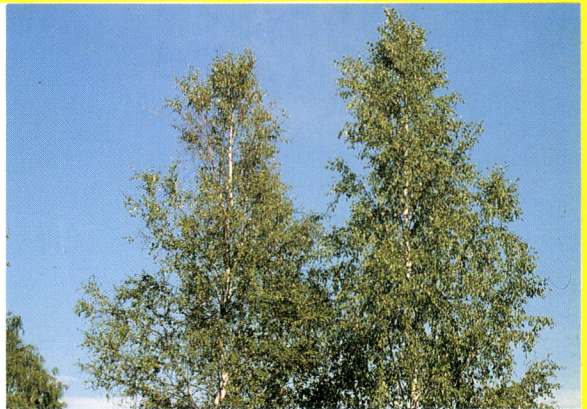


09.08.91

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA

369

PARKANON TUTKIMUSASEMA



METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ PORISSA 1989

Olavi Laiho & Tuire Kilponen (toim.)

Parkano 1990

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Kansikuva:

Keväällä 1989 osalla lehtipuista ilmeni vaikeuksia lehteenpuhkeamisessa. Kesän kuluessa lepät toipuivat koivuja paremmin.

Rauduskoivupari toukokuussa.
Kuva H. Raitio.

Sama koivupari myöhemmin syksyllä.
Kuva E. Oksanen.

Harmaalepikko toukokuussa.
Kuva H. Raitio.

Sama lepikko elokuussa.
Kuva E. Oksanen.

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
 TIEDONANTOJA 369
 Parkanon tutkimusasema

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ PORISSA 1989
 Olavi Laiho & Tuire Kilponen (toim.)

SISÄLLYS

Eira-Maija Savonen SIEMENSADON MÄÄRÄÄN JA LAATUUN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ SEKÄ SIEMENSADON ENNUSTAMINEN	4
Kaarlo Kinnunen ENSITULOXSIA REHEVIEN KIVENNÄISMAIDEN KYLVÖSTÄ	15
Olavi Laiho MÄTÄSTYS JA LUONTAINEN UUDISTAMINEN	22
Seppo Kaunisto KALIUMIN MERKITYS SUOMETSISSÄ	31
John Derome ja Teuvo Levula KANGASMAIDEN KALKITUS	36
Heimo Karppinen YKSITYISMETSÄNOMISTAJIEN PUUNMYYN TIHALUKKUUS: TAUSTAA KESKUSTELULLE	60
Hannu Raitio LEHTIPUIDEN HARSUUNTUMINEN	73
Hannu Raitio JUURTEN PAKKASKESTÄVYYS	77

ISBN 951-40-1134-1

ISSN 0358-4283

LUKIJALLE

Parkanon tutkimusaseman vuosittainen tutkimuspäivä järjestettiin viime joulukuussa Porissa. Se oli tarkoitettu erityisesti Satakunnan ja Lounais-Suomen metsäammattiväelle. Osanottajien määrä ylitti 200.

Esitelmät on nyt saatettu kirjalliseen asuun ja niissä on otettu huomioon keskustelussa esitetyt näkökohdat. Mahdollisuuksien mukaan niitä on muutenkin täydennetty. Esitelmien käsikirjoitukset ovat tarkastaneet professorit Erkki Lähde, Eino Mälkönen, Matti Palo ja Eero Paavilainen, kukin oman tutkimusalansa osalta.

Nykyhetkeä leimaa odottamattomien tapahtumien ennennäkemätön vyöry. Suuria muutoksia tapahtuu lähes kaikilla elämän aloilla. Myös metsätalous on joutunut mukaan tähän vauhtiin. Varhemmin riitti, että metsävaratiedot saatiin 15 vuoden välein. Nyt ne tarvitaan vuosittain vieläpä kunnittain eriteltyinä.

Muutosvauhtia kuvaa myös se, että vasta muutama vuosi sitten valmistunut Metsä 2000 -ohjelma vuoteen 2020 yltävine laskelmineen on jo nyt vanhentunut ja tullaan uusimaan. Uusimista vaativia tekijöitä ovat mm. metsätuhojen lisääntyminen, biotekniikan kehittyminen, muutokset ihmisten asenteissa, metsäteollisuuden voimakas laajeneminen sekä uudet metsävaratiedot. Inventoinnin tavoin tästäkin ohjelmasta tulee jatkuvasti ajantasalle päivitettävä tietopankki.

Monet muutkin ennusteet ovat osoittautuneet virheellisiksi. Niinpä energiatarve on kasvanut kaikkia laskelmia nopeammin. Metsäteollisuuden katsottiin runsaat kymmenen vuotta sitten olevan väistyvä ala. Laivanrakennus oli voimissaan ja elektroniikkateollisuus oli syrjäyttämässä perinteisiä aloja. Toisin on kuitenkin käynyt. Viimemainitut teollisuudenalat ovat kokeneet pahoja takaiskuja. Sen sijaan metsäteollisuus on edennyt hämmästyttävällä tavalla. Metsäsektorin tuotantoarvo nousi 1980-luvulla 340 miljardiin ja investoinnit 57 miljardiin. Metsäteollisuus on vastannut kolmanneksesta kansantalouden kasvua ja sen osuus nettoviennistä on ollut korkea. Lippulaivana ovat olleet paino- ja kirjoi-

tuspaperit 9 % vuosikasvulla, mutta sahatteollisuuskannan ei ole taantunut, vaan pysynyt paikallaan 7,5 milj. m³ vuosituotannolla.

Perinteinen metsäntutkimus ei näillä näkymin lisäännä. Lisäys menee metsän terveydentilan tutkimiseen. Sen kiireinen selville-saanti on metsätalouden kannalta ensiarvoisen tärkeä. Kiire leimaa muitakin tutkimuksia. Onpa sanottu, että kenttäkoetta, joka antaa tuloksia vasta 15 vuoden kuluttua ei pidä perustaakaan. Tämä asettaa suuria vaatimuksia tutkimuksen suunnittelulle. Avainasioita ovat olemassaolevan tiedon kartoittaminen, kansain-väläinen yhteistyö, tarkkaan mietityt hypoteesit ja mahdollisimman monikäyttöiset koekentät.

Kiitän Parkanon tutkimusaseman puolesta kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tämän tiedonannon valmisteluihin osallistuneita sekä tutkimuspäivän osanottajia. Tiedonantoa on saatavissa tutki-musasemalta (39700 Parkano, puh. 933-82912).

Parkanossa 31.9.1990

Olavi Laiho
tutkimusaseman johtaja

Kirjoittajat:

MMT Olavi Laiho	Metsäntutkimuslaitos,
MMT Seppo Kaunisto	Parkanon tutkimusasema
MML Kaarlo Kinnunen	-"-
FL Hannu Raitio	-"-
FK Eira-Maija Savonen	-"-
Mti Teuvo Levula	-"-
MML John Derome	maantutkimusosasto
MH Heimo Karppinen	-"-

SIEMENSADON MÄÄRÄÄN JA LAATUUN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ
SEKÄ SIEMENSADON ENNUSTAMINEN
Eira-Maija Savonen

JOHDANTO

Luotettavat ennusteet siemensadoista auttavat ajoittamaan luontaisen uudistamisen metsänhoidolliset toimenpiteet oikein ja parantavat näin uudistamisen onnistumismahdollisuuksia. Mitä rehevämmästä uudistusalaista on kysymys sitä tärkeämpää on, että siemenpuuhakuuta ja etenkin maan valmistamista taimettumiskuntoiseksi seuraavan runsas siemensato. Karuilla kasvupaikoilla heinittyminen ei ole yhtä nopeaa, mutta niilläkin on toivottavaa, että taimia syntyy uudistusalalle mahdollisimman pian. Erityisen tärkeää onnistunut luontaisen uudistamisen ajoittaminen on Pohjois-Suomessa, missä runsaat siemensadot ovat harvinaisempia kuin Etelä-Suomessa.

SIEMENSADON MÄÄRÄN VAIHTELU

Vuotuinen ja myös metsikön sisäinen vaihtelu siemensadon määrässä on suuri. Erot siemensadon määrässä eri vuosien välillä voivat olla jopa tuhatkertaisia (Koski ja Tallqvist 1978). Yleensä metsiköt tuottavat joka vuosi jonkin verran siementä. Hyviksi katsottavia siemenvuosia männyllä on Etelä- ja Keski-Suomessa keskimäärin 2-3 kertaa, kuusella 1-2 kertaa ja koivulla 3-5 kertaa kymmenessä vuodessa. Pohjois-Suomessa hyvät siemensadot, jolloin siemen myös ehtii tuleentua, ovat vielä harvinaisempia.

Eri puuyksilöiden välillä on huomattavasti eroa kukkimisrunsaudessa ja näin ollen siemensadon tuottamisessa. Vain runsaina kukkimisvuosina lähes kaikki yksilöt osallistuvat ainakin jollakin osuudella kukkimistapahtumaan, mutta tällöinkin suurimmassa osassa puita kukintoja on vähän (Koski ja Tallqvist 1978). Kuusella äärimmäisen niukkana kukkimisvuotena vain muutamissa harvoissa puissa on joku yksittäinen kukinto. Männyllä sen sijaan niukkoinakin kukkimisvuosina lähes kaikissa puissa on jonkin verran

kukintoja. Puuyksilöiden väliset erot kukkimisrunsaudessa säilyvät vuodesta toiseen. Ne puut, jotka tuottavat yleensä runsaasti kukkia niukan kukinnan vuotena, kukkivat muita runsaammin myös runsaan kukinnan vuotena. Siemenpuuhakkuuta suunniteltaessa kannattaisikin seurata mahdollisuuksien mukaan muutamien vuosien ajan alalle jätettäväksi aiottujen puiden kukintaa ja käpyjen määrää, ja pyrkiä valitsemaan jäävään siemenpuustoon satoisia, hyvälaatuisia yksilöitä.

SIEMENTEN KEHITTYMINEN

Siementen muodostumiseen johtava kehityskulku voidaan jakaa seuraaviin vaiheisiin: kukkasilmujen muodostuminen, kukkiminen ja pölytys, hedelmöitys, alkion kehitys ja siemenen tuleentuminen. Männyn ja kuusen lisääntymisjakso on pitkä. Koko kehitys kukka-aiheen muodostumisesta siementen varisemiseen ajoittuu männyllä neljän ja kuusella kolmen peräkkäisen kalenterivuoden ajalle. Koivulla sen sijaan kukka-aiheiden muodostumisesta siementen varisemiseen kuluu vain vajaa vuosi.

SIEMENSADON MÄÄRÄÄN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Kukkasilmujen kehittyminen

Kukkimista edeltävän kasvukauden olosuhteilla on ratkaiseva merkitys metsäpuiden kukinnan runsauteen; kun kasvukausi on lämmin, suuri osa silmuista erilaistuu kukkasilmuiksi. Niinpä koivun siemensato on runsas seuraavana vuotena, kuusen kahden ja männyn kolmen vuoden kuluttua, mikäli myös lisääntymisjakson muut vaiheet etenevät ongelmitta. Lämpötilan lisäksi myös muut säätunnukset vaikuttavat kukkasilmujen muodostumiseen. Runsa sade ja pilvisuus pienentävät männyn ja kuusen siemensatoa kukkasilmujen määrää pienentämällä. Jopa 90 % yhden metsikön siementuotannon vaihteiluista selittyy kukkimista edeltävän kasvukauden 4-5 säätunnuksen (esim. kuukauden keskilämpötilan) avulla (Leikola ym. 1982). Pukkalan (1987b) mukaan männyn ja kuusen kukintaan vaikuttavat kahden kukintaa edeltävän kasvukauden sääolot. Runsaasta kukintaa

edeltää usein viileää kasvukausi kaksi vuotta aikaisemmin ja lämmin kasvukausi vuotta aikaisemmin.

Kukkasilmut muodostavat potentiaalisen siemensadon, joka vähenee monessa vaiheessa. Osa kukkasilmuista ei esimerkiksi selviä hengissä seuraavan talven yli. Mikäli lämpösomma ei kerry riittävästi, kukkasilmut eivät talveennu tarpeeksi hyvin, joten siemensato pienenee usein huomattavasti jo ennen puiden kukkimista. Etenkin levinneisyysalueensa äärialueilla kasvavilla puilla tämä on yleinen ilmiö.

Kukinta

Koivut aloittavat kukintansa Etelä-Suomessa toukokuun alussa. Kuusi kukkii touko-kesäkuun vaihteessa ja mänty kesäkuun alkupuolella. Lämmin ja tuulinen sää puiden kukinnan aikaan vaikuttaa suotuisasti siemensadon suuruuteen. Tällöin on parhaat mahdolliset olot kukintojen pölyttymiselle. Pitkään jatkuvat koleat, sateiset säät sen sijaan saattavat estää pölyttymisen lähes täysin. Varsinkin kuusella pölytyksen epäonnistuminen on melko yleistä. Parhaiten pölytys onnistuu puhtaissa kuusikoissa (Sarvas 1970). Epätäydellinen pölyttyminen vaikuttaa haitallisesti myös männyn siemensatoon, sillä männyn emikukinto varisee maahan viimeistään pikkukäpyasteella toisen kasvukauden alussa, mikäli emikukinnan siemenaiheista yli 20 jää pölyttymättä (Sarvas 1962). Koivulla puolestaan kukinnan aikaiset epäedulliset sääolot vaikuttavat haitallisesti siitepölyyn, ja siemenaiheiden hedelmöityminen epäonnistuu (Sarvas 1952).

Puiden energiatase

Suotuisat sääolot eivät kuitenkaan vielä takaa runsasta kukintaa ja siemensatoa. Esimerkiksi kuusen runsasta kukintaa ja siemensatoa seuraa aina niukka kukinta ja niukka siemensato. Tämän otaksutaan johtuvan siitä, että runsas kukkiminen ja siemensato kuluttavat niin suuresti puun ravintovaroja, ettei uusia kukka-aiheita muodostu, vaikka olosuhteet olisivatkin suotuisat (Koski

ja Tallqvist 1978). Runsaan kukinnan ja siemensadon puun energiatasetta heikentävä vaikutus näkyy myös vuosilustoissa. Pukkalan (1987a) mukaan hyvänä siemenvuotena kuusen sädekasvu oli 20 % pienempi kuin huonona siemenvuotena. Männyllä runsas siemensato pienensi siementen tuleentumiskesän sädekasvua n. 15 %.

Puuston kehitysvaihe ja rakenne

Puiden yleisen energiatilanteen ja sääolojen lisäksi siemensato on yhteydessä puuston kehitysvaiheeseen ja rakenteeseen. Metsäpuut tuottavat tavallisesti siemeniä vasta tietyn kehitysvaiheen saavutettuaan, sukukypsinä. Männyllä ja kuusella parhaan siementuotannon arvioidaan alkavan vasta puiden ollessa yli 60-vuotiaita. Hies- ja rauduskoivuilla runsas siementuotanto alkaa paria vuosikymmentä aikaisemmin. Männiköissä ja koivikoissa puuston valtapituuden kasvu lisää siemensatoa. Kuusikoissa vaikuttaa myös runkoluku (Koski ja Tallqvist 1978).

Tuholaiset

Lupaavasti alkanut ja kehittynyt siemensato saattaa vielä tuhoutua lähes täysin ennen kuin siemenet ehtivät varista. Varsinkin kuusen siemeniä käyttävät monet hyönteiset ja muut eläimet ravinnokseen. Erityisen suuressa vaarassa kuusen siemenet ovat runsasta satovuotta seuraavien niukkojen satojen vuosina. Myös sienitaudit voivat pilata kuusen siemensadon.

SIEMENSADON LAATUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Siementen tuleentuminen

Siemensadon lopullinen laatu määräytyy vasta tuleentumiskesänä. Siementen kehittymiseen ja siten niiden itävyyteen vaikuttavat sääsuhteet ratkaisevasti. Vajaasti tuleentuneiden siementen itävyys on heikko ja lisäksi ne vaurioituvat helposti seuraavan talven pakkasissa ja menettävät näin itämiskykyään (Simak 1972).

Kuusen siemen valmistuu kukkimiskesänä. Noin kuukauden kuluttua pölyttymisestä tapahtuu hedelmöitys. Muodostunut tsygootti alkaa välittömästi jakaantua ja syntyy varhaisalkio ja siitä edelleen alkio. Etelä-Suomessa kuusen siemenet tuleentuvat hyvissä ajoin kasvukauden lopulla. Pohjois-Suomessa kesä loppuu usein kesken ja siemensato jää valmistumatta.

Männyn siemen valmistuu vasta kukintaa seuraavana kesänä. Kehitystä hidastaa pölytyksestä hedelmöitykseen kuluva pitkä aika, noin 13 kk. Pölytyksen jälkeen emikukinto kääntyy alaspäin, mutta muita muutoksia ei juurikaan tapahdu ennen seuraavan kasvukauden alkua. Heinäkuussa, jolloin hedelmöitys tavallisesti tapahtuu, siemenen aihe on jo kehittynyt lähes lopulliseen kokoonsa. Kasvukauden loppupuolella siemenen vararavintosoluksoon, endospermiin varastoituu ravintoaineita ja alkio kasvaa, niin että se lopulta, mikäli sääolot ovat kasvulle suotuisat, täyttää koko alkio-ontelon. Lähes kaikki männyn siemenet ehtivät tuleentua, jos tuleentumiskesän lämpösumma kohoaa noin 85 %:iin kasvukauden keskimääräisestä lämpösummasta eli noin 900 - 1 000 d.d. Etelä- ja Keski-Suomessa (Sarvas 1965). Tehoisan lämpösumman arvo 600 - 700 d.d. muodostaa selvän kynnyksenalueen. Mikäli tämä ylitetään, tuleentuneiden siementen osuus alkaa lisääntyä nopeasti (Henttonen ym. 1986). Etelä-Suomessa männyn siemenet ehtivät tuleentua käytännöllisesti katsottuna jokaisena kasvukautena (Sarvas 1965). Pohjois-Suomessa tuleentuminen sen sijaan jää usein vaillinaiseksi.

Koivun siementen kehitys on huomattavasti nopeampaa kuin kuusen ja männyn siementen. Siemenet valmistuvat jo hyvissä ajoin kukintavuoden kesällä. Koivun siemenet varisevat yleensä elokuun aikana. Itämiskelpoisista siemenistä vain noin 60-70 % on täysin kehittyneitä. Vajaasti täyttyneiden siementen syntymiseen ei yleensä ole syynä lämpösumman riittämättömyys, vaan muut tekijät, esimerkiksi alkukesän kuivuus (Sarvas 1952).

Tyhjien siementen määrä

Siemensadon laatuun vaikuttaa siementen tuleentumisasteen lisäk-

si tyhjien siementen määrä. Kuten edellä mainittiin, kuusen pölytys voi joinakin vuosina täysin epäonnistua. Pölyttymättä jääneistä kuusen siemenaiheista tulee tyhjiä siemeniä. Myös alkion kuolemista seuraa tyhjän siemenen muodostuminen. Kuusen tyhjäsiemensadanneksen keskiarvo on Sarvaksen (1970) mukaan noin 67 %. Kuusen tyhjien siementen prosentuaalinen osuus vaihtelee kuitenkin vuosittain voimakkaasti, 20 - 100 % kasvukaudesta riippuen. Vähiten tyhjiä siemeniä on hyvinä siemenvuosina ja eniten huonoina siemenvuosina.

Männyn pölyttymättömät siemenaiheet eivät jatka kehitystään. Ainoastaan siemenen lenninsiipi kasvaa täyteen mittaansa. Koska pölyttämättömistä siemenaiheista ei tule lainkaan siementä, männyn tyhjäsiemensadannes on yleensä pienempi kuin kuusen, keskimäärin 20 - 30 % (Sarvas 1962).

Männyllä tyhjien siementen syntyminen johtuu suurelta osalta pölytystä seuraavan alkiokehityksen pysähtymisestä. Esimerkiksi itsepölytyksen seurauksena syntyvä homotsygoottisuus letaalien geenien suhteen johtaa alkion kuolemiseen. Tämä on eräs havupuiden keino suosia vieraspölytystä siementuotannossa. Itsehedel­möitysten ja alkioaborttien osuus on männyllä ja kuusella sitä suurempi mitä niukempi on pölytys.

Raudus- ja hieskoivun tyhjäsiemensadannes on myös varsin korkea, kasvukaudesta ja metsiköstä riippuen 40 - 80 %. Koivulla tyhjien siementen muodostuminen johtuu hedelmöityksen epäonnistumisesta (Sarvas 1952, 1955).

SIEMENSADON ENNUSTAMINEN

Metsäpuiden siementuotannon vuotuinen vaihtelu on ollut metsäalan ammattilaisten ja tutkijoiden mielenkiinnon kohteena jo pitkään. Tietoa puiden siementuotannosta on kertynyt runsaasti. Tästä huolimatta tulevien siemensatojen luotettava ennustaminen on yhä edelleen täsmälleen yhtä vaikeaa kuin seuraavan vuoden säiden ennustaminen. Sääolosuhteethan ovat ratkaisevassa asemassa niin siemensadon määrän kuin laadunkin määräytymisessä.

Hyvien siemenvuosien toistumisessa ei ole mitään selvää yleistä, esimerkiksi perimän aiheuttamaa jaksollisuutta. Näin ollen ei voida tietää kuinka monen vuoden kuluttua hyvästä siemenvuodesta on odotettavissa seuraava hyvä siemenvuosi. Sellainenkin siemenuotannon jaksollisuus, että runsasta siemenvuotta seuraa niukan sadon vuosi, vaikka kasvuolosuhteissa ei olisi tapahtunut muutosta huonompaan, johtuu puuston energiatilanteen heikkenemisestä eikä perimän säätelämästä jaksollisuudesta (Koski ja Tallqvist 1978).

Lyhyellä aikavälillä ennusteita toki voidaan tehdä, ja mitä lähempänä siementen varisemisajankohtaa ennuste tehdään, sitä suuremmat mahdollisuudet on osua oikeaan. Ennustamisessa käytetään hyväksi edellä esitettyjä tietoja siemensadon määrään ja laatuun vaikuttavista tekijöistä.

Ensimmäiset arviot koivun siemensadon määrästä voidaan tehdä syksyllä, vajaa vuosi ennen siementen varisemista, kuusella samoin syksyllä noin 1,5 vuotta ennen siementen varisemista ja männyllä vastaavasti 2,5 vuotta ennen siementen varisemista. Kaikki nämä arviot perustuvat tietoon kukintaa edeltävän kasvukauden lämpötiloista ja kukkasilmujen määrästä.

Pukkala (1987b) on esittänyt matemaattiset mallit, joiden avulla voidaan laskea jo kukintaa edeltävänä syksynä arvio männikön tai kuusikon siemensadon määrästä. Malleissa käytetään hyväksi kahden kukintaa edeltävän kesän lämpötiloja. Nämä ennustemallit selittävät noin 37 - 40 % siemensadon vaihtelusta. Hyvät ja huonot siemenvuodet malleilla voidaan yleensä ajoittaa hyvin.

Mikäli siemensatoennusteita laskevaa tietokoneohjelmaa ei ole käytettävissä, voidaan seuraavan vuoden kukintaa arvioida kukkasilmujen määrää tarkkailemalla. Koivun seuraavan vuoden kukinnan arvioiminen on helppoa, sillä hedenorkot ovat jo syksyllä valmiit ja paljain silmin nähtävissä. Eminorkot tulevat näkyviin vasta keväällä lehtien puhjetessa, mutta koska hede- ja eminorkkojen määrät ovat jotakuinkin suoraan verrannollisia, melko luotettavan arvion koivun kukinnasta voi tehdä syksyllä hedenorkkojen määrää tarkkailemalla. Kuusen ja männyn kukka-aiheiden määrän selvittä-

minen kukintaa edeltävänä syksynä on hankalaa ja edellyttää mikro-skooppityöskentelyä.

Myös männyn ja kuusen kukintaa seuraamalla saadaan viitteitä tulevan sadon määrästä jo varhaisessa vaiheessa. Varsinkin todella runsas kukinta on helppo maallikonkin havaita; järvien ja lampien rannat voivat olla keltaisenaan siitepölyä. Myös säätiloja kukinnan aikaan kannattaa seurata, sillä pölyttymisen epäonnistuminen epäedullisissa oloissa johtaa paitsi sadon pienenemiseen myös sadon laatua heikentävien tyhjien siementen muodostumiseen.

Kukkasilmujen määrää ja kukintaa huomattavasti luotettavamman arvion tulevasta siemensadosta saa tarkkailemalla pikkukäpyjen määrää. Tällöinkin on pidettävä mielessä, että pikkukäpyjen perusteella voidaan sanoa vain, mitä sato parhaassa tapauksessa voisi olla.

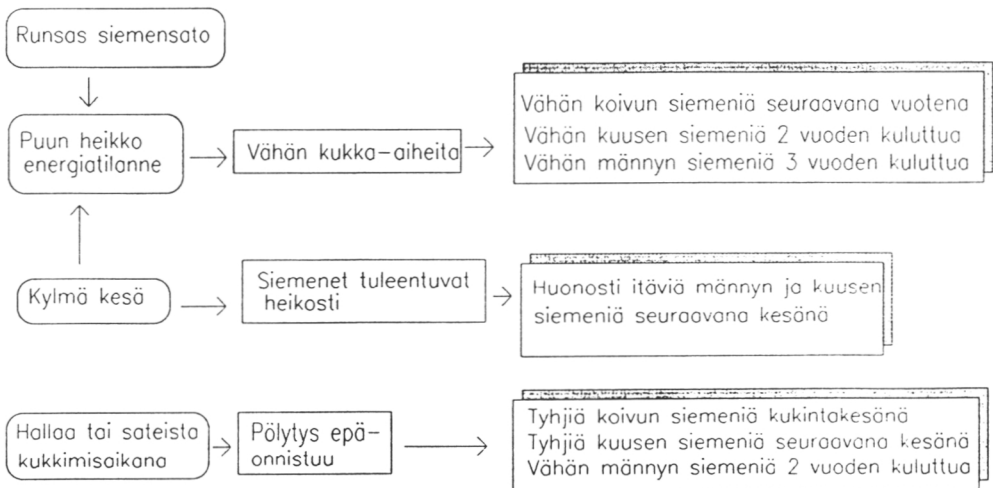
Siementen laatua ja tuleentumisastetta ennustettaessa on tärkeää seurata kuusella ja koivulla kukintakesän ja männyllä kukintakesää seuraavan kesän lämpösumman kehittymistä.

