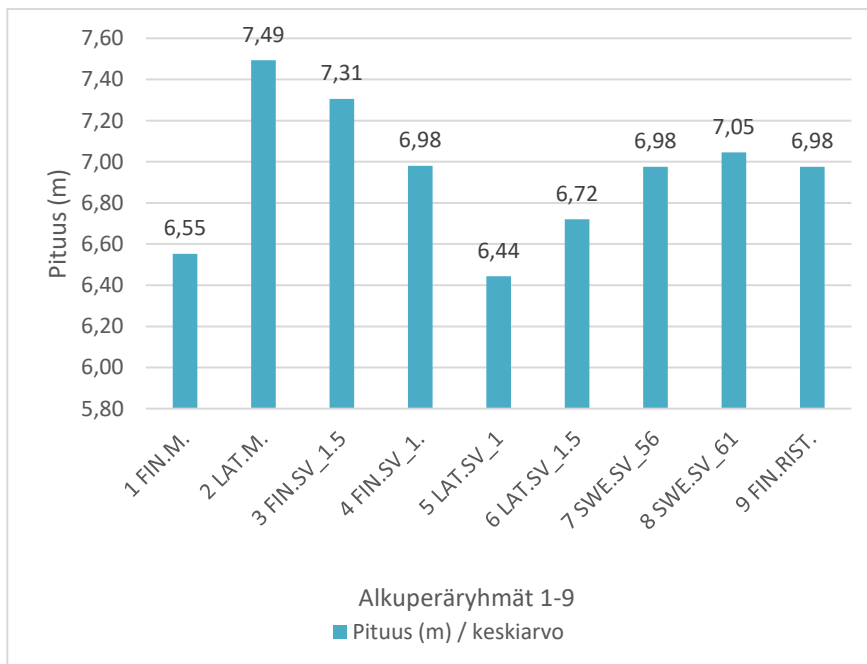
7.2 Alkuperäryhmien kasvuominaisuudet

Hyvän männyn kasvuominaisuuksia ovat pitkä (h) ja paksu runko (d 1,3), joista seuraa hyvä puun tilavuuskasvu (v). Tässä tulosten tarkastelussa käydään läpi eri alkuperäryhmien pituuden (h), läpimitan (d 1,3) ja tilavuuden (v) kasvu. Alkuperäryhmät ovat muodostuneet eri siemenerien maantieteellisten sijaintien ja jalostustasojen pohjalta. Alkuperäryhmät olivat:

- 1 = FIN.M.
 - Suomalaiset metsikkösiemenerät 1 ja 2.
- 2 = LAT.M.
 - Latvialainen metsikkösiemenerä 3.
- 3 = FIN.SV_1.5
 - Suomalaiset 1,5-polven siemenviljelyssiemenerät 4, 5 ja 6.
- 4 = FIN.SV_1
 - Suomalaiset 1. polven siemenviljelyssiemenerät 7, 8 ja 9.
- 5 = LAT.SV_1
 - Latvialaiset 1. polven siemenviljelyssiemenerät 10 ja 13.
- 6 = LAT.SV_1.5
 - Latvialaiset 1,5-polven siemenviljelyssiemenerät 11 ja 12.

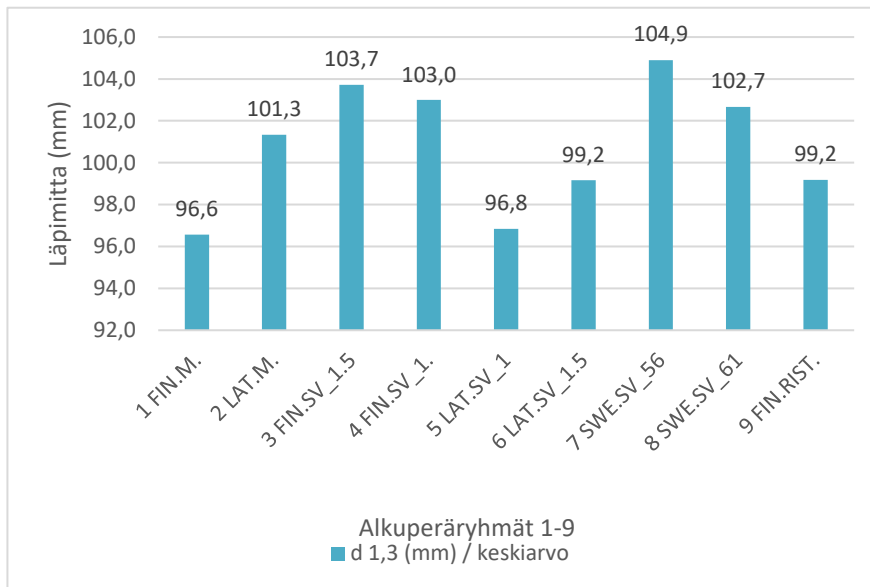
- 7 = SWE.SV_56
 - Etelä-Ruotsin 1. polven siemenviljelyssiemenenä 14.
- 8 = SWE.SV_61
 - Keski-Ruotsin 1. polven siemenviljelyssiemenenä 15.
- 9 = FIN.RIST.
 - Suomalaiset risteytysperheen siemenenä 16 ja 17.

Alkuperäryhmien paras ja heikoin pituuskasvu löytyi latvialaisista ryhmistä (kuvio 7). Ryhmä LAT.M. menestyi parhaiten tuloksella 7,49 m. Paras suomalainen alkuperäryhmä oli FIN.SV_1.5, tuloksella 7,31 m. Heikoin pituuskasvu oli ryhmällä LAT.SV_1, tuloksella 6,44 metriä.



Kuvio 7. Alkuperäryhmien väliset pituuserot (m).

Etelä-Ruotsin alkuperäryhmä SWE.SV_61 menestyi parhaiten läpimittakasvussa, tuloksella 104,9 mm (kuvio 8). Suomalaisista ryhmistä parhaiten menestyi ryhmä FIN.SV_1.5, tuloksella 103,7 mm. Heikoiten kasvua sai suomalainen metsikkö alkuperäryhmä FIN.M, tuloksella 96,6 mm.



