

Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Kansikuva: Yksivuotias kaksijaksoinen taimikko äestysalalla Somerolla. Äestys kesällä 1989, valokuvaus syyskuussa 1990. Käenkaalimustikkatyyppi, maalaji hietamoreeni. Koivun valtataimet pituudeltaan 30 cm, kuusen taimet 4 cm. Kaksijaksoinen rakenne säilyy koko kiertöajan, jos koivikko pidetään täysipuustoisena. Koivusta vapautuessaan kuusikko on varttunutta taimikkoa tai nuorta harvennusmetsää.

Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema
Parkano 1993

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470

Sisällys

<i>Seppo Kaunisto</i> Ojituksen vaikutus kasvihuonekaasujen päästöihin suolta	4
<i>Markku Saarinen</i> Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä	6
<i>Kaarlo Kinnunen</i> Luonnonsiemennyksen ja kylvön yhdistelmä männyn uudistamisessa	13
<i>Eira-Maija Savonen</i> Koivun siemensato ja siementen käsittely	21
<i>Olavi Laiho</i> Koivun uudistaminen ja kasvatusta	28
<i>Olavi Laiho</i> Lehtipuuston esiintyminen 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa	35
<i>Hannu Raitio</i> Hämeen- ja Pohjankankaan metsien tilasta ja taimikkotuhojen syistä kautta aikojen	41
<i>Tytti Sarjala</i> Polyamiinit puiden stressitekijöinä	50
<i>Teuvo Levula</i> Metsien terveydentila Harjavallan ympäristössä	54

Kirjoittajien yhteystiedot: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano.
Puhelin 933-443 51 Fax 933-443 5200.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Hyväksynyt: Olavi Laiho, tutkimusosan johtaja
31.8.1993.

Jakaja: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironientie 54, 39700 Parkano. Puhelin 933-443 51.
Fax 933-443 5200.

Hinta: –

ISBN 951-40-1317-4
ISSN 0358-4283

Lukijalle

Parkanon tutkimusaseman vuosittainen tutkimuspäivä järjestettiin viime vuoden joulukuussa Porissa. Se oli tarkoitettu erityisesti Satakunnan ja Lounais-Suomen metsäammattiväelle. Osanottajien määrä oli vajaat 200. Esitelmät on nyt saatettu kirjalliseen asuun ja niissä on otettu huomioon keskustelussa esitetyt näkökohdat. Mahdollisuuksien mukaan niitä on muutenkin täydennetty. Esitelmistä puuttuu metsäverouudistusta koskeva, josta on tutkimuspäivän jälkeen valmistunut väitöskirja (Acta Forestalia Fennica 233, Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 440).

Edellisillä tutkimuspäivillä Porissa kolme vuotta sitten ei korkeasuhdanteen loppuminen ollut vielä näköpiirissä. Monenlaisia muutoksia oli kuitenkin meneillään tai tulossa. Sen jälkeen muutosvauhti on ollut kiihtyvää. Yhtenä esimerkkinä olkoon metsäverojärjestelmän muutos. Sitä mietittiin vuosikymmenet, mutta kesällä 1992 se päätettiin lähes mieltimättä. Joulukuussa 1992 julkistettu metsäsektorin ajankohtaiskatsaus oli vanha jo syntyessään. Niinpä kantohinnat laskivat syksyllä lähes viikottain, ja sama suunta on vallinnut kuluvanakin vuonna.

Sahateollisuutta uhkaa parhaillaan raaka-ainepula. Syynä on varmaankin "veronväistöhakuiden" jälkitila mutta myös uudet laatu- ja mittavaatimukset ärsyttävät. Varhemmin järeä tukki oli sahojen tavoittelema raaka-aine, nyt sahataan halukkaasti pikkutukkia ja 35 cm latvasta ylittävä tukki on sahoille raakki. Sahausjälkeä ja tehokkuutta parantavat kehäsahan korvaaminen vannesahalla, pelkkahakkurilla ja jakosirkkelillä sekä mittauksen, katkonnan, lajittelun ja laatuoluokituksen tietokoneistaminen. Näiden myötä työntekijää kohti laskettu sahausmäärä on saattanut moninkertaistua.

Metsäteollisuuden käyttöaste oli viime vuoden lähellä käytännön maksimiaan. Silti markkinahakkuut olivat vain 39 milj. m³ eli vajaan puolet kasvusta. Yksityismetsien osuus oli sitäkin vähäisempi koska valtion ja teollisuuslaitosten metsiä hakattiin yli suunnitteen. Korkean käyttöasteen ja vähäisen käytön ristiriitaan on syynä raakapuun tuonti ja kapasiteetin pienentyminen. Eteenpäin mentäessä sahauskapasiteetti pitäisi nostaa varhempaan maksimitasoonsa ja jalostusastetta parantaa. Ratkaisu ei ole ylettömän kalliskaan. Kotimaista sellu- ja paperiteollisuutta tulisi huomattavasti laajentaa. Porilaistenkin toiveena lienee Rauman sellutehtaan pikainen rakentaminen. Sivutuotteena saataisiin saasteetonta energiaa. Toki puun voisimme kaikkikin polttaa, eihän runkokuun kasvu riitä kuin puoleen energiatarpeestamme, mutta savu on huono vientitikkeli. Raakapuun tuontia on vaikea lopettaa, sen verran kova paine naapurimaista on. Itsekin olemme tuontiin syypäät, sillä meillä vallitsee lyhytkuidusta kova pula. Kysyntää saattaa rajoittaa myös leimikkojen huononeminen ja hintojen pelättävissä oleva nousu ostomäärän suurenessa.

Metsäntutkimuslaitos on ottanut kuluvan vuoden uusiksi tutkimusteemoiksi metsien vajaakäytön vähentämisen ja biodiversiteetin. Jos edellinen ratkeaa tutkimuksen keinoin niin tutkijat saattavat siinä onnistuakin. Itse pelkään, että niin ei käy. Yhdessä nämä sen sijaan ratkeavat. Tervekin metsä voi olla vaihteleva ja monimuotoinen ollessaan lehtisekapuustoinen, pienikuvioinen, jaksottainen jne., mutta oman lisänsä esimerkiksi sienten ja hyönteisten kannalta siihen tuovat sairaat ja kuolleet puut. Siihen suuntaan ollaan hyvää vauhtia menossa.

Tutkimuspäivän aiheista neljä käsittelee metsien uudistamista. Se onkin tärkeä asia ja luo perustan vuosikymmenten jatkokehitykselle. Toinen puoli aiheista käsittelee metsien terveydentilaa ja siihen vaikuttavia tekijöitä. Myös tutkimusaseman kapasiteetista metsien terveydentilan tutkimus kattaa puolet. Länsi-Suomen metsien terveydentila -projekti on päässyt hyvään alkuun alateemoinaan mm. Olkiluodon metsät, Merenkurkun alueen nuoret maat ja maamme saastunein teollisuusympäristö Harjavallassa.

Kiitän Parkanon tutkimusaseman puolesta esitelmäitsijöitä, kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tämän tiedonannon valmisteluun osallistuneita sekä tutkimuspäivän osanottajia. Satakunnan metsälautakuntaa kiitän hyvästä yhteistyöstä.

Parkanossa 31.8.1993

Olavi Laiho
Tutkimusaseman johtaja

Ojituksen vaikutus kasvihuonekaasujen päästöihin suolta

Seppo Kaunisto

Taustaa

Maapalloa ympäröivässä kaasukehässä eräät kaasut päästävät lyhytaaltoisen, auringosta tulevan lämpösäteilyn lävitseen, mutta estävät maasta lähtevän pitkäaaltoisemman lämpösäteilyn poistumisen avaruuteen. Kasvihuoneilmiöllä tarkoitetaan näiden kaasujen lisääntymistä ihmisen toiminnan seurauksena ja tästä aiheutuvaa lämpötilan kohoamista maapallolla. Tärkeimmät soiden ojittamiseen liittyvät kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi l. typpioksiduuli.

Kasvihuonekaasujen syntyminen

Luonnontilaisella suolla kasvillisuus sitoo hiiltä enemmän kuin mikrobit hajottavat. Tästä erotuksesta muodostuu turvetta. Luonnontilaiset suot ovat siten hiilen sitoimia. Ojitus lisää mikrobien hajotustoimintaa, mikä ilmenee turpeen nopeampana maatumisena ja lisääntyneenä hiilidioksidin tuotantona. Tästä syystä ojituksen on arveltu edistävän kasvihuoneilmiötä.

Metaanin muodostuminen edellyttää hapettomia olosuhteita, jonka vuoksi ojitus lopettaa lähes kokonaan turpeen metaanipäästöt. Sen sijaan dityppioksidia ei synny juuri lainkaan ojittamattomilla soilla. Hyvän kuivatuksen lisäksi sen muodostuminen edellyttää, että maassa on runsaasti vapaata tyyppeä.

Eri kaasujen vaikuttavuus

Kaasujen pysyvyys ilmakehässä ja niiden vaikuttavuus kasvihuoneilmiöön on hyvin erilainen. Jos otetaan huomioon sekä kaasujen pysyvyys että vaikuttavuus kahdenkymmenen vuoden aikajaksona, metaani on n.34 ja dityppioksidi n. 270 kertaa hiilidioksidia tehokkaampi kasvihuonekaasu. Jos kuitenkin otetaan huomioon eri kaasujen päästöjen suuruusluokat, on hiilidioksidi tärkein, koska päästöjen suuruusluokat suhtautuvat karkeasti kuten 2000:15:1 ($\text{CO}_2:\text{CH}_4:\text{N}_2\text{O}$). Suon reuna-alueilla metaanipäästöt saattavat luonnontilaisissa oloissa olla kuitenkin jopa 10-20 -kertaiset edellä esitettyyn verrattuna. Näissä rajatapauksissa ojituksen aiheuttama metaanipäästöjen väheneminen saattaa olla merkittävä. Toisaalta esim. suopelloista on mitattu viisinkertaisia dityppioksidin määriä.

Ojitus ja hiilen sitoutuminen

Ojitus lisää puuston kasvua. Tämä vähentää ilmakehän hiilidioksidia pysyvästi kasvun lisäyksen verran ensimmäisen puusukupolven aikana. Hiilen sitoutuminen ojituksen seurauksena puuston maanpäällisen biomassaan tunnetaan hyvin. Sen sijaan hiilen sitoutumisesta juuristoon, varsinkin ohutjuuriin, on niukasti tietoa. Vuosittain uusiutuvilla puiden ohutjuurilla näyttäisi olevan orgaanisen aineen tuottajana maassa merkittävä osuus, koska ohutjuuribiomas-

saa syntyä nopeammin kuin sitä hajoaa. Sen suuruutta ei vielä tarkoin tiedetä, koska tutkimukset ovat vielä kesken. On kuitenkin ilmeistä, että ohutjuurimassaa syntyy ojitetuilla soilla enemmän kuin luonnontilaisilla, koska puuston kasvu ja puustopääoma ovat suuremmat.

Ojitetuilla soilla syntyy lehti- ja neulas- ym. karikkeista turpeen pinnalle vähitellen uusi kangashumusta muistuttava orgaanisen aineen kerros ja uusi kangasmaiden sammallajisto. Näiden vaikutusta hiilivaraston lisääjänä luonnontilaisen suon pintakasvillisuuteen verrattuna ei toistaiseksi tunneta riittävästi.

Suotyypin vaikutus

Hiilen sitoutumisen/päästöjen välinen suhde näyttää riippuvan suotyypistä. Rahkasoilta näyttäisivät hiilen päästöt olevan sitoutumista suurempia, mutta sarasoilla tilanne näyttäisi olevan päinvastainen. Tähän mennessä tutkimukset ovat keskittyneet eteläisen Keski- ja Itä-Suomen alueille. Pohjois-Suomen aapasuoalueista ei toistaiseksi ole tietoa.

Päästöjen suuruus

Käsitykset metsäojituksen vaikutuksista hiilen kiertoon perustuvat paljolti tutkimuksiin Suomen olosuhteista poikkeavissa ilmasto-oloissa tai tavanomaista metsäojitusta korkeammasta kuivatuksen ja maankäytön intensiivisyyden tasosta saatuihin kokemuksiin. Suomen ilmastollisissa ja soiden normaalin metsätaloudellisen käytön kuivatusolosuhteissa em. kasvihuonekaasujen päästöillä ei näyttäisi olevan kovin suurta merkitystä kasvihuoneilmion lisääjinä eivätkä päästöt missään tapauksessa ole rinnastettavissa fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästöihin Suomessa, niinkuin eräissä aikaisemmissa yhteyksissä virheellisesti on esitetty.

Kysymykseen saadaan lisätietoa kuitenkin vasta pääasiassa Suomen Akatemian rahoittaman Suomalaisen ilmavehän muutosten tutkimusohjelman soita tutkivan osan, SUOSILMUN edistymisen myötä.

Kirjallisuus

- Kanninen, M. & Anttila, P. (toim.) 1992. Suomalainen ilmavehänmuutosten tutkimusohjelma. Tutkimusten väliraportit. Suomen Akatemian julkaisuja 2/92. VAPK -kustannus, Helsinki.
- Finér, L., Laine, J. & Halko, L. 1992. Ohutjuurten biomassan tuotos turvemaalla. s. 210.-212.
- Laine, J. & Laiho, R. 1992. Metsäojituksen vaikutus suon hiilitaseeseen ja ravinnevarastoon. s. 205-209.
- Laine, J. & Päivänen, J. 1992. Soiden ainetaseet ja ilmaston muutos: yhteenveto. s. 189-192.
- Matikainen, P. J., Nykänen, H. & Silvola, J. 1992. Metaani- ja dityppioksidipäästöt suo-ekosysteemeistä. s. 199-204.
- Silvola, J. & Alm, J. 1992. Kasvihuonekaasujen dynamiikka luonnontilaisilla ja hyötykäytössä olevilla soilla. s. 193-198.
- Silvola, J. 1986. Carbon dioxide dynamics in mires reclaimed for forestry in eastern Finland. *Annales Botanici Fennici* 23:59-67.
- , Välijoki, J. & Aaltonen, H. 1985. Effect of draining and fertilization on soil respiration at three ameliorated peatland sites. *Acta Forestalia Fennica* 191. 32 s.

Miten käsitellä uudistamiskypsiä ojitusaluemetsiä

Markku Saarinen

Johdanto

Soiden rahkasammaliin on varastoituneena runsaasti vettä ja ojitusalueiden rahkasammalpinnaat pysyvät kuivissakin sääolosuhteissa taimien kannalta riittävän kosteina. Ajan myötä kasvi- peite kuitenkin muuttuu ojituksen vaikutuksesta. Rahkasammalet kuolevat laikuttain ja pinta- kasvillisuudesta tulee mosaiikkimainen. Varsinkin ojien läheisyyteen syntyy aluksi vaihtelevan kokoisia sammalettomia karikepintoja, rahkasammalien ollessa vielä muualla vallitsevana. Karikepinnaat lisääntyvät rahkasammalien kuollessa yhä laajemmalta alueelta ja ensimmäisinä syntyneille karikepinnoille ilmaantuu jo kangasmaiden pohjakerrokselle ominaisia seinä-, kynsi- ja kerrossammalia. Mikäli puuston voimakkaan haihdunnan ja ojien säännöllisen kunnossapidon myötä pohjavesitaso pysyy jatkossakin riittävän syvällä, valtaavat kangassam- maleet koko ojitusalueen ja kasvupaikka muuttuu turvekankaaksi. Tämän kehityksen myötä kasvupaikka on menetännyt aiemmin rahkasammalien tarjoaman edullisen itämisalustan.