Luotettavien tulosten saamiseksi kukkimis- ja käpyrunsautta tulisi arvioida vuosittain samoissa metsiköissä. Varsinkin männyn siemensatojen runsaudessa tapahtuvia muutoksia on muussa tapauksessa vaikea silmävaraisesti todeta.

Omakohtaisten havaintojen lisäksi tietoja metsäpuiden siemensatojen runsaudesta saa myös Metsäntutkimuslaitoksesta. Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosasto tekee nimittäin vuosittain valtakunnallisen käpysatotiedustelun. Elokuussa lähetetään lomakkeet metsätalouden eri organisaatioille, jotka puolestaan jakavat lomakkeet kenttähenkilöstölleen. Lomakkeille kootaan aluekohtaisesti tiedot männyn 1-vuotisten ja 2-vuotisten sekä kuusen käpyjen esiintymisrunsaudesta. Neljä runsausluokkaa on käytössä. Lomakkeet palautetaan lokakuun alkuun mennessä ja satoennusteet valmistuvat lokakuun loppuun mennessä. Kirjetiedustelutulosten varmentamiseksi satoennusteita tarkennetaan Metsäntutkimuslaitoksen omilla mailla sijaitsevista tarkkailumetsiköistä tehtävillä havainnoilla. Tarkkailumetsiköitä on kaikkiaan 129 kpl

eri puolilla Suomea. Numeroiduista tarkkailupuista selvitetään kiikaroimalla kukka- ja käpyrunsaus. Kirjetiedustelun ja tarkkailumetsiköiden antamat tulokset ovat olleet hyvin samansuuntaisia ja ne täydentävät toisiaan vuosittaista käpysatoennustetta laadittaessa (Raulo 1987). Vaikka metsänhoidon tutkimusosaston tekemä käpysatoselvitys onkin tarkoitettu käpyjen keruuta harjoittavien organisaatioiden päätöksenteon tueksi, tuloksista voi olla apua myös luontaisen uudistamisen suunnittelussa.

Huonon siemensadon ennustaminen on huomattavasti helpompaa kuin hyvän siemensadon ennustaminen. Luontaisen uudistamisen kannalta on tärkeää tuntea ne tilanteet, jolloin aivan varmasti on tiedossa heikko siemensato. Oheinen kaavio kuvaa hyvin pelkistetyksi niitä tilanteita, jolloin syntyy vähän siemeniä tai siementen itävyys jää heikoksi.



Kuva 1. Kaavamainen esitys heikkoon siemensatoon johtavista tekijöistä.

KIRJALLISUUS

- Henttonen, H., Kanninen, M., Nygren, M. & Ojansuu, R. 1986. The Maturation of *Pinus sylvestris* Seeds in Relation to temperature Climate in Northern Finland. Scandinavian Journal of Forest Research 1:243-249.
- Koski, V., Tallqvist, R. 1978. Tuloksia monivuotisista kukinnan ja siemensadon määrän mittauksista metsäpuilla. Summary: Results of long-time measurements of the quantity of flowering and seed crop of forest trees. Folia Forestalia 364:1-60.
- Leikola, M., Raulo, J. & Pukkala, T. 1982. Männyn ja kuusen siemensadon vaihteluiden ennustaminen. Summary: Prediction of variations of the seed crop of Scots pine and Norway spruce. Folia Forestalia 537. 43 s.
- Pukkala, T. 1987a. Siementuotannon vaikutus kuusen ja männyn vuotuiseseen kasvuun. Abstract: Effect of seed production on the annual growth of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. Silva Fennica 21(2):145-158.
- Pukkala, T. 1987b. Kuusen ja männyn siemensadon ennustemalli. Abstract: A model for predicting the seed crop of *Picea abies* and *Pinus sylvestris*. Silva Fennica 21(2):135-144.
- Raulo, J., Hokkanen, T. & Ylitalo, T. 1987. Metsäpuiden siemensatoa koskevat tutkimukset Metsäntutkimuslaitoksessa. (Alustus Pohjois-Suomen siemenhuoltoon koskevilla neuvottelupäivillä 10.11.1987). Pohjois-Suomen siemenhuoltoon koskevat neuvottelupäivät Saarijärvellä 10.-11.11.1987. Moniste. Metsähallitus, Keskusmetsälautakunta Tapio.
- Sarvas, R. 1952. On the flowering of birch and the quality of seed crop. Seloste: Koivun kukkimisesta ja siemensadon laadusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 40(7):1-38.
- 1955. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees. Selostus: Tutkimuksia metsäpuiden kukkimisesta ja siemensadon laadusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 45(7):1-37.
 - 1962. Investigations on the flowering and seed crop of

Pinus silvestris. Selostus: Tutkimuksia männyn kukkimisesta ja siemensadosta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 53(4):1-198.

- 1965. Metsäpuiden kehityksen vuotuinen periodi. Suomalainen Tiedeakatemia. Esitelmät ja pöytäkirjat. ss. 239-259.
- 1967. The annual period of development of forest trees. *Proceedings of the Finnish Academy of Science and letters* 1965:211-231.
- 1970. Investigations on the flowering and seed crop of *Picea abies*. Selostus: Tutkimuksia kuusen kukkimisesta ja siemensadosta. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 67(5):1-84.

Simak, M. 1972. Låga temperaturers inverkan på embryoutvecklingen hos tall. (*Pinus silvestris* L.) Summary: The influence of low temperature on embryogenesis in Scots pine. *Institutionen för skogsföryngring. Rapporter och Uppsatser* 36. 31 s.

ENSITULOKSIA REHEVIEN KIVENNÄISMAIDEN KYLVÖSTÄ

Kaarlo Kinnunen

1. JOHDANTO

Männyn kylvö oli 1960-luvun puoliväliin saakka pääviljelymenetelmä ja nykyisinkin mäntyä kylvetään yli 20 000 hehtaarille vuosittain. Sen sijaan kuusen ja koivun kylvöala on hyvin vähäinen. Käytäntöön ei kuusen kylvöä suositella ja koivun kylvöäkin hyvin varovasti (Metsänhoitosuosituksot 1989). Kokeiluja toki on tehty sekä käytännön että tutkimuksen toimesta, mutta tulokset eivät ole yleensä olleet kovin hyviä. Vallitseva käsitys on, että kylvö on karujen maiden menetelmä ja kilpailee täten lähinnä männyn luontaisen uudistamisen kanssa. Toisaalta tiedetään, että kuusi ja koivu uudistuvat luontaisesti rehevilläkin kasvupaikoilla. Kuusen etuna mäntyyn verrattuna on parempi varjostuksen kestävyys, koivulla puolestaan nopea alkukehitys. Näin ollen niiden olettaisi olevan varsin kilpailukykyisiä männyn kanssa, mikäli taimettuminen saadaan aikaan.

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää kylvön käyttömahdollisuuksien laajentamista rehevien kasvupaikkojen suuntaan. Vertailuna kylvölle käytettiin istutusta. Muita tutkittuja muuttujia olivat puulaji, kylvömenetelmä, maanmuokkaus ja kylvöpisteen sijainti muokkausjäljessä.

2. TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄ

Tutkimus aloitettiin keväällä 1988 ja seuraavana keväänä perustettiin kokeille vuositoistot. Koepaikkakuntia oli kolme: Harviala, Haapamäki ja Karvia (kuva 1). Vuonna 1988 perustettiin sekä Harvialaan että Haapamäelle kaksi koetta, Karvialle yksi. Vuonna 1989 Haapamäelle perustettiin kaksi koetta, muille paikkakunnille yksi. Yhtä käenkaali-mustikkatyypin alaa lukuunottamatta kokeet perustettiin mustikkatyypin maille. Puulajeina olivat mänty, kuusi ja rauduskoivu. Muokkausmenetelmiä oli kaksi: lautasauraus ja mätästys. Muokkaus tehtiin samana keväänä kuin kylvö ja istu-

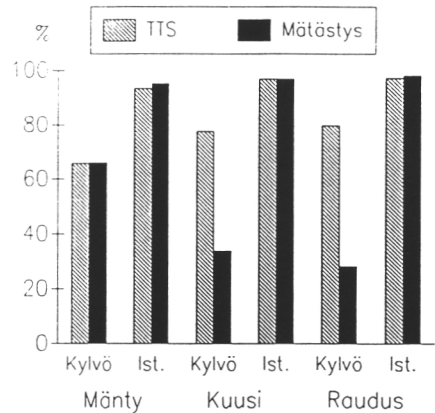
tus. Kylvössä käytettiin sekä Männistön kylvörautaa että kanta-rautaa, jonka jälkeen kylvö tehtiin suojakylvölaitteella ilman suojaa. Koivun siemen ei soveltunut laitteilla tehtävään kylvöön, joten se kylvettiin käsin. Kylvökohta tehtiin kuitenkin samoin kuin männyllä ja kuusella. Siemenet peitettiin ohuella maakerroksella (0,3 - 0,5 cm).

Viljelytyöt aloitettiin eteläisimmiltä koealueilta Harvialasta toukokuun puolivälissä. Seuraavaksi viljeltiin Haapamäen koealueet (19.-26.5.) ja viimeisinä Karvian koealueet touko-kesäkuun vaihteessa. Taimet olivat pääosin kennotaimia, osa myös paljasjuurisia. Siementen alkuperä vaihteli jonkin verran, mutta siirtomatkat pysyivät yleisten suositusten rajoissa. Siemenluokka vaihteli B 3:sta A 2:een. Männyn siemenen itävyyssadannes vaihteli välillä 75-87, kuusen 75-95 ja koivun 49-59. Männyn taimet olivat pääosin 1-2 -vuotiaita, kuusen 2-vuotiaita ja koivun 1-vuotiaita kouluttuja taimia.

Mättäisiin kylvettiin sekä keskelle että pohjoissivulle. Lautasauran jälkeen kylvöpisteet tehtiin 1,4 m:n välein. Istutusvälinä



Kuva 1. Koealueiden sijainti.

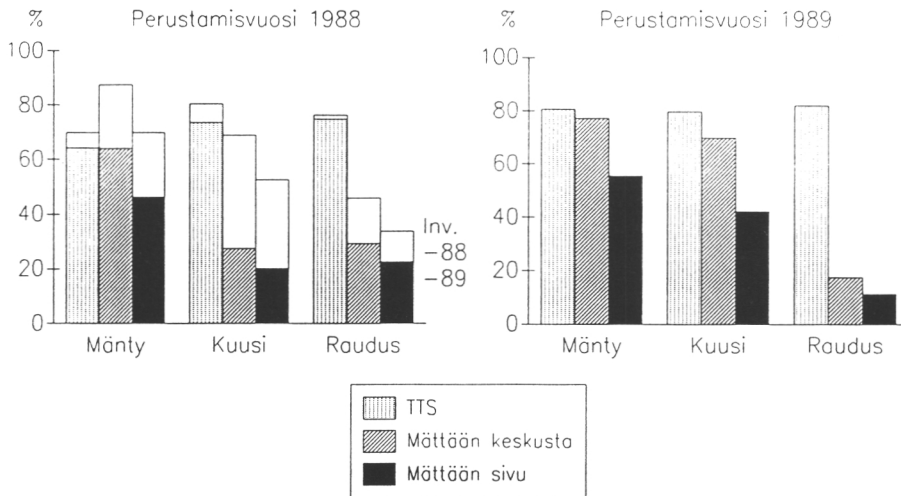


Kuva 2. Taimellisten viljelypisteiden osuus puulajeittain, viljelymenetelmittäin ja muokkaus-tavoittain toisen kasvukauden jälkeen (v. 1988 perustetut kokeet).

käytettiin 2,8 m ja mättäisiin istutettiin vain yksi taimi keskelle mätästä. Riviväli oli kaksi metriä. Täten istutustiheys oli 1800 tainta/ha ja kylvötiheys 3600 kylvöpistettä/ha. Männyn ja kuusen siementä kylvettiin 220 g/ha Männistön raudalla kylvettäessä ja 150 g/ha kantaraudan jälkeen kylvettäessä. Rauduskoivun siementä kylvettiin 800 g/ha. Kokeet inventoitiin syksyllä 1988 ja 1989 taimettumisen ja elossapysymisen osalta.

3. TULOKSET

Istutus onnistui erittäin hyvin kaikilla puulajeilla sekä lautasauratulla että mätästetyllä maalla (kuva 2). Kylvön onnistuminen sen sijaan vaihteli suuresti puulajeittain ja muokkausmenetelmitäin. Kylvömenetelmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Männyn kylvö onnistui yhtä hyvin lautasauran jäljessä ja mättään keskellä (kuva 3). Mättään pohjoissivulla männyn kylvökin onnistui huomattavasti huonommin kuin lautasauran jäljessä. Ensimmäisen kasvukauden jälkeen kuusen kylvötulos mättään keskellä oli lähes yhtä hyvä kuin lautasauran jäljessä, mutta toisen kasvukauden jälkeen tulos heikkeni jyrkästi. Koivun kylvö onnistui jo alun-alkaan erittäin huonosti mättäillä ja tulos heikkeni edelleen



Kuva 3. Taimellisten kylvöpisteiden osuus puulajeittain ja muokkaustavoittain.

selvästi toisena kasvukautena. Vaikka keskimääräiset tulokset koealueiden välillä eivät yleensä poikenneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan, eri menetelmien tulokset vaihtelivat melko paljon koealueittain. Selvimmin muista poikkesi v. 1988 perustettu Karvian koelohko, jossa koivun kylvö mättäisiin onnistui jopa paremmin kuin männyn ja kuusen kylvö. Samalla lohkolta männyn kylvö lautasauran jälkeen onnistui huonosti. Lohko poikkesi muista lähinnä kosteusoloiltaan; se oli selvästi muita kosteampi, joten lautasauran jälki oli keväisin ja syksyisin paikoitellen veden peitossa.

Kylvön oletettavasti huonompaan onnistumiseen varauduttiin istutukseen nähden kaksinkertaisella viljelytiheydellä. Tällä tavoin kylvöllä lautasauran jälkeen saatiinkin (kahden kasvukauden jälkeen) selvästi enemmän taimellisia viljelypisteitä/ha kuin istuttamalla (kuva 4). Laskettaessa kaikki taimettuneet kylvöpisteet (sekä keskeltä että reunasta) männyn kylvöllä mättäisiinkin saatiin enemmän taimellisia viljelypisteitä/ha kuin istuttamalla. Kuusella ja koivulla puolestaan kaksinkertainen viljelytiheyskään ei riittänyt mättäissä nostamaan taimellisten viljelypisteiden määrää samalle tasolle kuin istutuksessa. Mätäkylvön tulos huononi edelleen, jos mätästä kohden hyväksyttiin vain yksi kylvöpiste. Lähes kaksi kolmasosaa mättäistä oli tyhjiä koivun ja kuusen kylvössä, männyn kylvössä neljäsosa.

Taimien pituus mitattiin vain Karvian koelohkolta. Männyn ja kuusen kylvötaimet olivat hyvin samanpituisia keskenään ja eri muokkauksilla (kuva 5). Koivun kylvötaimet olivat selvästi pisimmät ja ne olivat kasvaneet mättäillä paljon nopeammin kuin lautasauratulla. Männyn istutustaimet olivat lautasauratulla hieman pitempiä kuin kuusen, mätästetyllä pituusero oli toisin päin. Koivun istutustaimien pituus oli kaksinkertainen havupuihin verrattuna.

4. TULOSTEN TARKASTELU JA PÄÄTELMÄT

Kuusen ja koivun kylvöä on tutkittu varsin vähän ja koealueet painottuvat Pohjois-Suomeen. Kuusen avokylvössä tulokset ovat vaihdelleet varsin paljon ja onnistuminen on yleensä ollut huonom-

pintakasvillisuuden kilpailusta. Odotettavissa on, että etenkin lautasauran jäljessä tulee olemaan ongelmia. Jatkossa tutkimusta muutetaan siten, että pyritään löytämään keinot, joilla myös kuusen ja koivun kylvö onnistuisi mättäissä. Ensi keväänä viljelyä tehdään myös syksyllä mätästetyille aloille. Mättäiden painaminen ja siemenmäärän lisääminen ovat muita keinoja, joilla tulosta pyritään parantamaan. Tämän hetkisten tulosten mukaan etenkin kuusen ja rauduskoivun osalta istutus näyttää kylvöä varmemmalta uudistamismenetelmältä.

VIITTEET

- Kolström, T. 1986. Kylvö kuusen uudistamismenetelmänä viljavilla kivennäismailla. Pro gradu -työ. Joensuun yliopisto, metsätieteellinen tiedekunta. 64 s.
- Lähde, E. 1979. Männyn, kuusen ja lehtikuusen suoja- ja avokylvö aurauksen pientareessa ja palteessa. Summary: Shelter and open sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch on the shoulder and tilt of ploughing. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 97(4):1-45.
- & Tuohisaari, O. 1976. An ecological study on effects of shelters on germination and germling development of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Seloste: Ekologinen tutkimus kylvön vaikutuksesta männyn, kuusen ja lehtikuusen itämiseen sirkkataimien alkukehitykseen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 88(1):1-37.
- Metsänhoitosuositukset. 1989. Keskusmetsälautakunta Tapio.
- Pohtila, E. 1977. Reforestation of ploughed sites in Finnish Lapland. Seloste: Aurattujen alojen metsänviljely Lapissa. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 91(4):1-98.
- Raulo, J. & Lähde, E. 1976. Ennakkotuloksia rauduskoivun kylvökokeista Lapissa. Summary: Preliminary results on sowing experiments with *Betula pendula* Roth in Finnish Lapland. Folia Forestalia 279. 11 s.
- & Lähde, E. 1981. Rauduskoivun kylvökokeita Lapissa. Summary: Sowing experiments with *Betula pendula* in Finnish Lapland. Folia Forestalia 461. 12 s.
- Saksa, T. & Lähde, E. 1982. Siemenen määrä männyn, kuusen ja lehtikuusen suojakylvössä. Abstract: Number of seeds in

shelter sowing of Scots pine, Norway spruce and Siberian larch. Folia Forestalia 541. 16 s.

MÄTÄSTYS JA LUONTAINEN UUDISTAMINEN

Olavi Laiho

Mätästys on voimaperäinen metsämaan muokkaustapa. Samalla se on nykykäsittelyistä kallein. Keskimäärin mätästys maksaa 1 200, auraus 800 ja äestys 600 mk/ha.

Mätästystä voidaan käyttää kaikilla kasvupaikoilla. Ns. ongelmattomilla kohteilla se ei kuitenkaan tarjoa oleellisia etuja. Näin mätästys kannattaa keskittää maille, joilla on mätästäen korjattavia ongelmia. Tällaisia kohteita ovat tiiviit, hienojakoiset, alavat ja vedenvaivaamat kasvupaikat. Edelleen kylmät, paksuhumuksiset (kunttaantuneet) kasvupaikat sekä ylirehevät maat. Oma ryhmänsä ovat kamaroituneet maat ja metsitettävät pellot. Ongelmat joihin mätästyksellä etsitään korjausta ovat hyvinkin erilaiset. Niinpä ylirehevät maat (lehdot, osa lehtomaisista) ovat biologisesti moitteettomassa kunnossa, ongelmana on ravinteista kilpailleva, taimia varjostava ja lakastuessaan peittävä voimakas pintakasvillisuus. Tiiviys, ilmattomuus, liika kosteus ja kylmyys ovat toisiinsa sidoksissa olevia maan perusvikoja, joihin kaikkiin mätästyksellä voidaan vaikuttaa.

ENSISIJAJAISESTI ISTUTUSALUSTA

Mätästys on kehitetty istutusta silmälläpitäen. Mättäisiin istutuksesta onkin saatu jo 20 vuoden ajalta hyviä kokemuksia sekä eri muokkaustapoja vertailevissa tutkimuksissa että käytännön kokemuksena. Etenkin istutusvuonna ongelmia saattaa toki esiintyä. Tällainen on mm. mättäiden pinnan kuivuminen. Tässä suhteessa mätäspinta poikkeaa selvästi äestysvaosta, laikusta ja aurauspientareesta, jotka pysyvät kauttaaltaan tuoreina, koska kapillaarivesi nousee katkotta aivan pintaan. Mättäällä näin ei tapahdu ennen kuin riittävän tiivis kosketus hakkuutähteiden ja pintakasvillisuuden jätteen lävitse on ehtinyt muodostua. Hakkuutähteiden päällä olevat matalat mättäät ovatkin vaarassa kuivua läpikotaisin.

Toinen taimia uhkaava vaara on eroosio. Rankkasateilla se voi äkkiä tehdä pahaa tuhoa. Kumpaakin tuhonuhkaa voidaan vähentää mättäiden laen muotoilulla pesuvatimaiseksi syvennykseksi, jonka keskelle taimi istutetaan. Tärkeää on myös taimen hyvä kunto ja nopea juurtuminen niin, että taimi tavoittaa pohjakosteuden.

Tuhoja vähentäviä tekijöitä mättäillä ovat lumikerroksen ohuus ja varhainen sulaminen, taimia varjostavan heinän puuttuminen ja kivennäismaapinta. Näistä syistä myyrien ja tukkimiehintäin tuhot jäävät mättäillä olemattomiksi. Toisaalta syvä routaantuminen lisää ahavan riskiä.

Maan fysikaalisissa ominaisuuksissa mätästys aiheuttaa merkittäviä muutoksia. Maa kuohkeutuu ja lämpiää mättäissä, mutta ilmavoituu niiden ohella myös mätäsväleissä. Muutokset lisäävät juuriston syvyyttä ja ravinteiden saatavuutta ja niiden merkitys on suuri kohteilla, joilla mainitut tekijät ovat kasvun esteenä.

Taimien elossaolo on mättäissä muodostunut hyväksi. Se on Etelä-Suomessa samaa suuruusluokkaa kuin ongelmattomien kohteiden äestysaloilla (Kinnunen 1989). Kasvu on ollut erinomaista. Mätästys on tässä suhteessa ollut kaikissa tapauksissa paras ja ongelmakohteilla aivan ylivoimainen (Laiho 1984). Hyvään tulokseen päästään Etelä-Suomessa myös auruksella (Levula 1989).

Mättäiden istutustaimille on ominaista rehevä kasvu. Eniten on viljelty mäntyä ja se muodostuu huonolaatuiseksi. Taimet ovat tyvekkäitä ja huomattavan vahvaoksaisia. Kiinnittyminen on hyvä ja jos kohta tyvilenkoutta on runsaasti niin ei kuitenkaan enempää kuin äestysjäljessä (Toivonen 1987).

Kuusella ja koivulla tilanne on parempi. Kokeita ja vanhoja käytännön viljelyjä tosin on vähän, koska ensin istutettiin lähes pelkästään mäntyä. Kaikki vahvistaa näkemystä, että kummankin puulajin kehitys on hyvin suotuisa. Väljä asento ei haittaa niitä samalla lailla kuin mäntyä ja kummatkin käyttävät tehokkaasti ravinteita.

Mätästyksen biologisena uhkatekijänä on ns. raskasmetallien kääntyminen pinnalle. Jääkauden jälkeisinä vuosituhansina maan pin-

nasta on sadeveden ja siihen liuenneiden humushappojen vaikutuksesta huuhtoutunut erityisesti rautaa ja alumiinia. Kivennäismaan pintaosa onkin tuhkanharmaa ja sen alla rautapodsolin punaruskea tai humuspodsolin tumma rikastumiskerros. Rikastuminen tapahtuu pH:n noustessa. Metsämaan happamuus onkin suurimmillaan pinnalla ja pohjamaassa pH-luku on noin yhden yksikön korkeampi.

Tällä hetkellä ei ole varmaa tietoa, millaista riskiä rikastumiskerroksen kääntyminen pintaan merkitsee. Toistaiseksi ei ainakaan Etelä-Suomessa ole todettu haittavaikutuksia. Toisaalta mätästyksestä eniten hyötyvät kasvupaikat ovat maaperältään hienojakoisia. Niissä veden liikkeet ovat hitaat ja vastaavasti maannostuminen jää vähäiseksi tai puuttuu kokonaan. Samaten vedenvaivaamien maiden humuspodsoli poikkeaa kuivien kasvupaikkojen rautapodsolistista. Näin valtaosa mätästyksestä kohdistuu kasvupaikkoihin, joilla raskasmetalliriski on vähäisin. Lisäksi mätästys suositellaan tekemään mahdollisimman laakein ja matalin ojin, jolloin rikastumiskerrosta siirtyy verrattain vähän ja sekin sekoittuu pintamaahan.

LUONTAINEN TAIMETTUMINEN RUNSASTA

Ilman luontaista taimettumista istutusalojen metsittyminen olisi paljon nykyistä huonompaa. Hyviinkin taimikoihin jäisi aukkoja huonosti onnistuneista puhumattakaan. Luontaiset taimet parantavat ratkaisevalla tavalla taimikoiden kehityskelpoisuutta (Kinnunen ja Nerg 1983, Räsänen ym. 1985, Saksa 1989). Lisäksi ne parantavat männyn laatua ja ohittavat vuosien myötä pituudeltaan monet istutustaimet (Toivonen 1987).

Luontainen taimettuminen riippuu aivan ratkaisevasti maanmuokkauksesta. Lukuisin tutkimuksin (Lehto 1956, Yli-Vakkuri 1961) on todettu kivennäismaapinta sammalpeitteeseen verrattuna ylivoimaiseksi taimettumisalustaksi. Havainnollisesti tämän näkee monilla äestysaloilla, joilla taimia on vaoissa yhtenä jonona ja muokkaamattomalla välialueella tuskin lainkaan. Toki on hyvin taimettuvia koskemattomiakin pintoja, mm. soistuvat kangaspainanteet ja karut ohuthumuksiset lajittuneet kankaat.

Mätästettäessä kivennäismaapintaa paljastuu noin neljännes. Se edellyttää ojitusmätästystä 10-12 m sarkaan (Villanen 1987). Varsinaista mätäspintaa on runsaat 10 % ja loppu ojaluisia ja laikkuja. Äestys rikkoo maanpintaa edellistä enemmän, hyvin tehtynä yli 40 % eli saman verran kuin auraus. Ääritapauksessa tosin aurauksessa muokkautuu koko pinta palteiden kääntyessä vastakkain.

Äestysvako, laikku ja aurauspiennar ovat hyviä itämisalustoja. Kapillaarinoste pitää ne tasaisen kosteana ja taimettuminen muodostuu hyväksi. Myöhempi kehitys kääntyy etenkin tiiviillä alavilla mailla huonoksi lähimpinä syinään maan tiiviys, liika kosteus, hapettomuus, kylmyys ja pintakasvillisuus.