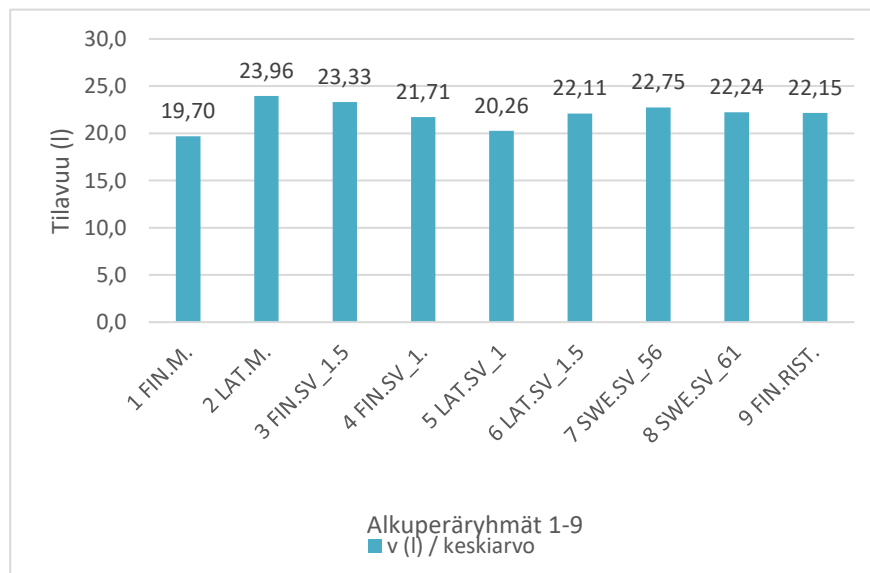
Kuvio 8. Alkuperäryhmien väliset läpimittaerot (mm).

Menestyksekkään pituus- ja läpimittakasvun omaava puu kasvaa myös hyvää tilavuuskasvua. Tilavuus laskettiin kaavalla:

$$=0,036089 \cdot d_{1,3}^2 \cdot 0,01395 \cdot (0,99676)^{d_{1,3}} \cdot h^2 \cdot 0,07025 \cdot (h - 1,3)^{-1,07209} / 1000$$

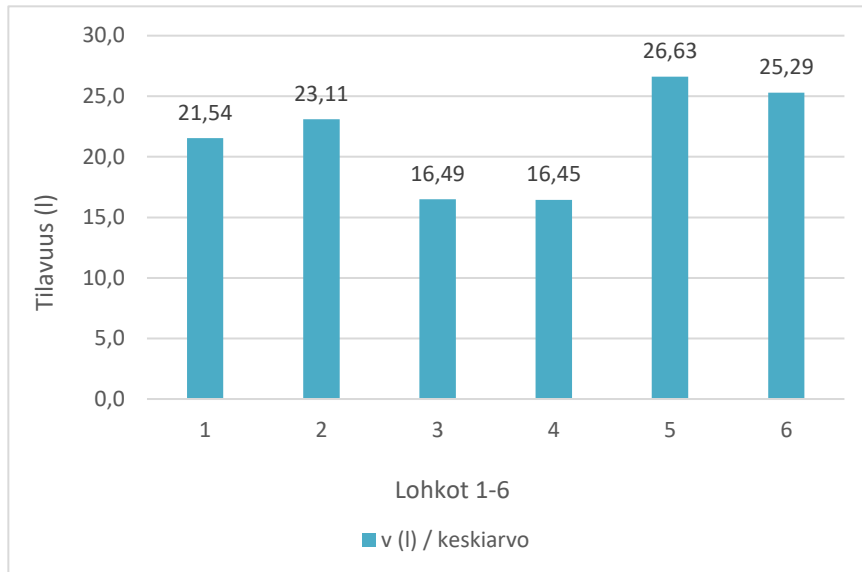
Tilavuudenkaavassa läpimitta (d 1,3) oli millimetreinä ja pituus (h) desimetreinä.

Alkuperäryhmien väliset tilavuuskasvu erot olivat melko pienet (kuvio 9). Suomalainen metsikkö alkuperäryhmä FIN.M. oli keskiarvoiselta tilavuudeltaan pienin, 19,7 litraa, kun taas latvialainen metsikkö ryhmä LAT.M. menestyi parhaiten, tuloksella 23,96 litraa.



Kuvio 9. Alkuperäryhmien väliset tilavuuserot (l).

Lohkojen välillä näkyi suurempia tilavuuseroja (kuvio 10). Parhaiten menestyivät koealueen 2 lohkot 5 ja 6. Parhaan keskiarvoisen tilavuuden omaisi lohko 6 26,63 litralla ja heikoiten menestyi lohko 4 16,45 litralla.

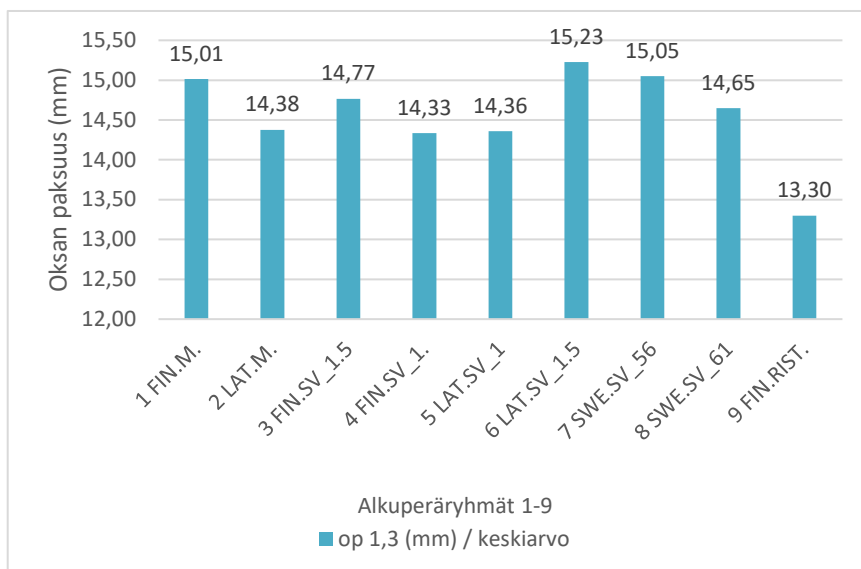


Kuvio 10. Lohkojen väliset tilavuuserot (l).