Vuosikymmenen takainen, valtakunnan seitsemännen inventoinnin tieto kertoo uudistus- kypsiä ja metsämaaksi luokiteltavien ojitusalueiden pinta-alan olevan n. 150 000 ha (Paavilainen ja Tiuhonen 1988). Vajaatuottoiset metsiköt mukaan lukien saadaan uudistettavi- en ojitusalueiden pinta-alaksi n. 420 000 ha. Vajaa 40 % kyseisistä kohteista on turvekankaiksi luokiteltavilla kasvupaikoilla. Muutaman vuoden vanhemman, pelkästään ojitusalueille kohdennetun inventoinnin mukaan vastaava pinta-ala oli n. 340 000 ha (Keltikangas ym. 1986). Ero johtunee lähinnä vajaatuottoisiksi luokiteltujen metsiköiden määrittelyeroista. Näiden uudistettavien ojitusaluemetsiköiden pinta-alaat ovat n. 7-9 % ojitusalueiden kokonaispinta- alasta. Satakunnassa tuo osuus oli viimeisimmän inventoinnin (VMI 8) mukaan 11 % (16000 ha). Lukemat eivät ole suuria, mutta huomioitaessa uudistamiskypsiä lähentelevien varttuneiden puustojen määrä, voidaan puhua ainakin merkittävästä tutkimusaiheesta.

Minkälaisia ovat uudistamiskypsät ojitusaluemetsät?

Tyypillinen uudistamiskypsyyden saavuttanut ojitusaluemetsikkö on 30 -luvulla ojitettu korpi. Kaikki ns. aidot korpityypit, ruoho-, mustikka- ja kangaskorvet tärkeimpinä, muodostavat yhdessä puolet kyseisen kehitysluokan ojitusaluemetsien pinta-alasta (Keltikangas ym. 1986). Rämetyypeistä hakkuukypsiä metsiä on eniten korpi-, kangas- ja sararämeillä. Vaikka uudis- tettavia puustoja onkin eniten vanhoilla ojitusalueilla, esiintyy niitä usein myös nuorilla ojikoilla. Monet korpipotkot ovat olleet puustoltaan uudistettavia jo luonnontilassa ja hakkuut olisi pitänyt ajoittaa jo perusojituksen yhteyteen.

Puuston keskittilavuus Etelä-Suomen uudistamiskypsillä ojitusalueilla on n. 150-200 m³/ha. Korpisoiden muuttumilla ja turvekankailla kuusi on valtapuuna joka toisella kohteella. Lopuilla esiintyy runsaasti myös koivua ja mäntyä sekapuustona. Rämeillä koivu vallitsee enintään yhdellä kymmenestä loppujen ollessa mäntyvaltaisia (Paavilainen ja Tiuhonen 1988). Mainitut osuudet vastaavat todennäköisesti puulajisuhteita myös uudistuskypsillä ojitusalueilla.

Kangasmailla eräs varminpia luontaisen uudistamiskyvyn merkkejä on taimien ja alikas- voksen esiintyminen. Ojitusalueet ovat kuitenkin nopeasti muuttuvia ekosysteemejä, jolloin

vanhimman taimimateriaalin määrä ei välttämättä enää kuvaa kasvualustan nykyistä taimettumisherkkyyttä. Alikasvoksen syntyminen on voinut ajoittua vuosikymmenien takaiseen rahkasammalten vallitsemaan muuttumavaiheeseen. Lukkala teki 1940 -luvulla havaintoja mm. korpiturvekankaiden taimimääristä, todeten taimia esiintyvän runsaasti alaharvennetuissa metsiköissä (Lukkala 1946). Ojitushetkestä alkaen hoidettu puusto on ilmeisesti mahdollistanut runsaan taimiaineksen synnyn ajankohtana, jolloin kasvualusta on vielä ollut taimettumisherkkää rahkasammalpintaa. Pohjanmaalla runsaina esiintyviä ojitusalueiden hieskoivikoita inventoitaessa todettiin koivun ylläpitävän taimettumisherkkyyttä pitkäänkin ojitetuina olleilla kohteilla. Kaksi kolmannesta Etelä- ja Keski-Pohjanmaan inventoiduista hieskoivikoista oli saanut kehittämiskelpoisen alikasvostaimikon (Seppälä ja Keltikangas 1978). Valtakunnallisessa ojitusalueinventoinnissa (Keltikangas ym. 1986) yli 10 cm:n mittaisia alikasvostaimia löytyi 95 %:lla uudistamiskypsistä koelapuustoista. Vähintään 1500:n taimen hehtaariuheys ylittyi kuitenkin vain enintään joka viidennessä tapauksessa. Metsäntutkimuslaitoksen vanhoilla ojitusalueilla sijaitsevilla kasvu- ja tuotoskoaloilla todettiin viljavien kasvupaikkojen olevan herkempiä taimettumaan kuin karujen. Taimiaineksen määrä vaihteli erittäin paljon, mutta useimmilla kohteilla sen määrän katsottiin olevan liian vähäinen luontaista uudistamista ajatellen (Immonen-Joensuu 1987). Jo vapautettujen ja vakiintuneiden taimikoiden syntyajankohdan arveltiin ajoittuneen rahkasammalpintaaseen muuttumavaiheeseen. Kurun valtionmaidon 20-60 vuoden ikäisillä ojitusalueilla on kirjoittajan tekemän inventoinnin mukaan vähintään rinnankorkeusmitan saavuttaneita alikasvoskuusia runsaasti mustikkaturvekankailla. 1500:n rungon hehtaariuheys ylittyi 40 %:lla koaloista. Kuusialikasvoksia oli runsaammin turvekankailla kuin muuttumilla. Edellä kuvatut tulokset alikasvosten esiintymisestä eivät yksiselitteisesti tue käsitystä vanhojen ojitusalueiden herkästä taimettumisesta. Mielikuva lienee kohdallaan lähinnä viljavissa korpikuusikoissa sekä sararämeille ja -nevoille syntyneissä hieskoivikoissa.

Kokemuksia ojitusalueiden uudistamisesta

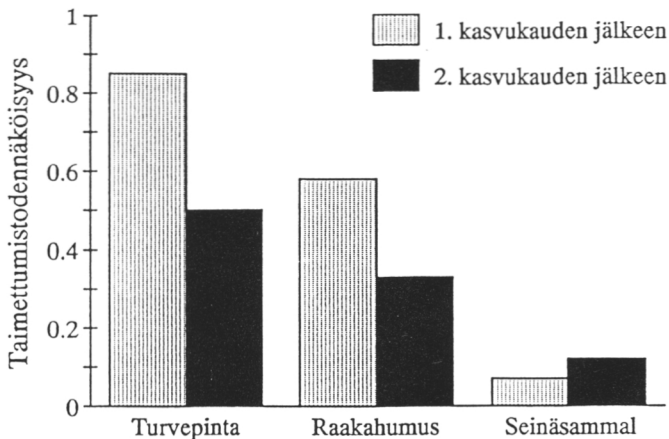
Kesällä 1989 käytännön metsäammattiväelle lähetettiin kysely, jossa tiedusteltiin kokemuksia vanhojen ojitusalueiden metsien uudistamisesta. Vastanneiden esittelemistä kohteista noin puolet oli 30 -luvulla ojitetuja turvekankaita, loput vaihtelevan ikäisiä muuttumia. Ensin mainituista puolet oli uudistettu avohakkuin ja istutuksin usein muokkaamalla maa auralla tai mätästän. Turvekankaiden muilla kohteilla oli sovellettu luontaista uudistamista siemenpuu- ja suojuspuuhakkuin tai vapauttamalla alikasvos. Ojitusiältään nuoremmilla muuttumilla oli useimmiten turvauttu avohakkuihin ja mätästyksiin. Useat vastaajista pitivätkin mätästystä hyvänä menetelmänä. Epäonnistumisiakin oli koettu, etenkin paksuturpeisille soille tehtyjen mättäiden liiallisen kuivumisen vuoksi. Luontaista uudistamista suositeltiin korpikaistaleille. Avoimeksi hakatun kaistaleen koivuttumisen katsottiin tarjoavan hyvän mahdollisuuden luontaisen kuusialikasvoksen syntymiselle.

Vuonna 1979 tehtiin kuuden eteläisimmän metsälautakunnan alueella turvemaiden uudistamiskohteiden inventointitutkimus (Peltonen 1986). Aineisto koostui eri viljavuustasojen soista, joista valtaosa oli luonnontilaisia ojikko- tai muuttumavaiheen ojitusalueita. Kyseessä olivat etupäässä herkästi uudistuvat rahkasammalpintaaiset suot. Korprien luontainen uudistaminen oli onnistunut nopeammin kuin vastaavan viljavuustason kangasmailla, rämeillä päinvastoin. Kasvatuskelpoisten taimien määrät vastasivat kangasmaiden luontaisten uudistamisalojen keskimääräisiä taimikoita (1 750 - 1 900 kpl/ha). Sama koski myös viljelytaimikoita, mutta alkuperäisten viljelytaimien osuus kasvatuskelpoisten taimien kokonaismäärästä oli pienempi kuin kangasmailla. Ojitusalueilla viljelytaimi oli siis useam-

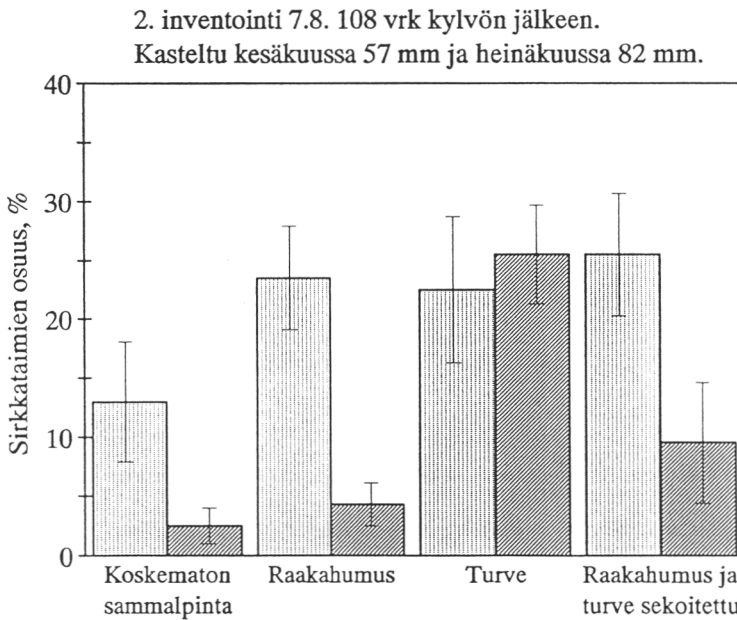
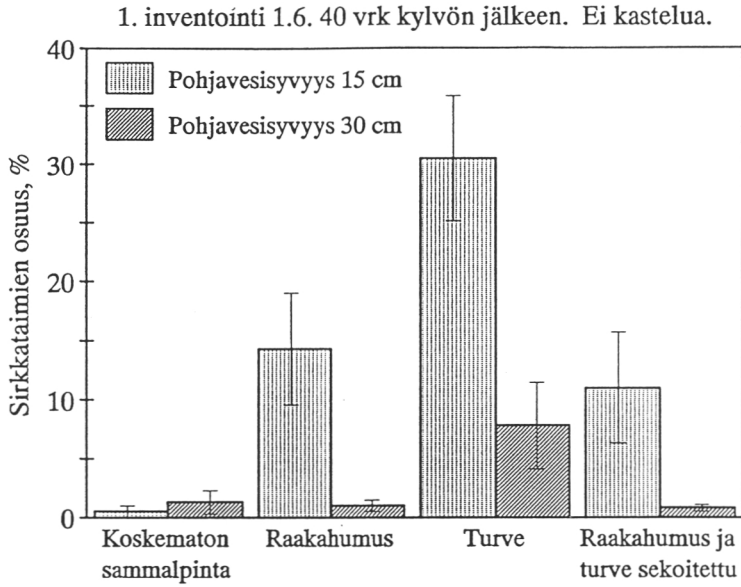
massa tapauksessa tuhoutunut ja korvautunut runsaalla luontaisella taimimateriaalilla. Taimettuminen oli jäänyt keskeneräiseksi etenkin korpien viljelyaloilla.

Metsäntutkimuslaitoksessa vuosikymmenen alkupuoliskolla tehtyjen uudistamiskokeiden joukossa oli jo tuolloin muutamia turvekangasasteen kohteita. Jo edellä kuvattujen Lukkalan (1946) kokemusten mukaan korpiturvekankaiden suojuspuuasennoilla saadaan lisää lähinnä hieskoivun taimia kohteella ennestään olevien kuusen taimien lisäksi. Jälkimmäisten määrä riippui lähinnä aiemmista hakkuista. Turvekankaiden uudistamiskokeita perustettiin laajemmin 1980 -luvulla (Kaunisto 1984). Niiden pohjalta muotoutui käsitys turvekankaiden taimettumista haittaavasta raakahumuskerroksesta. Raakahumuskerros ilmeisesti katkaisee ojitusalueen pohjaveden kapillaarisen vedennousun, jolloin karikkeinen pintakerros pääsee pitkinä poutajaksoina kuivumaan. Tämä yhdessä seinä- ja kynsisammalien kanssa rajoittaa siementen itämistä ja sirkkataimien kehitystä. Niinpä kaikenlaisten "pintakunttaa" rikkovien toimenpiteiden voi olettaa lisäävän taimettumismahdollisuuksia.

Uusimmilla koekentillä on seurattu mm. kylvösiementen taimettuneisuutta erilaisilla itämialustoilla. Tuloksista laskettujen ennustemallien mukaiset taimettumistodennäköisyydet osoittivat paljastetun, ja kapillaarista kosteutta hyvin johtavan turvepinnan taimettuvan selvästi kasvipeitteetöntä raakahumuspinnaa paremmin (kuva 1). Koskemattomalla seinäsammalpinalla taimettuneisuus jäi vain murto-osaan edellisistä. Sirkkataimien suuren kuolleisuuden vuoksi erot osittain tasoittuivat jo ensimmäisen talvehtimisen jälkeen. Kasvihuoneen kontrolloiduissa olosuhteissa voitiin vertailla vastaavia itämialustoja sadannan ja pohjaveden etäisyyden vaihdella (kuva 2). Kylvön jälkeisen sateettoman kuukauden aikana taimia syntyi lähinnä paljastetuille turvepinnoille kun pohjavesi oli 15 cm:n syvyydessä. Kaksi kertaa suuremmalta pohjavesisyvyydeltä kapillaarinen veden nousu ei enää ehtinyt korvaamaan kylvöpinnassa vallinnutta haihduntaa. Niinpä taimien määrä jäi murto-osaan edellisistä myös turvepinnoilla. Kun kylvökohtia kasteltiin kesä-heinäkuussa kyseisen ajanjakson keskimääräistä sadantaa vastaavalla vesimäärällä, taimia syntyi korkeammalla pohjavesitasolla koskemattomia sammalpinnoita lukuunottamatta kaikkiin kylvökohtiin lähes yhtä paljon. Pohjaveden ollessa syvemmällä taimia syntyi merkittävästi vain turvepinnoille.



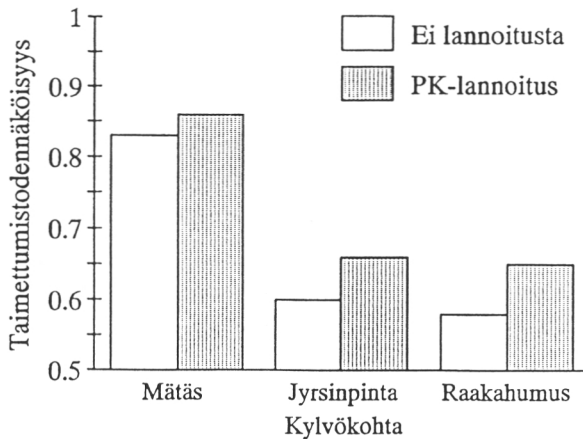
Kuva 1. Sammalkerroksen ja raakahumuksen vaikutus männyn kylvöalojen taimettumiseen puolukka-turvekankaalla (Leijansuo 1990 ja 1991).