Mättäiden pinnan kuivuminen merkitsee niiden olevan itämisalustana selvästi huonompia kuin istutusalueina. Lisäksi siemenet kulkeutuvat helposti sateen ja tuulen mukana pois. Kylvökokeissa taimettuminen onkin ollut selvästi äestyspintaa heikompi, erityisesti kuusen ja koivun osalta (Kinnunen 1982). Toisaalta mättäiden etuna on pitkä taimettumisaika pinnan pysyessä verrattain paljaana.

Villasen (1987) tekemässä 28 parkanolaisen mätästämällä muokatun männynistutusalan inventoinnissa selvitettiin sekä viljelytaimet että luontainen taimettuminen. Tutkimus kohdistui neljään ensimmäiseen kasvukauteen. Tulokseksi saatiin, että luontaisia taimia oli noin 4 500 ja taimiainesta sen lisäksi 12 000 kpl/ha. Eniten oli hiestä, mutta männyn taimia ja taimiainesta oli myös ilahdut-tavan paljon, yli 5000 kpl/ha. Kohteet olivat lähinnä mäntymaita ja kuusen osuus jäi siksikin vähäiseksi.

Taimia oli tiheimmässä mättäillä. Tiheys ei kuitenkaan ollut kaksinkertainenkaan verrattuna muokkaamattomaan pintaan. Osan tuloksesta selittää jo ennen muokkausta olleet taimet ja osan taimettumisajan lyhyys. Uusia taimia varmaankin vielä muodostui. Toisaalta tulos tukee Kinnusen (1982) kylvökokeiden tulosta mätästyspinnan keskimäärää heikommasta arvosta siemenen itämis- ja taimettumisalueina.

Taimettuminen riippui männyllä selvästi etäisyydestä siementävään puustoon. Aivan siemenpuiden lähituntumassa (< 20 m) taimitiheys

oli suurin ja aleni sitten nopeasti. Luontainen taimettuminen riippui myös kasvupaikasta. Mäntymailla taimettuminen oli hyvää mutta tuoreilla kankailla männyntaimia syntyi huomattavasti vähemmän. Koivun taimia oli tällöin useimmissa tapauksissa kuitenkin riittävästi.

Luontaisen taimettumisen ollessa keskimäärin hyvä on aihetta kysyä onko mätästysaloja syytä lainkaan istuttaa. Vastaus vaihtelee, aina ei tarvitsekaan. Luontaisen taimettumisen ennakoiminen edellyttää kuitenkin hyvää paikallistuntemusta ja korkeaa ammattitaitoa ja sisältää siltikin riskejä. Riskinä on mm. maalajin ja viljavuuden suuri ja moninainen, jopa paikkakunnittainen vaikutus luontaiseen uudistumiseen. Oman arvaamattomuutensa tuo siemenvuosien vaihtelu (Savonen 1990) ja sääolojen vaikutus lopulliseen taimettumiseen.

Riskien takia tuntuu suositeltavalta pääsääntöisesti istuttaa mätästetyt uudistusalat. Näin taataan peruspuusto ja puulaji, jopa lajike. Viljelytiheyttä tulee tapauskohtaisesti harkita. Mättäiden määrän jäädessä keskimäärin tasolle 1 200 kpl/ha joudutaan virallisen täysitiheyden saavuttamiseksi viljelemään lisätaimia mättäiden kakkostaimiksi, välipaikkoihin, pientareille jne. Niiden kasvuedellytykset ja ennuste ovat selvästi mätästaimia heikommat ja niin ollen luonnontaimien mahdollisuudet korvata ne hyvät.

TURVEMAAT

Erityisen hyvin luontaisesti taimettuvia kohteita ovat monet soistumat ja turvemaat. Villasen (1987) aineistossa tällaisia olivat mm. kuivatukseltaan keskeneräiset korvet. Ne ovat suorastaan "ylitaimettuvia", jopa yli 100 000 kpl/ha yltäviä. Valtaosa taimista on hiestä. Raudusta on mukana vähäisessä määrin ja kuusta nousee myöhemmin alikasvokseksi.

Menneinä vuosina tällaiset kohteet useimmiten istutettiin männyllä. Niiden kohtalo on ollut vaihteleva. Ensimmäisen lehtipuuperkauksen jälkeen oli pikavauhtia edessä toinen käsittely. Myöhemmin mänty on saattanut tuhoutua versosyöpään eikä koivua sammalpintaan

aina enää nousekaan. Useimmiten on kuitenkin käynyt niin, että läpipääsemättömän tiheä koivuviita on pelottanut perkaaajaa. Tarkastushetkellä on löytynyt koivun tukahduttamia hentoja männyn- taimia ja istutus on näin mennyt kokonaan hukkaan.

Nyt tällaisia kohteita ei enää juuri viljellä. Ne jätetään suo- siolla koivulle. Kuivatuksen ne kuitenkin edellyttävät ja ojista nouseva maa levitetään mättäiksi. Kuivatusojien määrässä voidaan tyytyä tavanomaisiin normeihin, jos kohta 40 m:n sarkaleveys ei hiekselläkään ole biologinen optimi.

Soistumien ja kangaskorpien mätästystarve on edellisiä selvästi suurempi. Yllättävästi veden liikkuminen on hienojakoisessa kivennäismaassa turpeita hitaampaa ja näin ojitusmätästys pääsee oikeuksiinsa. Rauduksen taimettuminen paranee ja samalla sille muodostuu hyvät kasvuedellytykset. Myös alikasvoskuusikon tulevaa kehitystä mätästys edistää suuresti.

Turvekankaiden ongelma on kosteikkoihin verrattuna päinvastainen. Taimet kyllä kasvaisivat, mutta taimettumista ei tapahdu. Syinä ovat seinäsammalpeite ja sen alla oleva raakahumus, "valmiiksi" kuivumisen tunnusmerkit. Nämä seikat heikentävät suuresti luon- taista taimettumista (Kaunisto ja Päivänen 1985). Taimettuminen edellyttääkin jonkin asteista maanpinnan rikkomista ja osin raaka- humuksen poistamista. Mätästys saattaa olla tähän ylimitoitettu keino, toki tehokas. Joka tapauksessa uudistamisvaiheessa on pidettävä huoli siitä, että soistuminen ei pääse käynnistymään.

SAVIMAAT

Savikoiden ongelmat ovat päälinjoiltaan samat kuin soistuneiden kankaiden, joista monet ovatkin savella tai siltillä. Uudistuminen onnistuu hyvin tai tyydyttävästi, mutta kasvu vaihtelee ja saattaa jäädä aivan olemattomaksi.

Savimaita esiintyy maassamme rajoitetusti. Keskeisimmät alueet ovat Lounais-Suomessa, Pohjanmaan jokivarsilla ja Salpausselän eteläpuolisella rannikolla. Nämä alueet ovat samalla intensiivistä maanviljelysaluetta, jossa metsiin on kiinnitetty niukasti huomio-

ta. Siksi savikkojen metsät ovat heikosti tutkittuja. Määrällisesti niitä on 2 % metsämaan alasta ja hiesuja lisäksi 3 %.

Savikkojen viljavuus on metsämaistamme paras. Enimmät niistä ovat lehtoa tai lehtomaista maata. Multavien savien puuntuotos on parhaimmillaan ennätysmäisen hyvä. Toisaalta lehtomaisillakin savikoilla puusto voi kasvaa olemattoman hitaasti. Niinpä ei ole vaikea löytää parikymmenvuotiasta siemensyntyistä hiestä, joka on vain onkiraipan kokoinen. Tällaisesta metsiköstä saa verotuksen katteeksi vain murto-osan.

Avainsana savien osalta on kosteus. Liikavettä ei saa esiintyä. Märkä savi soistuu eikä sisällä juurten tarvitsemaa happimäärää. Tällöin hieskoivu jää ainoaksi saveen juurillaan tunkeutuvaksi puulajiksi. Kuusen juuristo rajoittuu humuskerrokseen ja aivan saven pintaan. Mänty ja raudus kuolevat märässä savessa lähes alkuunsa (Raulo 1981).

Hieskään ei kasva märässä ilmattomassa savessa kuin välttävästi kuten edellä todettiin. Vaikeuksista todistavat tuolloin myös sen muodostamat jälkijuuret. Taimettuminen on hyvinkin runsasta, mutta kasvu paranee vain kuivatuksen myötä. Havainnollisesti tämä näkyy rinneilla, joiden alaosa on märkää savea ja ylärinne ilmavaa maata. Alinna hieskin kasvaa kituen ja raudusta ei ole lainkaan. Ylemmäksi nousten hieksen kasvu paranee ja tarkkaan katsoen sen alla on kituvaa raudusta väli- tai alispuustona. Ylempänä saven loppuessa osat vaihtuvat. Rauduksen optimioloissa tehdyt kasvututkimukset eivät tee oikeutta hiekselle.

Kapillaariveden nousukorkeus on savessa jopa satoja metrejä. Sen sijaan liikenopeus on mitättömän vähäinen, 1-15 cm/vrk. Hienossa savessa vesi ehtii liikkua kasvukautena vain metrin, ja karkeimmassakin vain 15 m. Kun lisäksi suurhuokosia on niukasti veden liikkuminen jää mitättömäksi. Tästä johtuu, että savien kuivatuksen edellyttämä ojatiheys on yllättävästi kaikkein suurin. Välttämätöntä on myös, että pintaveden tie ojaan on kauttaaltaan auki. Perinteinen yhtenäisten maavallien reunustama oja kuivaa savessa hädin tuskin pientareensa, ei lainkaan palteen takaa. Tämä näkyy myös puiden reagoimattomuutena maastossa. Näin savikon kunnollinen kuivatus edellyttää ojitusmätästystä kapeaan sarkaan.

Salaojitetuilla savipelloilla kuivatus on edellistäkin parempi. Tällaisilla paikoilla olevat puulajikokeet osoittavat vakuuttavasti, että kaikki puulajimme kasvavat savella hyvin tai sitäkin paremmin, myös mänty. Laatonäkökohdat eivät kuitenkaan puolla sen käyttöä. Sen sijaan raudus on savikoiden luontevin pioneeripuulaji, joka luontaisen kuusialikasvoksen kanssa muodostaa vaikeasti voitettavan yhdistelmän.

Tutkimuksen tässä vaiheessa on syytä korostaa savien olevan vaihtelevin maalajimme. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat mm. savespitoisuus (30-100 %), kutistuminen, halkeilu, murustuminen, happamuus, humuspitoisuus, ravinnetaso jopa myrkyllisyys ja niissä esiintyvät erot. Siksi vie vielä aikaa, ennen kuin pystymme hyödyntämään savimaita täysipainoisesti metsätalouteen. Avainsana on kuitenkin kunnollinen peruskuivatus ja maan sen myötä parantunut ilmavuus. Se on tarpeen siitä riippumatta mitä puulajia kasvatetaan ja mitä uudistamistapaa käytetään.

KIRJALLISUUS

- Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidella. *Folia Forestalia* 625.
- Kinnunen, K. 1982. Männyn kylvö karuhkoilla kangasmailla Länsi-Suomessa. *Folia Forestalia* 531.
- 1989. Taimilajin ja maanmuokkauksen vaikutus männyn ja kuusen taimien alkukehitykseen. *Folia Forestalia* 727.
 - & Nerg, J. 1983. Istutustaimikoiden tila 11-12 vuotta viljelystä Länsi-Suomen yksityismetsissä. *Folia Forestalia* 546.
- Laiho, O. 1984. Ongelmallisten metsänviljelykohteiden maanpinnan valmistus. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. *Acta Forestalia Fennica* 66(2).
- Levula, T. 1989. Maanmuokkaus metsän uudistamiseksi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 337.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus.
- Räsänen, P. K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiai-

- nen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Folia Forestalia 637.
- Saksa, T. 1989. Männyntaimikoiden tila auraus ja äestysaloilla Etelä-Savossa. Folia Forestalia 733.
- Savonen, E.-M. 1990. Siemensadon määrään ja laatuun vaikuttavista tekijöistä sekä siemensadon ennustamisesta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369.
- Toivonen, T. 1987. Varttuneiden mätästämällä muokattujen mäntytaimikoiden tila Koillis-Satakunnan yksityismetsissä. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. 82 s.
- Villanen, H. 1987. Taimien alkukehitys mätästetyillä männyn istutusaloilla Parkanossa. Konekirjoite Helsingin yliopiston metsänhoitotieteen laitoksessa. 79 s.
- Yli-Vakkuri, P. 1961. Kokeellisia tutkimuksia taimien syntymisestä ja ensikehityksestä kuusikoissa ja männiköissä. Acta Forestalia Fennica 75(1).

KALIUMIN MERKITYS SUOMETSISSÄ

Seppo Kaunisto

KALIUM KASVINRAVINTEENA

Kalium on välttämätön monissa erilaisissa reaktioissa, jotka säätelevät mm. kasvien vesitaloutta, yhteyttämistä sekä monien eri aineiden synteesiä. Nykyään tunnetaan yli 60 kaliumin aktivoimaa entsyymiä. Kalium mm. lisää kasvien kuivuuden ja kylmän kestävyyttä. Kasvien sisäisessä ravinteiden kierrossa kalium on erittäin liikkuva ja siirtyy helposti vanhoista kasvinosista kasvupisteisiin. Kalium ei ole minkään orgaanisen yhdisteen osana.

KALIUMIA VÄHÄN TURPEESSA PUUSTON KÄYTTÖÖN VERRATTUNA

Kalium on turpeessa joko vapaasti maavedessä tai löyhästi kiinnittyneenä kationinvaihtokompleksiin. Tästä syystä sitä alunperin määrällä soilla, kuten nevoilla ja nevaisilla (vähäpuustoisia) soilla on niukasti.

Kalium on ravinne, jota puusto käyttää typen ja kalsiumin jälkeen kolmanneksi eniten. Verrattuna puuston tarvitsemaan määrään kaliumia on turpeessa vähän. On todennäköistä, että kaliumin riittävyys on ongelma turvemaiden metsänkasvatuksessa avosoiden lisäksi ainakin paksuturpeisilla rämeillä ja niistä kehittyneillä turvekankailla.

EI KOKOPUUKORJUUTA SOILLA

Rämemännikössä oksiin ja neulasiin on sitoutunut n. 50 % ja runkopuuhun n. 25 % koko puun kaliumin määrästä. Kokopuunkorjuu nostaisi pois kulkeutuvan kaliumin määrän näin ollen n. kolminkertaiseksi pelkkään runkopuun korjuuseen verrattuna. Esim. 135 m³:n puustossa poistuma kohoaisi n. 20 kg:sta n. 60 kg:aan/ha. Esimerkkitaipauksessa 20 cm:n turvekerroksessa kaliumia oli vain n. 40 kg/ha.

KALILANNOITUS VAIKUTTAA NOPEASTI

Puuston kaliumtaloutta voidaan parantaa lannoittamalla. Yleensä tällöin käytetään metsän PK-lannosta (entinen suo-PK) 500 kg/ha, jolloin kaliumia tulee 80 kg/ha. Eräissä tapauksissa kaliumin määrää lisäämällä kasvua on voitu edelleen parantaa. Toisaalta on koetuloksia, joissa pienemmälläkin määrällä on saatu aikaan yhtä hyvä kasvureaktio. Parhaiten kalium tulee puiden käyttöön lannoitettaessa keväällä lumettomaan maahan. Uusien neulasten kaliumpitoisuudet kohoavat jo lannoitusta seuraavana kesänä.

Metsän PK-lannoitteessa kalium on vesiliukoisessa muodossa kalisuolana (KCl), joka huuhtoutuu helposti. Kaliumin lannoitusvaikutuksen kesto perustuu paljolti sen liikkuvuuteen ja sisäiseen kiertoon puussa ja muussa kasvillisuudessa. Lannoitushetkellä puuston tulisikin olla hyväkuntoinen ja sulkeutunut, jotta se pystyisi ottamaan maasta nopeasti mahdollisimman suuren osan lannoitekaliumista.

Yleensä kalilannoituksen vaikutuksen kestoksi on todettu 10-15 v. Kun toisaalta fosforilannoituksen vaikutuksen nykyisillä määrillä on voitu todeta kestävän jopa yli 20 v, saattaisi olla järkevää suorittaa välilannoitus kaliumilla jo kymmenen vuoden kuluttua. Tätä varten onkin kehitetty metsän kali-hivenlannos, jossa kaliumin lisäksi on magnesiumia sekä hivenaineista booria ja sinkkiä.

NEULASANALYYSI AUTTAA KALIUMIN PUUTTEEN ARVIOIMISESSA

Kaliumlannoituksen tarvetta voidaan arvioida silmävaraisesti lehtien tai neulasten värin perusteella tai neulasanalyysillä. Kaliumin puutoksessa männyllä neulaset kellastuvat ja lopulta ruskettuvat kärjistä alkaen. Koivunlehtien reunat kellastuvat ja puutoksen kehityttyä pitemmälle ruskettuvat. Kuuselle on tyypillistä, että viimeisen vuosikasvaimen neulaset ovat helakan vihreitä, mutta vanhemmat eriasteisen kellertäviä. Neulasanalyysissä kaliumpuutoksen rajana pidetään suomännyillä yleensä 0,35-0,40 %. Kuusen puuterajoja ei tunneta.

HIDASLIUKOISTA KALILANNOITETTA TARVITAAN

Metsän PK-lannoksessa kalium on vesiliukoisena kaliumkloridina, joka huuhtoutuu maasta nopeasti. Kaliummineraaleissa kalium puolestaan on erittäin tiukasti sidottuna. Parasta aikaa tutkitaan kaliummineraalien ja kalisuolan seoksia. Ajatuksena on, että seoksen kalisuolaosuus vesiliukoisena olisi heti puuston käytävissä ja hidasliukoisesta kaliummineraalista vapautuisi myöhemmin riittävästi kaliumia puuston käyttöön.

KIRJALLISUUTTA

- Ahti, E. 1983. Fertilizer-induced leaching of phosphorus and potassium from peatlands drained for forestry. Seloste: Lannoituksen vaikutus fosforin ja kaliumin huuhtoutumiseen ojitetuilta soilta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 111:1-20.
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica 208. 63 s.
- Holmen, H. 1964. Forest ecological studies on drained peatland in the province of Upland, Sweden. Parts I-III. Studia Forestalia Suecica 16:1-236.
- Kaila, A. & Kivekäs, J. 1956. Distribution of extractable calcium, magnesium, potassium and sodium in various depths of some virgin peat soils. Journal of Scientific Agricultural Society in Finland 28(4):237-247.
- Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 109. 56 s.

- 1987. Effect of refertilization on the development and foliar nutrient contents of young Scots pine stands on drained mires of different nitrogen status. Seloste: Jatkolannoituksen vaikutus mäntytaimikoiden kehitykseen ja neulasten ravinnepitoisuuksiin typpitaloudeltaan erilaisilla ojitetuilla soilla. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 140. 58 s.
 - 1989. Jatkolannoituksen vaikutus puuston kasvuun vanhalla ojitusalueella. Summary: Effect of refertilization on tree growth in an old drainage area. Folia Forestalia 724. 15 s.
 - & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 145. 39 s.
 - & Tukeva, J. 1984. Kalilannoituksen tarve avosoille perustetuissa riukuasteen männiköissä. Summary: Need for potassium fertilization in pole stage pine stands established on bogs. Folia Forestalia 585. 40 s.
- Kivinen, E. 1948. Suotiede. WSOY Porvoo-Helsinki. 219 s.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 74.5:1-58.
- Paavilainen, E. 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 98(5). 71 s.
- Puustjärvi, V. 1962. Suometsien kaliumravitsemuksesta ja neulasten N/K-suhteesta neulasanalyysin valossa. Summary: On the potassium nutrition of wet peatland forests and on the N/K-ratio of the needles in the light of needle analysis. Suo 1962(3):36-40.
- Veijalainen, H. 1979. Neulasanalyysi ja sen tulkinta erityisesti turvemaiden mäntypuustojen lannoitustarpeen määrittämisessä. Metsätutkimuslaitoksen suontutkimusosaston tiedonantoja 10:1-6.

Westman, C. J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. Acta Forestalia Fennica 172. 77 s.

KANGASMAIDEN KALKITUS

John Derome ja Teuvo Levula

Metsämaita ei ole Suomessa kalkittu käytännössä, mutta metsämaan kalkitusta on tutkittu meillä jo pitkään. Varhemmissa kokeissa kalkki levitettiin maanpinnalle, mutta viimeaikaisissa tutkimuksissa se on sekoitettu muokkaamalla pintamaahan. Kalkituksen alkuperäinen tavoite oli edistää humuskerrokseen sitoutuneiden ravinteiden vapautumista kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Uusissa kokeissa kalkituksella pyritään myös estämään maan happamoituminen. Tässä artikkelissa tarkastellaan kummallakin tavalla tehtyjä kokeita ja niiden antamia tuloksia.

PINTALEVITYS

Ravinnevarastojen mobilisointiin tähtäävät kalkituskokeet aloitettiin meillä 1950-luvulla. Näissä kokeissa kalkituksella on ollut männyn kasvuun vähäinen haittavaikutus (3 %), mutta kuusikoissa kasvun hidastuminen on ollut peräti 10 % (Derome ym. 1984). Samanlaisia tuloksia on saatu Ruotsissa (Popovic ja Andersson 1986). Kasvun vähenemistä selittävinä tekijöinä on tuotu esiin ravinteiden kemiallisen sitoutumisen aiheuttamat puutokset, kalkin antagonistisista vaikutuksista johtuvat häiriöt ravinteiden otossa, muutokset mykorritsojen rakenteessa ja lajistossa sekä puuston heikko kyky kilpailla pintakasvillisuuden kanssa.

Viime vuosina on kiinnitetty paljon huomiota kalkin käyttöön kangasmaiden happamoitumisen ehkäisyssä (Andersson ja Persson 1988). Pitkäaikaisissa ruotsalaisissa kokeissa kalkkia on käytetty pintalevityksenä 3-20 t/ha. Kuten odottaa sopii kalkitus nosti maan pH-arvoa ja emäskyllästysastetta, mutta vähensi kokonaishappamuutta (Hallbäckén ja Popovic 1985). Matzner ym. (1985) tutkivat pintakalkituksen lyhytaikaisvaikutuksia kangasmaiden ominaisuuksiin Saksassa ja totesivat emäskyllästysasteen lisääntyneen huomattavasti. Humuskerroksen hiili- ja typpitilanteeseen kalkituksen vaikutus oli vähäinen lähinnä kalkkikivijauheen hitaan liukenemisen

takia. Persson (1988) päättelee pääsyyn kalkituksen aiheuttamaan kasvun taantumiseen olevan siinä, että kalkkikivijauheen hidaskasvu liukeneminen vähentää typen mineralisaatiota karikke- ja humuskerroksessa, vaikkakin nostaa sitä kivennäismaassa. Pitkällä aikavälillä typen nettomineralisaatio muuttuu kuitenkin positiiviseksi. Humuskerroksen pH-arvon nousu on sidoksissa myös fosforin vähenemiseen, joka johtuu sen saostumisesta kalsiumfosfaatiksi (Nihlgård 1988).

Kokeet

Koeaineisto muodostuu 40 maantutkimusosaston perustamasta kangasmaiden lannoituskokeesta, joissa kalkitus on yhtenä käsittelynä (tarkemmin Derome ym. 1986). Nämä kokeet, jotka perustettiin 1950-luvun lopulla ja 1960-luvun alussa ovat viljavuudeltaan erilaisissa männiköissä ja kuusikoissa (kuva 1). Kalkkikivijauhetta annettiin 2000 kg/ha maanpintaan levitettynä. Tässä yhteydessä käsitellään vain kalkittuja koealoja ja niiden vertailualoja. Aikaa kalkituksesta oli kulunut keskimäärin 20 vuotta.

Orgaanisen aineksen määrä ja laatu

Kalkitus lisäsi orgaanisen aineksen määrää merkitsevästi karikke- ja humuskerroksessa (kuva 2). Muutos oli suurin viljavimmilla ja karuimmilla mailla. Kalkituksella ei ollut vaikutusta orgaanisen aineksen määrään kivennäismaan pintakerroksessa (0-10 cm). Vaikkei lisäyksen syitä tässä yhteydessä tutkittukaan, yksi mahdollinen aiheuttaja olisi lisääntynyt pintakasvillisuuden karikesato ja juurten biomassa (esim. Nihlgård ja Popovic 1984). Ruohojen lisääntyminen nostaisi juuritiheyttä ja lisäisi myös siten orgaanisen aineksen kertymistä humuskerrokseen. Koska kalkituksella on useimmiten negatiivinen vaikutus puiden kasvuun, puiden karikesato ei selitä humusmäärän lisääntymistä.

Humuskerroksen orgaanisen aineksen laatua on arvioitu kokonaishiihlen ja kokonaistypen pitoisuudella ja niiden suhteella. Kalkitus lisäsi selvästi hiilipitoisuutta karuimpia kasvupaikkoja lukuunot-

tamatta (kuva 3). Koska hiili on laskettu osuutena orgaanisesta aineksesta tämä yllättävä tulos voi epäsuorasti johtua humuksen alkuainekoostumuksen muutoksista (ks. Hallbäcken ja Popovic 1985), esim vedyn tai erityisesti hapen vähentymisestä.

Kalkin aiheuttama kokonaistypen muutos karike- ja humuskerroksessa on luonteeltaan samanlainen kuin hiilellä, joskaan muutokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä (kuva 3). C/N-suhde nousi vain kahdella viljavimmalla metsätyypillä ja sen syynä oli hiilipitoisuuden kasvu (kuva 4). Hallbäcken ja Popovic (1985) eivät havainneet muutoksia C/N-suhteessa johtuen aineiston sisältämästä suuresta vaihtelusta. pH-arvon nousu ilman typpimäärän lisääntymistä on omiaan johtamaan suurempaan kilpailuun kasvien ja mikro-organismien välillä typestä. Lisääntynyt orgaaninen aines merkitsee tällöin typpipitoisuuden alenemista.

Happamuus

Kalkituksen vaikutus humuskerroksen pH(KCl)-arvoon on hyvin selvä (kuva 5). Kivennäismaassa kalkituksen vaikutus oli paljon vähäisempi. Tähän aineistoon pohjaava aikaisempi tutkimus (Derome ym. 1986) osoitti humuskerroksen paksuuden vaikuttavan merkitsevästi siihen, miten syvälle kalkituksen neutraloiva vaikutus ulottuu. Kalkituksen pitkäaikaisvaikutus perustuu puolestaan kalkikiven kykyyn "poistaa" asteittain verrattain korkea osuus vetyioneja kationivaihtoprosessein eikä yksistään neutraloimalla vapaata vetyä.