7.3 Alkuperäryhmien laatuominaisuudet

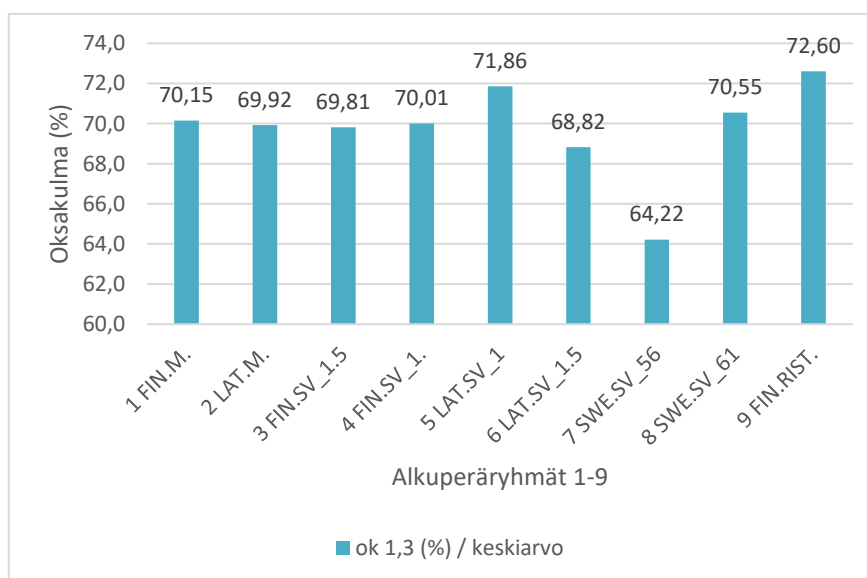
Hyvän oksan laatuominaisuuksia ovat suora oksakulma (ok 1,3) ja pieni oksan paksuus (op 1,3). Suoran oksakulman optimikulma olisi 90 astetta eli vaakasuora puun rungosta katsottuna. Oksalle voi laskea myös suhteellisen oksanpaksuuden, joka tarkoittaa sitä, että oksan paksuus suhteutetaan puun läpimitaan. Suhteellinen oksanpaksuus laskettiin niin, että oksan paksuus (op 1,3) jaettiin rungon läpimitalla (d 1,3).

Alkuperäryhmien ohuin oksa löytyi ryhmästä FIN.RIST, tuloksella 13,30 mm (kuvio 11). Yli 15 mm paksuja oksia löytyi ryhmistä LAT.SV_1.5, SWE.SV_61 ja FIN.M.



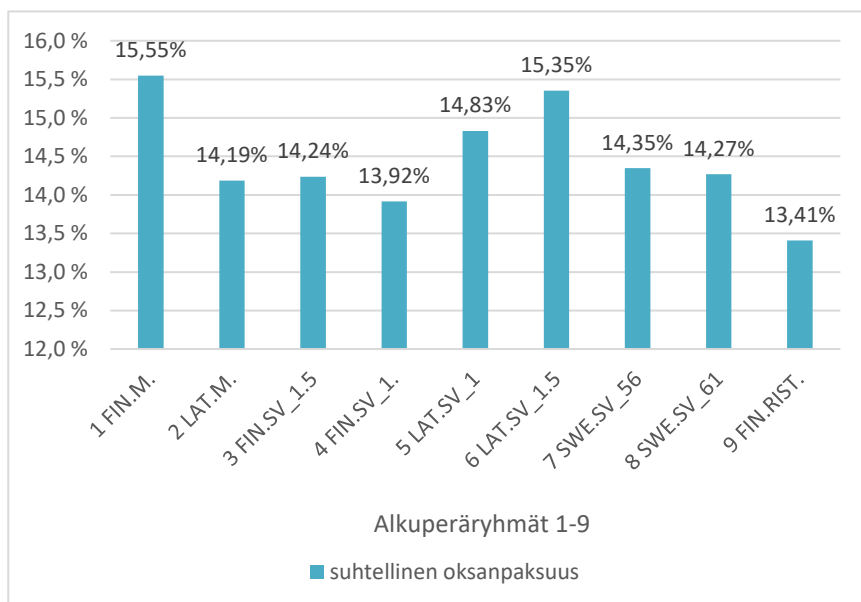
Kuvio 11. Alkuperäryhmien väliset oksan paksuuserot (mm).

Terävimmät oksakulmat löytyivät alkuperäryhmästä SWE.SV_56 tuloksella 64,22 % (kuvio 12). Lähelle optimi oksakulmaa pääsivät ryhmät LAT.SV.1 tuloksella 71,86 % ja ryhmä FIN.RIST. tuloksella 72,60 %.



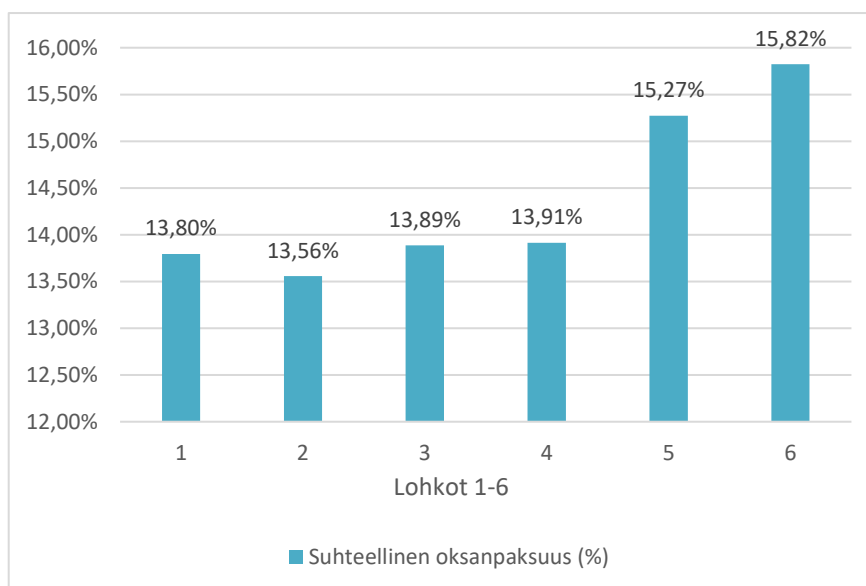
Kuvio 12. Alkuperäryhmien väliset oksakulmaerot (%).

Suhteellisen oksanpaksuuden prosentti osoitti sen, miten vähäinen oksan osuus oli puun läpimitasta. Parhaiten tässä menestyi suomalainen alkuperäryhmä FIN.RIST. tuloksella 13,41 % (kuvio 13). Suurimmat kertoimet löytyivät ryhmiltä FIN.M. ja LAT.SV_1.5, joiden tulokset olivat yli 15 %.



Kuvio 13. Alkuperäryhmien väliset suhteelliset oksanpaksuuserot (%).

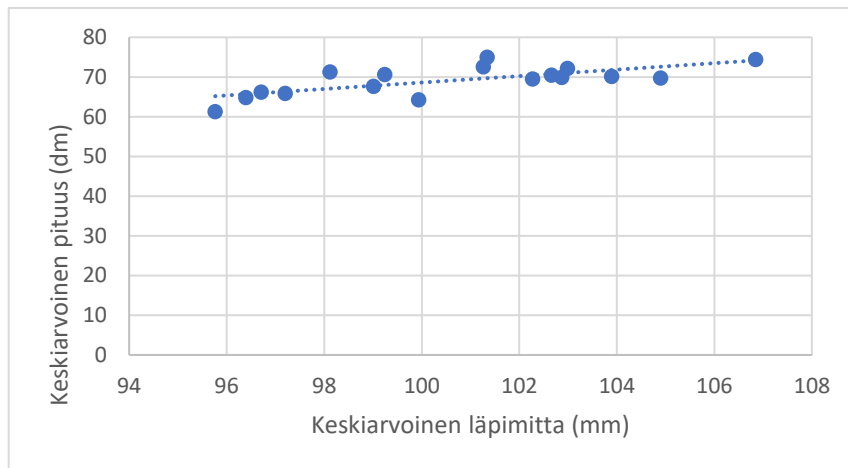
Lohkojen ja koealueiden välillä oli selkeät erot suhteellista oksanpaksuutta verrattaessa. Koealueen 2 lohkot 5 ja 6 omasivat 2 % suuremmat lukemat kuin lohkot 1 - 4. Pienin suhteellinen oksanpaksuus oli lohkolla 2 tuloksella 13,56 % (kuvio 14).