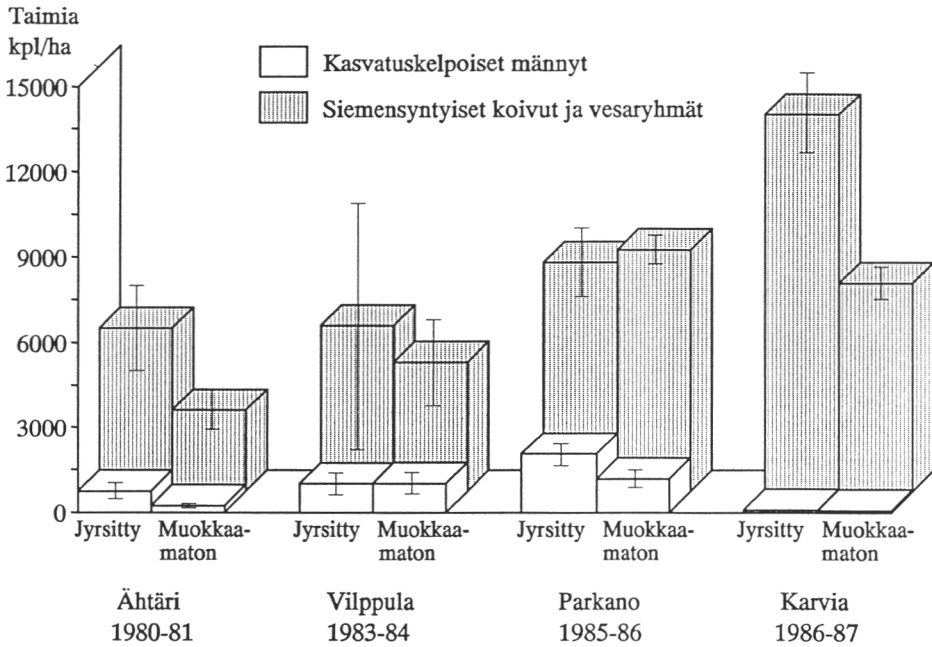
Kuva 2. Pohjavesitason, sadetuksen ja kylvöpinnan laadun vaikutus männyn sirkkataimien syntyyn turvekankaalla kasvihuoneolosuhteissa. Taimien esiintyminen kahtena eri ajankohdana osuuksina kylvettyjen siementen lukumäärästä (50 kpl).

Kasvihuonekokeeseen oli sisällytetty myös koejäseniä, joissa raakahumus ja pintaturve oli sekoitettu keskenään. Olosuhteilla jäljiteltiin kenttäkokeiden jyrsinjälkeä. Taimettumistulos oli "jyrsinpinnalla" samanlainen kuin raakahumuspinnallakin, mikä vastasi melko pitkälle kenttäkokeista saatuja kokemuksia (kuva 3). Jyrsinjäljen ongelmana on ollut liiallinen kuohkeus ja palteen pintaosien herkkä kuivuminen varsinkin kun raakahumusta on runsaasti ja sen alainen turve huonosti maatunutta. Useimmista 80-luvun aikana perustetuista männyn luontaisen uudistamisen kokeista saadut tulokset ovatkin varsin heikkoja. Taimien hehtaari-tiheydet olivat muokkaamattomilla pinnoilla vain muutaman sadan taimen luokkaa ja jyrsinpinoillakin keskimäärin alle 1000 tainta (kuva 4). Vaihtelu koekentittäin oli suurta. Poikkeuksellisen hyvin taimettuneita koekenttiä oli edellisten lisäksi kaksi, joissa jyrsinjälkeen oli viidessä vuodessa syntynyt yli 10 000 tainta hehtaarille. Taimien synty oli kuitenkin painottunut kapeaan jyrsinvakoon, mikä uudistusalan riittäväksi taimettumiseksi edellyttää varsin tiheää muokkausjälkeä. Hieskoivun runsaus jyrsinjäljessä oli haittana erityisesti lannoit-taen käsitellyillä koelaloilla.

Eräiden mätästettyjen kylvökoalojen taimettumistulos on ollut erittäin huono huolimatta mätäspintojen keskimäärin hyvästä taimettumisherkkyydestä. Yhteistä näille mätästysaloille näyttäisi olevan turvelaji ja maatuneisuus, joko puhdas saraturve tai huonosti maatunut karu rahkaturve. Aihetta on toistaiseksi huonosti tutkittu, mutta erään koekentän kylvöinventoin-neissa maatuneisuuden karkealla luokituksella todettiin raa'an ja maatuneen rahkaturpeen välillä selkeä ero. Tällä hetkellä voi ainakin sanoa, että osalla mätästysaloista on turpeen laadusta riippuen viisaampi istuttaa kuin kylvää.



Kuva 3. Lannoituksen ja muokkauksittelyn vaikutus männyn kylvökohtien taimettumiseen Leijansuolla 1990 ensimmäisen kasvukauden jälkeen.



Kuva 4. Männyin luontainen uudistaminen puolukkaturvekankaalla. Kuva-tekstin vuosiluvut viittaavat siemenpuuhakkuun ja jyrsinmuokkauksen ajan-kohtiin. Tulokset inventointivuodelta 1992.

Näkemyksiä uudistamisesta

Osittain saatavissa olevaan tutkimusaineistoon, mutta myös kirjoittajan subjektiivisiin kokemuksiin ja havaintoihin nojautuen on vanhojen ojitusalueiden uudistamismenetelmistä esitettävissä seuraavia näkemyksiä:

1. Korpisoille syntyy runsaasti alikasvosta, mikäli metsää hoidetaan ojitushetkestä lähtien. Uudistaminen onnistuu tuolloin usein vapauttamalla eri-ikäinen kuusialikasvos. Hoitamaton korpimetsikkö kannattaa hakata avoimeksi kaistaleittain tai kokonaan (korpijuotit). Kaistaleiden reunoille ja leveimmillä korpijuotteilla myös aukoilta on syytä jättää koivuja siemenpuiksi. Mikäli heti hakkuiden jälkeen on odotettavissa kuusen siemenvuosi, kannattaa tilaisuus käyttää tehokkaasti hyväksi. Tällöin voidaan kaistaleella mätästää ohuesta pintaturverroksesta laakeita matalia mättäitä. Alueelle syntyvän hieskoivutiheikön sekaan saadaan tuolloin runsaasti myös kuusen taimiainesta. Koivikkoa on hoidettava alusta alkaen. Tällöin kuusialikasvoksen saa suurella todennäköisyydellä myöhemminkin alkuvaiheen taimiaineksesta riippumatta.

2. Ojitusalueilla myös viljavimmat rämeet ovat kuusen kasvupaikkoja. Mäntyä ja hieskoivua kasvavat ruohoiset sararämeet uudistetaan myös kuuselle antamalla hakkuukaistaleiden taimettua ensin hieskoivikoksi. Hyvin usein kyseisillä kohteilla on myös kasvatuskelpoisia alikasvoskuusikoita.
3. Puolukka- ja varputurvekankaiksi kehittyvät ojitusalueet ovat männyn kasvupaikkoja ja usein viljellen uudistettavia. Mikäli metsikkö on vielä valtaosin rahkasammalpintainen, voivat luontaisen uudistamisen mahdollisuudet ilman muokkausta olla hyvät. Turvekan-kailla, joilla muokkaus on välttämätön, voidaan käyttää jyrshintä mikäli raakahumuskerros on ohut. Muussa tapauksessa mätästetään ja kylvetään. Joissain tapauksissa turpeen ominaisuudet voivat aiheuttaa kylvön epäonnistumisen. Toisaalta istutustaimet kehittyvät mättäillä usein huonolaatuisiksi karuillakin turvemailla. Myös hirvi- ja versosurmatuhot ovat ojitusalueilla kangasmaataimikoita yleisempiä.
4. Turvekankaiden luontaista taimettumista voi teoriassa edistää pohjavesitasoa nostamalla. Ojien kunnostamisen lykkääminen ja pohjaveden nousu todennäköisesti vähentävät maan pintaosien liiallista kuivumista siemenpuustoksi hakatulla ja auringon paahteelle altistetulla turvekankaalla. Toimenpiteellä on kuitenkin omat riskinsä. Olosuhteiden muutos voi aiheuttaa tupasvillan ja tupassaran voimakkaan lisääntymisen. Erityisesti tupasvillan valtaama kenttäkerros näyttää estävän tehokkaasti taimien syntymisen. Toistaiseksi ei myöskään tiedetä miten taimet menestyvät raakahumus-kuntan peittämällä turvekankaalla silloin, kun pohjavesitaso kunnostusojituksen jälkeen taas laskee.
5. Turvekankaiden hallaisuus voi olla ongelma myös männyn viljelyssä. Toistaiseksi on selvittämättä kuinka suuri merkitys voimakkailla keväthalloilla on männyn sirkkataimien menestymiselle.

Kirjallisuus

- Immonen-Joensuu, M. 1987. Luontaisen uudistamisen onnistuminen vanhoilla metsäojitusalueilla. Pysyviin tuotoskoaloihin perustuva selvitys. Helsingin yliopisto, suomensäätieteen laitos Tutkielma MMK-tutkintoa varten. 68 s.
- Kaunisto, S. 1984. Suomensien uudistaminen turvekangasvaiheessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 137:7-21.
- Keltikangas, M., Laine, J., Puttonen, P. & Seppälä, K. 1986. Vuosina 1930-1978 metsäojitetut suot: ojitusalueiden inventoinnin tuloksia. Summary: Peatlands drained for forestry during 1930-1978: results from field surveys of drained areas. Acta Forestalia Fennica 193:1-94.
- Lukkala, O. J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die naturliche Verjungung der Bruchwälder. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(3):1-150.
- Paavilainen, E. & Tiihonen, P. 1988. Suomen suomensäät vuosina 1951-1984. Summary: Peatland forest in Finland in 1951-1984. Folia Forestalia 714. 29 s.
- Peltonen, A. 1986. Metsien uudistaminen turvemailla kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978-1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration on peatlands in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from inventories in 1978-1979. Folia Forestalia 679. 26 s.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimistot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. Suo 29(1):11-16.

Luonnonsiemennyksen ja kylvön yhdistelmä männyn uudistamisessa

Kaarlo Kinnunen

Johdanto

Halusimmepa tai emme lopullinen uudistamistulos viljelyaloilla muodostuu useimmiten viljely- ja luonnontaimien yhdistelmästä. Tällä työllä pyrittiin selvittämään, olisiko järkevää käyttää tietoisesti luontaista uudistamista ja kylvöä yhdessä. Tällä tavoin ajateltiin voitavan pienentää suurehkoa hajontaa, jota tuloksissa on ollut käytettäessä menetelmiä erikseen. Työssä selvitettiin myös erikseen siemenpuumenetelmällä, reunametsäsiemennyksellä sekä kone- ja käsinkylvöllä saatavaa uudistamistulosta.

Tutkimusaineisto ja -menetelmä

Kurun Sakkohuhtaan perustettiin vuosina 1987-88 koe, jossa tutkittiin siemenpuiden määrän ja muokkauksen vaikutusta luontaiseen uudistumiseen. Siemenpuiden määrä oli 0 (reunametsäsiemennys) 25 ja 100 puuta/ha. Ruudun koko oli 1 ha ja toistoja kolme. Kokeella seurattiin vuosittain siemensadon määrää keruusuppiloiden avulla. Häädetjärvelle perustettiin vuonna 1991 neljä koetta. Kunkin kokeen pinta-ala oli 0,6 ha (50*120 metriä). Alkkian koe perustettiin keväällä 1992. Kokeen pinta-ala oli 1,5 ha (100*150 metriä). Siinä käsittelyt toistettiin kaksi kertaa. Näillä kokeilla seurattiin siemensadon määrää vuonna 1992. Niillä tehtiin myös muokkausjäljen kartoitus samana vuonna kuin muokkaus. Kurun ja Häädetjärven kokeet sijaitsivat kuivahkolla ja Alkkian koe kuivalla kankaalla.

Käsittelyt (Alkkian ja Häädetjärven kokeissa):

1. Reunametsäsiemennys
2. Siemenpuumenetelmä
3. Siemenpuumenetelmä + konekylvö
4. Konekylvö
5. Suunnattu hajakylvö käsin

Siemenmäärä konekylvössä oli 400-470, käsinkylvössä 420 g/ha. Konekylvön siemenmenekki selvitettiin panemalla pussi siemenputken päähän ajettaessa käsinkylvöruutuja ja punnitsemalla siemenmäärä ruuduittain.

Muokkaus tehtiin keskiraskaan metsätraktorin vetämällä hydraulipainotteisella TTS- metsä-äkeellä. Konekylvölaiteena oli Työtehoseuran valmistama kylvölaite (m/Palonen), jossa siemenen annostelu tapahtui äkeen lautasen pyörittämän, koloilla varustetun kiekon avulla.

Siemenenä kylvössä käytettiin sekoitusta, jossa oli 80 % metsikkökeräyssiemestä ja 20 % siemenviljelyssiemestä. Siemenen itävyys oli 94 (92) % ja tuhatjyväpaino 4,3 (5,5) g. (Siemenviljelyssiemenen tunnuksat suluissa). Siemenen tunnus oli T10-85-34 (M29-90-

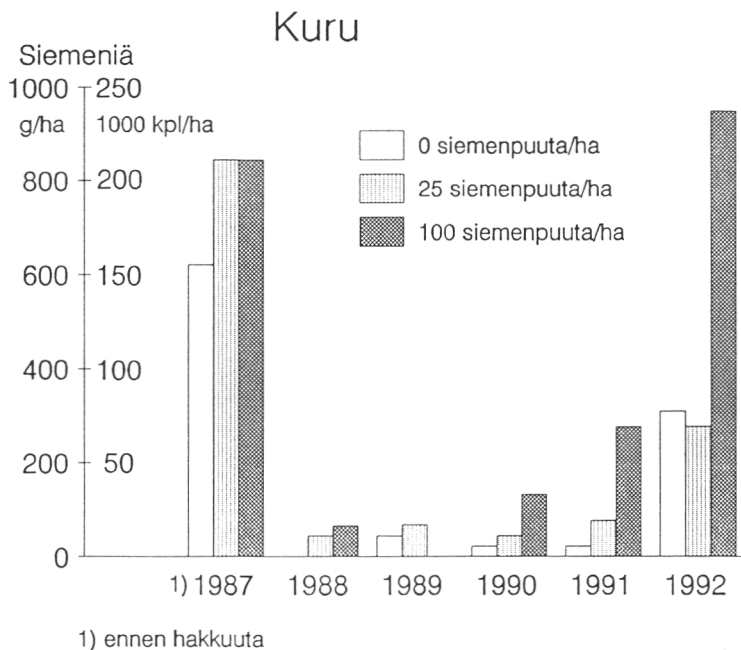
0007), keräysvuosi 1985 (1990), paikkakunta Rautavaara (Käräjäjärvi, Sv 229) ja alkuperäluokka B3 (A3). Kylvöt tehtiin Häädetjärvellä 22.-23. 5. 1991 ja Alkkiassa 29.5. - 1.6.1992.

Inventointi: Kokeet inventoitiin syksyllä 1991 (Häädetjärvi) ja 1992 (Alkkia ja Häädetjärvi). Näytealoiksi valitut kahden metrin mittaiset muokkauskaistat merkittiin pysyviksi koealoiksi. Käsittelyissä 1, 2 ja 3 näytealat otettiin 10 m:n välein (8 + 2 m) joka toisesta TTS- ajosta. Käsittelyissä 4 ja 5 näytekaistat otettiin 7 m:n välein (5 + 2) ja käsittelyssä 5 otettiin mukaan molemmat ajot, jotta näytealoja saatiin yhtä paljon kuin muissa käsittelyissä. Näytealoja tuli 34-36 kpl kullekin käsittelylle.