Boori

Tässä esitettävät tulokset perustuvat viiteen kuusikkokokeeseen, joista otettiin näytteet v. 1983. Kalkitus lisäsi merkitsevästi kokonaisboorin määrää sekä humuskerroksessa että 0-5 cm kivennäismaakerroksessa (kuva 6). Toisaalta syvemmillä (5-10 cm) kivennäismaassa boorin määrä aleni. Laajemmasta aineistosta (Derome ym. 1986) määritetty männyn ja kuusen neulasten booripitoisuus osoitti vähäistä, muttei tilastollisesti merkitsevää vähenemistä kalkituil-

la koealoilla. Nämä neulasnäytteet otettiin keskimäärin 20 vuotta kalkituksen jälkeen, joten kalkituksen varhaisvaikutukset neulasten booripitoisuuksiin eivät enää olleet näkyvissä. Kolmen kokeen jatkokalkituksen (4000 t/ha) analysointi (Lipas 1990) osoittaa, että kalkitus vähentää neulasten booripitoisuutta ainakin kolmen kalkitusta seuraavan vuoden aikana (kuva 7).

Kirjallisuudessa on mainintoja, että kalkitus aiheuttaa kasveissa boorin puutosta (esim. Purvis ja Davidson 1948). Syy boorin vähenemiseen ei ole täysin selvä, mutta Naftel (1937) yhdisti sen kalkin aiheuttamaan mikrobiaktiiviteetin lisääntymiseen. Midgley ja Dunkle (1940) päättelivät, että boorin kertyminen humuskerrokseen on seuraus siitä, että orgaaninen aines sitoo kalkin aktiivisena tehokkaasti booria. Tässä aineistossa todettu orgaanisen aineksen lisääntyminen tukee mainittua päätelmää.

Mangaani

Kalkitus lisäsi sekä kokonaismangaanin että käyttökelpoisen mangaanin määrää humuskerroksessa kaikilla kasvupaikoilla (kuva 8). Lisäys oli suurin kuivilla kankailla, joilla myös on ohuin humuskerros. Laajemman aineiston perusteella on todettu vastaavasti (kuva 9, ks. Derome ym. 1986), että neulasten mangaanipitoisuudet ovat männikkö- ja kuusikkokokeissa alentuneet. Kalkitusta seuraava mangaanin sitoutuminen onkin jo vanhastaan tunnettu ilmiö. Vaikutusmekanismeina on esitetty mangaanisuolojen saostuminen pH-nousun johdosta sekä kalkin ja käyttökelpoisen mangaanin antagonismi ravinteiden oton yhteydessä. Tosiasia, että käyttökelpoisen mangaanin määrä humuskerroksessa on myös noussut (suhteellisesti enemmän kuin mitä orgaaninen aines on lisääntynyt) viittaa siihen, että sitoutuminen ei ole ainoa mekanismi, joka liittyy mangaanin kertymiseen. Kyseessä voi olla myös huomattava väheneminen puiden mangaanin otossa. Mangaanin kertyminen ja sitoutuminen humuskerrokseen eivät selitä kalkituksen aiheuttamaa männyn ja kuusen kasvun vähenemistä (Derome ym. 1986), koska neulasten pienimmät mangaanipitoisuudet eivät millään kalkitulla koealalla olleet lähellä puutosrajaa 20 mg/kg (Hüttel 1986).

Rikki

Kalkitus lisäsi epäorgaanisen kokonaisrikin määrää huomattavasti humuskerroksessa. Koska kokonaisrikki lisääntyi (keskim. 49 %) enemmän kuin kokonaishiili (keskim. 27 %, kuva 10), rikki on lisääntynyt kalkituksen suoranaisestä vaikutuksesta eikä pelkästään epäsuorasti orgaanisen aineksen kertymisen myötä. Helposti liukenevan rikin määrä muuttui tuskin lainkaan huolimatta orgaanisen aineksen huomattavasta lisääntymisestä humuskerroksessa. Helposti liukenevan rikin voidaan siten katsoa "laimenneen" kalkituksen seurauksena. Kokonaisrikin ja helposti liukenevan rikin erotus eli sitoutunut epäorgaaninen rikki on lisääntynyt eniten keskimäärin 70 % (kuva 11). Viimemainittu koostuu oletettavasti mm. alumiinisulfaattista. Osa tästä sitoutuneesta rikistä on poistunut metsäekosysteemin rikkikierrosta ja osa voi olla happamen laskeuman sulfaattia. Jos asia on näin silloin kalkituksen voidaan katsoa huomattavasti vähentävän happamassa laskeumassa olevan sulfaatin aiheuttamaa kationien huuhtoutumisuhkaa.

Johtopäätökset

Esitellyissä kokeissa käytetty kalkkiannos (2000 kg/ha) on verrattain pieni jos pidetään ensisijaisena tarkoituksena vesistöjen pH-arvon palauttamista ennalleen. Kuitenkin esim. emäskyllästysaste on vielä 20 vuotta kalkituksen jälkeenkin verrattain korkea sekä humuskerroksessa että kivennäismaassa (Derome ym. 1986). Tätä voidaan pitää riittävänä estämään pohjaveden ja vesistöjen happamoitumistilanteen paheneminen. Tämän vastapainoksi täytyy kuitenkin asettaa kalkituksen puiden kasvua hidastava vaikutus. Kuusikot kärsivät huomattavasta kasvun vähenemisestä (n. 10 %) ja kasvavat hienoilla maalajeilla, joilla ei esiinny pohjaveden ja vesistöjen happamoitumista. Männiköt puolestaan eivät samassa määrin kärsi kalkituksesta ja kasvavat karkeammilla mailla, jotka ovat suhteellisen herkkiä happamoitumiselle. Ne voisivat olla siten ensisijaisia kalkituskohteita tulevaisuudessa.

Korkean emäskyllästysasteen omaavan orgaanisen aineksen huomattava kertyminen humuskerrokseen lisää epäilemättä maan kykyä kestää ha-

panta laskeumaa. Edelleen se sitoo varsin tehokkaasti sulfaattia ja vähentää siten emäskationien huuhtoutumisvaaraa. Kuitenkin pH:n nousun ravinteita sitova haittavaikutus on tekijä, joka pitää ottaa huomioon. Boorin sitoutuminen on tässä suhteessa avainasemassa ja saattaa olla yksi niistä syistä, jotka aiheuttavat kuusikoiden kasvun hidastumista. Näin boorilannoitus saattaa käydä tarpeelliseksi, jos tulevaisuudessa ryhdytään kalkitsemaan metsämaita käytännön mittakaavassa.

Havumetsät ovat ekosysteemejä, jotka ovat kehittyneet kestämään happamuutta ja osittain myös happamoittamaan maata. Maan pH-arvon huomattavalla nostamisella on epäilemättä kauaskantoisia vaikutuksia pintakasvillisuuteen, mykorritsarakenteeseen ja ravinteiden saatavuuteen. Nämä riskit liittyvät nimenomaan maan luontaisen pH-arvon nostamiseen. Happamoituneen maan palauttaminen alkuperäiseen pH-tasoon lienee selvästi vaarattomampi toimenpide.

KALKITUS MAANMUOKKAUKSEN YHTEYDESSÄ

Kalkki sekoitettu pintamaahan

Maanpinnalle levitetyn kalkituksen puiden kasvua vähentävä vaikutus voisi johtua siitä, että kalkki jää pääosin humuskerrokseen. Jos maa muokataan kalkituksen jälkeen, kalkki sekoittuu humuskerroksen ja kivennäismaan pintakerroksen kesken. Maahan sekoitettuna kalkituksen vaikutus ulottuisi syvemmälle, juuri siihen maakerrokseen, jossa happaman laskeuman vaikutus voisi todennäköisimmin aiheuttaa alumiinin liukoisuuden lisääntymistä. Muokkauksen on esitetty lisäävän huuhtoutumista (Mälkönen 1983), vähentävän kasveille käyttökelpoisen fosforin määrää ja lisäävän alumiinin liukoisuutta (Tikkanen 1985). Koska maassa olevaa alumiinia muuttuu kasveille myrkylliseen kationimuotoon happamuuden lisääntyessä (Schaedle ym. 1989), tuntuisi perustellulta kalkita maa ennen muokkausta ja lannoittaa hidasaikutteisella fosforilannoitteella.

Kationinvaihto on keskeinen happamuuden muutoksia maassa torjuvista prosesseista (Ulrich 1983). Eri maalajien kationinvaihtokapasiteetti riippuu mm. humuspitoisuudesta ja maalajista siten, että

hiekkaja- ja soramailla kapasiteetti on pienin, joten nämä karkeajakoiset maalajit ovat herkimpiä maan happamoitumiselle (Tamminen ja Mälkönen 1986).

Muokkauksen yhteydessä suoritetusta kalkituksesta saatuja esituloksia tarkastellaan seuraavassa kolmen laajan kenttäkokeen perusteella.

Kokeet

Tarkasteltavat muokkaus- ja kalkituskokeet sijaitsevat karuilla hiekkamailla Kiikalanharjulla, Virttaankankaalla ja Hämeenkanalla. Niissä käytettiin koejärjestelyinä split plot -menetelmää (esim. Jeffers 1970 s. 42-49). Pääkäsittelyinä oli muokkaamaton ja muokattu ja alakäsittelyinä kalkitustasot 0, 2000 ja 4000 kg kalkkikivijauhetta hehtaarille. Muokkaus tehtiin kaikissa tapauksissa kalkituksen jälkeen lautasauralla siten, että koko maanpinta tuli käsitellyksi ja kalkki sekoittui pintamaahan. Muokkauskesän jälkeisenä keväänä koealueille istutettiin koulittuja männyn taimia.

Taimikoiden alkukehitys

Kokeet inventoitiin kahden vuoden kuluttua viljelystä ja Hämeenkanan koe myös kolmen vuoden ikäisenä. Muokkaus paransi taimikon kasvua myös näillä karuilla lajittuneilla mailla. Kalkitus lisäsi taimien kasvua Hämeenkanan kokeella (kuva 12).

Taimien ravinnetila

Taimista otettiin neulasnäytteet istutuksen jälkeisenä ja kahtena seuraavana myöhäissyksynä. Neulasnäyte otettiin 40:stä systemaattisesti valitusta taimesta, näytteenottovuonna kasvaneista neulasista. Hämeenkanan kokeelta on neulasanalyysitulokset myös koealueella ennen kokeen perustamista kasvaneista siemenpuista. Neulasten ravinnepitoisuudet vaihtelivat enemmän näytteenottovuosi-

en kuin käsittelyjen välillä. Neulasten typpi- ja kalsiumpitoisuudet olivat istutuskesänä alhaisia, booripitoisuudet ovat laskeneet taimien vanhetessa. Muokkaus lisäsi neulasten typpi- ja kalsiumpitoisuuksia ja kalkitus kalsium- ja mangesiumpitoisuuksia (kuvat 13-15).

Tarkastelua

Hämeenkaan kokeella kalkitus paransi puiden kasvua. Alue on soraharjua, jota voidaan pitää happamoitumiselle herkkänä alueena (Tamminen ja Mälkönen 1986). Raitio (1990) on esittänyt, että Hämeenkaan männiköt kärsivät typen, kalsiumin ja magnesiumin puutteesta. Koealalla oli syksyllä 1989 jonkin verran taimia, joiden neulaset olivat kirkkaankeltaisia, mikä väri on tyypillistä magnesiumin puutteelle. Keltaisia taimia oli kalkituilla ja kalkitsemattomilla koealoilla kuoppapaikoissa. Kuopat ovat kylmiä kohtia alueella sekä ilman että maan osalta (Leikola 1974, Rajakorpi 1987). Kuivat karut kankaat ovat myös hallanarkoja (Raitio 1987). Maan ja ilmaston kylmyys saattaa vaikeuttaa puiden kalsiumin ja magnesiumin saantia yhtyneenä maan niukkoihin ravinnevaroihin ja nämä seikat yhdessä aiheuttavat puutoksen.

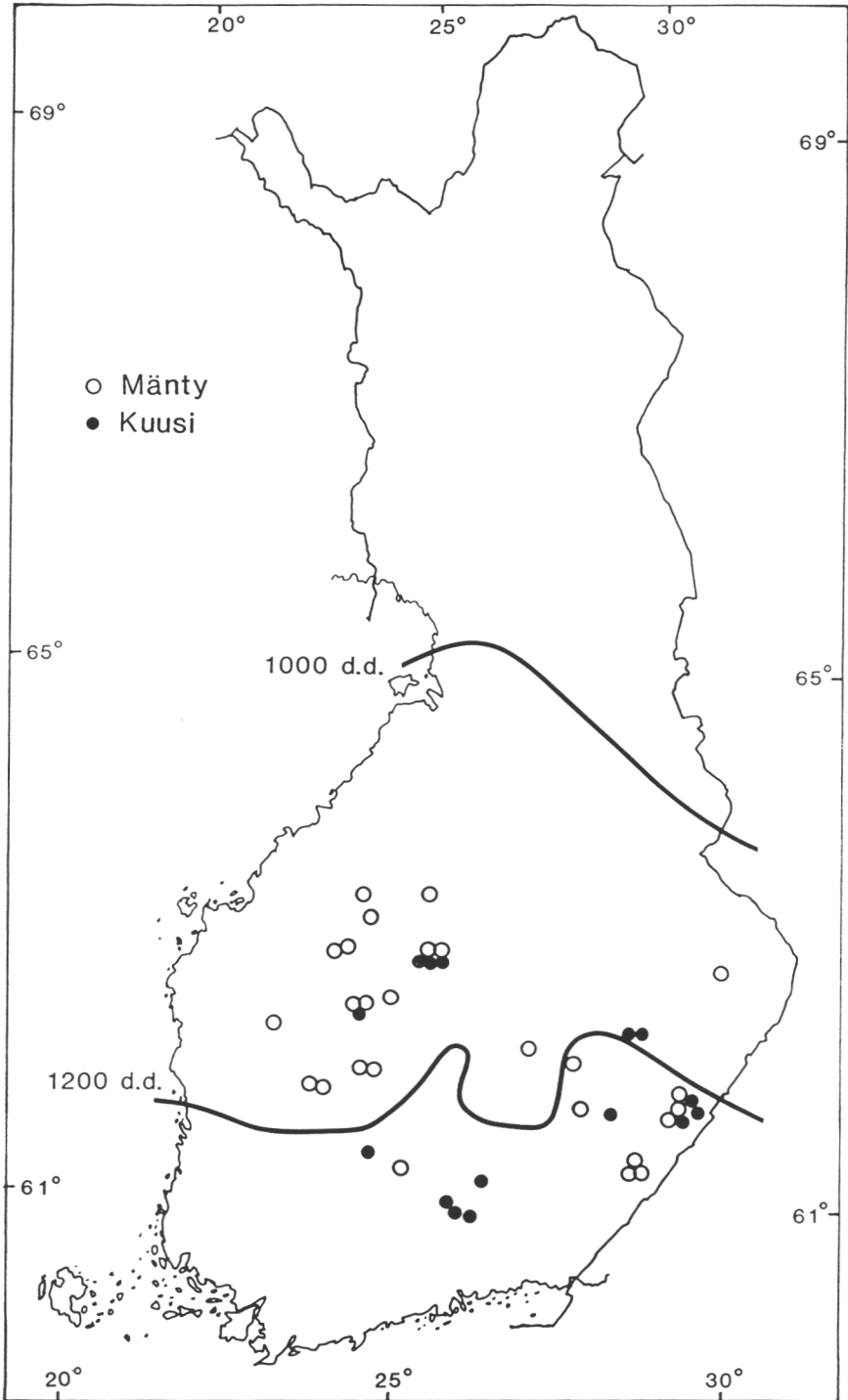
Muokkaus paransi taimien kasvua kaikilla kokeilla. Muokkaus poistaa maan pinnalta lämmöneristeenä toimivan sammalkerroksen ja maa lämpenee (Leikola 1974). Lämpeneminen parantaa puiden juurten kasvua (Rikala ym. 1989) ja tehostaa mikrobien toimintaa (Voss-Lagerlund 1976). Tämän koetuloksen perusteella ei kuitenkaan voida suositella karujen lajittuneiden maiden muokkaamista, koska kokeet ovat vasta kolme vuotta vanhoja ja koska muokkauksen huuhtoutumista lisäävä vaikutus voi juuri tällaisilla paikoilla olla kohtalokas pitkällä aikavälillä.

KIRJALLISUUS

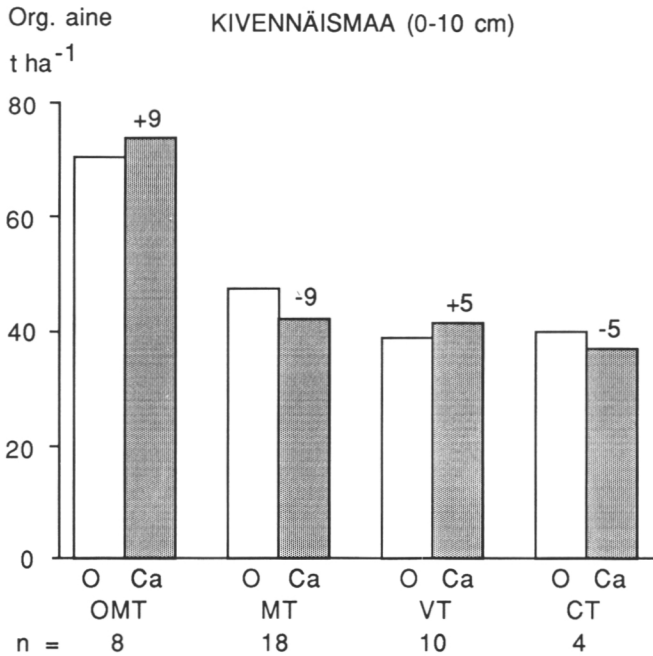
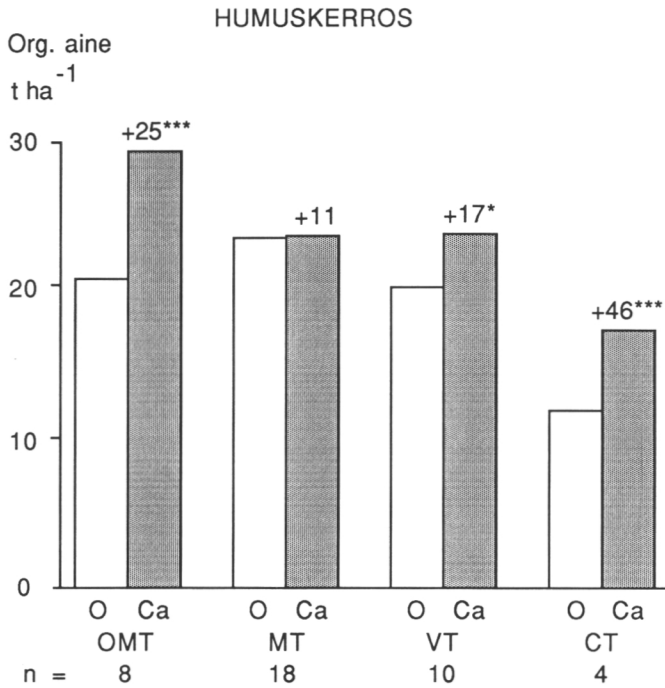
Andersson, F. & Persson, T. 1988. Liming as a measure to improve soil and tree condition in areas affected by air pollution.

- Nat. Swed. Env. Prot. Board 3518. 131 s.
- Derome, J., Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. Nat. Swed. Env. Prot. Board 3084. 107 s.
- Hallbäck, L. & Popovic, B. 1985. Markkemiska effekter av skogsmarkskalkning. Revision av skogliga kalkningsförsök. Nat. Swed. Env. Prot. Board 1880. 240 s.
- Hüttl, R. F. 1986. Forest fertilization: Results from Germany, France and the Nordic Countries. Fert. Soc. Proc. 250:1-25.
- Jeffers, J. N. R. 1960. Experimental design and analyses in forest research. Stockholm. 172 s.
- Leikola, M. 1974. Muokkauksen vaikutus metsämaan lämpösuhteisiin Pohjois-Suomessa. Summary: Effect of soil preparation on soil temperature conditions of forest regeneration areas in Northern Finland. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(2). 64 s.
- Lipas, E. 1990. Kalkituksen aiheuttama boorinpuute kangasmaan kuusikossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 352. 22 s.
- Matzner, E., Khanna, P. K., Meiwes, K. J. & Ulrich, B. 1985. Effects of fertilization and liming on the chemical conditions and element distribution in forest soils. Plant and soil 87:405-415.
- Midgley, A. R. & Dunkle, D. E. 1940. The effect of lime on the fixation of borates in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 4:302-307.
- Mälkönen, E. 1983. Maan kunnostaminen metsänuudistamisessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 124:6-16.
- Naftel, J. A. 1937. Soil liming investigations: V The relation of boron deficiency to overliming injury. Amer. Soc. Agron. 29(9):761-777.
- Nihlgård, B. 1988. Kalken - marken - trädet. K. Skogs o Lantbr. Akad. Tidskr. Suppl. 22:19-26.
- & Popovic, B. 1984. Effekter av olika kalkningsmedel i skogsmark. Nat. Swed. Env. Prot. Board 1851. 85 s.
- Palmgren, K. 1984. Microbiological changes in forest soil following soil preparation and liming. Fol. For. 603. 27 s.
- Persson, T. 1988. Kalken, markbiologin och markens kväveutbud. K. Skogs o Lantbr. Akad. Tidskr. Suppl. 22:37-46.
- Popovic, B. & Andersson, F. 1984. Markkalkning och skogsproduk-

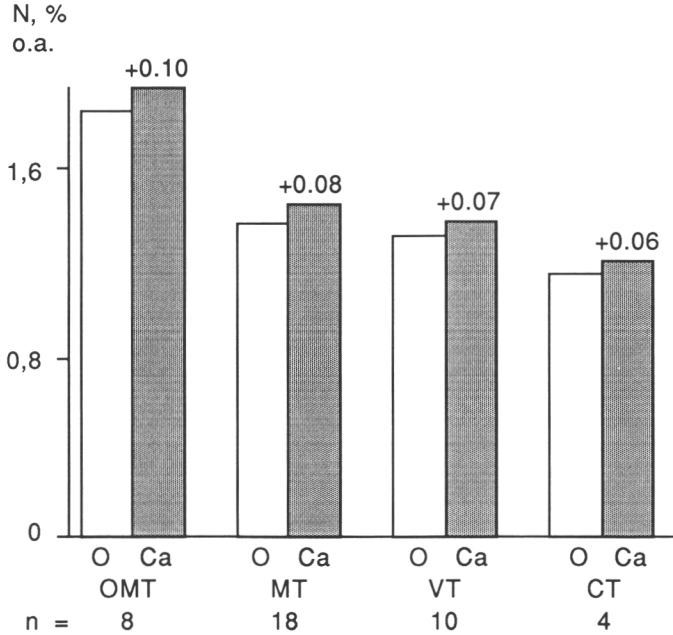
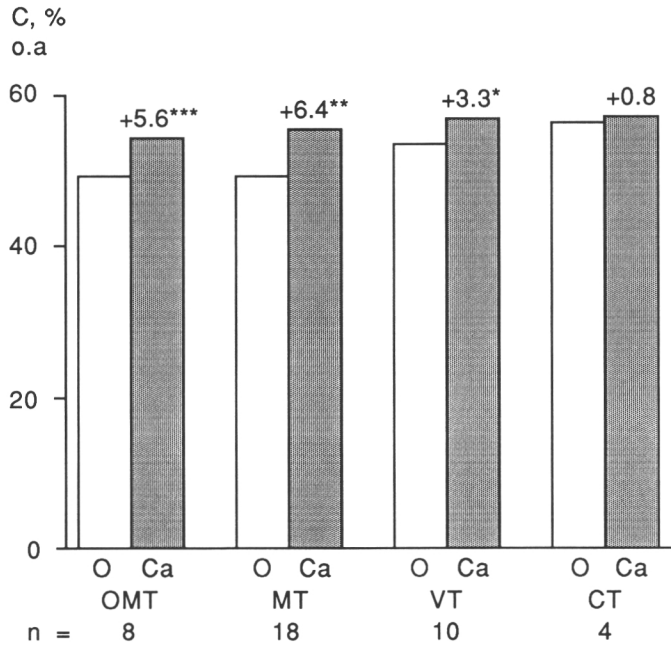
- tion. Nat. Swed. Env. Prot. Board 1792:1-107.
- Purvis, E. R. & Davidson, O. W. 1948. Review of the relation of calcium to availability and absorption of certain trace elements by plants. *Soil Sci.* 65:111-116.
- Raitio, H. 1987. Site elevation differences in frost damage to Scot pine (*Pinus silvestris*). *Forest Ecol. and Management* 20:299- 306.
- 1990. The foliar chemical composition of young pines (*Pinus sylvestris* L.) with or without decline. In: Kauppi, P., Kenttämies, K. & Anttila, P. (Eds.). *Acidification in Finland*. Springer Verlag. pp. 701-715.
- Rajakorpi, A. 1987. Topographic, microclimatic and edaphic control of the vegetation in the central part of the Hämeen- kangas esker complex, western Finland. *Acta Bot. Fenn.* 134:1-70.
- Rikala, R., Ryyppö, A. M. & Vapaavuori, E. M. 1989. Effect of root temperature on net photosynthesis and growth of shoots and roots in pine seedlings by the time of bud burst. *OECD Photosynthesis Workshop*. Lahti, Finland, 12-16, August, 1989.
- Schaedle, M., Thornton, F. C., Raynal, D. J. & Tepper, H. B. 1989. Response of tree seedlings to aluminum. *Tree Physiology* 5:337-356.
- Tamminen, P. & Mälkönen, E. 1986. Kangasmaiden herkkyyks happamoitumiselle. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 210.
- Tikkanen, E. 1985. Aurasalueen heikkokuntoisten männyntaimien ravinnetaloudesta Pohjois-Suomessa. Abstract: Nutrient metabolism of weakened Scots pine saplings on a ploughed site in Northern Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 186. 23 s.
- Ulrich, B. 1983. Soil acidity and its relations to acid deposition. In: Ulrich, B. & Pankrath, J. 1983. *Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems*. D. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holland/Boston, U.S.A./London, England. 127-146 pp.
- Voss-Lagerlund, K. 1976. Effect of soil preparation on the bacterial population in forest soil. *Seloste: Muokkauksen ja lannoituksen vaikutus metsämaan mikrobistoon*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 86(7). 35 s.