Kuvio 14. Lohkojen väliset suhteelliset oksanpaksuuserot (%).

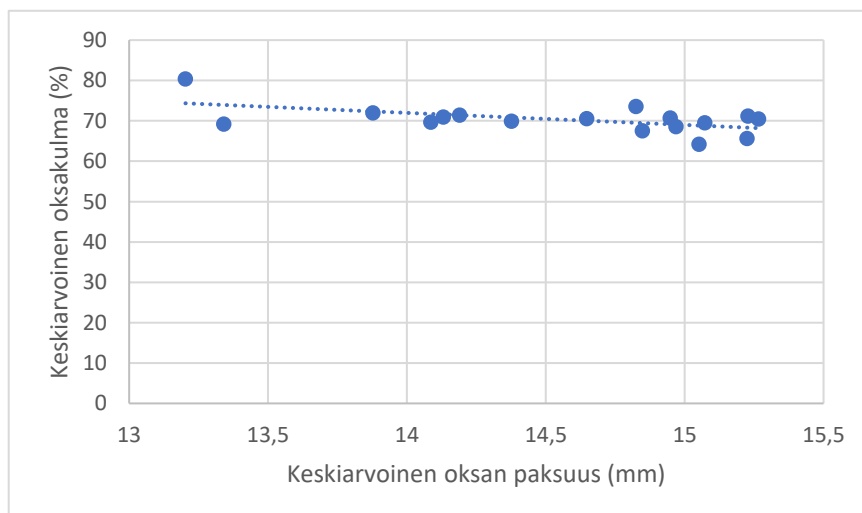
7.4 Muuttujien välinen yhteys

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että puiden kasvu- ja laatuominaisuuksilla on keskinäisiä riippuvuuksia. Puun läpimitta osoitti olevan riippuvainen puun pituuteen. Tässä korrelaatiokerroin oli + 0,709 ja selityskertoimena 50 % (kuvio 15). Tämä kertoo siitä, että puun läpimittaa suurenee, kun puun pituus jatkaa kasvamistaan.



Kuvio 15. Jalostusvertailukoe puiden läpimitan (d 1,3) riippuvuus puun pituuteen (h).

Oksan paksuun vaikutti myös oksan kasvukulmaan. Tässä korrelaatiokerroin oli -0.562 ja selityskertoimena 32 % (kuvio 16). Tämä selittää sen, että oksan paksuuden kasvaessa oksakulma terävöityy.



Kuvio 16. Jalostusvertailukoe puiden oksan paksuuden (mm) riippuvuus oksakulmaan (%).

7.5 Kaksisuuntainen varianssianalyysi

Kaksisuuntainen varianssianalyysi on suoritettu sen jälkeen, kun muuttajat (d 1,3, h, op 1,3 ja ok 1,3) oli todettu normaalijakautuneeksi. Kaksisuuntaisella varianssianalyysillä testattiin sitä, löytyykö muuttujien välillä riippuvuuksia lohkon, siemenerään tai lohkon ja siemenerän yhdysvaikutuksiin. Testissä on p -arvon (sig) on oltava $\leq 0,005$, jotta tulos on tilastollisesti merkitsevä.

Lohkolla ($p < 0,001$) sekä lohkon ja siemenerän yhdysvaikutuksella ($p < 0,001$) on ollut merkittävä vaikutus läpimittaan (taulukko 3). Testi osoittaa, että lohkoilla on ollut merkittävä vaikutus puun läpimitan kasvuun.

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: d 1,3 (mm)						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	252625,475 ^a	96	2631,515	3,747	<,001	0,137
Intercept	10723297,001	1	10723297,001	15268,142	0,000	0,871
Lohko	57472,238	5	11494,448	16,366	<,001	0,035
Siemenerä	7083,876	8	885,485	1,261	0,260	0,004
Lohko* siemenerä	145799,311	75	1943,991	2,768	<,001	0,084
Error	1587971,536	2261	702,332			
Total	25932546,000	2358				
Corrected Total	1840597,011	2357				

a. R Squared = ,137 (Adjusted R Squared = ,101)

Taulukko 3. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset, selittäväenä muuttajana läpimitta (d 1,3).

Lohkolla ($p < 0,001$) sekä lohkon ja siemenerän yhdysvaikutuksella ($p < 0,001$) on ollut merkittävä vaikutus puiden pituuteen (taulukko 4). Testi osoittaa, että lohkoilla on ollut merkittävä vaikutus puun pituuden kasvuun.

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: h (m)						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	1662,445 ^a	96	17,317	9,472	<,001	0,454
Intercept	35563,090	1	35563,090	19452,282	0,000	0,947
Lohko	636,141	5	127,228	69,591	<,001	0,241
Siemenerä	6,465	8	0,808	0,442	0,896	0,003
Lohko* siemenerä	863,799	75	11,517	6,300	<,001	0,302
Error	1998,247	1093	1,828			
Total	61111,480	1190				
Corrected Total	3660,691	1189				
a. R Squared = ,454 (Adjusted R Squared = ,406)						

Taulukko 4. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset, selittäväenä muuttajana pituus (h).

Lohkolla ($p < 0,001$), sekä lohkon ja siemenerän yhdysvaikutuksella ($p < 0,001$) on ollut merkittävä vaikutus oksan paksuuteen (taulukko 5). Testi osoittaa, että eri lohkoilla on ollut merkittävin vaikutus oksan paksuuteen.

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: op 1,3 (mm)						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	5786,282 ^a	96	60,274	3,822	<,001	0,248
Intercept	171333,980	1	171333,980	10865,101	0,000	0,907
Lohko	2343,137	5	468,627	29,718	<,001	0,118
Siemenerä	270,848	8	33,856	2,147	0,029	0,015
Lohko* siemenerä	2610,655	75	34,809	2,207	<,001	0,129
Error	17566,891	1114	15,769			
Total	280211,975	1211				
Corrected Total	23353,173	1210				
a. R Squared = ,248 (Adjusted R Squared = ,183)						

Taulukko 5. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset, selittäväenä muuttajana oksan paksuus (op 1,3).