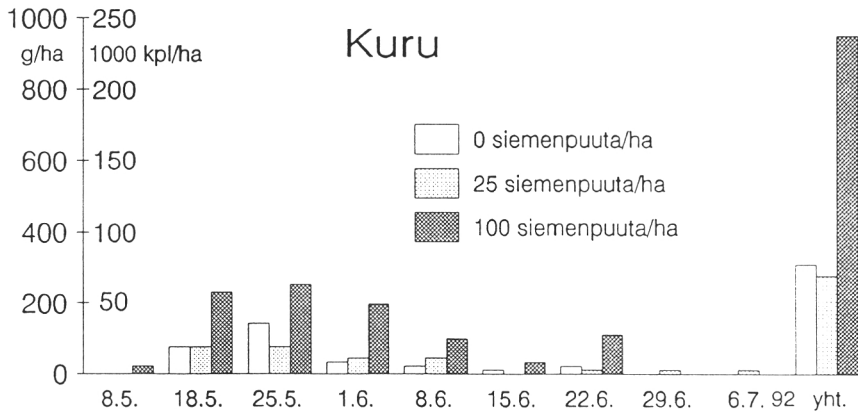
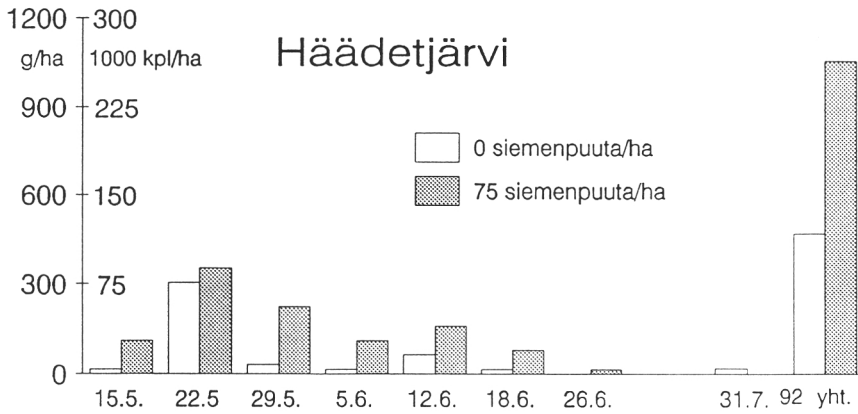
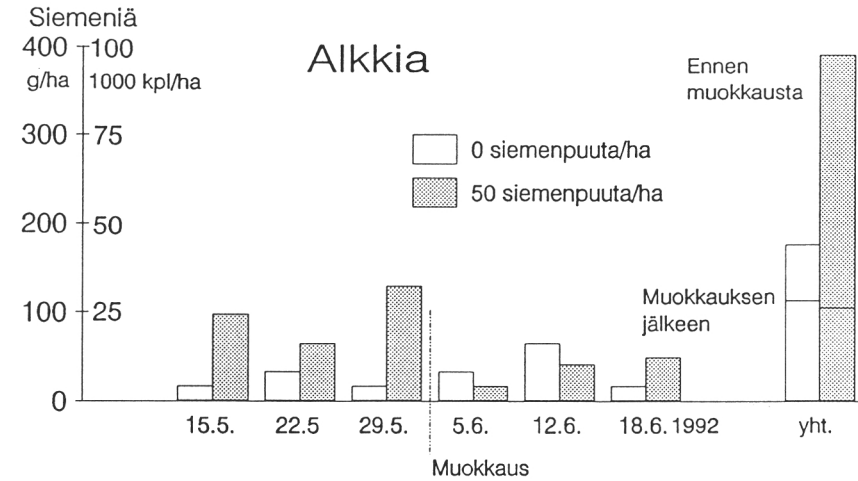
Aineistoa käsiteltiin varianssianalyysillä ja Tukeyn testillä. Tilastollisten erojen merkitsevyydet eri riskitasoilla esitetään seuraavasti: 10 % (o), 5 % (*), 1 % (**), 0,1 % (***)

Siemensato

Kurun kokeella siemensatoa tutkittiin jo vuotta ennen puuston hakkaamista siemenpuuasentoon. Avohakattaviksi suunnitelluilla ruuduilla oli tällöin hieman pienempi siemensato kuin siemenpuuruuduilla, joiden välillä ei ollut eroa (kuva 1). Näin voidaan päätellä lähtöpuuston olleen siemenpuuruuduilla siementuoton osalta samanlaisen. Siemensato ei ollut minään vuonna kovin korkea. Tarkastelujaksoon osui neljä perättäistä huonoa siemenvuotta (1988-91). Siemensato kasvoi lähes samassa suhteessa kuin siemenpuiden määrä kasvoi. Kohtalaisena siemenvuotena (1992) avohakatuille ruuduille varisi (reunametsästä) yhtä paljon siementä kuin 25:n siemenpuun ruuduille, huonoina siemenvuosina selvästi vähemmän. Reunametsäsiemennys samallakin uudistusallalla näyttää siten olevan satunnaisempaa kuin siemenpuita käytettäessä, koska reunametsäsiemennykseen vaikuttaa esim. tuulen suunta enemmän kuin siemenpuista tapahtuvaan siementen leviämiseen.



Kuva 1. Siemensadon vaihtelu eri vuosina Kurun kokeella.



Kuva 2. Siemenen varisemisajankohta ja kokonaissiemenmäärä eri kokeilla vuonna 1992.

Varisemisajankohta

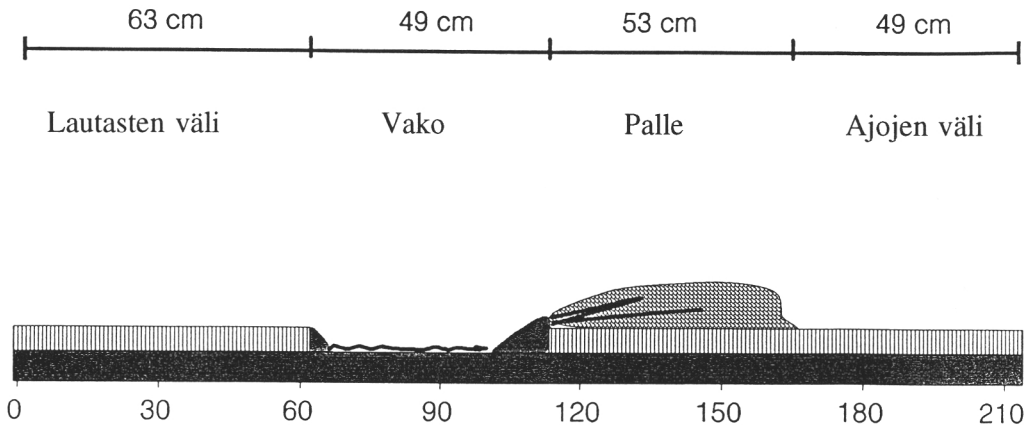
Pääosa siemenistä varisi toukokuun loppupuoliskolla (vuonna 1992), mutta varisemista jatkui aina kesäkuun loppuun saakka (kuva 2). Alkkian kokeen siemensato jäi vajaaseen puoleen Häädetjärven ja Kurun kokeiden siemensadosta. Syynä tähän oli todennäköisesti lyhyt aika siemenpuuhakkuusta ja siemenpuiden vähäisyys sekä muita karumpi kasvupaikka. Tosin metsiköiden välillä on suuria luontaisiakin eroja.

Alkkiassa reunametsän siementen variseminen ajoittui selvästi myöhemmäksi kuin siemenpuiden. Niinpä toukokuun lopussa tehdyn muokkauksen jälkeen saatiin avohakatuille ruuduille yhtä paljon siementä kuin siemenpuuruuduille, vaikka siemenpuuruutujen kokonaissiemenmäärä oli yli kaksinkertainen avohakattuihin nähden. Häädetjärvellä ja Kurussa reunametsäsiemennys sitä vastoin ajoittui jopa aikaisemmaksi kuin siemenpuista variseminen.

Taimettumisalusta

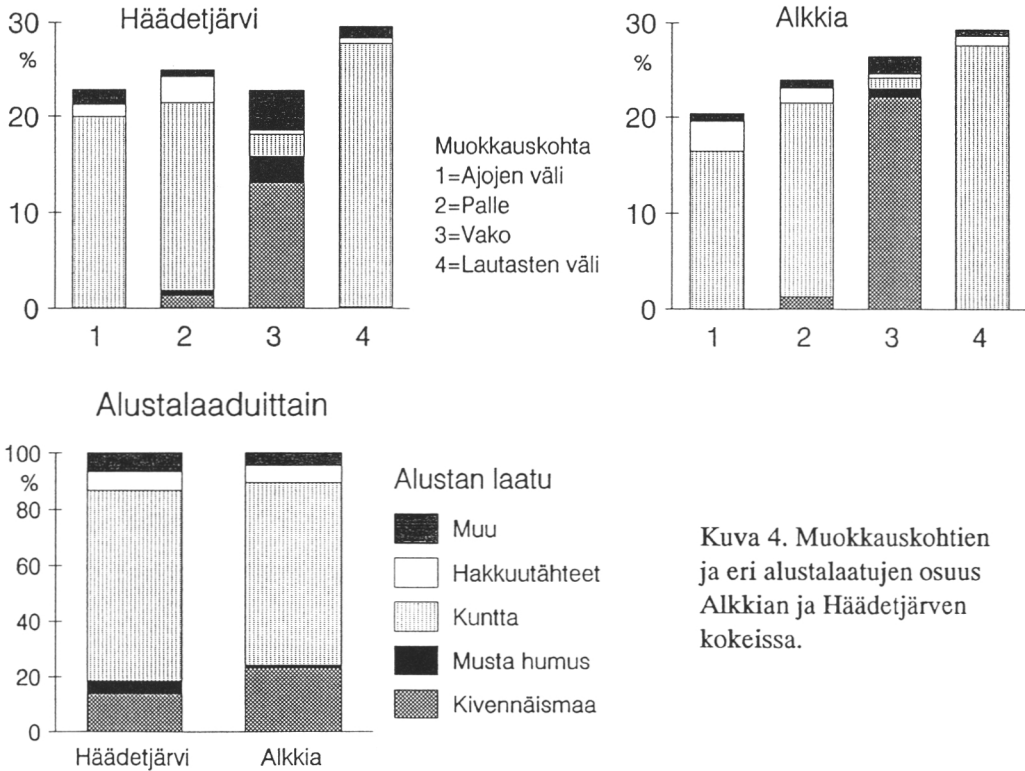
Metsä-äkeen (TTS) muokkausjälkeä tehtiin 4800 metriä hehtaarille. Tehdyn kartoituksen perusteella muokkausjäljen osuus oli vähän vaja puolet pinta-alasta (kuva 3). Muokkausjäljestä oli niinkään vaja puolet vaon osuutta ja loput palletta. Muokkaamattomasta pinnasta hiukan yli puolet oli lautasten välissä ja loppu ajojen välissä. Nämä eroavat toisistaan siinä, että lautasten väli on lähes puhdas hakkuutähteitä, kun taas ajojen väliin niitä kasaantuu hyvinkin paljon.

Taimettumisen kannalta tärkeän paljastuneen kivennäismaan osuus oli noin viidennes pinta-alasta. Häädetjärven koe oli paksukunttaisempi kuin Alkkian. Siitä johtui, että vaon ja erityisesti paljastuneen kivennäismaan osuus oli Alkkiassa huomattavasti suurempi (kuva 4). Palle muodostui pääosin kunnasta molemmilla aloilla.



Kuva 3. Kaavakuva TTS-metsä-äkeen muokkausjäljen suhteesta muokkaamattomaan pintaan.

Muokkauskohtainen ja alustalaaduittain



Taimettuminen

Vuosien 1991 ja 1992 siemensatojen ero näkyi selvästi luontaisessa taimettumisessa (kuva 5). Vuonna 1991 luontainen taimettuminen (Häädetjärvellä) oli hyvin vähäistä. Kesä 1992 muutti kuitenkin tilanteen siemenpuuruuduilla hyväksi ja reunametsäruuduillakin kohtalaiseksi. Siemenpuumenetelmän ja koneellisen kylvön yhdistelmä antoi parhaan taimettumistuloksen. Näistä taimista noin puolet olivat uusia 1992 syntyneitä taimia. Myös kylvöruutujen taimimäärä kasvoi merkittävästi luontaisten taimien ansiosta. Tyhjien tarkastusruutujen osuus pieni kaikissa käsittelyissä, niin ettei käsittelyjen välillä ollut enää tilastollisesti merkitsevää eroa, reunametsäsiemennystä lukuunottamatta.

Jo aiemmin todettiin, että Alkkian kokeella reunametsäsiemennys- ja siemenpuuruuduilla oli yhtä suuri siemensato. Niinpä myös taimimäärä oli varsin sama. Korkea tyhjäruutusadannes kuitenkin osoittaa, että reunametsäsiemennys jakaantui epätasaisesti alalle, joten uudistumistulos ei ollut tyydyttävä. Alkkiassa siemennyskelpoista reunametsää oli kokeen ulkopuolella vain kahdella sivulla ja ruutukoko oli suurempi kuin Häädetjärvellä, joten sementen epätasainen jakaantuminen alalle on ymmärrettävää.

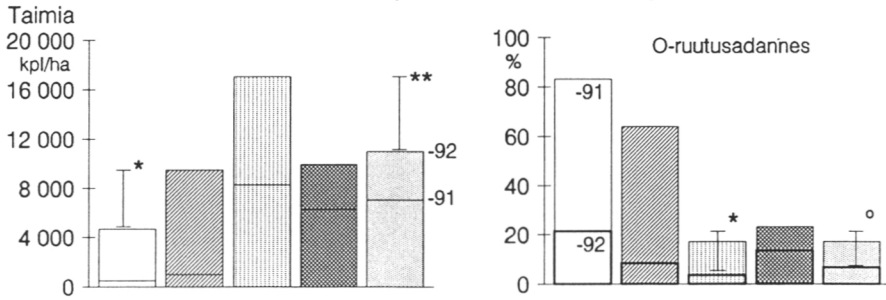
Vähäiseen muokkauksen jälkeen varisseiden siementen määrään nähden Alkkian kokeen luontainen taimettuminen oli niin hyvä, että joko muokkausjälki "keräsi" pinta-alaosuuttaan suuremman osuuden siemenistä tai sitten aiemmin varisseita siemeniä kulkeutui muokkauksen yhteydessä muokkausjälkeen. Vaikka alkukesä kesäkuun loppupuolelle saakka oli kuivaa, kesä oli taimettumiselle edullinen. Tämä johtui nähtävästi siitä, että heinäkuun alusta lähtien sadetta saatiin varsin tasaisesti kasvukauden loppuun saakka (kuva 6). Kesän lämpösumma oli lähellä pitkäaikaista keskiarvoa. Toukokuun lopulla- kesäkuun alussa oli pitkä lämmin kausi, jonka jälkeen lämpötila laski ja lyhytaikaiset lämpimät ja viileät jaksot vuorottelivat tästä eteenpäin.

Myös kylvössä taimettuminen oli selvästi parempi kuin edellisenä vuonna Häädetjärvellä. Parhaiten taimettui käsinkylvö, jonka tulosta tosin paransi myös muita käsittelyjä runsaampi reunametsäsiemennys. Taimettuminen oli tasaisinta käytettäessä konekylvön ja siemenpuumenetelmän yhdistelmää; kaikki tarkastusruudut olivat taimellisia. Myös muilla käsittelyillä, reunametsäsiemennystä lukuunottamatta, tyhjäruutusadannes jäi pieneksi.