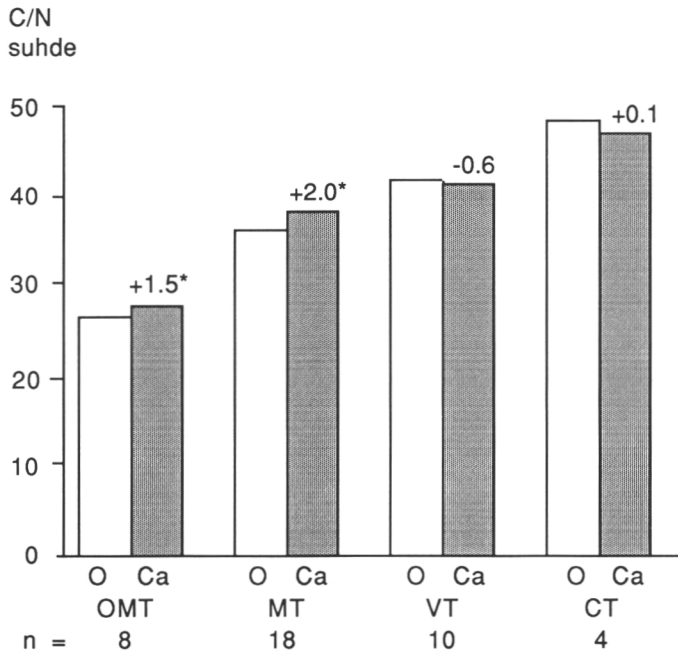
Kuva 1. Lannoituskokeiden sijainti. D.d. tarkoittaa tehoisan lämpötilan summaa (kynnysarvo $+5^{\circ}\text{C}$).



Kuva 2. Orgaanisen aineen määrä (t/ha) kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä olevat luvut osoittavat %-muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.

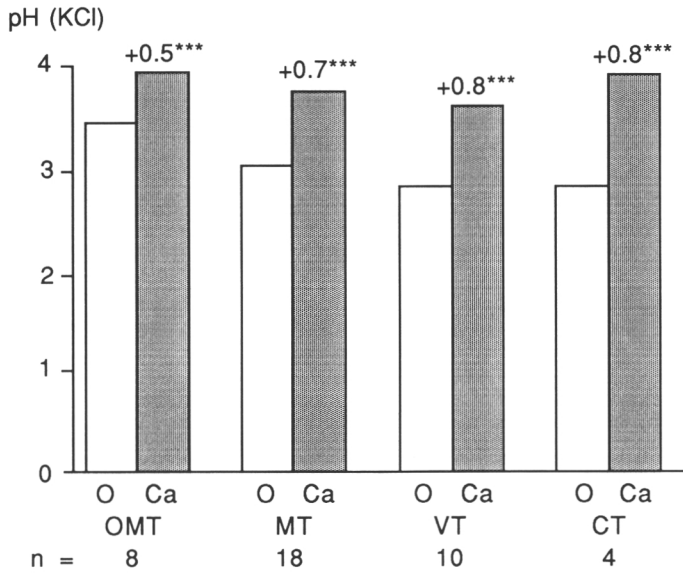


Kuva 3. Humuskerroksen kokonaishiili ja -typpi kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.

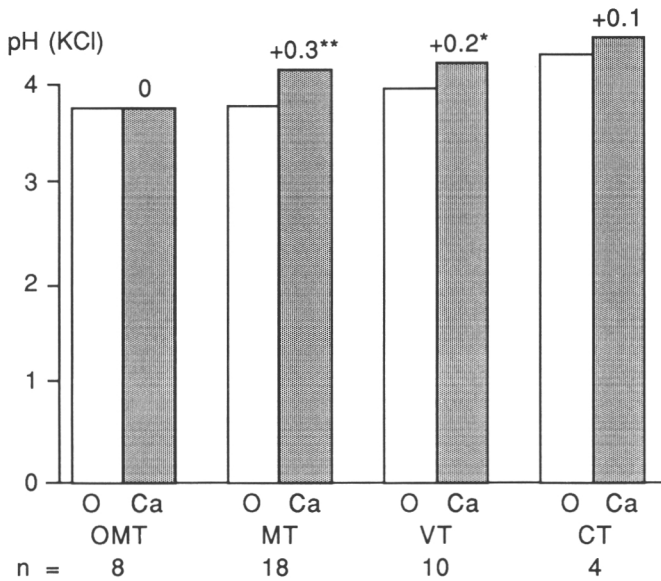


Kuva 4. Humuskerroksen C/N-suhde kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.

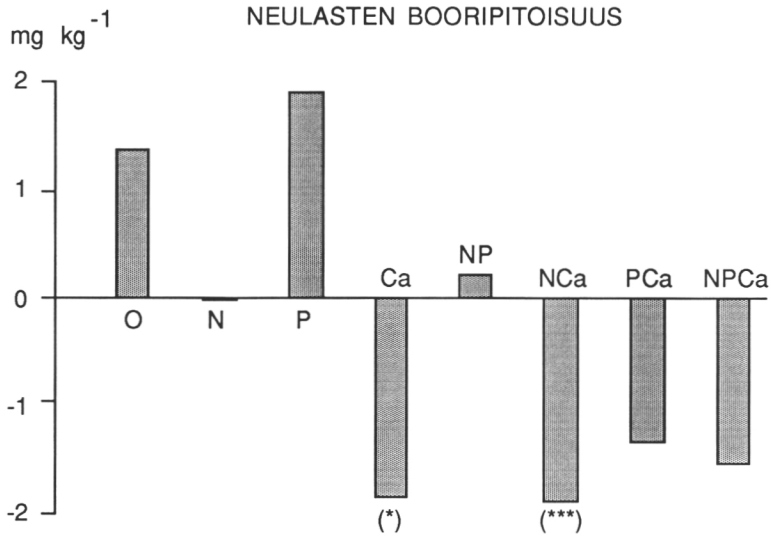
HUMUSKERROS



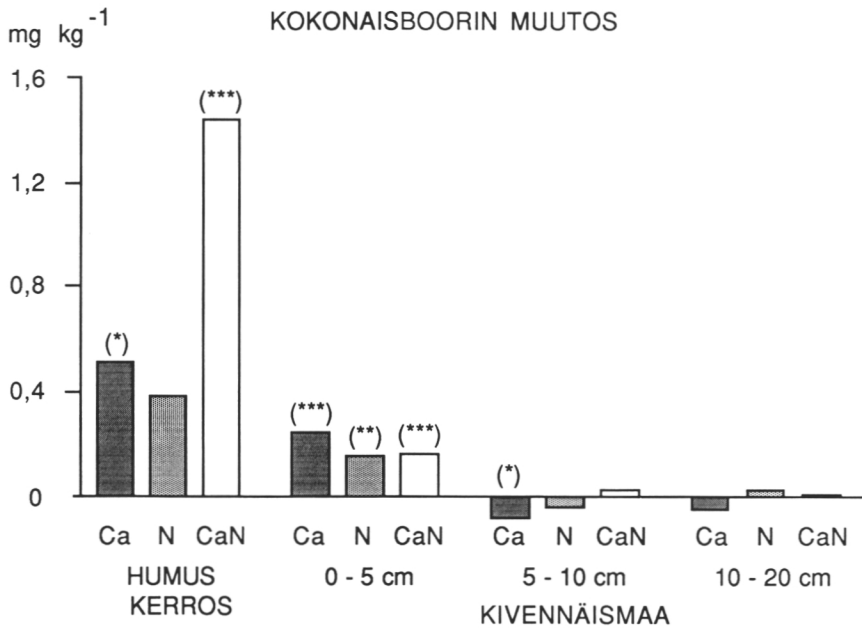
KIVENNÄISMAA (0-10 cm)



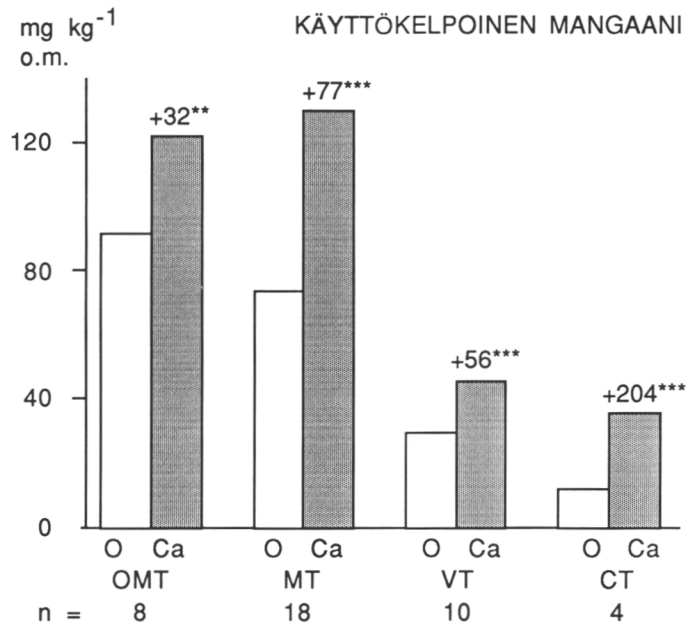
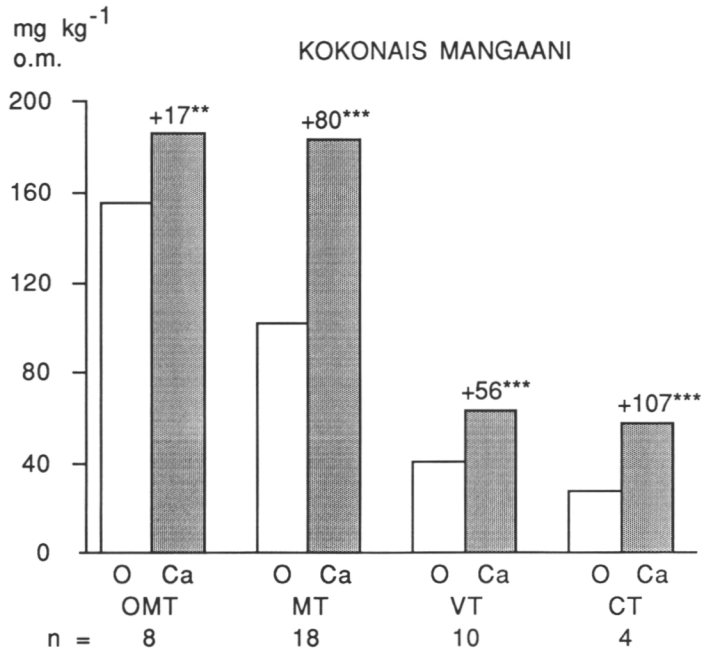
Kuva 5. Humuskerroksen pH(KCl)-arvo kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.



Kuva 6. Humuskerroksen ja kivennäismaan kokonaisboorin muutos kalkituilla (Ca), typpilannoitetuilla (N) ja CaN-ruuduilla verrattuna kontrolliruutuihin. Kalkituksesta aikaa 23 vuotta. Aineisto käsittää viisi kuusikkokoetta.



Kuva 7. Neulasten booripitoisuuden muutos kolme vuotta uusintakalkituksesta (4 t/ha) verrattuna kalkituksesta edeltävään tilanteeseen (Lipas 1990). Aineistona kolme kuusikkokoetta.



Kuva 8. Humuskerroksen kokonaismangaani ja käyttökelpoinen mangaani kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa %-muutoksen kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.

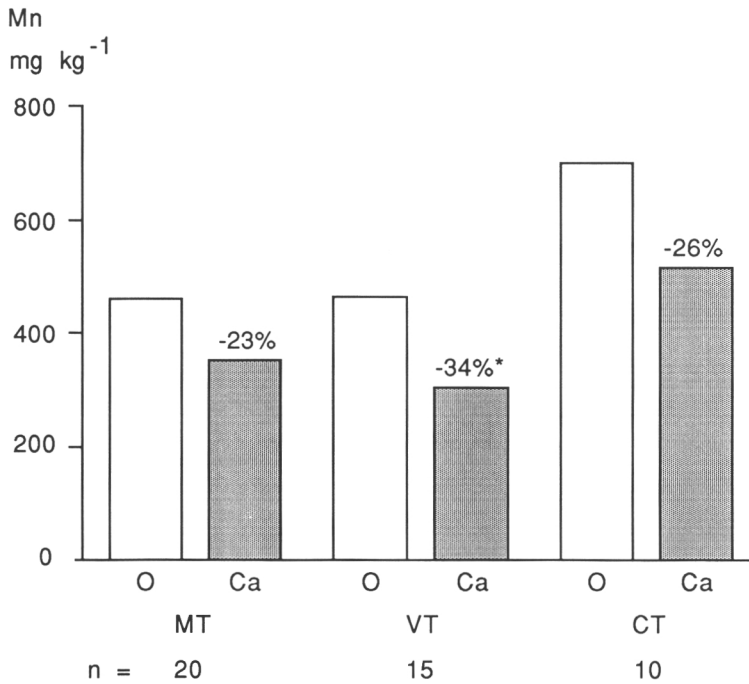
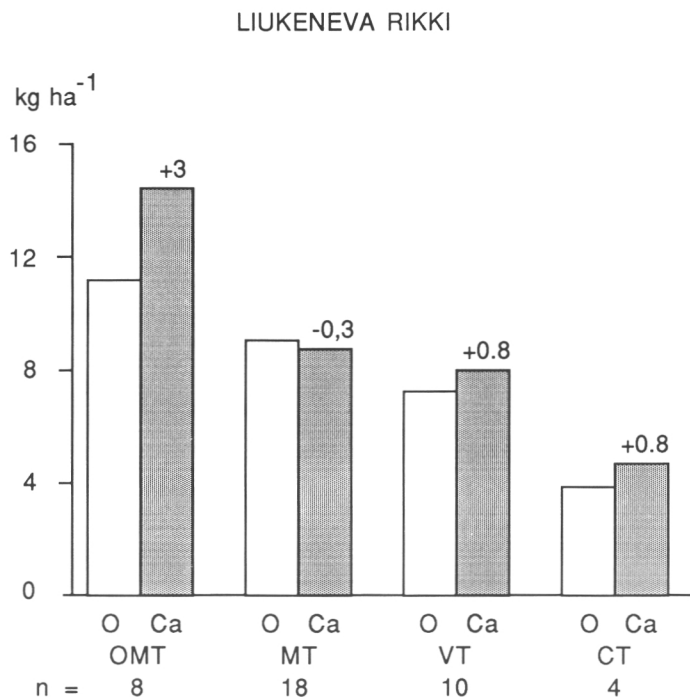
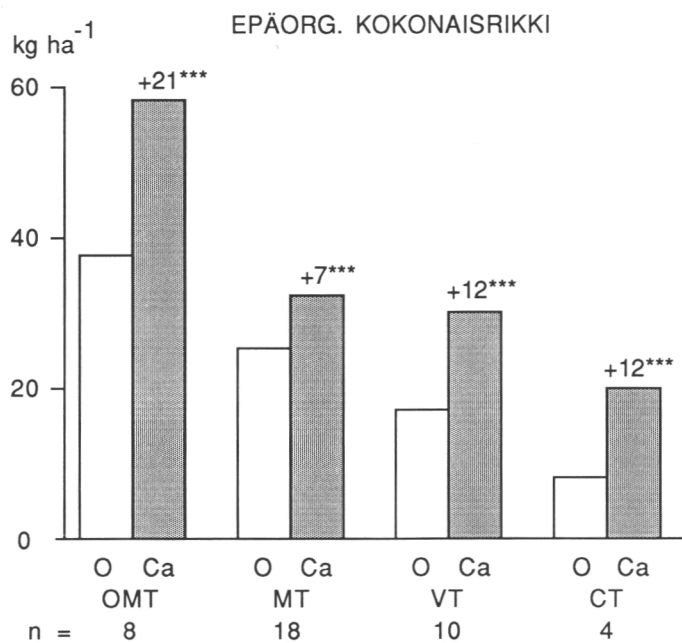
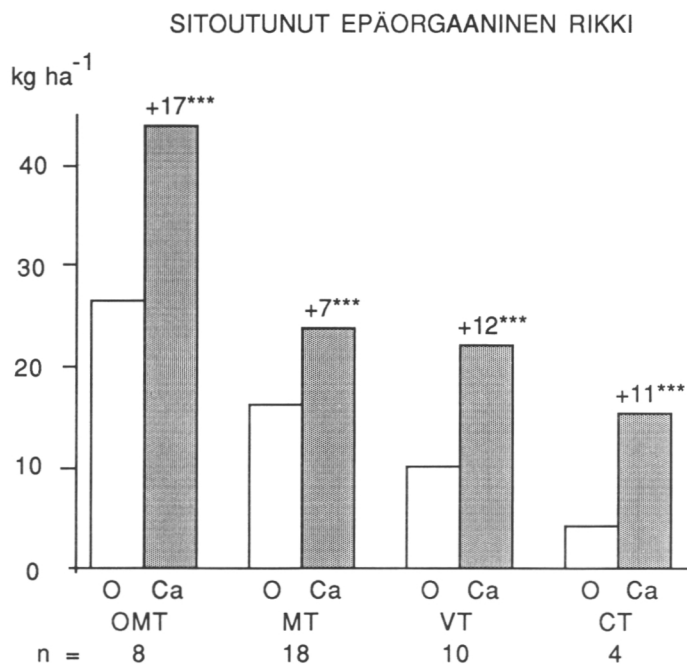


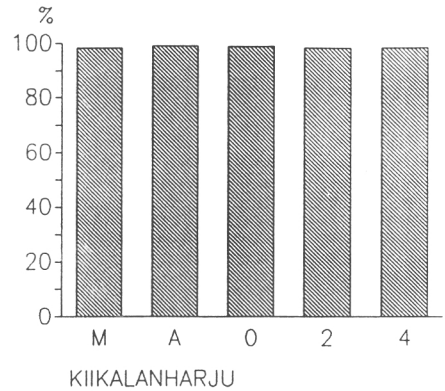
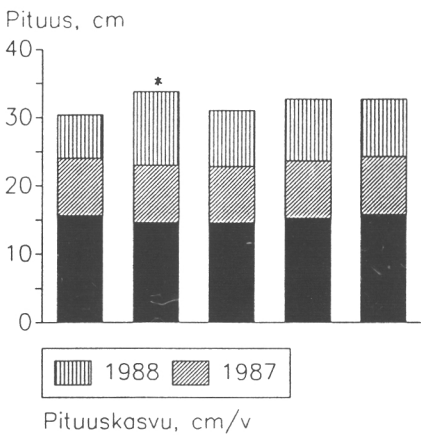
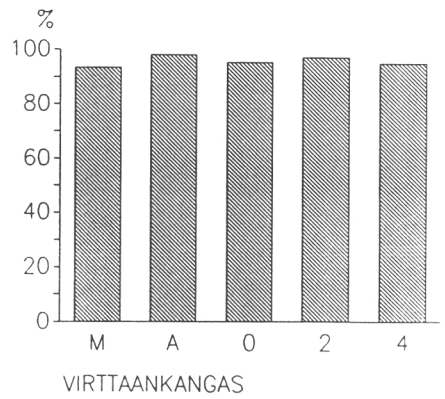
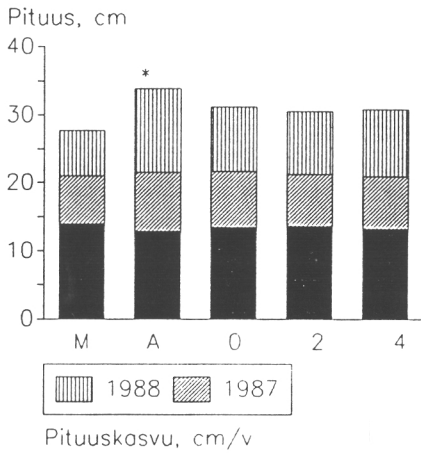
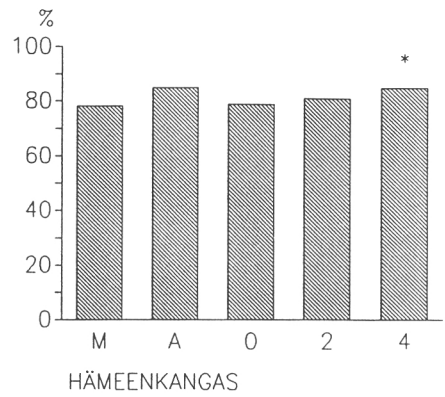
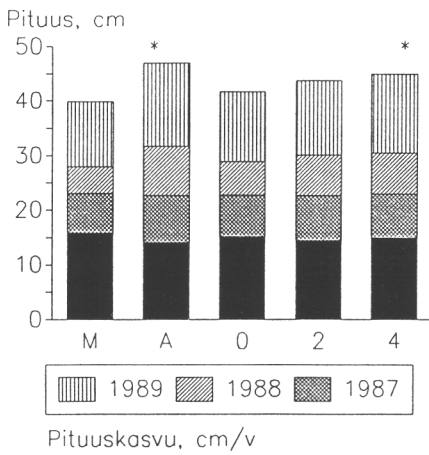
Fig. 9. Männyn neulasten mangaanipitoisuus 20 vuotta kalkituksesta kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla ruuduilla (Ca). Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.



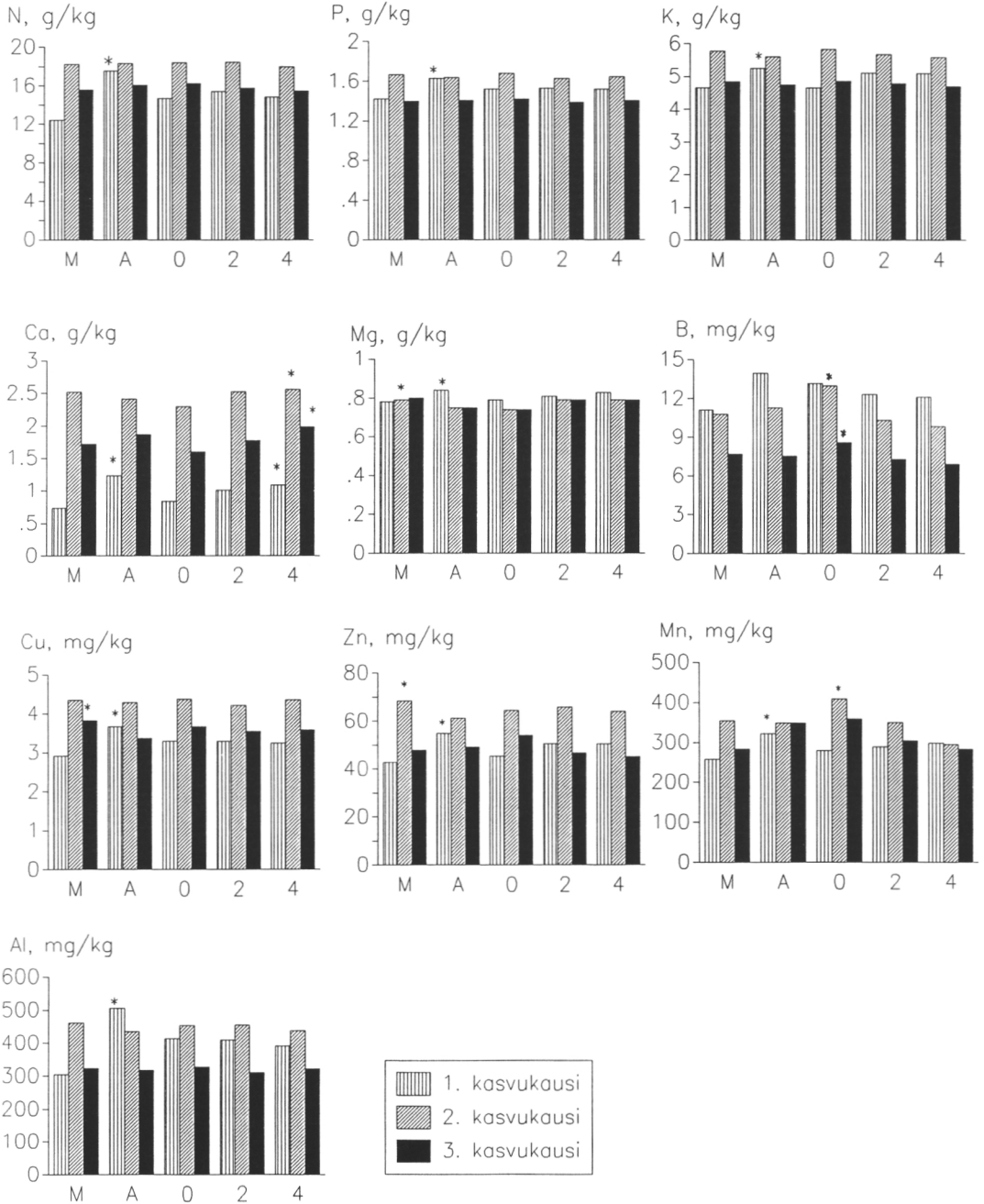
Kuva 10. Humuskerroksen epäorgaaninen kokonaisriikki ja happamaan ammonium-asetattiin liukeneva rikki kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.