Lohkolla ($p < 0,001$) ja siemenerällä ($p 0,002$), sekä näiden yhdysvaikutuksella ($p < 0,001$) ollut merkittävä vaikutus oksakulmaan (taulukko 6). Testi osoittaa, että oksakulmaan vaikuttaa sekä lohko että siemenerä. Vaikka lohkon vaikutus

on merkittävin ($p < 0,001$), on siemenerällä myös merkittävä vaikutus ($p 0,002$) oksakulman suuruuteen.

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable:		ok 1,3				
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	55593,695 ^a	96	579,101	4,713	<,001	0,289
Intercept	4102038,076	1	4102038,076	33382,964	0,000	0,968
Lohko	28335,576	5	5667,115	46,120	<,001	0,172
Siemenerä	3086,747	8	385,843	3,140	0,002	0,022
Lohko* siemenerä	16681,800	75	222,424	1,810	<,001	0,109
Error	136886,302	1114	122,878			
Total	6126100,000	1211				
Corrected Total	192479,997	1210				

a. R Squared = ,289 (Adjusted R Squared = ,228)

Taulukko 6. Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulokset, selittäjänä muuttajana oksakulma (ok 1,3).

8 Tulosten tarkastelu

Jalostusvertailukoe oli perustettu kahdelle eri koealueella. Koealueella 1 olivat lohkot 1 - 4 ja koealueella 2 olivat lohkot 5 - 6. Tuloksia tarkastellessa tulokset osoittivat sen, että koealueiden välillä tapahtuvat eroavaisuudet olivat suuret. Koealueen 1 lohkoilla oli heikompi elävyys ja tilavuuskasvu, kuin koealueen 2 lohkoilla (kuvio 6 & 10).

Kaksisuuntainen varianssianalyysi osoitti myös sen, että loholla ($p < 0,001$) oli tilastollisesti merkittävä vaikutus, sekä puiden pituus-, läpimitta-, että oksanpaksuuskasvuun (taulukko 3 - 5). Myös suhteellinen oksanpaksuus oli selvästi suurempi lohkoissa 5 ja 6 (kuvio 14). Nämä tulokset enteilevät siitä, että koealueen 2 lohkojen maaperä on ollut ravinnerikkaampaa verrattuna koealueeseen 1. Runsasravinteinen maaperä kasvattaa tyypillisesti männylle järeyttä ja

paksumpia oksia, mikä selittää mm. suuren suhteellisen oksanpaksuuden (Tapiolan taskukirja 2018, 96; Hakala 2010, 9).

Jouni Siipilehto ja Annika Kangas (2015, 230) ovat osoittaneet tutkimuksessaan, että männyn läpimitalla ja pituudella on selkeä riippuvuus toisiinsa. Tämä näkyi myös opinnäytetyön tutkimustuloksia analysoitaessa (kuvio 15).

Toinen riippuvuus näkyi oksakulman ja oksanpaksuuden välillä. Tulokset osoittivat, että oksan paksutessa, oksan kasvukulma terävöityy (kuvio 16). Aikaisemmin on kuitenkin tutkittu, että nuorella männyllä oksakulma on terävämpi, mutta puun vanhetessaan oksan paksuus kasvaa ja oksakulma suoristuu (Hakala 2010, 9; Raatevaara 2017, 61). Opinnäytetyön tutkimustulokset voivat viitata kuitenkin siihen, että koealueella 2 menestyneet puut olivat elävyydeltään parempia ja kasvoivat ravinteikkaammalla maaperällä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on osoitettu, että ravintorikas maaperä kasvattaa männylle paksumpia oksia, jolloin myös oksakulma on puissa pienempi (Hakala 2010, 9).

Siemenerien väliset elävyyserot olivat vaihtelevia (kuvio 5). Kaikkien suomalaisten siemenerien elävyys oli yli 73 %. Heikoiten suomalaisista eristä menestyi paikallinen Kerimäen metsikkösiemen elävyydellä 73,6 %. Parhaiten menetyttä elävyydessä oli suomalaisilla jalostetuilla siemenerillä. Tulokset kertovat siitä, että Suomen männynjalostus on onnistunut kehitystyössään kestävyys ominaisuuden parantamisessa, jolloin jalostetut siemenerät selviytyvät luonnon eri sääilmäistä metsikkösiemeneriä paremmin (Metsäpuiden siementarvearvintoryhmän muistio 2011, 12).

Ruotsalaiset siemenerät menestyivät elävyydessä keskimääräisen hyvin (kuvio 5). Etelä-Ruotsin siemenerä ei selvinnyt elävyydessä niin hyvin kuin Keski-Ruotsin siemenerä. Tämä on syy ja seuraus siemenerän alkuperäsiirrosta ja sen siirtosuosituksista (kuva 2). Etelä-Ruotsin siemenerä on lähtöisin 56,58 leveyspiirillä, eli se sijaitsee Ruotsin eteläkärjessä lähellä rannikkoa, kun taas tutkimuksen koealueet sijaitsevat leveyspiirillä 61,75 Punkaharjun sisämaassa. Tästä voidaan olettaa, että Etelä-Ruotsin siemenerän selviytymismahdollisuudet olivat jo lähtökohtaisesti heikot.

Latvialaiset siemenerät menestyivät heikoiten elävyyssprosentin 23 - 57 % (kuvio 5). Parhaiten menestyi Keski-Latviasta lähtöisin oleva 1,5 polven siemenviljelyssiemenerä elävyydellä 57,4 %. Heikoiten menestyi Länsi-Latvian 1. polven siemenviljelyssiemenerä. Länsi-Latvian siemenerä oli rannikolta, mikä selittää sen, että siemenerä ei menestynyt hyvin Suomen sisämaassa (Berlin ym. 2016).

Tutkimuksen koealue 1 oli kärsinyt mittavista lumivaurioista, mikä selittää osittain joidenkin siemenerien heikon elävyyssprosentin. Monet suomalaiset siemenerät kuitenkin selviytyivät lumen aiheuttamista vaurioista, joka voi kertoa siitä, että suomalainen puu on kestävämpää kuin ruotsalaiset ja latvialaiset siemenerät. Suomen metsänjalostus on kiinnittänyt huomiota puiden kestävyys erillaisia sääilmiöitä vastaan, joka voi osittain jo näkyä näissä tutkimustuloksissa.