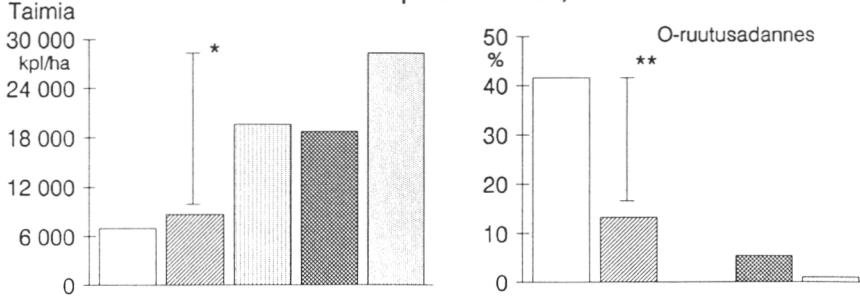
Taimien elossapysyminen

Taimien kuolleisuus taimettumista seuraavan talven ja toisen kasvukauden aikana oli vähäistä (kuva 7). Yleensä taimikato on ensimmäisen talven aikana suurin, joten jatkossakaan tulos ei ratkaisevasti huonontune, varsinkin kun aloille on odotettavissa vielä lisäsiemennystä.

V. 1991 perustettu koe, Häädetjärvi

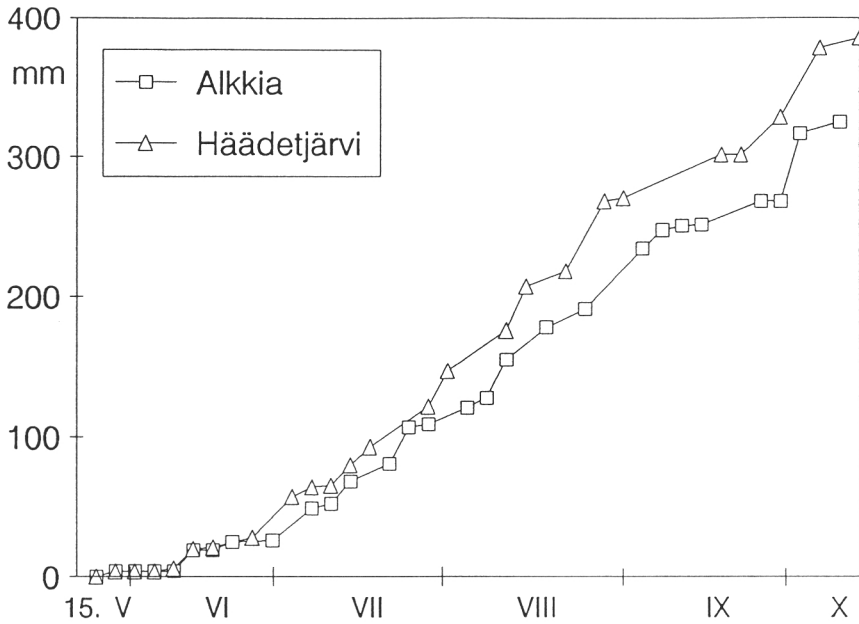


V. 1992 perustettu koe, Alkkia



Kuva 5. Taimimäärä ja O-ruutusadannes käsittelyittäin Alkkian ja Häädetjärven kokeissa. Testaus v. 1992 tuloksista.

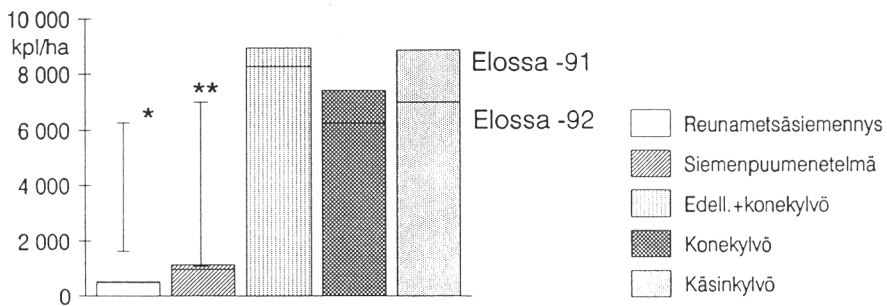
Sadesumma 1992



Kuva 6. Alkkian ja Häädetjärven sadesumma v. 1992.

Taimia kpl/ha

V. 1991 syntyneet, Häädetjärvi



Kuva 7. Vuonna 1991 syntyneiden taimien määrä 1. ja 2. kasvukauden jälkeen.

Yhteenveto ja päätelmät

Yleensä Etelä-Suomessa saadaan männyn siementä jonkin verran joka vuosi, mutta määrä vaihtelee suuresti vuosittain. Männyllä oli neljä perättäistä huonoa siemenvuotta (1988-91). Tällöin männyn luontainen uudistaminen onnistui luonnollisesti huonosti. Vuonna 1992 puolestaan männyllä oli kohtalainen siemensato ja käpyjen perusteella myös keväällä 1993 on luvassa kohtalainen siemensato. Hyvinä siemenvuosina männyn luontainen uudistaminen on nopea ja varma menetelmä, mutta huonoina se kaipaa joko varmistusta tai korvaamista kylvöllä.

Hyvinä siemenvuosina pienehköille uudistusaloille on mahdollista saada kohtalaisen runsas siemennys myös reunametsästä. Varsinkin kone- tai käsinkylvöllä varmistettuna reunametsäsiemennyksen käyttöä voitaisiin huomattavasti lisätä ja täten välttyä siemenuumenetelmän riesasta, tuulikaadoista. Mikäli muokkaus voidaan ajoittaa keväeseen tai alkukesään (ennen juhannusta) koneellinen kylvä on helppo tapa varmistaa luontaista taimettumista. Myös käsityönä tehtynä varmistus hajakylvöllä on suhteellisen pieni lisäkustannus.

Sää ja kasvualustan laatu ratkaisevat lopullisesti, kuinka suuri osa siemenestä itää ja sen jälkeen selviää arasta sirkkataimivaiheesta hengissä. Säätä ei pystytä ennustamaan ja siksi paras keino suojautua epäedullisilta sääoloilta olisi kylvää siementä eri ajankohtina. Varsinaisessa kylvössä tämä ei kustannussyistä ole mahdollista, mutta luonnon siemennyksessä esim. vuonna 1992 männyn siementä varisi toukokuun alkupuolelta kesäkuun loppupuolelle saakka. Pääosa sadosta varisi toukokuun loppupuoliskolla. Luonnon siemennys voi näin ollen varmistaa kylvää, joka saattaa osua huonoon ajankohtaan. Sekauudistamisessa tarvitaan siten vähemmän kylvösiementä kuin toimittaessa pelkän kylvön varassa.

Kasvualustan taimettumisherkkyttä pystytään muokkauksella parantamaan. Koska kivennäismaa on humusta parempi taimettumisalusta, luontaisen taimettumisen kannalta on sitä parempi mitä enemmän kivennäismaata paljastuu. Syvää muokkausta ei suositella, vaan yleensä riittää kun kunta poistetaan. Metsä-äestys, joka paljastaa kivennäismaata noin viidenneksen pinta-alasta, riittää hyvinä (ja kohtalaisinakin) siemenvuosina yleensä hyvin, kun rajoitutaan männyn kasvatukseen soveltuville karuhkoille kangasmaille. Huonoina siemenvuosina vaihtoehtoja ovat joko luontaisen uudistumisen auttaminen kylvämällä tai muokkauksen tehostaminen. Koska viimeksimainitun toteuttaminen on varsinkin huonossa maastossa hankalaa, kylvä vaikuttaa paremmalta vaihtoehdolta.

Koivun siemensato ja siementen käsittely

Eira-Maija Savonen

Siemenvuosien kertautuminen

Metsäpuiden kukinnan ja siemensadon määrä vaihtelee vuodesta toiseen. Havupuista poiketen lehtipuiden siemenvuodet toistuvat lähes joka vuosi, joskin esimerkiksi koivulla hyvien ja huonojen siemenvuosien välinen ero on suuri. Hyvinä siemenvuosina sato on runsas, mutta välivuosina vain pieni osa siitä, ehkä keskimäärin n. 5 - 10 % (Sarvas 1948).

Hieskoivun hedekukinta ja siemensato ovat runsaat jokseenkin joka toinen vuosi koko Etelä-Suomen alueella (kuva 1) (Koski & Tallqvist 1978). Runsaat siemensadot käyvät Pohjois-Suomessa harvinaisemmiksi ja osuvat eri aikaan kuin Etelä-Suomessa (Koski & Tallqvist 1978). Vaikka vuosien väliset erot koivun hedekukinnassa ovat suuria, ne eivät kuitenkaan ole yhtä suuria kuin erot siemensadossa. Eri puulajien väliset erot siitepölyn tuotossa eivät ole yhtä suuria kuin siemensadossa.

Syynä koivun samoin kuin muidenkin puulajien siemensatojen määrän vaihteluun pidetään sekä ilmastotekijöiden vaihtelua että puiden sisäisiä tekijöitä, jotka yhdessä ja erikseen aiheuttavat vaihtelua kukkimisessa ja runsaiden ja niukkojen siemenvuosien kertautumisessa. Erityisen tärkeä on säätila siemensatoa edeltävän vuoden keskikesällä, jolloin kukka-aiheet muodostuvat. Lämmin, aurinkoinen kesä suosii runsasta kukka-aiheiden muodostumista.

Siemensadon määrä

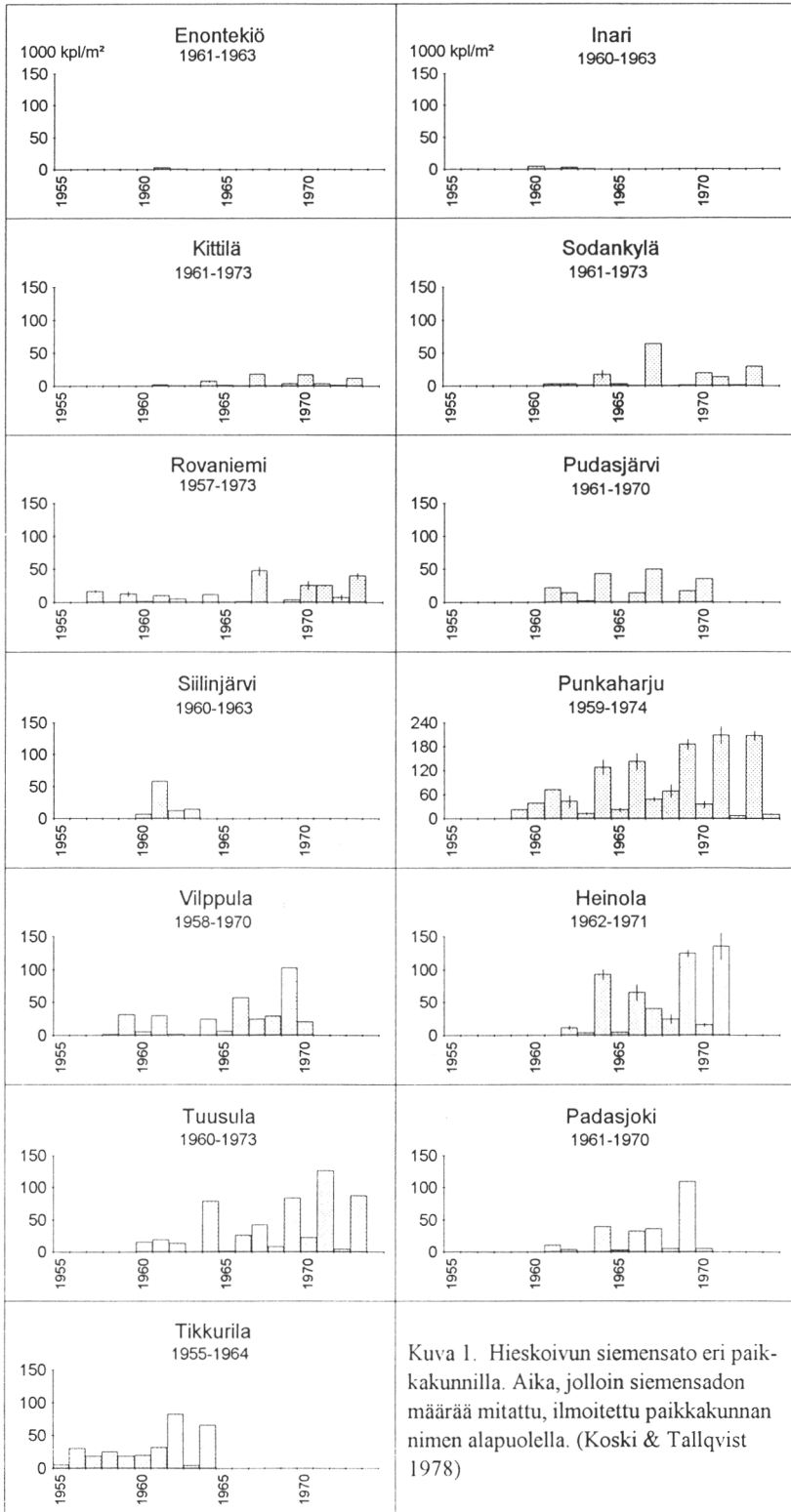
Hyvinä vuosina koivun siementä varisee maahan runsaasti (kuvat 1 ja 2). Suurin Kosken ja Tallqvistin (1978) raportissa julkaistu hieskoivun siemensato oli yli 250 000 siementä/m². Keskimääräiset hieskoivun siemensadot olivat Etelä-Suomessa noin 50 000 siementä/m². Rauduskoivun siemensadot olivat tutkimuksen mukaan hieman pienempiä, keskimäärin 34 000 siementä/m². Pohjois-Suomessa hieskoivun keskimääräiset siemensadot olivat tuntuvasti pienempiä noin 8 200 ja rauduskoivun noin 3 500 siementä/m².

Koska hyvien ja huonojen siemenvuosien välinen ero on silmiinpistävä suuri, huonoja siemenvuosia pidetään helposti täydellisinä katovuosina. Kuitenkin huonoinakin siemenvuosina sekä hies- että rauduskoivun siemeniä varisee neliömetrille useita satoja. Ainoastaan Pohjois-Suomen alueella saattaa heikkoina siemenvuosina rauduskoivun siementen määrä jäädä muutamaankymmenen m². Todennäköistä onkin, ettei siemensato yleensä muodostu koivun uudistumisen minimitekijäksi.