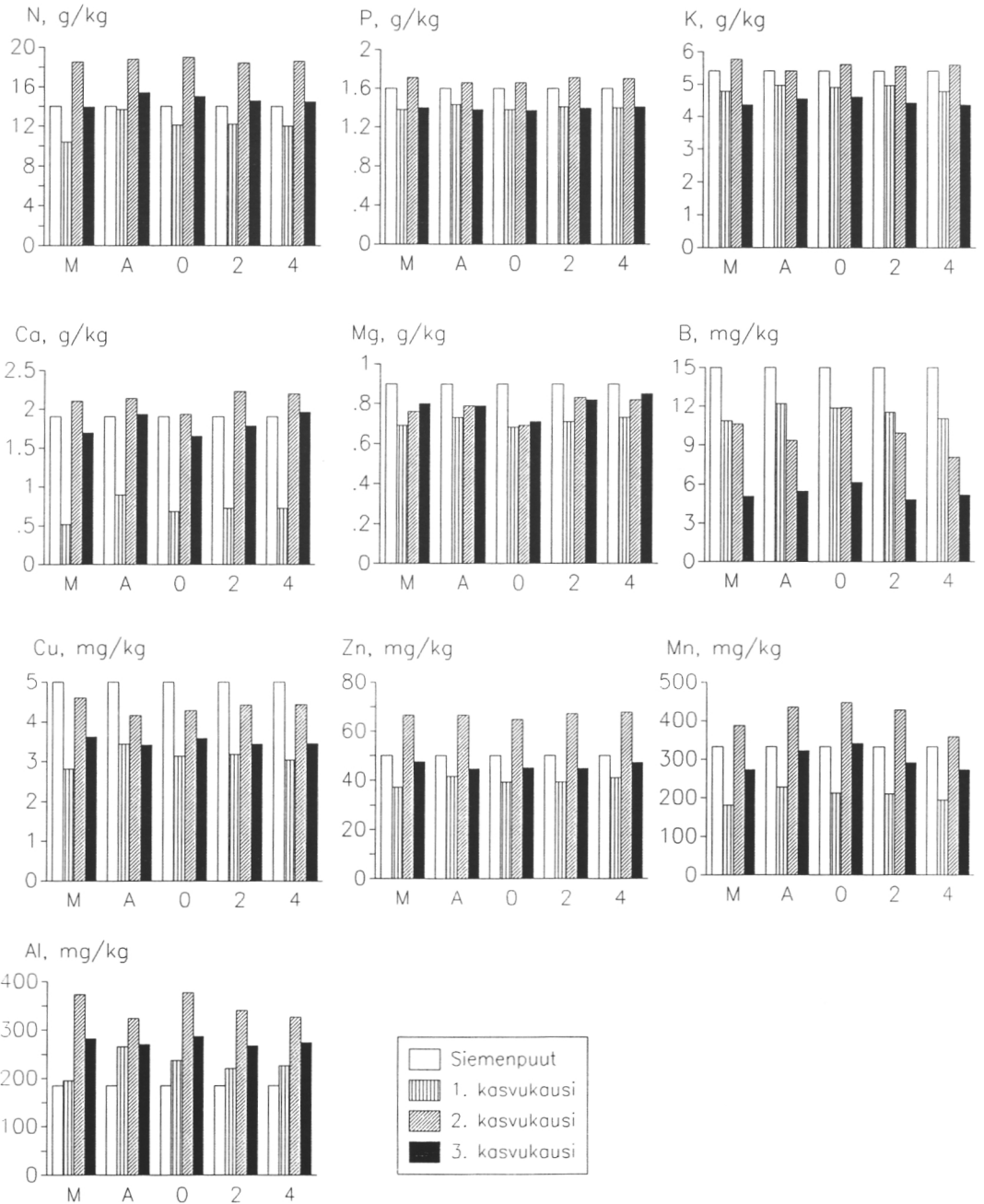
Kuva 11. Humuskerroksen sitoutunut epäorgaaninen rikki kontrolliruuduilla (O) ja kalkituilla (Ca) ruuduilla. Ca-pylväiden päällä oleva luku osoittaa muutosta kontrolliin verrattuna ja tähdet eron merkitsevyyttä t-testin mukaan.



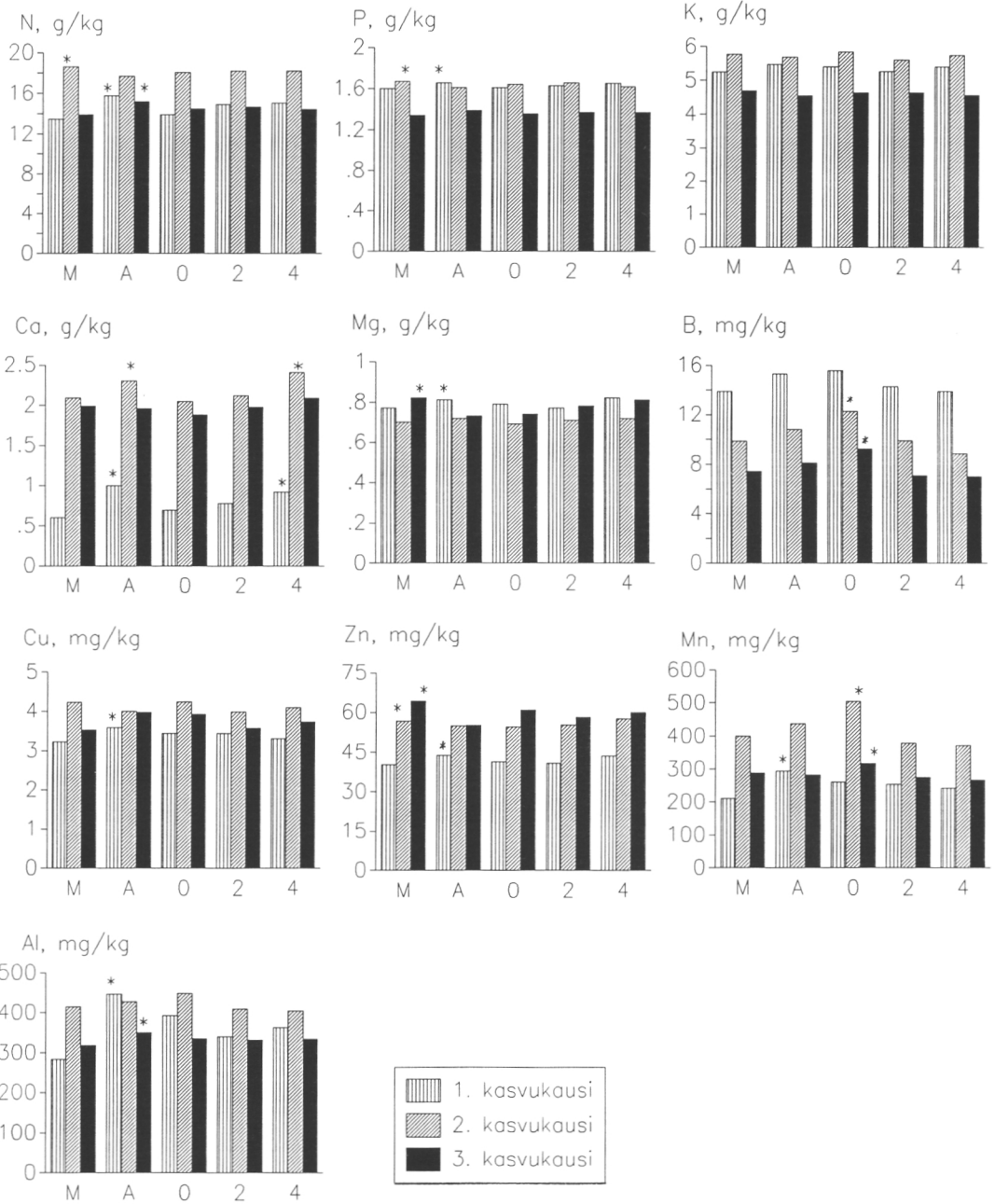
Kuva 12. Taimien pituuskehitys ja elossaoloprosentti hiekkamaiden kokeilla. M = muokkaamaton, A = aurattu, 0 = lannoittamaton, 2 = 2000 kg ja 4 = 4000 kg kalkkikivijauhetta hehtaarille.



Kuva 13. Neulasten ravinnepitoisuuksia Kiikalanharjun kalkitus- ja muokkaus- kokeella. Selitykset kuten kuvassa 12.



Kuva 14. Neulasten ravinnepitoisuuksia Hämeenkaan kalkitus- ja muokkaus- kokeella. Selitykset kuten kuvassa 12.



Kuva 15. Neulasten ravinnepitoisuuksia Virttaankankaan kalkitus- ja muokkaus- kokeella. Selitykset kuten kuvassa 12.

**YKSITYISMETSÄNOMISTAJIEN PUUNMYYNTIHALUKKUUS:
TAUSTAA KESKUSTELULLE
Heimo Karppinen**

1. JOHDANTO

Koko Etelä-Suomen yksityismetsiin kuten myös maan lounaisosiin on kertynyt varsin paljon hakattavissa olevaa puustoa. Yksityismetsänomistajien "puunmyyntihaluttomuudesta" onkin keskusteltu vilkkaasti viime vuosina. Hakkuuvajeen taustalla on nähty koko yhteiskuntaa ja myös yksityismetsätaloutta ravistellut voimakas rakennemuutos. Rakennemuutokseen liittyy monia tekijöitä, joista keskeisimpänä voidaan pitää metsämaan siirtymistä maanviljelijöiden omistuksesta metsätilanomistajien omistukseen.

Metsänomistajien hakkuukäyttötymisen tarkastelu on erityisen mielenkiintoista juuri nyt, kun metsäteollisuus on esittänyt huomattavia laajennussuunnitelmia. Halukkuutta puuvarannon hyödyntämiseksi on ilmeisesti myös maan lounaisosissa. Nyt jos koskaan on syytä kysyä: mikä on rakennemuutoksen ja metsänomistajien tulojen sekä varallisuuden nousun vaikutus puun tarjontaan ja hakkuukäyttötymiseen? Liikkuuko puu metsästä markkinoille kysynnän tahdissa?

Tässä esityksessä pyritään selvittämään rakennemuutoksen vaikutuksia kuvaamalla metsänomistajien hakkuukäyttötymistä taustatekijöiden suhteen. Esitys perustuu pääosin Karppisen ja Hännisen (1990) tutkimustuloksiin.

2. METSÄNOMISTUSRAKENNE

Aluksi verrataan metsänomistajakunnan rakennetta maan lounaisosissa (Satakunnan, Pirkka-Hämeen, Lounais-Suomen ja Helsingin metsälautakunnat) koko Etelä-Suomen (15 metsälautakuntaa) omistusrakenteeseen. Maan lounaisosia koskevat tiedot ovat vuosilta 1982 ja 1984 sekä koko Etelä-Suomen tiedot vuosilta 1980-86.

Lounais-Suomen metsänomistajista lukeutui maanviljelijöihin vielä noin puolet (51 %) (taulukko 1). Maanviljelijöitä oli alueella suhteellisesti enemmän kuin maan eteläpuoliskossa keskimäärin. Metsätilanomistajia oli Lounais-Suomen metsänomistajista neljäsosa (27 %), jos yhteisomistustilat so. perikunnat ja yhtymät luetaan omaksi luokakseen (23 %).

Lounaissuomalainen metsänomistaja oli keskimäärin varsin iäkäs, 54-vuotias, ja oli hallinnut tilaansa keskimäärin 19 vuotta tutkimusajankohtaan mennessä. Alueen metsänomistajat olivat koko Etelä-Suomen metsänomistajakuntaa hieman iäkkäämpiä, mutta erot eivät olleet suuria.

Keskimääräinen metsälökoko oli maan lounaisosissa pienempi (25 ha) kuin koko Etelä-Suomessa (30 ha). Huomattavaa on, että alueella oli koko Etelä-Suomeen verrattuna paljon aivan pieniä, 5-10 hehtaarin metsälöitä.

Yli puolet (60 %) lounaissuomalaisista metsänomistajista asui vakinaisesti tilallaan. Muualla tilan sijaintikunnassa, siis varsin lähellä metsälöään, asui vajaa viidesosa (17 %) omistajista. Vain joka neljäs (23 %) alueen metsänomistajista asui kokonaan eri kunnassa. Tilalla asumisen suhteen Lounais-Suomen metsänomistajat eivät juuri poikenneet maan eteläpuoliskon metsänomistajista.

3. METSÄNOMISTAJIEN HAKKUUKÄYTTÄYTYMINEN

Metsänomistajien hakkuita ja heidän käyttäytymistään koskevat tiedot perustuvat maan eteläpuoliskon 15 metsälautakuntaa käsittävään, vuosina 1980-86 alueittain kerättyyn aineistoon. Hakkuutiedot (myynti- ja kotitarvehakkuut) kerättiin kunkin alueen tutkimusajankohtaa edeltäneeltä viisivuotisjaksolta, joten viisivuotisjaksoja on vuosien 1975 ja 1986 väliseltä ajalta. Hakkuutiedot saatiin kaikkiaan 2 121 metsänomistajalta mutta puustotiedot kustannussyistä vain 1 864 metsälöstä. Tulokset koskevat yli viiden hehtaarin metsälöitä ja ne edustavat siten Etelä-Suomen metsänhoitomaksua maksavia metsänomistajia. Jos tuloksia halutaan yleistää erityisesti maan lounaisosiin, on syytä huomata rakennetekijöiden osuuksien eroavuudet alueen ja koko Etelä-Suomen välillä.

Taulukko 1. Metsänomistusrakenne maan lounaisosissa ja koko Etelä-Suomessa.

Rakennetekijä	Lounais- Suomi ¹	Koko Etelä- Suomi ²
	% metsänomistajista	
Omistajaryhmä:		
Maanviljelijä	51	44
Metsätilanomistaja	27	33
Yhteisomistustila		
- perikunta	17	13
- yhtymä	<u>6</u>	<u>9</u>
	100	100
Metsänomistajan ikä:		
≤ 39 vuotta	17	22
40-49 "	20	19
50-59 "	30	28
≥ 60 "	<u>34</u>	<u>32</u>
	100	100
Metsänomistajan keski-ikä, v.	54	53
Tilan keskim. hallinta-aika, v.	19	18
Metsälökoko:		
5 - 9,99 ha	29	20
10 - 19,99 "	33	29
20 - 49,99 "	28	35
50 - 99,99 "	7	12
≥ 100 "	<u>3</u>	<u>4</u>
	100	100
Metsälön keskikoko, ha	25	30
Tilalla asuminen:		
- asuu vakinaisesti tilalla	60	58
- asuu muualla tilan sijainti- kunnassa	17	16
- asuu eri kunnassa	<u>23</u>	<u>27</u>
	100	100
	n = 578	n = 2 121

¹ Satakunnan, Pirkka-Hämeen, Lounais-Suomen ja Helsingin metsälautakunnat

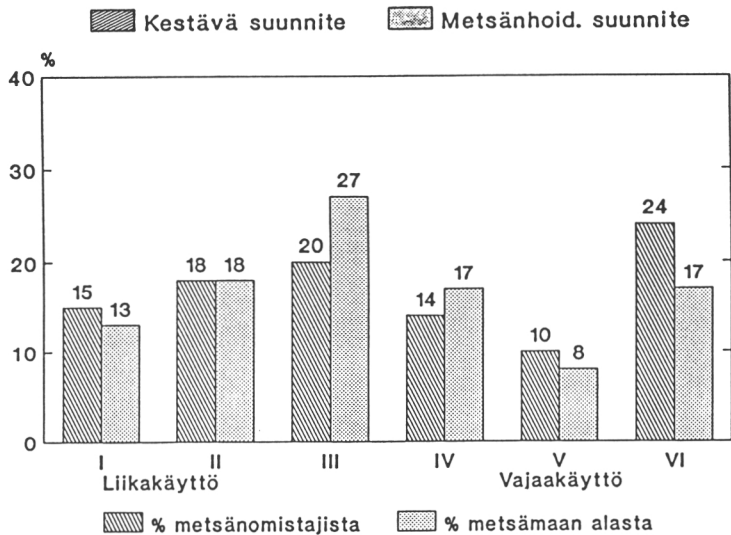
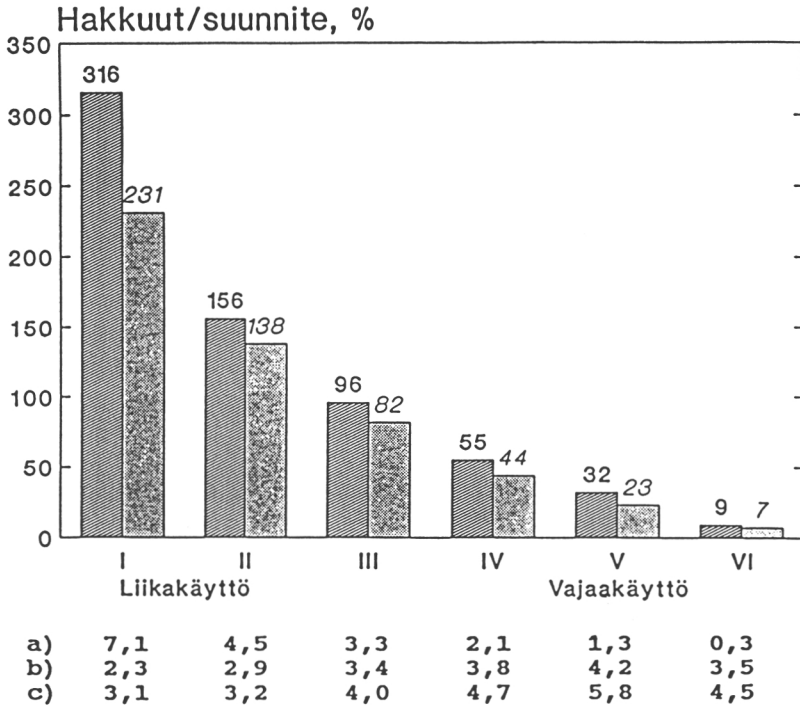
² 15 maan eteläpuoliskon metsälautakuntaa pois lukien Ahvenanmaa

Tässä suhteessa on mielenkiintoista tarkastella hakkuukäyttämistä esimerkiksi aivan pienillä (5-10 ha) metsälöillä.

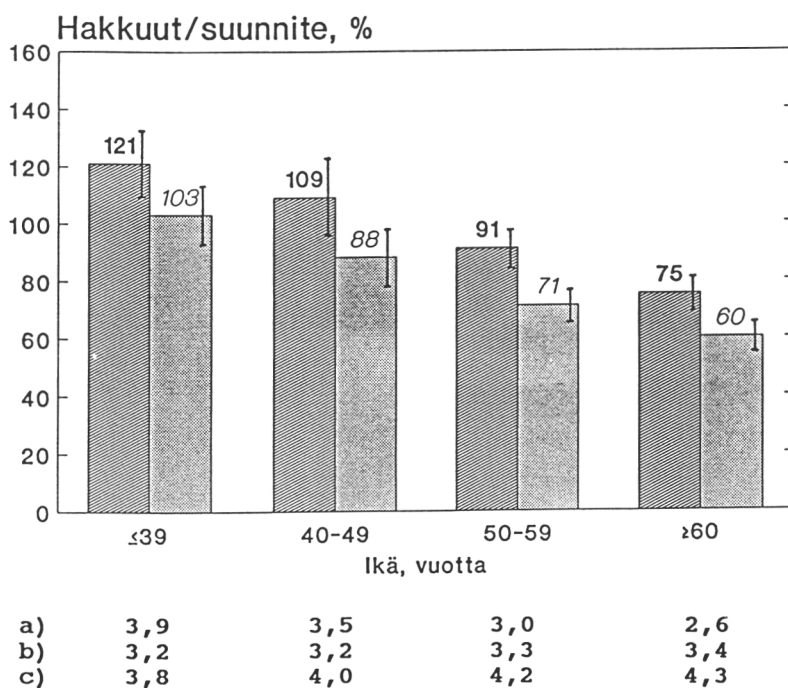
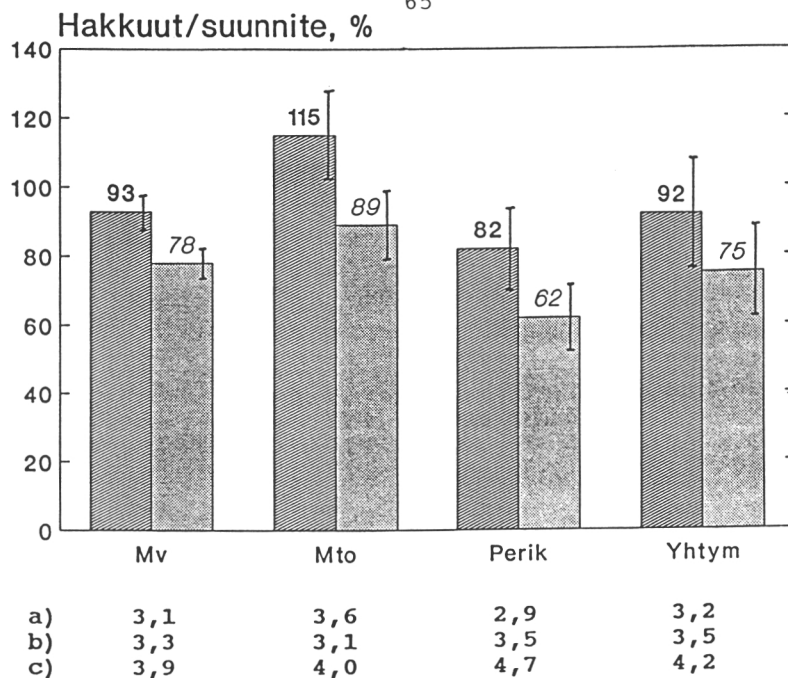
Tiloittaisia hakkuumahdollisuuksia kuvataan sekä tilakohtaisesti kestäväällä että metsänhoidollisella (kertymä)suunnitteella. Tilakohtaista suurinta kestäväää suunnitetta laskettaessa on pyritty pitkällä aikavälillä likimain tasaisiin nettohakkuutuloihin. Metsänhoidollinen suunnite kuvaa metsien käsittelyä koskeviin ohjeisiin perustuvia välittömiä hakkuumahdollisuuksia. Metsänomistajan metsänomistukselleen asettamia tavoitteita ei suunnitteissa ole otettu huomioon lainkaan. Suunnitteet ovat luonteeltaan laskennallisia, eivätkä ne kuvaa metsänomistajien noudattamaa hakkuupolitiikkaa. Suunnitteet onkin laskettu lähinnä hakkuumahdollisuuksien käytön tilakohtaisten erojen tarkastelua varten.

Metsänomistajat ryhmiteltiin hakkuumahdollisuuksien käytön suhteen (hakkuut/suunnite). Ryhmittely osoitti metsien käytön vaihtelevan selvästi metsälöittäin. Ryhmittelyn perusteella metsien käyttöä viiden vuoden aikana tarkasteltaessa voidaan todeta, että suunnitteisiin nähden liikaa hakanneita oli kolmasosa metsänomistajista ja jokseenkin täysimääräisesti hakanneita viidesosa (kuva 1). Joka toinen metsänomistaja hakkasi alle tilansa tarjoamien hakkuumahdollisuuksien. Jonkinasteisessa vajaakäytössä olleiden metsälöiden osuus Etelä-Suomen yksityismetsistä oli noin 40 %, kun taas täysimääräisesti hakanneiden metsänomistajien hallussa oli neljäsosa metsämaan alasta eli tällaiset tilat olivat keskimääräistä suurempia. Hakkuumahdollisuutensa ylittäneiden metsänomistajien metsälöt edustivat noin kolmasosaa yksityismetsien alasta.

Hakkuukäyttämisen vaihteli myös joidenkin metsänomistajien taustaan liittyvien tekijöiden suhteen. Kuvissa 2 ja 3 on esitetty hakkuumahdollisuuksien käyttöasteet ja keskimääräiset hakkuut viisivuotisjaksolta sekä molemmat suunnitteet taustatekijöittäin. Käyttöasteiden 95 %:n luottamusvälejä on kuvattu janoilla. Mikäli saman suunnitteen käyttöasteen luottamusväliä kuvaavat janat menevät päällekkäin, käyttöasteet eivät eroa toisistaan merkittävästi 5 %:n riskillä.

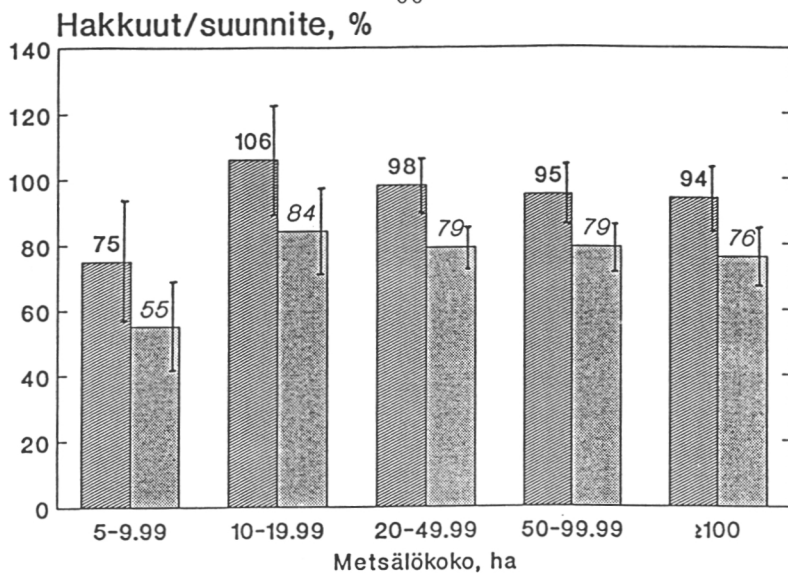


Kuva 1. Hakkuumahdollisuuksien käyttöaste metsänomistajien hakkuumahdollisuuksien käytön mukaisissa ryhmissä sekä ryhmien osuudet metsänomistajien lukumäärästä ja metsämaan alasta. (a) hakkuut; (b) kestävä suunnite; (c) metsänhoidollinen suunnite ($m^3/ha/vuosi$).

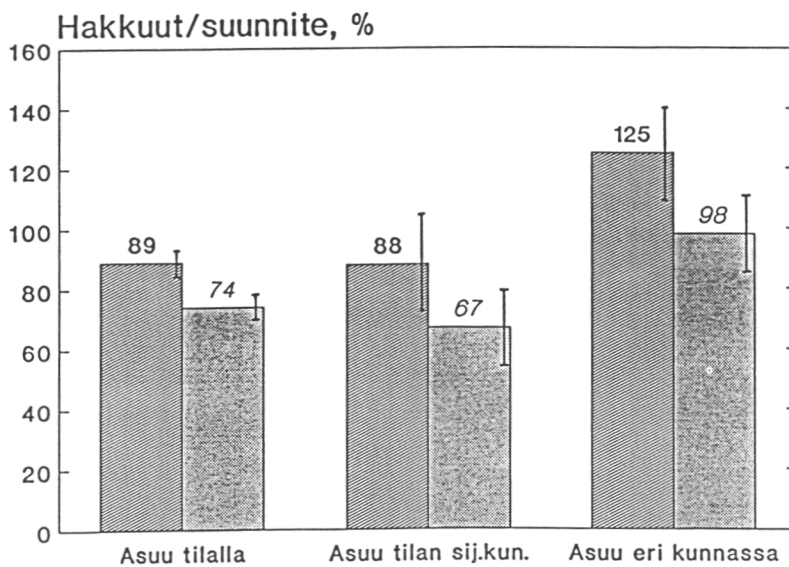


Kestävä suunnite
 Metsänhoid. suunnite

Kuva 2. Hakkuumahdollisuuksien käyttöaste omistajaryhmittäin ja metsänomistajan iän mukaan. (a) hakkuut; (b) kestävä suunnite; (c) metsänhoidollinen suunnite (m³/ha/vuosi).



a)	2,2	3,6	3,2	3,1	3,3
b)	3,0	3,3	3,3	3,3	3,5
c)	4,0	4,2	4,0	3,9	4,3



a)	3,0	3,1	3,7
b)	3,4	3,5	3,0
c)	4,1	4,6	3,8

Kestävä suunnite
 Metsänhoid. suunnite

Kuva 3. Hakkuumahdollisuuksien käyttöaste metsälön koon ja metsänomistajan tilalla asumisen mukaan. (a) hakkuut; (b) kestävä suunnite; (c) metsänhoidollinen suunnite (m³/ha/vuosi).