Alkuperäryhmien kasvuominaisuuksissa suomalainen metsikköalkuperäryhmä menestyi heikoiten. Metsikköalkuperäryhmällä oli huonoin pituus- ja läpimitta kasvu, mikä kertoi myös huonosta tilavuuskasvusta (kuvio 7 - 9). Suomalaiseen metsikköryhmään verrattuna suomalaiset jalostetut ryhmät menestyivät hyvin. 1. polven siemenviljelysryhmät omasivat paremman tilavuuskasvun, kuin metsikköryhmä ja 1,5-polven siemenviljelysryhmä menestyi paremmin, kuin 1. polven siemenviljelysryhmä. Tämä vahvistaa tutkimustulokset, että suomalainen männynjalostus on tuottanut kasvullista tulosta (kuvio 3).

Tilavuuskasvun paras ryhmä oli latvialainen metsikköryhmä tuloksella 23,96 litraa (kuvio 9). Tämä tulos oli 0,63 litraa enemmän tilavuuskasvua kuin parhaalla suomalaisella alkuperäryhmällä. Latvialainen metsikköalkuperäryhmä oli lähtöisin Länsi-Latvian kuivalta maalta. Tulos voi kertoa siitä, että latvialainen metsikkösiemenerä menestyy keskimääräistä paremmin Etelä-Savossa kuin jalostetut latvialaiset erät.

Ruotsalaiset alkuperäryhmät menestyivät kasvuominaisuuksissa kohtalaisen hyvin. Ruotsalaisryhmien puut kasvoivat enemmän läpimittaa, kuin pituutta (kuvio 7 & 8). Etelä-Ruotsin ryhmä oli tilavuuskasvultaan 0,51 litraa Keski-Ruotsin ryhmää parempi (kuvio 9).

Alkuperäryhmien suhteellisessa oksanpaksuudessa suomalainen metsikköryhmä ja jalostetut latvialaiset ryhmät menestyivät huonoiten (kuvio 13). Suomalainen risteytysperheen ryhmä oli paras tuloksella 13,41 %, eli oksan paksuus suhteutettuna puun runkoon oli pienin. Tulokset osoittavat sen, että suomalainen männyn jalostus on onnistunut kehitystyössään jalostamalla mäntyjä hento oksaisemmiksi.

Keski-Ruotsin ryhmä omasi pienemmän suhteellisen oksanpaksuuden, kuin Etelä-Ruotsin ryhmä (kuvio 13). Oksakulmia verrattaessa Keksi-Ruotsin ryhmä oli selkeästi laadukkaampi tuloksella 70,55 %, kuin taas Etelä-Ruotsin ryhmän tulos oli alkuperäryhmistä heikoin, 64,22 % (kuvio 12). Kaksisuuntaisen varianssianalyysin tulos kertoi myös, että siemenerillä oli tilastollisesti merkitsevä vaikutus oksakulmaan ($p = 0,002$) suuruuteen (taulukko 6).

Latvialaisten alkuperien kokonaismenestyminen Etelä-Savon ilmastossa oli heikkoa. Keskiarvoinen elävyyssprosentti latvialaisille alkuperille oli 43,1 % (kuvio 5). Vaikka Latvian metsikkösiemenerä menestyi hyvin kasvuominaisuuksissa (kuvio 7 - 9), se ei selitä erän huonoa 47,7 % elävyyttä. Tuloksista voidaan päätellä, että latvialaiset alkuperäissiirrot eivät onnistuneet, eikä niiden alkuperäissiirtosuositusten mukaan pitäisikään menestyä Suomessa (kuva 2).

9 Pohdinta

Punkaharjun jalostusvertailukoe oli osa suurempaa kokonaisuutta. Vastaava koe on perustettu Parkanoon, mistä odotetaan vielä tuloksia. Parkanon kokeen tuloksien jälkeen voidaan tehdä enemmän johtopäätöksiä tutkimuksen osalta.

Tulevaisuudessa kasvu- ja laatumittaus helpottuu, jos koealueet olisivat harvennettu oikeaan aikaan. Punkaharjun koealueet olivat hankala kulkuisia ja haastavia mitatta, koska vesakkoa ja lumituhoja ei ollut raivattu ajoissa pois. Tutkimuksen tulokset voisivat parantua myös, jos koealueet perutettaisiin mahdollisimman samantyyppisille maaperille. Nyt tutkimuksen tulokset osoittivat, että

lohkojen eroavaisuudet olivat niin suuret, että siemenerien väliset erot eivät erottuneet tutkimuksessa niin selkeästi.

Tutkimustuloksista on varmasti hyötyä tulevia alkuperäsiirtoja ajatellen. Punkaharjun kokeen tuloksista voidaan päätellä, että latvialaiset alkuperät eivät vielä menesty Etelä-Savon maastoon, mutta Keski-Ruotsin siemenerällä voidaan jatkaa lisätutkimusten tekoa.

Punkaharjun männyn jalostusvertailukoetta tullaan varmasti vielä mittaamaan tulevaisuudessa. Puiden vanhetessa siemenerien eroavaisuudet kasvavat, ja tulokset vahvistuvat. Nyt jalostusvertailukokeen tulokset antavat osviittaa tulevaisuuden männynviljelysaineiston käytöstä ja siitä, miten sitä kannattaa hyödyntää tulevassa ilmastonmuutoksessa.

Lähteet

- Berlin, M. E., Persson, T., Jansson, G., Haapanen, M., Ruotsalainen, S., Bärning, L. & Gull, B. A. 2016. Scots pine transfer effect models for growth and survival in Sweden and Finland. *Silva Fennica* vol. 50 No. 3.
- Fagerstedt, K., Pellinen, K., Saranpää, P. & Timonen, T. 2005. Mikä puu – Mistä puusta. Helsinki: Yliopistopaino.
- Haapanen, M. 2016. Metsänjalostuksen mahdollisuudet. Luonnonvarakeskus. <https://www.slideshare.net/LukeFinland/mets-150haapanenmetsnjalostuksen-mahdollisuudet-68688028>. 7.1.2023.
- Haapanen, M., Hynynen, J., Ruotsalainen, S., Siipilehto, J. & Kilpeläinen, M.-L. 2016. Realised and projected gains in growth, quality and simulated yield of genetically improved Scots pine in southern Finland. *Berlin: European journal of forest research* vol 135. no 6.
- Haapanen, M. & Ruotsalainen, S. 2007. Siemenviljelyssiemenen jalostushyödyt lunastavat metsänjalostuksen lupaukset. *Taimi-uutiset* 2/2007.
- Hakala, S. 2010. Nuorten mäntyjen ulkoisen laadun kehitykseen vaikuttavat tekijät. Helsinki. Helsingin yliopisto.
- Häggman, J. & Oksa, E. 1999. Metsänjalostuksen monimuotoisuus. Punkaharju: Metsäntutkimuslaitos.
- Jansson, G., Kehlet, J., Haapanen, M., Kvaalen, H. & Steffenrem, A. 2016. The genetic and economic gains from forest tree breeding programmes in Scandinavia and Finland. *Scandinavian journal of forest research* vol. 32 no. 4.
- Jokela, A. 2010. Jalostuksen asema on vakiintunut. Vantaa: Metsäntutkimus 2012 (1).
- Koistinen, A. 2016. Jalostuksen talousvaikutuksen valtakunnan tasolla. Tapio. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/11/Jalostus-ja-kansantalous-Koistinen.pdf>. 11.12.2022.
- Koski, V. 1983. Metsäpuiden jalostus. Helsinki: Valtion painatuskeskus.
- Kärkkäinen, M. 2007. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Luonnonvarakeskus. 2021. Metsävarat. Helsinki: Luonnonvarakeskus. <https://stat.luke.fi/metsavarat>. 9.2.2022.
- Metsäpuiden siementarvearvioryhmään muistio. 2011. Helsinki. https://mmm.fi/documents/1410837/1501861/FINAL_MMM-97783-v1-Siementarvearvioryhman_muistio__2_.pdf/13bb5a09-efdd-41bd-ac7c-fa4416d151e8/FINAL_MMM-97783-v1-Siementarvearvioryhman_muistio__2_.pdf?t=1436186319000. 15.3.2022.
- Niemelä, H. 2016. Männyn metsikkösiemenen uudet siirtosuositukset. <https://tapio.fi/wp-content/uploads/2019/11/Männyn-metsikkösiemenen-siirtosuositukset-LYHYT.pdf>. 18.3.2022.
- Nummenmaa, L. 2011. Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. Helsinki: Kustannusyhtiö Tammi.
- Nygren, M. 2020. Metsäpuiden uudistumisbiologia. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Ruokavirasto. 2022. Taimitarhakylvöt vuonna 2021. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/kasvintuotanto/metsapuiden-siemen-ja->