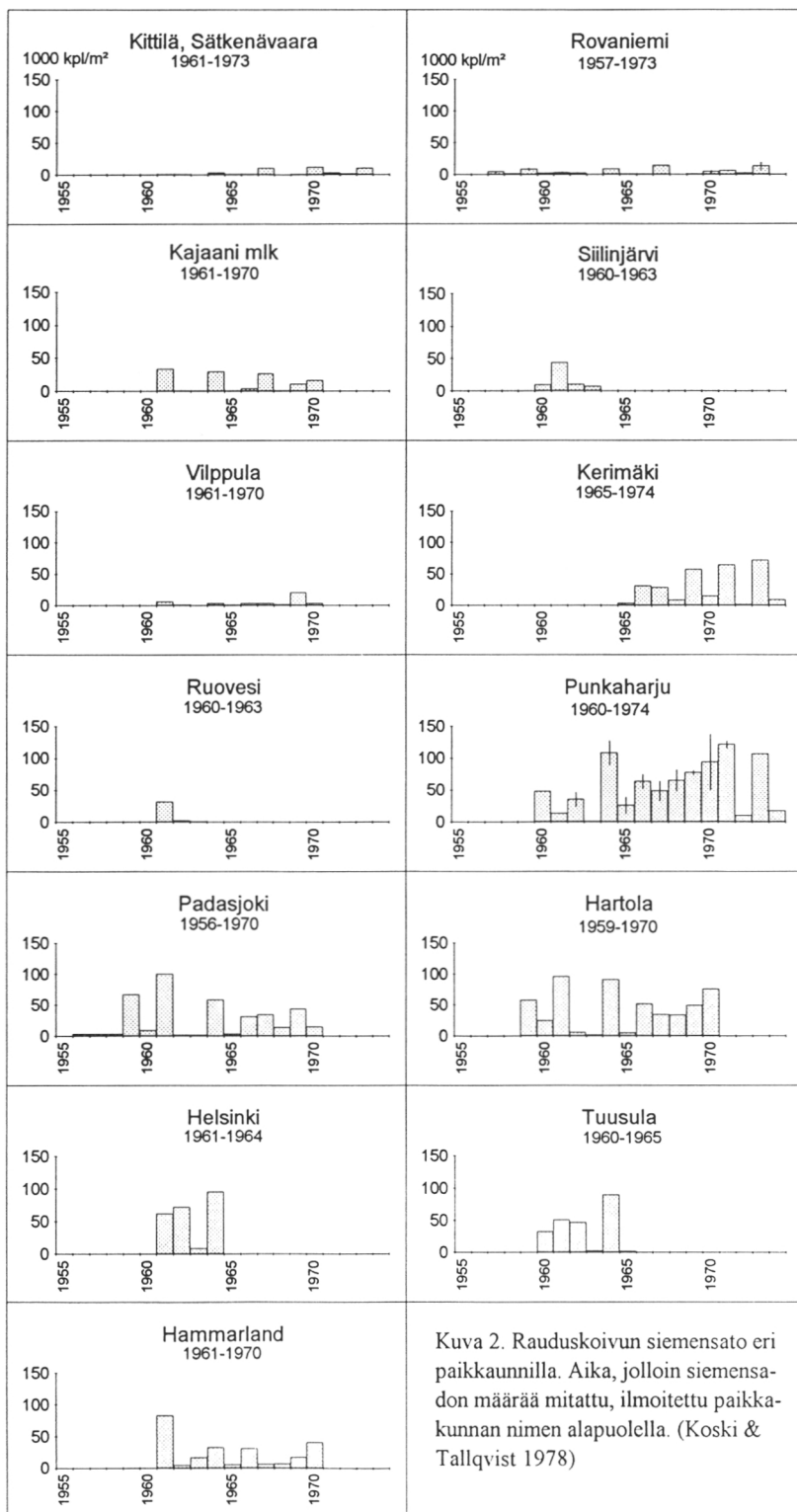
Siementen kehittyminen

Ensimmäiset arviot koivun seuraavan kesän siemensadon suuruudesta voidaan tehdä jo loppukesällä, jolloin hedekukkien alut näkyvät oksien kärjissä pieninä norkon alkuina. Syksyn mittaan norkot jatkavat pituuskasvuun ja ovat lopulta muutaman senttimetrin mittaisia.

Koivun kukinta alkaa Etelä-Suomessa suunnilleen toukokuun puolivälin tienoilla. Rauduskoivun kukkii noin viikkoa aikaisemmin kuin hieskoivu (Sarvas 1952). Kukinnan



Kuva 1. Hieskoivun siemensato eri paikkakunnilla. Aika, jolloin siemensadon määrää mitattu, ilmoitettu paikkakunnan nimen alapuolella. (Koski & Tallqvist 1978)



Kuva 2. Rauduskoivun siemensato eri paikkaunnilla. Aika, jolloin siemensadon määrää mitattu, ilmoitettu paikkakunnan nimen alapuolella. (Koski & Tallqvist 1978)

alkamisajankohta riippuu kevään lämpötiloista, Etelä- ja Keski-Suomessa rauduskoivun kukinnan huippu sattuu lämpösumman arvoon 40 - 60 d.d. (Sarvas 1967). Koivujen kukkimiselle on tyypillistä, että jo muutaman vuorokauden kuluttua kukinnan alkamisesta hedekukinta saavuttaa huippunsa (Sarvas 1952). Maksimia seuraa tavallisesti muutama voimakkaan kukinnan päivä, jonka jälkeen pölytys tavallisesti jää suhteellisen vähäiseksi. Runsaimmin koivun siitepölyä on ilmassa klo 16.00 paikkeilla ja vähiten klo 22 - 6 välisenä aikana. Vuorokautisen jakson kulku noudattaa lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskimääräistä vuorokautista vaihtelua. Suurimmat poikkeamat yleisestä kulusta aiheutuvat poikkeuksellisista tuulisuhteista.

Säiden vaikutus pölytyksen vuotuisen ja vuorokautisen jakson kulkuun on melko vähäinen. Tämä koskee erityisesti lyhytaikaisia sateita ja hallaöitä. Pitkäaikaisen kylmyyden vaikutus on tuntuvampi: kukkimisaika venyy poikkeuksellisen pitkäksi. Sateiden ja kylmyyden vaikutus näkyy kuitenkin pölytyksen kokonaismäärässä, joka jää niiden johdosta mahdollista määräänsä pienemmäksi (Sarvas 1952).

Koivujen emikukintojen siemenaiheet eivät ole pölytyksen aikaan vielä täysin kehittyneitä. Vasta siitepölyhiukkasen kasvaessa emin luotin solukon läpi sikiäimeen saa aikaan siemenaiheen valmistumisen. Pölytyksen ja hedelmöityksen välillä kuluu noin neljä viikkoa (Kujala 1965).

Koivun siemen, kasvitieteellisen terminologian mukaan tarkasti ottaen pähkylähedelmä, kypsyy jo kukintakesänä. Kukinnasta siementen tuleentumiseen kuluu sekä raudus- että hieskoivulla noin kolme kuukautta. Niinpä rauduskoivun siemenet ovat kerättävissä noin viikkoa aikaisemmin kuin hieskoivun siemenet. Ensimmäiset rauduskoivun siemenet itävät, kun kasvukauden lämpösumma on ylittänyt 600 d.d:tä (kuva 3)(Raulo 1968). Siementen itävyys saavuttaa maksiminsa, kun lämpösummaa on kertynyt runsaat 900 d.d:tä. Raulon (1968) mukaan siementen itävyys laskee tämän jälkeen kerätyissä siemenissä.

Koivun siemeniä alkaa varista heti niiden tuleennuttua, yleensä heinäkuun loppupuolella. Suuri osa siemenistä varisee elo- - syyskuun aikana, mutta jonkin verran siemeniä jää norkkoihin talven ajaksi ja varisee maahan vasta seuraavana keväänä.

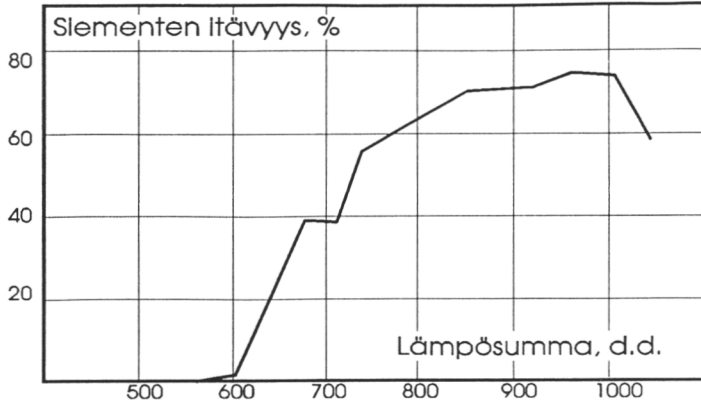
Siementen laatu

Koivun siementen itävyys on yleensä kohtalainen. Sarvaksen (1952) mukaan rauduskoivun siemenistä keskimäärin 72 % oli itämiskelpoisia ja hieskoivun siemenistä 66 %. Vuosien välinen vaihtelu itämiskelpoisten siementen määrässä oli suuri. Parhaimmillaan 82 % siemenistä oli itämiskelpoisia ja heikommillaan vain 11 %. Hyvinä siemenvuosina koivun siementen itävyys on yleensä hyvä.

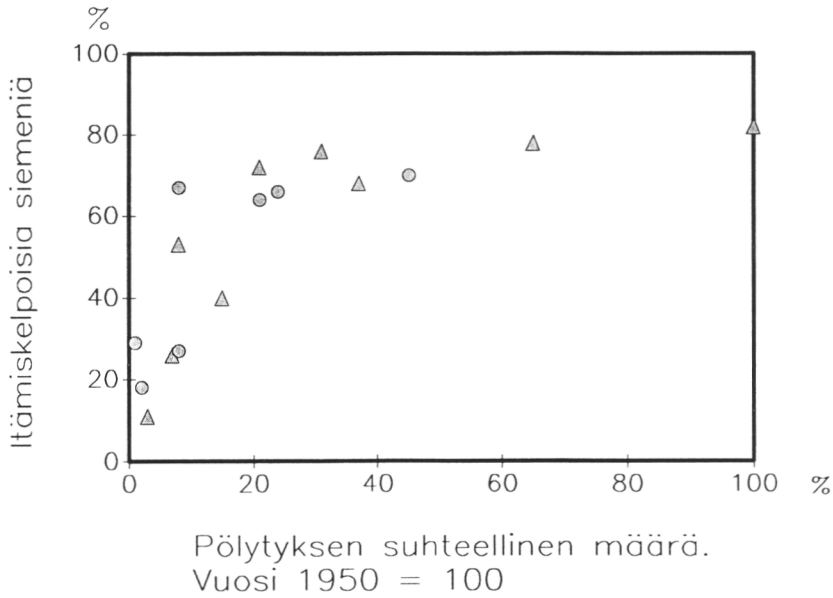
Koivun siementen heikon itävyyden syyksi on osoittautunut tyhjien siementen suuri määrä, jonka Sarvas (1952) arveli johtuvan siemenaiheiden pölyttymättä jäämisestä. Siitepölyn määrän ja tyhjien siementen määrän välillä onkin todettu selvä korrelaatio: mitä vähemmän ilmassa on koivun siitepölyä, sitä suurempi osuus siemenistä on tyhjiä (kuva 4)(Sarvas 1955). Koivu tekee aina siemenen, vaikka pölytyminen ja hedelmöittyminen eivät onnistuisikaan.

Pölytyksen epäonnistumisen aiheuttaa kukinta-aikainen huono sää. Sateet ja kylmyys estävät tehokkaan pölytyksen, kun taas korkeat päivälämpötilat vaikuttavat suotuisasti. Hieskoivun pölytystä saattavat haitata myös samassa metsikössä kasvavat rauduskoivut, jotka ovat jo lehdessä heiksen vasta aloittaessa kukintaansa.

Koivu tuottaa siitepölyä yleensä kuitenkin niin runsaasti, että emikukkien pölyttymisen todennäköisyys on varsin suuri. Emikukan siemenaiheen hedelmöittyminen riippuu pölyttymisen lisäksi myös siitepölyhiukkasen itämiskyvystä ja siiteputken kyvystä kasvaa



Kuva 3. Rauduskoivun siementen itävyyden riippuvuus keruujankohdan lämpösummasta Punkaharjulla v. 1964 (Raulo 1968).



Kuva 4. Raudus- (kolmio) ja hieskoivun (ympyrä) itämiskelpoisten siementen määrän riippuvuus pölytyksen suhteellisesta määrästä vuosina 1946 - 1954 (Sarvas 1952, 1955).

emin luotin solukon lävitse siemenaiheeseen. Myös siemenaiheen ja sen tuman kunto vaikuttavat hedelmöitymisen onnistumiseen.

Siitepölyhiukkasten itävyys on todettu hyväksi (Sarvas 1952). Yli 90 % parhaaseen kukinta-aikaan kerätystä siitepölystä iti hyvin. Siiteputken ituvoima sen sijaan oli heikko, ilmeisesti siitepölyhiukkasen pienestä koosta johtuen. Myös osan emikukkien luoteista on todettu olevan niin pahoin kuivuneita tai muuten turmeltuneita, että ne ovat kelvottomia itämisalustoja siitepölyhiukkaselle (Sarvas 1952).

Koivun oman siitepölyn siiteputki ei yleensä kasva saman yksilön emin luotissa, mikä estää itsehedelmöityksen. Joskus itsehedelmöityskin onnistuu, mm. rauduskoivun on todettu tuottavan elävää siementä myös itsepölytyksen jälkeen. Alhainen lämpötila (10 - 12 °C) kukinta-aikaan lisäsi itsepölytyksen onnistumistodennäköisyyttä (Stern 1963).

Osa koivun siemenistä, vaikka onkin itämiskykyistä, on vajaasti täyttyneitä ja näin ollen heikompilaatuista kuin täysinäinen siemen. Todella hyvälaatuista, täysinäistä siementä on Sarvaksen (1952) mukaan rauduskoivulla n. 39 % ja hieskoivulla n. 42 % koko siemensadosta. Vaillinaisen siemenen muodostuminen ei koivulla johdu pelkästään alhaisesta tuleentumisesta lämpötilasta, kuten havupuilla, vaan siihen vaikuttavat mm. kasvupaikkatekijät ja puun terveydentila.

Laadultaan paras rauduskoivun siemensato saadaan kesinä, jolloin koivujen kukinta on runsasta ja kukinta-aika on aurinkoinen, lämmin ja tuulinen, ja lisäksi kesä jatkuu lämpimänä, mutta sateisena. Hieskoivu, joka yleensä kasvaa kosteammilla kasvupaikoilla kuin rauduskoivu, tekee hyvälaatuista siementä myös vähäsateisina kesinä.

Siementen keräys, käsittely ja säilytys

Koivun siemenet kannattaa kerätä teknisesti virheettömistä puista ja mieluummin sellaisista metsiköistä, joissa kaikki puut ovat hyvälaatuisia, ennen kaikkea suorarunkoisia, hieno-oksaisia ja nopeakasvuista. Metsiköstä kerätyt siemenet ovat parempilaatuista kuin yksinään tai harvakseltaan kasvavista koivuista kerätyt siemenet, joista usein suuri osa on tyhjiä vaillinaisen pölytyksen vuoksi.

Mikäli aikoo kerätä koivun siemeniä kaadettavista puista, kannattaisi puut kaataa välittömästi sateen jälkeen, jolloin märät norkot eivät murene niin herkästi kuin kuivat (Arnborg 1947). Kerätyt norkot tulee kuivata suhteellisen nopeasti, jotta ne eivät homehtuisi. Parhaiten kuivaaminen onnistuu levittämällä norkot ohueksi kerrokseksi lämpimään ja ilmavaan paikkaan. Norkkoja kuivataan niin kauan, kunnes ne puristettaessa tuntuvat kuivilta. Kuivat norkot hienonnetaan käsin ja irronneet siemenet pakataan tiiviisti suljettaviin astioihin tai muovipusseihin, joita säilytetään viileässä. Oikein käsiteltyjen ja säilytettyjen koivun siementen itävyys säilyy useita vuosia. Itämistarmo sen sijaan saattaa heikentyä (Sinko 1973).

Koivun suuria alkuperäsiirtoja ei suositella koivulla tehtäväksi. Maan eteläpuoliskolla rauduskoivun siementä voisi siirtää etelä - pohjoissuunnassa enintään 150 km. Itä - länsisuunnassa siirrot voisivat olla pidempiäkin. Hieskoivun siemenen siirron vaikutuksesta ei ole vielä olemassa tutkimustietoja, mutta samaa sääntöä suositellaan hieskoivullekin (Viherä-Aarnio 1990).

Kirjallisuus

Arnborg, T. 1947. The collection and sowing of Birch seed, with notes on the silviculture of Birch. Summary: Insamling och sodd av björkfro samt några synpunkter på

björkskogsskötsel. Skogen 34(18): 243-245.

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: 60 s.

Kujala, V. 1965. *Betula L.* – Koivun suku. Teoksessa: Jalas, J. (toim.). Suuri Kasvikirja II. 893 s. Kustannusosakeyhtiö Otava. Keuruu.

Raulo, J. 1968. Koivun taimien kasvatusta taimitarhassa. Moniste. Metsäntutkimuslaitos.

Sarvas, R. 1948. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Summary: A research on the regeneration of birch in South Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 35(4):1-91.

– 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): 37 s.

– 1967. The annual period of development of forest trees. *Proceedings of the Finnish Academy of Science and letters* 1965: 211-231.

Sinko, M. 1973. An experiment on the storing of Birch seed for five years. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift*. 71(1): 83-87.