Omistajaryhmistä metsätilanomistajat hakkasivat metsiään keskimäärin runsaammin ($m^3/ha/vuosi$) kuin maanviljelijät mutta myivät puuta maanviljelijöitä harvemmin. Puolet metsätilanomistajista myi puuta oman arvionsa mukaan alle viiden vuoden välein, kun taas puolet maanviljelijöistä myi alle kolmen vuoden välein. Metsätilanomistajien hakkuumahdollisuuksien käyttö oli viiden vuoden tarkastelujakson aikana runsaampaa kuin muiden omistajaryhmien. Metsätilanomistajien ryhmä osoittautui kuitenkin hakkuumahdollisuuksien käytön suhteen kaksijakoiseksi: metsätilanomistajissa oli varsin paljon sekä hakkuusuunnitteen selvästi ylittäneitä että hakkuista lähes pidättyneitä metsänomistajia. Merkille pantavaa on, että perikuntien hallinnassa oleviin metsiin näyttää kertyneen välittömiä hakkuumahdollisuuksia, koska metsien käytön taso on ollut keskimääräistä alhaisempi.

Hakkuumahdollisuuksien käyttö näyttää vähenevän metsänomistajan ikääntyessä ja tilan hallinta-ajan pidentyessä. Hakkuutoiminta näyttäisi selvästi kytkeytyvän metsänomistajan elämänkaaren mukaisiin tarpeisiin siten, että metsälön haltuunsaamisen yhteydessä hakattaisiin voimakkaasti, mutta hallinta-ajan pidentyessä hakkuut alenisivat. Nuorella, metsälön äskettäin hallintaansa saaneella metsänomistajalla on luonnollisesti usein tilan lunastamiseen liittyvää rahan tarvetta ja sen kehittämiseen liittyviä investointisuunnitelmia. Tähän hallinta- ja ikävaiheeseen liittyy myös usein kodin ja perheen perustaminen, jolloin tulojen tarve lienee muutenkin suurempi kuin myöhemmin.

Usein on oletettu nimenomaan suurten metsälöiden omistajien käytävän runsaimmin hakkuumahdollisuuksiaan ja muutenkin harjoittavan aktiivista metsätaloutta. Metsälön koolla ei tulosten mukaan kuitenkaan ole selvää yhteyttä metsien käytön tasoon. Itse asiassa kymmentä hehtaaria suurempien metsälöiden hakkuumahdollisuuksien käytössä ei ole nähtävissä juuri eroja.

Poikkeuksen muodostavat pienet (5-10 ha) metsälöt, joilla hakkuut ja hakkuumahdollisuuksien käyttöaste olivat alhaisemmalla tasolla kuin suuremmilla tiloilla. Muut kuin puuntuotannolliset tavoitteet korostuvat usein tällaisten pienten tilojen metsien käsittelyssä. Pienillä tiloilla myös puunmyyntiväli muodostuu helposti pitkäksi, koska aivan pienten leimikoiden hakkaaminen ei ole taloudellisesti

kannattavaa. Myyntivälin pituus heijastuu luonnollisesti metsien käyttöön tiettyinä ajanjaksona.

Tutkimuksessa suoritettu hakkuumahdollisuuksien käytön mukainen ryhmittely antaa hieman toisenlaisen kuvan metsälökoon ja metsien käytön yhteydestä. Ryhmittelyn mukaan nimenomaan metsiään täysimääräisesti käyttäneiden metsänomistajien metsälöt olivat keskimääräistä suurempia.

Metsänomistajan välitön yhteys metsälöönsä ei näyttäisi lisäävän hakkuumahdollisuuksien käyttöä kuten usein on oletettu. Päinvastoin hakkuumahdollisuuksien käyttöaste oli suurempi kokonaan metsälön sijaintikunnan ulkopuolella asuvilla kuin tilalla vakinaisesti ja muualla tilan sijaintikunnassa asuvilla metsänomistajilla. Myös tilan sijaintikunnan ulkopuolella asuvia metsänomistajia luonnehtii vastaavankaltainen kahtiajakoisuus kuin metsätilanomistajia (vrt. ed.). Tilalla vakinaisesti asuvia oli sen sijaan erityisen vähän hakkuista lähes pidättyneiden ryhmässä ja eniten täysimääräisesti hakanneissa.

Kuuluvainen (1989, ks. myös Kuuluvainen ja Salo 1989) on laatinut em. tutkimuksen neljän metsälautakunnan tietoja käyttäen metsänomistajien puun tarjontaa kuvaavan ekonometrisen mallin. Taulukosta 2 käyvät ilmi selittävien tekijöiden vaikutukset myytyyn puumäärään ($m^3/ha/vuosi$) ja vaikutusten merkitsevyys. Jatkuvien muuttujien tapauksessa joustot kuvaavat selittävän muuttujan yhden yksikön muutoksen vaikutusta tarjottuun puumäärään. Jos esimerkiksi puuvaranto lisääntyy kymmenellä prosentilla, lisääntyy puun tarjonta neljällä prosentilla.

Luokkamuuttujien, iän, omistajaryhmän ja metsäalan vaikutukset kuvaavat myyntien absoluuttista muutosta siirryttäessä kyseisestä luokasta vertailuluokkaan muiden tekijöiden pysyessä ennallaan. Siten myynnit metsäalaltaan yli 30 hehtaarin tiloilla ovat mallin mukaan $0,8 m^3/ha/vuosi$ suuremmat kuin alle 30 hehtaarin tiloilla.

Tulokset eivät anna tukea usein esitetylle käsitykselle, että metsänomistajien vaurastuminen vähentää puun tarjontaa pitkällä aikavälillä. Muiden kuin metsätulojen lisääntyminen vaikuttaa tosin tarjontaa pienentävästi mutta varallisuuden (tulo-odotukset)

Taulukko 2. Metsänomistajien keskimääräistä puun tarjontaa selittävä malli. Selitettävä muuttuja on myyty puumäärä (m³/ha/vuosi).

Selittävä muuttuja	Vaikutus (jousto)
Kantohinta	2,16**
Viivästetty kantohinta (hintaodotukset)	-0,20
Korkokanta	0,50**
Metsälön puuvaranto	0,40***
Tulot	-0,25***
Keskim. verotettava varallisuus (tulo-odotukset)	0,15***
Ikä alle 35 vuotta	2,65***
Ikä 35-50 vuotta	2,35***
Ikä 50-65 vuotta	1,61***
Maanviljelijät verrattuna metsätilanomist.	-0,07
Metsäala yli 30 ha	0,76***

n = 370

* merkitsevä 5 %:n riskitasolla

** merkitsevä 1 %:n riskitasolla

*** merkitsevä 0,1 %:n riskitasolla

vaikutus on päinvastainen ja molemmat vaikutukset ovat suhteellisen pieniä. Pienituloisten hakkuumahdollisuudet olivat tosin vähäisemmät kuin suurituloisten, mikä osaltaan vaikuttaa pienituloisten hakkuuta vähentävästi.

Puun tarjontaa lisäävästi vaikuttavat mallin mukaan kantohinta, korkokanta, metsälön puuvaranto ja metsälön koko. Myyntihakkuut vähenevät metsänomistajan iän lisääntyessä elämänkaarioletuksen mukaisesti. Kulutus- ja hakkuupäätökset näyttävät siis riippuvan toisistaan, jolloin metsänomistajia ei voida pitää systemaattisina hakkuutulosten nykyarvon maksimoijina. Koska mallissa otetaan huomioon sekä myyntimäärä että myyntitodennäköisyys - siis myyntiuseus - on metsätilanomistajien puun tarjonta samalla tasolla maanviljelijöiden tarjonnan kanssa, vaikka metsätilanomistajien hehtaarikohtaiset vuotuiset myyntimäärät olivat suuremmat. Metsätilanomistajien puunmyyntihän toistuivat harvemmin kuin maanviljelijöiden.

4. RAKENNUMUUTOS JA PUUN TARJONTA

Metsänomistusrakenteen muutos on tosiasia, mutta sen vaikutuksesta myyntiin tulevaan raakapuumäärään ei ole selkeää käsitystä. Tutkimuksen aineiston perusteella voitiin tehdä alustavia ja lähinnä suuruusluokkaa osoittavia laskelmia rakennemuutokseen liittyvien ja raakapuun tarjontaa vähentävien tekijöiden vaikutuksesta hakkuumääriin. Tällaisia tekijöitä ovat tutkimuksen mukaan metsälöiden pirstoutuminen, metsänomistajakunnan ikääntyminen, virkistys- ja asuntotilojen sekä perikuntien määrän lisääntyminen. Metsätilanomistajien määrän lisääntyminen ei näyttäisi olevan raakapuun tarjontaa heikentävä tekijä. On tosin muistettava, että tämä varsin sekalainen ryhmä osoittautui metsien käytön suhteen kaksijakoiseksi.

Hakkuutietojen lisäksi oli käytettävissä Järveläisen (1988b) laatima rakennetekijöiden osuuksien kehitystä vuoteen 2000 mennessä kuvaava ennuste. Ennuste ei kuitenkaan koske pienten metsälöiden osuuden kehitystä. Ripatin ja Reunalan (1989) mukaan metsälöiden pirstoutumista tapahtuu noin 0,6 %:n vuosivauhdilla, mikä merkitsee noin 2 000 uutta metsälöä vuosittain. Nämä jakautuvat kuitenkin kaikkiin metsälökokoluokkiin, eivätkä yksinomaan tarkastelun kohteena oleviin 5-10 hehtaarin tiloihin.

Tarkastelussa mukana olevat, rakennemuutokseen liittyvät metsänomistajien taustatekijät eivät ole toisistaan riippumattomia, joten niiden vaikutukset raakapuun tarjontaan eivät ole suoraan laskettavissa yhteen. Kun keskimääräisten hakkuiden oletettiin eri metsänomistajaryhmissä pysyvän nykyisellä tasolla, päädyttiin kuitenkin arvioon, jonka mukaan mainittujen neljän rakennetekijän muutoksen - metsälöiden pirstoutuminen mukaanlukien - yksityismetsien vuotuista raakapuun tarjontaa vähentävä vaikutus olisi vuonna 2000 korkeintaan 1,5 miljoonaa kuutiometriä jakautuneena koko Etelä-Suomen alueelle (taulukko 3). Tarjonnan pienentyminen olisi itse asiassa vähäistä verrattuna markkinahakkuiden suhdanneluonteiseen vuotuisen vaihteluun. Puun tarjonnan olisi kuitenkin syytä vahvistua, mikäli puun kysyntä kasvaa odotusten mukaisesti.

Taulukko 3. Eräiden metsänomistajakunnan rakennemuutokseen liittyvien tekijöiden raakapuun tarjontaa heikentävä vaikutus Etelä-Suomessa. Ennuste vuodelle 2000. (T)=tämä tutkimus, (E)=ennuste.

Rakennetekijä	Osuus Etelä-Suomen yksityismetsien alasta, % (8 912 000 ha)		Hakkuut keskimäärin m ³ /ha/vuosi T & E	Puun tarjonnan muutos m ³ /vuosi E
	T	E		
Metsänomistajan ikä:				
≥ 60 vuotta	30	34 ¹	2,58	-378 000
< 60 vuotta	70	66	3,44	
Tilan tuotantosuunta:				
Virkistys ja asuminen	10	24	2,77	-627 000
Maa- ja/tai metsätalous	90	76	3,23	
Tilan omistusmuoto:				
Perikunta	12	21 ¹	2,90	-261 000
Muu yksityisomistus	88	79	3,23	
Kaikki metsänomist.	100	100	3,19	

¹ Järveläisen ennusteessa lukumääräosuuksia - eivät ilmeisesti poikkea paljoa metsäalaosuuksista

KIRJALLISUUTTA

- Hänninen, H. & Karppinen, H. 1989. Yksityismetsänomistajat hakkuumahdollisuuksiensa käyttäjinä. Teoksessa: Tervo, M. & Valsta, L. (toim.). Metsästä markkinoille. Kannattavuus, rakennemuutos ja kilpailukyky metsätaloudessa ja metsäteollisuudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 330. s. 79-91.
- Järveläinen, V.-P. 1988a. Hakkuumahdollisuuksien käyttöön vaikuttavat tilakohtaiset tekijät maan länsi- ja itä-osissa. Summary: Factors affecting the use of the allowable cut in western and eastern parts of Finland. Folia Forestalia 707. 64 s.
- 1988b. Yksityismetsätalouden rakennemuutos ja puun tarjonnan kehitys. PTT Katsaus (2): 6-12.
- Karppinen, H. & Hänninen, H. 1989. Hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa. Teoksessa: Postipankin metsätalkoot. Itä-Hämeen ja Pirkka-Hämeen metsien mahdollisuudet. Postipankki. s. 52-65.
- & Hänninen, H. 1990. Yksityistilojen hakkuumahdollisuuksien käyttö Etelä-Suomessa. Summary: Actual and allowable cut in nonindustrial private woodlots in Southern Finland. Käsikirjoitus Folia Forestalia -sarjaan.
- Kuuluvainen, J. 1989. Nonindustrial private timber supply and credit rationing. Microeconomic foundations with empirical evidence from the Finnish case. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsekonomi. Rapport 85. 244 s.
- & Salo, J. 1989. Yksityismetsänomistajien raakapuun tarjonta. Teoksessa: Postipankin metsätalkoot. Itä-Hämeen ja Pirkka-Hämeen metsien mahdollisuudet. Postipankki. s. 66-76.
- Ripatti, P. & Reunala, A. 1989. Yksityismetsälöiden lukumäärän kehitys rekisteritietojen perusteella. Sammanfattning: Utvecklingen av antalet privata skogsbruksenheter på basen av registeruppgifter. Folia Forestalia 739. 23 s.

LEHTIPUIDEN HARSUUNTUMINEN

Hannu Raitio

Keväällä 1989 lehtipuilla oli vaikeuksia Etelä-Suomessa lehteenpuhkeamisessa. Ongelmia oli etenkin koivu- ja leppälajeilla, mutta myös haavalla ja raidalla, ei kuitenkaan esim. pihlajalla. Kesän kuluessa lepät toipuivat koivuja paremmin. Syksyllä osa koivuista oli vielä lähes lehdettömiä ja osalla lehvästö oli erittäin harsu. Koivuilla lehteenpuhkeamisongelmia on ollut aikaisempinakin vuosina, esim. keväällä 1986 ja 1987. Samanlaisia oireita on todettu 1980-luvun alussa pyökillä ja tammella Keski-Euroopassa, siellä syyksi on epäilty mm. ilman epäpuhtauksia (Krapfenbauer 1987, Richter 1989).

JUURET ELÄVIÄ

Terveiden (normaali lehvästö), terveennäköisten (harsu lehvästö) ja sairaiden (lähes lehdetön) hieskoivujen juurten elävyyttä testattiin kesä-, elo- ja marraskuussa 1989 entisille suopelloille perustetuista, 17 vuotta vanhoista koivikoista kerätyistä juurinäytteistä. Biokemiallinen elävyydestesti (TTC) ei paljastanut eroja terveydentilaltaan erilaisten puiden juurten elävyydessä (kuva 1). Keväällä juurten elävyys kaikissa tutkituissa tapauksissa oli kuitenkin heikompi kuin syksyllä.

EROJA LEHTIEN RAVINNEPITOISUUKSISSA

Elokuun puolivälissä kerättiin lehtinäytteet samoista puista kuin juurinäytteetkin. Analyysit osoittivat, että tyypeä, fosforia, kaliumia, booria, rikkiä, kuparia ja sinkkiä oli eniten sekä kalsiumia, magnesiumia ja alumiinia vähiten sairaiden puiden lehdissä. Rauta- ja mangaanipitoisuuksissa ei ilmennyt eroja terveydentilaltaan erilaisten koivujen lehdissä (taulukko 1).

Ravinteista ainoastaan terveennäköisten ja sairaiden puiden lehtien magnesiumpitoisuudet olivat kirjallisuudessa esitettyjä hieskoivun

lehtien keskimääräisiä arvoja pienemmät. Muiden ravinteiden osalla ei ilmennyt merkittäviä eroja (Ferm ja Markkola 1985).

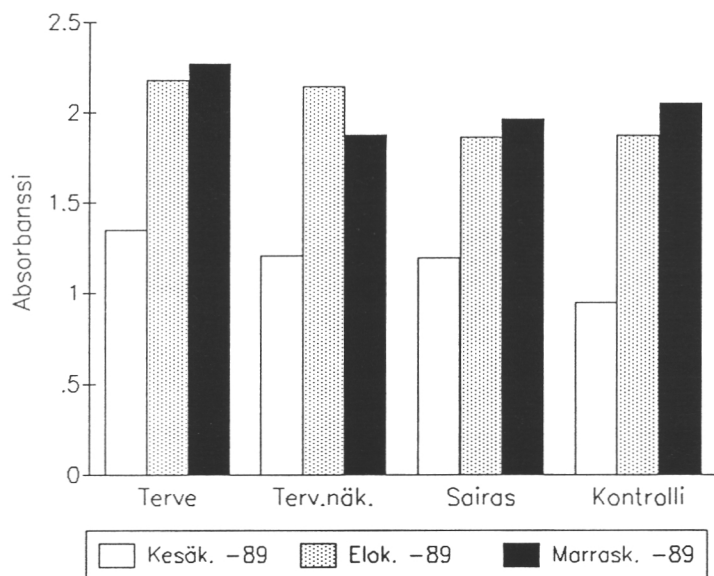
Ravinteiden akkumulaatio sairaiden koivujen lehtiin selittynee osin sillä, että sairaisissa puissa oli lehtiä huomattavasti vähemmän kuin terveennäköisissä tai terveissä puissa, kuitenkin puiden juuristot näyttivät olevan yhtä toimintakykyisiä. Kalsiumin ja etenkin magnesiumin alhaiset pitoisuudet sairaiden puiden lehdissä johtunevat puolestaan osin muiden kationien voimakkaasta otosta ja osin kasvualustan heterogeenisuudesta.

ENNENAIKAINEN LEHTIEN MENETYS

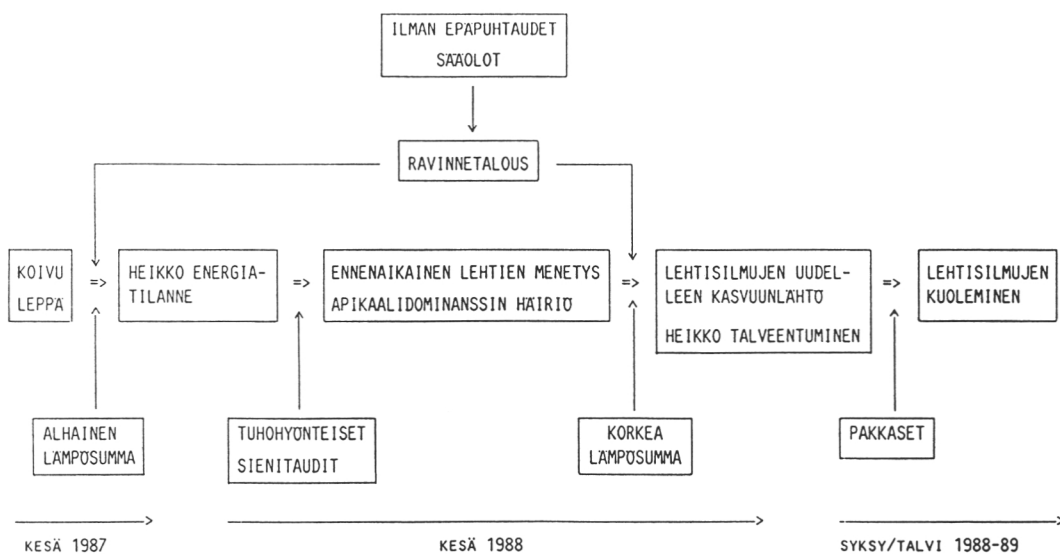
Kesällä 1988 lehtipuut kärsivät erilaisista tuhohyönteisistä, ennen kaikkea kirvoista, sekä sienitaudeista, esim. ruostesienistä. Näistä syistä johtuen osa puista menetti lehtensä ennen aikaisesti. Osalla puista latvakasvaimet kuolivat, jolloin apikaalidominanssi ja kasvin hormoonimetabolia häiriytyivät.

OLETUS ILMIÖN SYISTÄ

Näyttää ilmeiseltä, että mm. lämpimän kesän, hyvän typpitilanteen ja apikaalidominanssin häiriöiden indusoimana lehtisilmut puhkesivat uudelleen kasvuun, eivätkä ilmeisesti ehtineet talveentua, ja tuhoutuivat syksyn ja talven pakkasissa (kuva 2). Tästä syystä lehtipuihin puhkesi seuraavana keväänä normaalia vähemmän lehtiä. Leppälajeilla ilmeni myös kukkanorkkojen kuolemista, mikä viittaa siihen, että kukintakin oli alkanut normaalista poiketen jo syksyllä (ks. Kurkela 1989). Lehtipuiden kuntoa on mahdollisesti alentanut myös edellisten vuosien epäedulliset sääolot.



Kuva 1. Terveystilaltaan erilaisten hieskoivujen juuristosta TTC-menetelmällä saadut absorbanssiarvot. Karvia, Alkia.



Kuva 2. Hypoteettinen kaavio lehtipuiden lehtisilmujen tuhoutumiseen vaikuttaneiden tekijöiden vuorosuhteista.

Taulukko 1. Terveystilaltaan erilaisten hieskoivujen lehtien alkuainepitoisuudet 15.8.1989. Karvia, Alkkia. (n = 6).

Analysoitu ravinne	Terveysten tila			
	Terve	Terv.näk.	Sairas	Kontrolli
N %	2,67	2,59	3,35	2,57
P %	3,42	2,68	4,39	2,40
K %	10,18	12,11	16,43	13,03
Ca %	8,24	8,21	6,19	9,52
Mg %	2,40	1,75	1,42	2,07
S ppm	2093	1894	2634	1649
Fe ppm	106	99	100	99
Al ppm	30,9	28,5	21,3	30,4
B ppm	15,52	28,35	36,66	7,29
Cu ppm	3,83	3,53	5,53	4,15
Zn ppm	95	128	217	256
Mn ppm	1254	938	1107	930

KIRJALLISUUS

- Ferm, A. & Markkola, A. 1985. Hieskoivun lehtien, oksien ja silmujen ravinnepitoisuuksien kasvukautinen vaihtelu. Summary: Nutritional variation of leaves, twigs and buds in *Betula pubescens* stands during the growing season. *Folia Forestalia* 613:1-28.
- Krapfenbauer, A. 1987. Merkmale der Eichenerkrankung - und Hypothesen zur Ursache. *Österreichische Forstzeitung* 3:42-45.
- Kurkela, T. 1989. Lehtipuilla vaikeuksia. *Teollisuuden metsäviesti* 3:24-26.
- Richter, J. 1989. Stand der Buchenschäden nach den Waldschadenserhebungen in Nordrhein-Westfalen. *Allgemeine Forst Zeitschrift* 29-30:762-763.

JUURTEN PAKKASKESTÄVYYS

Hannu Raitio

Kuluneen vuosikymmenen aikana säätila on vaihdellut varsin voimakkaasti. Poikkeuksellisen kylmien talvien jälkeen on havaittu puustovaurioita sekä Etelä-Suomessa (Kubin ja Raitio 1985, Raitio 1987, 1990) että Pohjois-Suomessa (Raitio ja Tikkanen 1989, Tikkanen ja Raitio 1990). Samoin Keski-Euroopassa puustovaurioiden on havaittu usein liittyvän ilmastollisiin stressitekijöihin (Bosch ja Rehfuss 1988). Nämä havainnot ovat herättäneet kysymyksen ilman epäpuhtauksien ja kasvien kylmänkestävyyden välisistä vuoro-suhteista. Etenkin on pohdittu, alentavatko ilman epäpuhtaudet puiden pakkaskestävyyttä (esim. Laine ja Huttunen 1989). Suomessa keskustelulle antoi lisäpontta kesällä 1987 Pohjois-Suomen kuivien kankaiden männyissä havaittu epänormaali neulasten kellastuminen ja ennenaikainen variseminen (Tikkanen ja Raitio 1990). Ilmiön todettiin aiheutuvan pääosin juuristovaurioista, joiden syynä oli todennäköisesti ilmastostressi (Tikkanen ja Raitio 1990).

Yksi Keski-Euroopan nk. uudentyyppisiä metsätuhoja selittävistä hypoteeseista on nk. stressihypoteesi, jota kutsutaan myös puiden monistressisairaudeksi. Tämän hypoteesin mukaan puustovaurioiden syynä on maaperän happamoitumisen, ilman kaasumaisten epäpuhtauksien pitkäaikaisvaikutusten ja luonnon omien stressitekijöiden, esim. ilmaston yhdysvaikutus (Cowling ym. 1987).

Juurten pakkaskestävyys on noussut myös keskeiseksi kysymykseksi paakkutaimituotannossa, jonka osuus Suomen ja Skandinavian taimituotannossa on lisääntynyt huomattavasti tällä vuosikymmenellä (Lindström 1986 a ja b, Sutinen 1987). Useilla taimitarhoilla paakkutaimien varastointi tapahtuu joko ulkosalla tai kylmävarastoissa, jolloin taimien juuret altistuvat pakkaselle (Desjardins ja Chong 1980, Tinus 1982, Lindström 1986 a ja b).

Tässä työssä tarkastellaan kirjallisuuteen pohjautuen lähinnä havupuiden juurten pakkaskestävyyttä.