- taimituotanto/tilastot/siemen--ja-taimitilastot-2006-2021/taimitarha-
kylvot-vuonna-2021. 18.3.2022.
- Ruotsalainen, S., Beuker, E. & Haapanen, M. 2016. Männyn metsikkösiemenen
siirtosuositukset -raportti. Luonnonvarakeskus.
- Ruotsalainen, S., Beuker, E. & Haapanen, M. 2016. Männyn siemenviljelysai-
neiston käyttöalueen määrittäminen. Luonnonvara- ja biotalouden
tutkimus 39/2016. Luonnonvarakeskus.
- Sarvas, R. 2002. Havupuut. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti.
- Siipilehto, J. & Kangas, A. 2015. Näslundin pituuskäyrä ja siihen perustuvia
malleja läpimitan ja pituuden välisestä riippuvuudesta suomalais-
sissa talousmetsissä. Metsätieteen aikakauskirja 4/2015.
- Taanila, A. 2012. Akin menetelmäblogi. <https://tilastoapu.wordpress.com/>.
2.1.2023.
- Tapion taskukirja. 2018. 26. uudistettu painos. Helsinki: Metsäkustannus Oy.
- Tasanen, T. 2010. Siemenestä taimeksi. Tampere: Metsäkeskus Pohjois-Savo.
- Yrjänä, L. & Karvinen, K. 2002. Suomen metsänjalostuksen yleistilasto 2002.
Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