Stern, K. 1963. Investigations into selfsterility in *Betula verrucosa*. *Silvae Genetica* 12(3): 80-82.

Viherä-Aarnio, A. 1990. Erilaisten hieskoivualkuperien menestyminen Muhoksella – metsänjalostuksen kenttätuloksia. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 361:27-39.

Koivun uudistaminen ja kasvatus

Olavi Laiho

Koivu – kulttuurin seuralainen

Koivu levisi maahamme jääkauden jälkeen puulajeista ensimmäisenä. Nykyilmastoa 2 °C kesältään lämpimämpänä Litorina - kautena 8 000 - 4 000 vuotta sitten esiintyi runsaasti myös jaloja lehtipuita (Eronen 1990, Korhola 1990).

Kuusen tulo Länsi-Suomeen 5 000 vuotta sitten ja yleistyminen 3 500 vuotta sitten muutti suuresti puulajisuhteita. Kuusi on ns. klimaks-puulaji, joka kehityksen häiriöttömänä jatkuessa valtaa keskihyvät ja viljavat kasvupaikat. Parhaat lehdot jäävät jalojen lehtipuiden haltuun. Karuilla mailla puolestaan mänty on klimaks-puulaji ja näin kivennäismaiden viljavuussarjaan jää koivulle paikka vain pioneeripuulajina. Kun tilanne on samanlainen useimmilla turvemaidella olisi koivun osuus rikkumattoman luonnontilan vallitessa mitätön. Sitä esiintyisi lähinnä kalliomailla, tietyillä rantavyöhykkeillä ja tunturialueilla.

Näin pelkistetyksi tilanne ei kuitenkaan ole muodostunut. Metsäpalot ovat luonnossa yleisiä ja koivu uudistuu paloalueille hyvin. Varhemmin asutuksen lisäämät metsäpalot ja kaskeaminen tuottivat runsaasti koivulle otollista maaperää. Nykyisin tuli pääsee metsissä tuskin lainkaan valloilleen, mutta sen vastapainona paljaaksihakkuu on ollut yleistä. Paljaaksihakkuualat koivuttuvat useimmiten jo sellaisenaan ja maanmuokkauksen seurauksena monin verroin enemmän. Myöskään metsäojituksen merkitystä ei tule vähätellä. Ojitusalueille on noussut runsaasti etenkin hieskoivua. Näistä syistä koivun asema on metsissämme ollut biologisesti vakaa ja turvattu.

Tasavertaiseksi metsäpuuksi

Metsänhoito on aina arvostanut lehtipuita. Ne tuottavat hyvää kariketta, joka rajoittaa sammalen kasvua, hajaantuu neulaskariketta paremmin ja edistää ravinteiden kiertoa. Samaten lehtikarikeri on kalkkipitoista ja hidastaa maan happamoitumista. Lehtimetsässä pieneliöstö on monipuolinen, pintakasvillisuus ruohovaltainen ja juuristo tiheä ja syvä. Kun havupuidenkin kasvu oikein hoidettuna paranee lehtipuiden seurassa on ymmärrettävää että lehtipuusekoitusta on suositeltu kaikkiin metsiköihin.

Käytännön metsänhoito suuntautui sotien jälkeen kuitenkin lehtipuita ja etenkin koivua vastaan. Perinteinen runsas polttopuun käyttö hiipui hiipumistaan 1950-luvulta lähtien öljyn ja kivihiiilen käytön yleistyessä. Kun samanaikaisesti ei lehtipuulle löydetty teollista käyttöä lastulevyä lukuunottamatta ohjautuivat hoitotoimenpiteet sekataimikoissa havupuuston hyväksi. Ainespuun kokoistakin koivua kaadettiin surutta vaikkapa maahan jätettäväksi. Tässä yhteydessä tuhoutui paljon vaneritukin aihioita kuitupuusta puhumattakaan.

Viimeaikainen kehitys on muuttanut puutavaralajien kysyntäsuhteita. Aika ajoin koivukuitu on kaikkein kysytyintä. On aihetta uskoa, että menekki on pysyvää, sillä koivusta on tullut tärkeä paperin raaka-aine. Koivun lyhyttä kuitua tarvitaan pitkän havukuidun sekaan parantamaan paperin painatusominaisuuksia. Ellei koivua ole saatavissa, joudutaan lyhytkuitua tuomaan. Parhaillaan koivua tuodaan runsaasti Venäjältä ja jossain määrin Baltian maista. Myös koe-eriä eukalyptusta on tuotu samaan tarkoitukseen.

Tilanteen näin muututtua koivu voidaan toivottaa tervetulleeksi männyn ja kuusen rinnalle tasavertaiseksi metsiemme puulajiksi. Muutoksella on merkittävä vaikutus metsien hoitoon. Vaikutus on metsänhoitoa suuresti helpottava. Lisäksi se edesauttaa talousmetsien kasvattamista nykyistä monimuotoisempina ja terveempinä.

Luontainen uudistaminen

Koivu uudistuu luontaisesti yleisesti ottaen hyvin. Tästä vakuuttuu vaikkapa tarkastelemalla nuoria männynviljelyaloja. Vaikka männynistutus olisi onnistunut hyvin on mänty peittymässä koivun alle. Koivu onkin valtaamassa huomattavan osan männynviljelyaloja. Toisaalta on esimerkkejä männynviljelyaloista, joille ei ole noussut koivua. Näin huolimatta siitä, että maalaji on ollut sopiva, muokkaus riittävä ja siementävää koivua lähettyvillä. Koivulle on havupuiden ohella ominaista, että luontaiseen uudistamiseen liittyy epävarmuutta. Ei voida varmuudella sanoa, onnistuuko uudistaminen hyvin, epätasaisesti tai ei lainkaan. Tässä suhteessa tutkimuksella on vielä paljon selvitettävää.

Koivikon siemensato on hyvinä vuosina ylenmääräinen ja huonoinakin satoja kappaleita neliometriä kohti. Kevyenä se myös leviää tehokkaasti. Toisaalta itävyys on alhainen, säilyvyys huono ja sirkkataimi heikko (Sarvas 1956, Savonen 1990, 1993).

Koivun siemen karisee syksyllä. Rauduksen siemen valmistuu noin viikkoa aikaisemmin kuin hieskoivun. Ensimmäiset siemenet karisevat jo heinäkuun lopulla, mutta ensin siemensato saadaan elokuussa. Optimioissa siemen itää sekä idätyskokeissa että maastossa noin viikossa (Nygren & Leinonen 1992). Itämisen lämpötilaoptimi on korkeampi kuin havupuiden, lähellä 30° C. Toisaalta itämiseen vaikuttaa myös päivän pituus ja säteilyolot sekä talvehtiminen. Niinpä siemen keväällä itää selvästi syksyä alhaisemmassa lämmössä. Suotuisana vuonna iso osa siemenistä itää jo syksyllä. Enimmät sirkkataimet syntyvät kuitenkin keväällä. Siemen säilyy maassa itämiskykyisenä hyvin, jopa neljä vuotta. Näin maassa on aina merkittävä siemenpankki.

Koivun taimettuminen vaatii pitkäaikaista kosteutta. Lyhytaikainen kosteus ehtii vain käynnistää itämistapahtuman. Tällainen alkio kuolee herkästi kuivuuteen kuten valmis sirkkataimikin. Kuivina kasvukausina sirkkataimia ei jää juuri lainkaan eloon. Sademäärältään normaaleina kesinä taimettuminen onnistuu lähinnä vain soistumilla. Esimerkiksi seinäsamalpinnalla sirkkataimen mahdollisuudet tavoittaa humuskerros ja kivennäismaa ovat olemattomat. Kosteina kesinä taimia syntyy pienilläkin metsäaloilla miljardeittain. Tällöin niitä kasvaa epäedullisillekin pinnoille, kuten sammalikkoon, ruohikkoon ja karikkeelle (Cajander 1917, Tertti 1930, Kalela 1945).

Kuivuutta voidaan eliminoida muokkaamalla maa. Koivun luontaista uudistamista edistää kivennäismaan paljastaminen pintakasvillisuus ja humuskerros poistaen. Maa ei saa olla kuopalla ja kapillaariveden tulee yltää pintaan. Viimemainitussa suhteessa kohoumamuokkaus ei ole edullinen, sillä sen pinta on altis tuulelle, eroosiolle ja kuivuudelle. Muokkauksen tehosta voi vakuuttua erilaisilla uudistusaloilla. Monesti äestysvaoissa on yhtenäinen koivun-taimijono ilman että niiden väleissä on taimia ollenkaan. Näin voi olla sekä viljavalla moreenimaalla että kuivalla hiekkakankaalla.

Syysidännästä ei katsota syntyvän elinvoimaista nuorennosta. Parhaat mahdollisuudet on niillä taimilla, jotka syntyvät jo elokuun alussa. Talven aikana menehtyy kuitenkin paljon hyviäkin taimia. Syynä on mm. peittyminen lehtikarikkeen, ruohon ja heinän alle, jääpölte, tulvavesi ja rouste. Maalajista riippumatta vähäinkin hienomaaosuus aiheuttaa roustetta pohjaveden ollessa lähellä pintaa. Keväällä syntyvät taimet pääsevät nopeasti kehityksen alkuun. Jos kesä on lämmin ja maa viljava taimet ehtivät yllättävän suuriksi. Yksivuotias

koivuntaimi voi olla maastossakin lähes puolimetrisen. Tällainen alkukehitys mahdollistaa luontaisen uudistumisen varsin viljavallakin kasvupaikalla.

Kylvö ja istutus

Avohakkuun ja metsänviljelyn välillä on perinteisesti pidetty välivuosi. Biologisena syynä on ollut tukkimiehentäiriskin väheneminen, teknisenä syynä muokkausjäljen paraneminen neulasten karistessa ja oksien haurastuessa sekä inhimillisenä tekijänä muokkauksen järjestämiseen tarvittava aika. Tästä välivuodesta ollaan nyt luopumassa. Maa tekeytyy viljeltynäkin, tukkimiehetäi pyritään torjumaan kemiallisesti, muokkauskoneet ovat järeytyneet ja töiden järjestely tehostunut. Lisäksi vihreään risuun viljely parantaa taimien mahdollisuuksia pintakasvillisuutta vastaan. Tämä on tärkeä seikka ja mahdollistaa kylvön käyttämisen astetta viljavammilla kasvupaikoilla kuin muuten. Näin yhä kalliimmaksi käynyttä istutusta voidaan vähentää ja keskittää se kasvupaikoille, joilla muilla keinoin ei onnistuta.

Koivun kylvöaloja ei tarvitse muokata kovin aikaisin keväällä. Tämä erotukseksi männystä ja kuudesta, joilla siementä karisee runsaasti vielä huhti- toukokuussa ja joilla se ehtii varhain muokattuun tuoreeseen muokkauspintaan. Koivun kylvöä voidaan tehdä juhanukseen asti. Tulos jää riippumaan sääoloista. Keskimäärin koivun kylvö onnistuu selvästi huonommin kuin männyn kylvö, jo 20 % onnistuminen on kohtuullinen. Kylvöpisteitä tulisi näin ollen olla mahdollisimman paljon ja siementä olisi hyvä käyttää runsaanlaisesti, jopa lähes kilo hehtaarille (Kinnunen 1990). Tämä rajoittaa pitkällejalostetun siemenen käyttöä.

Koivun kylvöä voidaan suositella myös elo- syyskuun vaihteessa. Maa muokataan tällöin viimeistään elokuun alussa, jotta luontainen siemennys muodostuisi mahdollisimman hyväksi. Tämä kylvötapa edellyttää yleensä omakohtaista siemenen keruuta ja kylvämistä ilman siemenen säilytysaikaa ja siihen liittyviä toimenpiteitä. Koska siemenen keruu on verrattain helppoa sitä on syytä käyttää runsaanlaisesti. Kylvömenetelminä tulevat kysymykseen tavanomainen vakokylvö ja hajakylvö. Koivun siementä ei saa peittää kuin kevyesti millin paksuudelta Koivulle ei ole vielä kehitetty koneellista kylvölaitetta. Siihen olisi kuitenkin päästävä, jolloin kylvö voitaisiin tehdä rutiinitoimenpiteenä muokkauksen yhteydessä ja siemenmenekki voitaisiin säädellä sen mukaan pyritäänkö täyteen taimettumiseen vaiko luontaisen taimettumisen täydentämiseen.

Istutusta on käytetty koivun uudistamisessa huomattavassa määrin jo noin kolmekymmentä vuotta. Välillä oli pitkä jakso, jolloin istutuksia ei hirvituhoriskin takia tehty juuri lainkaan. Metsitettävät pellot ovat olleet merkittävä istutuskohde. Pahoin ruohottuneilla kohteilla voidaan käyttää ylisuuria taimia ja pieniä taimia kasvupaikoilla, joilla ne ovat riittäviä. Kummatkin voidaan kasvattaa yhdessä kasvukaudessa.

Rauduksen viljely edellyttää kasvupaikan olevan hyvässä kunnossa. Liikavettä ei saa olla ja maan tulee olla ilmavaa (Raulo 1981). Turvallisin ja useimmilla kasvupaikoilla tarpeellinen muokkaus on mätästys, jolla saadaan poistetuksi liikavesi, ilmavoitetuksi maata ja taimet sijoitetuksi lämpimille kohoumille. Näin päästään kokemuksen mukaan hyvään alkukehitykseen.

Suomessa on korostettu kaikilla puolajella nopeaa alkukehitystä. Se vähentää heinimistä ja muuta hoitoa ja lyhentää taimien alttiinaoloaikaa tuhoille. Ruotsissa metsänuudistamisessa korostetaan hitaan alkukehityksen merkitystä laadulle. Lustopakkaus pyritään pitämään mahdollisimman tasaisena. Liiallisessa alkukasvussa saattaa piillä tuhoriskejä. Hyväkasvuisilla viljelykoivuilla on esiintynyt mm. runkohalkeamia.

Työmäärä on istutuksessa suuri ja istutuskustannukset ovat jatkuvasti nousseet. Jos kookas jalostettu taimi maksaa istutettuna useita markkoja ei niitä kannata istuttaa ensihar-

vennuksessa poistettavaksi. Riittävän karsiutumisen ja laatukehityksen takaamiseksi taimia tulisi kuitenkin olla ainakin 1 600 kpl/ha. Rauduksen ohella tämä ongelma koskee myös hieskoivua. Sen istutuskohteena ovat etenkin turvemaapellet ja versosurmakan vaivaamat metsämaat. Hieskoivu on niille käytännöllisesti katsoen ainoa mahdollinen puulaji. Tässäkään tapauksessa ei voida mennä tiheään istutukseen vaan on aiheellista tukeutua täydentävään luontaiseen uudistumiseen tai kylvöön.

Raudus harvana, hies tiheänä

Rauduskoivun kasvatuksen tavoitteena on vanerikoivun tai erikoistukin tuottaminen. Tavoitteeseen pyritään nopeasti ja kuitupuun tuotoksesta tinkien. Vaneritukin tuottaminen edellyttää oksien kuolemista 6-7 metrin matkalta tyveltä. Jos lähtötiheys on 1 600 kpl/ha tavoite saavutetaan 13-14 m:n valtapituudella (Niemi 1992). Tällöin runkoluku pudotetaan noin puoleen. Metsikön ikä on tällöin vähimmillään 15 vuotta ja hakkuukertymä 80 m³/ha. Toinen harvennus tehdään noin 25 vuoden iällä, jolloin valtapituus on 22 m ja runkotilavuus 300 m³/ha. Hakkuukertymästä osa on jo tukkia. Harvennus voidaan tehdä alaharvennuksen ohella lievänä yläharvennuksena, jolloin kiertoajan tukkisaanto ja samalla tuotto paranevat. Päätehakuuseen voidaan päästä jo 40 vuoden iällä. Se merkitsee kaksinkertaista kehitysnopeutta luonnolliseen koivikkoon verrattuna (Koivisto 1959).