PAKKASKESTÄVYYS

Pohjoisissa oloissa kylmänkestävyys on keskeisimpiä tekijöitä kasvien kasvun ja elossa säilymisen kannalta. Se on toisaalta kasvien kyky välttää solunsisäistä ja toisaalta sietää solunulkoista jäämuodostusta (Weiser 1970, Brown 1978). Pakkaskestävyys määritellään yleensä matalimpana lämpötilana, joka ei aiheuta vaurioita solukoissa (Glerum 1985). Käytännössä pakkaskestävyys määritellään lämpötilaksi, jossa 50 % yksilöistä kuolee. Tätä rajalämpötilaa nimitetään pakkaskestävyyden LT_{50} -arvoksi (Sakai ja Larcher 1987).

TALVEENTUMINEN

Puiden vuotuisen kehitykseen kuuluvaa ilmiötä, joka aiheuttaa pakkaskestävyyden lisääntymisen, kutsutaan karaistumis- eli talveentumisprosessiksi. Vastaavasti keväällä pakkaskestävyyden heikentyessä tapahtuu suveentuminen. Molemmat prosessit noudattavat vuodenaikojen vaihteluun liittyviä ilmastollisia muutoksia. Talveentuminen ja suveentuminen ovat viileän ja kylmän ilmasto-öhykkeen puille ominaisia tapahtumia.

Havupuut kuten monet muutkin kasvit talveentuvat lyhyen päivän ja alhaisten lämpötilojen seurauksena (Aronsson 1975, Christerson 1978, Smit-Spinks ym. 1984 a ja b). Myös ympäristöstressit voivat indusoida talveentumisen (Wareing 1950, 1956, Downs ja Borthwick 1956, Aronsson 1975, Siminovitch 1981, Lewitt 1980). Juurten karaistumisen fysiologiasta on kuitenkin toistaiseksi suhteellisen vähän tietoa. Juurten talveentuminen, samoin kuin suveentuminenkin tapahtuvat kuitenkin hitaammin kuin maanpäällisten kasvinosien (Smit-Spinks ym. 1985). Juurten pakkaskestävyys lisääntyy syksyllä ja saavuttaa maksiminsa keskitalvella (Pellett ja White 1969, Mityga ja Lanphear 1971, Lindström ja Nyström 1987).

Rhododenron-, Malus- ja Juniperus-sukujen lakien juuret talveentuvat yksistään alhaisten lämpötilojen seurauksena (Wildung ym. 1973, Pellett ja White 1969, Alexander ja Havis 1980). Johnson ja Havisin (1977) mukaan Picea- ja Potentilla-suvuissa juuret talveentuvat lyhyen päivän vaikutuksesta. Smit-Spinks ym. (1984)

ovat todenneet, että männyn (Pinus sylvestris L.) juuret talveentuvat yksistään alhaisten lämpötilojen vaikutuksesta, kun taas lyhyellä päivällä ei ollut lainkaan vaikutusta. Sen sijaan Taxus-suvun lajeilla kumpikaan edellä mainituista tekijöistä ei aiheuta juurten talveentumista (Zehnder ja Lanphear 1967).

Versojen maksimaalisen talveentumisen edellytyksenä on kasvun hidastuminen tai pysähtyminen (Fuchigami ym. 1971, Lewitt 1980). Juurten kasvun ja talveentumisen välinen vuorosuhde sen sijaan ei ole täysin selvä. Juurten kasvun inhiboinnin on todettu joissakin tapauksissa edistävän niiden talveentumista (Tumanov ja Khvalin 1967, Harrington 1974). Yleensä nuoret juuret talveentuvat heikommin kuin vanhemmat (Mityga ja Lanphear 1971, Wiest ja Steponkus 1976, Studer ym. 1978, Smit-Spinks ym. 1985). Näiden näkökohtien perusteella juurten kasvun hidastuminen sekä juurten erilaistuminen ovat edellytyksenä juurten talveentumiselle. Kuitenkin monien kasvien juurten kasvu kiihtyy syksyllä aikana, jolloin kasvit normaalisti talveentuvat. Joillakin lajeilla juuret kasvavat jopa talvella (Romberger 1963, Lyr ja Hoffman 1967). Nämä havainnot puolestaan viittaavat siihen, että juurten kasvun ja talveentumisen välillä ei olisi riippuvuutta.

Juurten talveentuessa niiden vesipitoisuuden on todettu laskevan (Tumanov ja Khvalin 1966, Pellett ja White 1969). Varren ja juuren kosteuspitoisuuksien välinen ero ei kuitenkaan selitä niiden pakkaskestävyyden välistä eroa (Pellett ja White 1969, Pellett 1971). Maan typpipitoisuuden samoin kuin kasvin typpi- ja fosforipitoisuudenkaan ei ole todettu vaikuttavan juurten pakkaskestävyyteen (Pellett ja White 1969a ja b, Pellett 1973). Tosin yksiselitteisiä ja yleistettäviä tuloksia ravinteiden ja pakkaskestävyyden välisistä vuorosuhteista on varsin niukasti käytettävissä (Raitio 1987).

JUURTEN PAKKASKESTÄVYYDEN TESTAAMINEN

Juurten pakkaskestävyyttä on tutkittu suhteellisen vähän. Tähän ovat syynä juuritutkimuksen metodiset vaikeudet sekä talvella juurinäytteiden keruuseen liittyvät hankaluudet. Lisäksi oman ongelmansa muodostaa se, että jäätyneiden maanäytteiden sulaessa

juurten pakkaskestävyydessä voi tapahtua muutoksia (Howell ja Weiser 1970). Eniten juurten pakkaskestävyydestä on tehty ruohovartisilla kasveilla. Metsäpuolella vastaavia tutkimuksia on tehty taimitarhaoloissa lähinnä havupuilla paakkutaimien kylmävarastoinnin yhteydessä (Desjardins ja Chong 1980, Tinus 1982, Lindström 1986 a ja b). Sen sijaan metsikkötasolla juurten pakkaskestävyydestä ei ole tehty juuri lainkaan.

Kasvien pakkaskestävyyttä voidaan testata lukuisilla eri menetelmillä (Repo 1987, Lindström ja Mattsson 1989). Juurten pakkaskestävyyden testauksessa käytetyimpiä menetelmiä ovat olleet TTC-testi, juurten kasvupotentiaalin mittaaminen eli RGC-testit, taimien elävyyden arviointi pakkaskestävyyden jälkeen sekä erilaiset mikroskooppiset vauriotarkastelut.

TTC-menetelmä on alunperin kehitetty siementen elävyyden testaamiseen (Shuel 1948). Myöhemmin sitä on sovellettu myös juurten elävyyden testauksissa (Jacques ja Schwass 1956, Knievel 1973, Joslin ja Henderson 1984, Sutinen 1987b, Tikkanen ja Raitio 1989). TTC-menetelmä perustuu entsyymiaktiivisuuden mittaamiseen. Juurten soluissa olevien pelkistävien dehydrogenaasientsyymien toiminnan tuloksena väritön TTC eli 2,3,5-trifenyyli-tetrazoliumkloridi muuttuu punaiseksi formatzaaniksi. Mitä korkeampi juurten solukoiden entsyymiaktiivisuus on sitä voimakkaampi on punaisen värin muodostuminen ja sitä elävämpiä juuret ovat.

Juurten kuntoa esim. erilaisten käsittelyjen jälkeen voidaan kuvata myös mittaamalla niiden kasvupotentiaalia. Käytännön sovellutuksen RGC-testistä kehittivät Stone ja Jenkinson vuonna 1971. Sitä ennen juurten kasvupotentiaalia oli mitattu vain satunnaisesti yksittäisten tutkimusten yhteydessä. RGC-testi perustuu siihen, että tutkittavia taimia kasvatetaan kuukauden ajan vakioituissa kasvuoloissa, jonka jälkeen määritetään uusien, yli 1 cm pitkien juurten pituus per taimi. Mitä vähemmän uusia juuria per taimi on kasvanut sitä haitallisempi on tutkittava käsittely ollut.

Vanhin ja yleisimmin käytetty pakkaskestävyyden määritysmenetelmä on kylmäsäilytyksen jälkeinen silmävarainen tai mikroskooppisten oireiden havainnointiin perustuva elävyyden arviointi (Christers-

son 1978, Lewitt 1980, Menzies ym. 1981). Tässä menetelmässä pakkaskestävyyttä kuvataan LT₁₀-, LT₅₀- ja LT₁₀₀-tunnuksilla. Menetelmän heikkoutena on silmävaraisen arvioinnin epäluotettavuus.

Solujen ja solukoiden kuoleminen on usein havaittavissa värin muutoksina, esim. polyfenolien hapettumisen seurauksena ilmenevänä nekroosina tai protoplasman autolyysin seurauksena kumariinin tai orgaanisten happojen tyyppillisenä hajuna (Sakai ja Larcher 1987). Solukoiden värin muutoksia käytetään usein mikrokooppisten menetelmien yhteydessä.

IÄN JA PUULAJIN VAIKUTUS

Lukuisat tutkimukset ovat osoittaneet juurten olevan pakkaselle herkkiä (Parker 1959, Pellett ja White 1969, Mityga ja Lanphear 1971, Pellett 1971, Smit-Spinks ym. 1985, Holstener-Jorgensen 1986, Lindström 1986a ja b). Juurten pakkaskestävyyden on yleensä todettu olevan alhaisempi kuin maanpäällisten kasvosien (Potter 1924, Chandler 1954, Mityga ja Lanphear 1971, Pellett 1971). Esimerkiksi Pinus glaucan neulasten ja juurten pakkaskestävyyden välisen eron on todettu olevan 70 °C, marjakuusella 28 °C ja monilla varvuilla vain 15 °C (Parker 1959, Zehnder ja Lanphear 1966, Mityga ja Lanphear 1971, Havis ym. 1972). Useita osoituksia on myös siitä, että mitä nuorempi juuri on sitä heikommin se on talveentunut. Kaikkein herkimpiä ovat juurten kärjet ja pakkaskestävimpiä juurenniskan alapuoliset osat (Chandler 1954, Tumanov ja Khvalin 1967, Mityga ja Lanphear 1971, Wiest ja Steponkus 1976, Studer ym. 1978, Smit-Spinks ym. 1985, Lindström ja Mattsson 1989). Täten olisi oletettavissa, että nuorien taimien juuret olisivat pakkasvaurioille herkempiä kuin vanhempien puiden. Kuitenkin Pinus-, Picea- ja Abies-lajien taimien on todettu saavuttavan jo ensimmäisenä ikävuotenaan täyden pakkaskestävyyden (Sakai ja Okada 1971). Paitsi eri-ikäisten ja eri kasvosien niin myös saman kasvosien eri solukoiden välillä on pakkaskestävyydessä eroja (Sakai ja Larcher 1987).

Keskimäärin juurten pakkaskestävyyden katsotaan olevan nuorilla juurilla -1 - -3 °C ja vanhemmilla juurilla -5 - -23 °C (Havis

1976, Studer ym. 1978, Sakai ja Larcher 1987). Lajien ja eri alkuperien väliset erot ovat varsin suuria (Havis 1976, Studer ym. 1978). Yleensä mitä mantereisemmissä oloissa puut kasvavat sitä suurempi on niiden juurten pakkaskestävyys (Zhurova ja Patlai 1981). Ruotsalaisissa tutkimuksissa kuusen juurten pakkaskestävyyden on todettu olevan suurempi kuin männyn juurten (Lindström 1986, Lindström ja Nyström 1987). Zhurova ja Patlai (1981) ovat osoittaneet männyn juurten vaurioituvan niiden altistuessa viiden tunnin ajan $-10 - -15$ °C:n pakkaselle. Täysin letaalin lämpötilan yksivuotiaiden männyntaimien juurille laboratoriotesteissä on havaittu olevan -20 °C (Zhurova ja Patlai 1981). Ershov ja Ostroschenko (1977) suosittavatkin juuristovaurioiden välttämiseksi männyn taimien kylmävarastointia kenttäoloissa alle -18 °C:n lämpötilassa.

KIRJALLISUUS

- Alexander, L. A. & Havis, J. R. 1980. Root temperature effects on cold acclimation of an evergreen azalea. (Rhododendron.) HortScience 15:90-91.
- Aronsson, A. 1975. Influence of photo- and thermoperiod on the initial stages of frost hardening and dehardening of phytotron-grown seedlings of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst). Studia Forestalia Suecica 128:4-20.
- Bosch, C. & Rehfuess, K. E. 1988. Über die Rolle von Frostereignissen bei den "neuartigen" Waldschäden. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 107(2):123-130.
- Brown, G. N. 1978. Control of cold hardiness in tree shoots. Teoksessa: Li, P. H. & Sakai, A. (toim.). Plant cold hardiness and freezing stress. Mechanisms and crop implications. Academic Press, New York. s. 297-304.
- Chandler, W. H. 1954. Cold resistance in horticultural plants: a review. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 64:552-572.
- Christersson, L. 1978. The influence of photoperiod and temperature on the development of frost hardiness in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. Physiologia Plantarum 44:288-294.

- Cowling, E., Krahl-Urban, B. & Schimansky, Chr. 1987. Wissenschaftliche Hypothesen zur Erklärung der Ursachen. Teoksessa: Papke, H. E., Krahl-Urban, B., Peters, K. & Schimansky, Chr. (toim.) Waldschäden (Ursachensforschung in der Bundesrepublik Deutschland und den Vereinigten Staaten von Amerika). s. 120-125.
- Desjardins, R. L. & Chong, C. 1980. Unheated environments for overwintering nursery plants in containers. *Canadian Journal of Plant Science* 60:895-902.
- Downs, R. J. & Borthwick, H. A. 1956. Effects of photoperiod on growth of trees. *Botanical Gazette (Chicago)* 117:310-326.
- Ershov, L. A. & Ostroshenko, V. V. 1977. O vliyanii kholoda na posadochnyi material. (Kylmyyden vaikutus istutettavaan materiaaliin). *Lesnoe Hozyaistvo* 12:53-54.
- Fuchigami, L. H., Evert, D. R. & Weiser, C. J. 1971. A translocatable hardiness promoter. *Plant Physiology* 47:164-167.
- Glerum, C. 1973. Annual trend in frost hardiness and electrical impedance for seven coniferous species. *Canadian Journal of Plant Science* 53:881-889.
- Havis, J. R. 1976. Root hardiness of woody ornamentals. *HortScience* 11(4):385-386.
- , Titzgerald, R. D. & Maynard, D. N. 1972. Cold hardiness response of *Ilex crenata* Thurb. w. Hetzi roots to nitrogen source and potassium. *HortScience* 7:195-196.
- Holstener-Jørgensen, H. 1986. Frosthaerdighed hos rødder af *Abies nordmanniana*. Summary: Frost hardiness in roots of *Abies nordmanniana*. Meddelerser fra Norsk Institutt for Skogforskning 39(5):85-98.
- Howell, G. S. & Weiser, C. J. 1970. Fluctuations in the cold resistance of apple twigs during spring dehardening. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95:190-192.
- Jacques, W. A. & Schwass, R. H. 1956. Root development in some common New Zealand pasture plants. VII. Seasonal root replacement in perennial ryegrass (*Lolium perenne*), Italian ryegrass (*L. multiflorum*), and tab fescue (*Festuca arundinacea*). *New Zealand Journal of Science and Technology* 37:569-583.
- Johnson, J. R. & Havis, J. R. 1977. Photoperiod and temperature effects on root cold acclimation. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102(3):306-308.

- Joslin, J. D. & Henderson, G. S. 1984. The determination of percentages of living tissue in woody fine root samples using triphenyltetrazolium chloride. *Forest Science* 30:965-970.
- Junttila, O. & Kaurin, Å. 1990. Environmental control of cold acclimation in *Salix pentandra*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 5:195-204.
- Kniewel, D. P. 1973. Procedure for estimating ratio of living to dead root dry matter in root care samples. *Crop Science* 13:124-126.
- Kubin, E. & Raitio, H. 1985. Puustovauriot keväällä 1985 Suomessa. Metsäammattimiehille osoitetun kyselyn tulokset. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 198:1-30.
- Laine, K. & Huttunen, S. 1989. Ilman epäpuhtaudet ja kasvien talvehtiminen: Happaman sateen vaikutukset havupuun taimien talvehtimiseen. Kokeellinen tutkimus. Teoksessa: Kulmala, A. & Ryaboshapko, A. (toim.). Ilman pilaantuminen Itämeren alueella, epäpuhtauksien kulkeutumisen ja niiden vaikutus ympäristöön. Suomalais-neuvostoliittolainen ympäristönsuojelun sekakomissio. Leningrad Hidrometeoizdat. s. 224-235.
- , Karhu, M. & Huttunen, S. 1984. Some aspects of winter injuries caused by air pollutants. *Oulanka Reports* 5:17-20.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. 2nd ed. Academic Press, New York. pp. 99-107.
- Lindström, A. 1986 a. Freezing temperatures in the root zone-effects on growth of containerized *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(3):371-377.
- 1986 b. Outdoor winter storage of container stock on raised pallets-effects on root zone temperatures and seedling growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1:37-47.
 - & Mattsson, A. 1989. Equipment for freezing roots and its use to test cold resistance of young and mature roots of *Picea abies* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:59-66.
 - & Nyström, C. 1987. Seasonal variation in root hardiness of container-grown Scots pine, Norway spruce, and lodgepole pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17:787-

793.

- Lyr, H. & Hoffmann, G. 1967. Growth rates and growth periodicity of tree roots. *International Review of Forestry Research* 2:181-236.
- Menzies, M. I., Holden, D. G., Green, L. M. & Rook, D. A. 1981. Seasonal changes in frost tolerance of *Pinus radiata* seedlings raised in different nurseries. *New Zealand Journal of Forestry Science* 11.2:100-111.
- Mityga, H. G. & Lanphear, F. O. 1971. Factors influencing the cold hardiness of *Taxus cuspidata* roots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96(1):83-86.
- Parker, J. 1959. Seasonal variations in sugars of conifers with some observations on cold resistance. *Forest Science* 5(1):56-63.
- Pellett, H. 1971. Comparison of cold hardiness levels of root and stem tissue. *Canadian Journal of Plant Science* 51:193-195.
- Pellett, N. E. 1973. Influence of nitrogen and phosphorus fertility on cold acclimation of roots and stems of two container-grown woody plant species. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98(1):82-86.
- & White, D. B. 1969 a. Soil-air temperature relationships and cold acclimation of container grown *Juniperus chinensis* 'Hetzi'. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94:453-456.
 - & White, D. B. 1969 b. Effect of soil nitrogen and soil moisture levels on the cold acclimation of container grown *Juniperus chinensis* 'Hetzi'. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94:457-459.
 - & White, D. B. 1969 c. Relationship of seasonal tissue changes to cold acclimation of *Juniperus chinensis* 'Hetzi'. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94:460-462.
- Potter, G. F. 1924. Experiments on resistance of apple roots to low temperatures. *New Hampshire Agricultural Experiment Station Technical Bulletin* 27. 34 s.
- Raitio, H. 1987 a. Site elevation differences in frost damage to Scots pine (*Pinus silvestris*). *Forest Ecology and Management* 20:299-306.
- 1987 b. Pakkaskestävyys ja ravinteet. *Metsäntutkimus-*

- laitoksen tiedonantoja 249:31-35.
- 1990. The foliar chemical composition of young pines (*Pinus sylvestris* L.) with or without decline. Teoksessa: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (toim.) Acidification in Finland. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 699-713.
 - & Tikkanen, E. 1989. Nutritional disturbances of young pines in a dry heath forest. *Plant and Soil* 113:229-235.
- Repo, T. 1987 a. Pakkaskestävyyden mittausmenetelmät. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249:36-48.
- 1987 b. Puiden pakkaskestävyyden määrittäminen impedanssimenetelmällä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 249:49-57.
- Romberger, T. A. 1963. Meristems, growth, and development in woody plants. U S Department of Agriculture Technical Bulletin 1293.
- Sakai, A. & Larcher, W. 1987. Frost survival of plants. Responses and adaptation to freezing stress. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. *Ecological Studies* 62. 321 s.
- & Okada, S. 1971. Freezing resistance of conifers. *Silvae Genetica* 20:91-97.
- Shuel, R. W. 1948. Seed germinability tests with 2,3,5-triphenyl-tetrazolium chloride. *Science in Agriculture* 28:34-38.
- Siminovitch, D. 1981. Common and disparate elements in the processes of adaptation of herbaceous and wood plants to freezing - a perspective. *Cryobiology* 18:166-185.
- Smit-Spinks, B., Swanson, B. T. & Markhart, A. H. 1984 a. Changes in water relations, water flux, and root exudate abscisic acid content with cold acclimation of *Pinus sylvestris* L. *Australian Journal of Plant Physiology* 11(5):431-441.
- , Swanson, B. T. & Markhart, A. H. 1984 b. Cold hardiness and growth of roots and shoots of *Pinus sylvestris* L. Abstract 343. Session 19. *HortScience* 19(3).
 - , Swanson, B. T. & Markhart, A. H. 1985. The effect of photoperiod and thermoperiod on cold acclimation and growth of *Pinus sylvestris*. *Canadian Journal of Forest Research* 15:453-460.
- Stone, E. C. & Jenkinson, J. L. 1971. Physiological grading of ponderosa pine nursery stock. *Journal of Forestry* 69:31-33.
- Studer, E. J., Steponkus, P. L., Good, G. L. & Wiest, S. C.

1978. Root hardiness of container-grown ornamentals. *HortScience* 13(2):172-174.
- Sutinen, M.-L. 1987 a. Kennotaimien juurten pakkasvaurioista. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 249:67-71.
- 1987 b. Taimien fysiologisesta kunnosta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 253:39-47.
- Tikkanen, E. & Raitio, H. 1990. On the occurrence and causes of needle loss observed in Northern Finland in summer 1987. Report from a Workshop held in Rovaniemi, Finland 17-19 October, 1988. *Nord* 20:157-168.
- Tinus, R. W. 1982. Successful overwintering of container-grown seedlings. In Proc. of the 1981 Intermountain Nurserymen's Assoc. meeting. Canadian Forestry Service. Edmonton, Alberta. Information Report NOR-X-241:26-41.
- Tumanov, I. I. & Khvalin, N. 1966. Causes of poor cold resistance in roots of fruit trees. *Soviet Plant Physiology* 14:763-770.
- & Khvalin, N. N. 1967. Causes of poor cold resistance in roots of fruit trees. *Fiziologija Rastenij* (Engl. Transl.) *Soviet Plant Physiology* 14:908-918.
- Wareing, P. F. 1950. Growth studies in woody species I. Photoperiodism in first-year seedlings of *Pinus sylvestris*. *Physiologia Plantarum* 3:258-275.
- 1956. Photoperiodism in woody plants. *Annual Review Plant Physiology* 7:191-214.
- Weiser, C. J. 1970. Cold acclimation and injury in woody plants. *Science* 169:1269-1278.
- Wiest, S. C. & Steponkus, P. L. 1976. Acclimation of pyracantha tissues and differential thermal analysis of the freezing process. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101(3):273-277.
- Wildung, D. K., Weiser, C. J. & Pellett, H. M. 1973. Temperature and moisture effects on hardening of apple roots. *HortScience* 8:53-55.
- Zehnder, L. R. & Lanphear, F. O. 1966. The influence of temperature and light on the cold hardiness of *Taxus cuspidata*. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 89:706-713.
- & Lanphear, F. O. 1967. The influence of temperature and light on the cold hardiness of *Taxus cuspidata*. Proceed-

ings of the American Society for Horticultural Science
89:706-713.

Zhurova, P. T. & Patlai, J. N. 1981. O morozoustojchivosti
odnoletnikh seyantsev sosny obyknovennoj razlichnogo geo-
graficheskogo proiskhozhdeniya i nekotorykh drugikh vidov
sosny. Lesovodstvo i Agrolesomelioratsija 59:13-17.

Parkanon tutkimusaseman tiedonantoja

- No. 1 Eero Paavilainen ja Veikko Koskela. Parkanon tutkimusasema 1961—1970. 1972.
- No. 2 Eero Paavilainen ja Seppo Kaunisto. Männyn koneellinen istutus Mara-istutuskoneella verrattuna käsinistutukseen avosuon metsityksessä. 1973.
- No. 3 Tutkimuspäivän esitykset. 1976.
- No. 4 Seppo Kaunisto. Alkkian kenttäkokeet 1961—1975. 1976.
- No. 5 Kaarlo Kinnunen. Kylvö- ja istutusajankohdan vaikutus kennotaimien alkukehitykseen. 1977.
- No. 6 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvömenetelmien vertailua. 1977.
- No. 7 Tutkimuspäivän esitykset. 1978.
- No. 8 Tutkimuspäivän esitykset. 1979.
- No. 9 Tutkimuspäivän esitykset. 1980.

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja

- No. 94 Tutkimuspäivän 1982 esitelmät. 1982.
- No. 108 Kaarlo Kinnunen ja Ilkka Laurila. Erialaisten männyntaimien juuriston ja verson alkukehitys karuhkolla moreenimaalla. 1983.
- No. 116 Hannu Raitio. Hypoteesi männyntaimien kasvuhäiriöiden synnystä taimitarhoilla ja kivennäismailla. 1983.
- No. 137 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1983. 1984.
- No. 144 Seppo Kaunisto. Alustavia tuloksia kasvuhäiriöisten männyntaimien kehityksestä suonpohjan turpeella. 1984.
- No. 177 Seppo Kaunisto. Metsityskokeet Kihniön Aitonevalla. 1985.
- No. 184 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1984. 1985.
- No. 202 Seppo Kaunisto ja Kaarlo Kinnunen. Taimilajin ja taimitarhalla todetun kasvuhäiriön vaikutus männyn taimien alkukehitykseen maastossa. 1985.
- No. 215 Kaarlo Kinnunen. Männyn kylvötuppaiden harventamisesta. 1986.
- No. 225 Hannu Raitio ja Eero Tikkanen. Nuorten mäntyjen kalsium- ja magnesiumtalouden häiriö kuivalla kankaalla. 1986.
- No. 235 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1985. 1986.
- No. 236 Seppo Kaunisto, Kaarlo Kinnunen, Sulo Lehtinen, Kalle Nevanranta ja Jorma Tukeva. Alkkian kenttäkokeet 1961—1986. 1986.
- No. 270 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1986. 1987.
- No. 300 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1987. 1988.
- No. 337 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1988. 1989.

Tiedonantoja on saatavissa Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalta (39700 Parkano, puh. 933-829 12).

ISBN 951-40-1134-1
ISSN 0358-4283