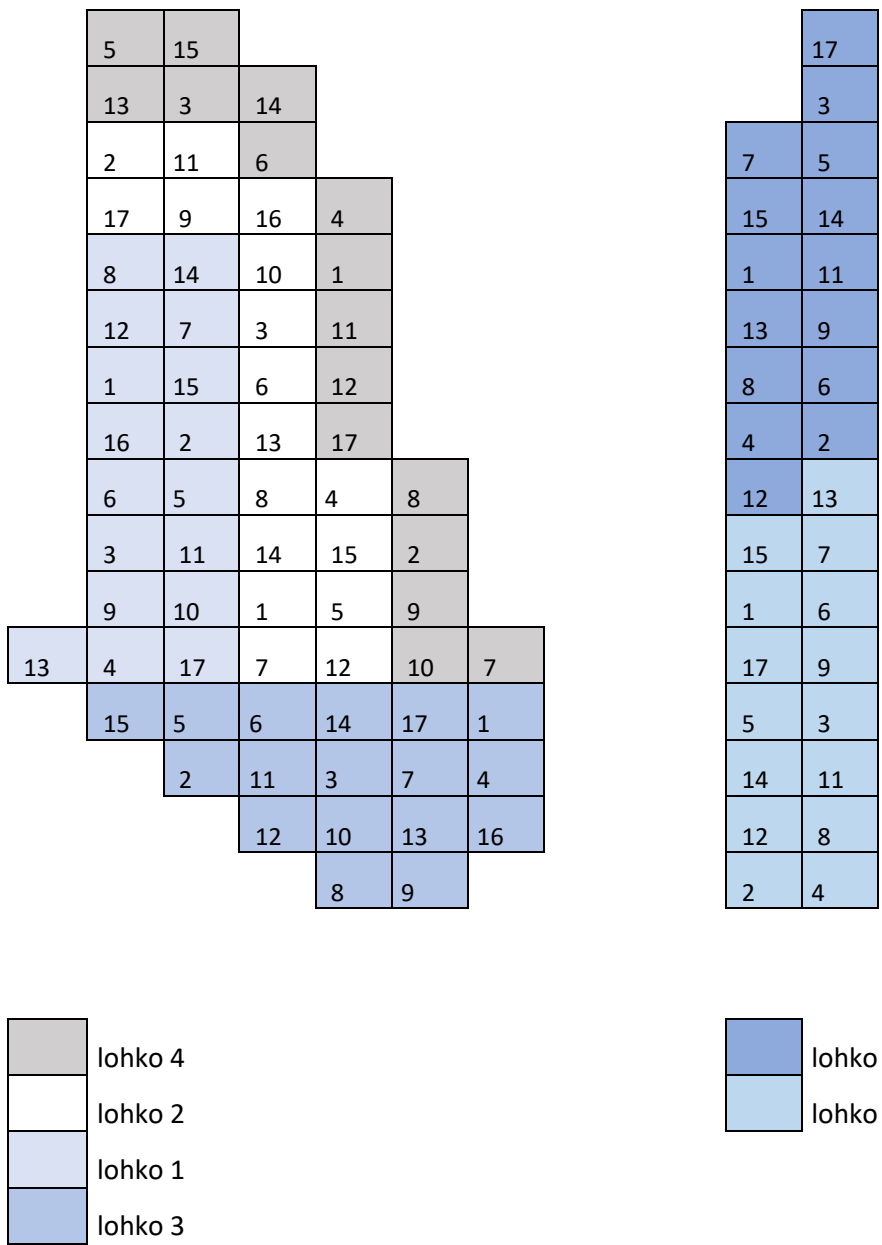
Siemenrä luettelo

koe	tyonumero	laimi_kpl	siementunnus	emo	isä	aineistotyyppi	erä	maa	huom
213202	1	216	G01-84-0189	StMä14	Kun230	6 metsikkö		Suomi	Emo:Jalvyöh:3 Karvia
213202	2	216	G04-96-0171	StMä11	Kun246	6 metsikkö		Suomi	Emo:Jalvyöh:2 Kerimäki
213202	3	216				6 metsikkö		Latvia	Latvia, Ugales
213202	4	216	M29-07-0013	Sv404	Kun171	7 1.5-polven siemenviljelys (nuori)		Suomi	Emo:Jalvyöh:2 Joroinen
213202	5	216	M29-07-0014	Sv405	Kun171	7 1.5-polven siemenviljelys (nuori)		Suomi	Emo:Jalvyöh:2 Joroinen
213202	6	216	M29-07-0015	Sv406	Kun171	7 1.5-polven siemenviljelys (nuori)		Suomi	Emo:Jalvyöh:2 Joroinen
213202	7	216	T03-04-0328	Sv124	Kun142	7 1. polven siemenviljelys (varttunut)		Suomi	Emo:Jalvyöh:1 litti
213202	8	216	T03-07-0214	Sv124	Kun142	7 1. polven siemenviljelys (varttunut)		Suomi	Emo:Jalvyöh:1 litti
213202	9	216	M29-01-0103	Sv323	Kun507	7 1. polven siemenviljelys (varttunut)		Suomi	Emo:Jalvyöh:2 Mäntyharju
213202	10	144		Sv, Ventspils		7 1. polven siemenviljelys		Latvia	Ventspils, Latvia (1. kierros)
213202	11	216		Sv, Kuidiga		7 1.5-polven siemenviljelys		Latvia	Kuidiga, Latvia (2. kierros)
213202	12	216		Sv, Madonas		7 1.5 polven siemenviljelys		Latvia	Madonas, Latvia (2. kierros)
213202	13	216		Sv, Ludzas		7 1. polven siemenviljelys		Latvia	Ludzas, Latvia (1. kierros)
213202	14	216	R01-08-0002	Fp611		7 1. polven siemenviljelys		Etelä-Ruotsi	Asarum, Ruotsi (56.58 leveysaste)
213202	15	216	R01-08-0003	Fp616		7 1. polven siemenviljelys		Keski-Ruotsi	Sollerön, Ruotsi (61.04 leveysaste)
213202	16	108	R01-98-1027	E101	E262	4 risteytysperhe		Suomi	Emo:Jalvyöh:1 Nummi-Pusula x Isä:Jalvyöh:1 Lohja
213202	17	216	R01-96-0402	E468	E618	4 risteytysperhe		Suomi	Emo:Jalvyöh:1 Savitaipale x Isä:Jalvyöh:1 Suomennien

(Taulukko; Matti Haapanen.)

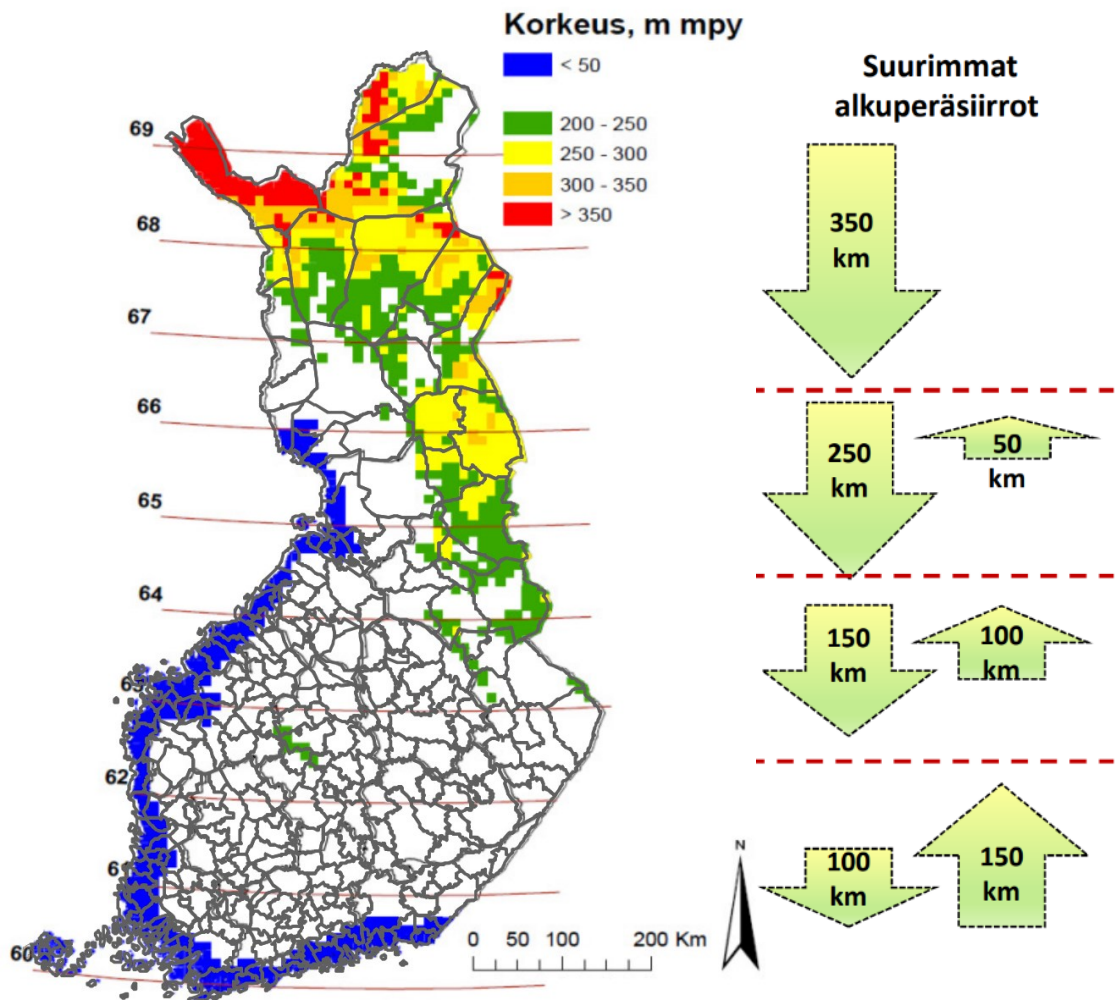
Koealuekartta

Mäntykoe 2132/2,
Punkaharju
Ruutukartta
Lohkot 1-4 & 5-6
Siemenerät 1-17



(Kuva; Matti Haapanen.)

Metsikkösiemenen alkuperäsiirtosuositus kartta



(Niemi 2016.)