Vertailevissa kokeissa on käytetty myös edellistä harvempaa lähtöasettoa. Tällöin alaokkien kuoleminen viivästyy tai estyy. Toisaalta kasvatusta voidaan aloittaa ylitihedellä, josta runkoluvulla 10 000 kpl/ha. Valtapuuston kehitys ei juurikaan hidastu ja kokonaiskasvu paranevat. Samalla oksien karsiutuminen nopeutuu, ensiharvennuksen joudutaan edellistä aikaisemmin, saatetaan tarvita yksi ylimääräinen harvennuskerta ja saatava puutavara on kuitenkin pienikokoista.

Tiheä lähtöpuusto soveltuu hyvin myös luontaiseen koivutaimikkoon. Useimmiten on kysymyksessä rauduksen ja hieksen sekataimikko. Tämä lähtökohta on erityisen edullinen, sillä raudustaimet erottuvat ajoissa valtataimiksi ja suurillakaan alkutiheyksillä ei välttämättä tarvita taimikonhoitoa. Korkeintaan voidaan hieman auttaa haluttujen valtapuiden kehitystä (Raulo 1981).

Hieskoivun kasvatusta poikkeaa rauduskoivun kasvatuksesta monissa kohdissa. Hieskoivu on tosin sekin nuorena nopeakasvuinen mutta ränsistyy nopeasti. Yleisesti ottaen hieskoivun kasvatuksella ei pyritä tukkisaantoon. Hieskoivu ei myöskään reagoi myönteisesti harvennuksiin, etenkin nuorena (Niemi 1992). Itse asiassa on monia harvennuskokeita, joissa hiesvaltapuuston kehitys on harvennuksen seurauksena hidastunut. Syynä saattaa olla puustopääoman vähenemisestä aiheutunut pohjaveden nousu, mutta myös lehtirakenteeltaan hieskoivu poikkeaa rauduskoivusta siten, että se on selvästi varjoa sietävämpi. Hieskoivulle suositetaan hyvin yksinkertaista kasvatustapaa. Harvennuksia on vain yksi, valtapituuden ollessa 14-15 metriä. Tapauksissa, joissa energiapuulla on käyttöä harvennusta saattaa edeltää energiapuun korjuu kertaalleen. Jos taimikkoa hoidetaan se suositellaan harvennettavaksi tiheyteen 2 000 kpl/ha.

Molemmat koivulajit sisältävät huomattavan sisäisen vaihtelun. Keskenään ne eroavat kromosomistoltaan selvästi (hies 56 ja raudus 28 kromosomia) mutta ero ei ole aina selvä mitä tulee tuntomerkkeihin (lehtimuoto ja hammas, kasvainten pintapeite, tyvikaarna jne.). Samaten vaihtelee kasvunopeus ja puun laatu. Eri koivumuodoista (helvekoivu, harmaakoivu, kaskikoivu, viitakoivu) mm. ensinmainittu on hieskoivu (Kujala 1946). Vanerintaimet pitävät sitä hyvänä koivumuotona. Etenkin Etelä-Suomessa ei voidakaan poissulkea hieksen kasvatusta myös vanerikoivuna. Aina onkin mahdollisuuksien mukaan kiinnitettävä huomiota

hieksen laatuun ja luonteeseen. Vesälähtöistä koivua on syytä välttää lukuunottamatta energiapuun kasvatusta.

Hieksen kasvatusta keskittyy ymmärrettävästi kasvupaikoille, joilla raudus ei menesty. Tällaisia ovat lähes kaikki turvemaat samaten kuin metsitettävät turvepellot ynnä ongelmallisimmat kivennäismaat. Hieksenkään suhteen ei kuitenkaan pidä tuudittautua ajatukseen, että se on tunneton kasvupaikalle. Niinpä liikaveden poistaminen ja maan ilmavoittaminen on tärkeää myös hiestä kasvatettaessa (Laiho & Hovila 1992).

Koivuhavusekametsä

Puhdasta koivikkoa yleisempää on koivun ja havupuiden muodostama sekametsä. Niinpä 1950-luvulla lehtihavumetsää oli 80 % metsäalasta, mutta puhdasta lehtimetsää vain 1 % (Laiho 1993). Niin ollen on tärkeää, miten koivunsekaista havupuutaimikkoa pitäisi hoitaa ja minkälaiseen päätehakkuupuustoon pyrkiä.

Koivuhavusekataimikko tarjoaa mahdollisuuden moniin kasvatustapoihin. Perinteisesti on pyritty yksijaksoiseen metsikköön. Mäntykoivusekametsiköistä on julkaistu jo 1930-luvulla laaja tutkimuskin (Lappi-Seppälä 1930). Niitä on syntynyt erityisesti kaskialoille (Heikinheimo 1915). Riippuen siitä kumpaa puulajia on enemmän siementynyt ja miten alkuunlähtö on onnistunut voitolle on päässyt joko mänty tai koivu. Männyn lievä etukasvuisuus on taannut mäntyvaltaisuuden myös päätehakkuuvaiheessa.

Viimeaikaisten tutkimusten perusteella mäntykoivusekametsikön kasvatusta on tarkentunut (Mielikäinen 1980). Taimikonhoidolla tulee pyrkiä männyn ja koivun yhtäläiseen runkolukuun. Taimivaiheessa männylle pitää saada noin metrin kasvuetumatka. Tähän päästään poistamalla kaikki kookkaimmat lehtipuut, ääritapauksessa kaikkikin koivu. Näin käsitelty koivu ei enää uhkaa männyn valtaapuoletta. Toisaalta osa koivun elinvoimaa tulee tällä määrämittakäsittelyllä eliminoituksi ja mukaan nousee vesasyntyistäkin koivua. Kasvatuksen edetessä koivua poistetaan mäntyä runsaammin. Tavoitteena onkin päätehakkuuvaiheen puhdas männikkö. Tällöin päästään 2 % kasvunlisään puhtaan männikön kasvatukseen verrattuna. Sen lisäksi tulevat mahdolliset maaperään liittyvät hyödyt.

Kuvattu kasvatustapa on ollut hevostarjuntaa aikana helppo toteuttaa. Konekorjuulla ja enintään kahdella harvennuskerralla hienovarainen latvusten hoito ei ole mahdollista. Männyn ja koivun yhteiskasvatuksessa ollaankin ymmällään, ja valtavat pinta-alat odottavat käsittelyjäänsä. Monessa tapauksessa kasvupaikalla on täysitiheä viljelty mäntytaimikko ja yhtä lailla täysitiheä luontainen koivutaimikko. Kummastakin saataisiin täysipainoinen metsä. Näköpiirissä ei ole kunnan vaihtoehtoa näiden puulajien yhteiskasvatukseen. Ellei tehdä mitään kehitys kallistuu nopeasti koivun hyväksi. Vuosi vuodelta männyntaimet jäävät koivun varjoon, kiihtuvat ja tuhoutuvat.

Kuusen suhteen tilanne on helpompi. Kuusen ja koivun lukumääräsuhde voidaan pitää samana kautta kiertoajan. Suositeltavaa on noin neljänneksen rauduskekoitus kuusikossa. Yksijaksoista metsikköä kasvatettaessa pitää kuusella olla 1-2 metrin etumatka taimikkovaiheessa. Tällöin koivu ei enää pituuskehityksessään ohita kuusta. Tällä kasvatustavalla päästään 4 % kasvunlisäykseen, 7 % suurempaan tukkisaantoon ja 9 % suurempaan tuottoon (Mielikäinen 1985).

Monissa tapauksissa joudutaan käyttämään lehtisekapuuna rauduksen asemasta hieskoivua. Hieskoivun kasvatusta sopii raudusta paremmin männyn yhteyteen. Myös kuusen kehitystä hies hidastaa vähemmän kuin raudus, mutta toisaalta on itse tätä hidaskasvuisempi. Niinpä kokonaiskasvu jää 4 % puhdasta kuusikkoa pienemmäksi ja tukkisaanto laskee peräti 20 %.

Koivu, mänty ja kuusi saavat usein alkunsa vuoden tai kahden tarkkuudella samanai-

kaisesti (Pöntynen 1929, Mielikäinen 1985). Monilla luontaisesti uudistettavilla äestysaloilla on jo ensimmäisen kasvukauden syksyllä kaksijaksoinen taimikko (Laiho 1988). Koivun taimet ovat pituudeltaan esim. 10-30 cm ja kuusen taimet 3-5 cm. Tämä pituusero säilyy jatkossa siten, että 10 -metrisen koivikon alla on 1-2 -metrinen kuusen taimikko. Perinteisesti tällaisessa tilanteessa koivua on pidetty kuusitaimikon verhopuustona, joka hallanvaaran tultua ohitetuksi on pitänyt poistaa (Leikola & Rikala 1983). Uutena vaihtoehtona on pyrkiä kummallakin jaksolla täysipainoiseen tuotokseen (Laiho 1987, Kaksijaksoisesti ... 1992). Ts. kasvatetaan ensin "valmiiksi" koivikko ja sen jälkeen annetaan vuoro kuusikolle. Tuotosnäkökohtien ja maanhoidon lisäksi keskeinen etu on, että uudistamisen yhteydessä saadaan huomattava aikavoitto ja uudistamiskustannuksia ei ole. Tilannetta valaisee männynllä suoritettu tutkimus (Isomäki 1979), jonka mukaan alikasvoskuusikko hidasti tukkimännikön kasvua noin 1 m³/ha/v mutta oli yhdeksän vuotta mäntyjakson poistamisen jälkeen täysitiheä 13 -metrinen harvennusmetsä, kun vertailualan mäntytaimikko oli useista metsänviljely-yrityksistä huolimatta edelleen vaillinaisesti taimettunut ja alle kaksimetrisen.

Alikasvosta on meillä luultua enemmän. Sille on vain asetettu niin tiukat vaatimukset, että harva alikasvos on ne täyttänyt. Niinpä alikasvos on saattanut olla liian harva, liian epätasainen, kasvupaikalle sopimatonta puulajia, korjuussa tuhoutuva, liian vanha, väärän kehitysluokan metsikössä jne. Vaatimukset täyttävää alikasvosta on ollut vain 2-3 % metsiemme pinta-alasta. Todellisuudessa alikasvosluonteista nuorennosta näyttää olevan kymmenkertainen määrä (Laiho ym. 1993). Se on haitannut mm. yksijaksoisten metsiköiden löytämistä tutkimustarkoituksiin ja muuttanut metsien ikärakennetta huomattavasti. Lähes kaikki varttuneet nykykuusikot ovat nuorena olleet alikasvoksena, joko kehityskelpoisena tai -kelvottomana.

Kolmaskin tapa kasvattaa koivuhavusekametsää on. Metsikössä on tällöin vierä vieressä ja pikku ryhminä mahdollisimman monimuotoisesti eri puulajeja ja erikokoisia puita. Tällainen metsä on eri-ikäinen, mutta kun toisaalta puiden tarkka ikä on vaikea selvittää on parempi puhua erirakenteisesta metsästä. Tällaista erirakenteista metsää meillä on tälläkin hetkellä hyvin paljon, jos luokittelu pohjataan runkolukuun (Laiho ym. 1993). Erirakenteisen koivuhavusekametsän tuotoksesta ei ole vielä pitäviä tutkimustuloksia. Tähänastisiinkin tutkimuskoealoihin (Mielikäinen 1985) sisältyy kuitenkin niin paljon erirakenteisuutta, että tuotosmahdollisuudet voidaan arvella myönteisiksi. Hakuissa noudatetaan perinteisiä valintakriteerejä eli kasvamassa pyritään pitämään aina paraslaatuisin puusto. Pienien puiden ohella poistetaan kuitenkin kaiken aikaa kypsää puustoa, jotta jatkuva uudistuminen ja nimenomaan koivun uudistuminen onnistuisi.

Alikasvokset säästettävä, korjuuta kehitettävä

Koivun kasvatuksessa kuusen alikasvos on elintärkeä osa ja kannattavuuden parantaja. Tätä yhdistelmää tulee siksi suojella kuin silmäterää. Saattaa käydä niinkin, että jos alikasvos jostakin metsiköstä raivataan ei uutta enää tulekaan ja joudutaan uudistamisvaiheessa sekä aikatappon, että kustannuksiin. Biologisesti kuusialikasvos on kestävä eikä koivun eikä männyn varjossa tuhoudu vaan kehittyä päällypuuston mahdollistamalla nopeudella. Tätä elinvoimaista, taloudellista ja monimuotoista metsikkörakennetta uhkaakin vain yksijaksoinen yksioikoinen metsänhoito ja koneellinen korjuu. Alikasvos estää harvesterin kuljettajaa näkemästä kaadettavan puun tyvellä olevia maakiviä ja asettamasta kaatopäätä oikealle kohdalle. Tämä on vakavasti otettava näkökohta mutta se ei saa hämärtää tavoitetta. Alikasvos on ehdottomasti säästettävä seuraavan metsän rungoksi. Hyvällä tahdolla ja ammattitaidolla tässä hankkeessa myös onnistutaan. Korjuukoneet kehittyvät sukupolvi sukupolvelta paremmaksi ja monessa alikasvoksessa on varaa, jopa tarvetta osan tuhoutua.

Kirjallisuutta

- Cajander, A. K. 1917. Metsänhoidon perusteet II. Suomen dendrologian pääpiirteet. WSOY. Porvoo. 652 s.
- Eronen, M. 1990. Muuttuva ilmasto. Terra 102(4):220-238.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Acta Forestalia Fennica 4(2):1-472..
- Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. Folia Forestalia 392.
- Kaksijaksoisesti kasvatettu metsä tuottaa koivua ja kuusta. 1992. Metsälehti (24):16.
- Kalela, E. K. 1945. Metsät ja metsien hoito. WSOY. Porvoo. 368 s.
- Kinnunen, K. 1990. Ensituloksia rehevien kivennäismaiden kylvöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369:15-21.
- Koivisto, P. 1959. Kasvu- ja tuottotaulukoita. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 51(8):1-49.
- Korhola, A. 1990. Suomen metsien kehitysvaiheet. Terra 102(4):268-274.
- Kujala, V. 1946. Koivututkimuksia. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 34(1):1-36.
- Laiho, O. 1987. Kuusen luontainen uudistaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 270:24-37.
- 1988. Mitä tehdä alikasvoksille. Metsä ja Puu 9:34-35.
 - 1993. Lehtipuuston esiintyminen 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:35-40.
 - & Hovila, K. 1992. Männyn äestysistutus savimaahan Somerolla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 423:10-18.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1993. Metsien rakenne 1950-luvun alussa. Käsikirjoitus.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mäntykoivusekametsikön kehityksestä. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 15:1-241.
- Leikola, M. & Rikala, R. 1983. Verhoppuusto ja sen käyttö. Metsä ja Puu 4:4-6.
- Mielikäinen, K. 1980. Mäntykoivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 99(3):1-82.
- 1985. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 133. 79 s.
- Niemistö, P. 1992. Hies- ja rauduskoivun kasvatuksen erot. Metsäkeskus Tapio. Metsien kasvatuseminaarin esitelmämoniste. 2 s.
- Nygren, M. & Leinonen, K. 1992. Pääpuulajiemme laboratorio- ja kenttäitävyydestä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 426:59-78.
- Raulo, J. 1981. Koivukirja. Gummerus. Jyväskylä. 130 s.
- Sarvas, R. Puulajit. Metsäkäsikirja 1:454-474. 1956.
- Savonen, E.-M. 1990. Siemensadon määrään ja laatuun vaikuttavia tekijöitä sekä siemensadon ennustaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369:4-14.
- 1993. Koivun siemensato ja siemenen käsittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 470:21-27.
- Tertti (Hertz), M. 1930. Suomen puulajit. Julkaisussa: Ilvessalo, L. ja Laitakari, E. (toim.). Maa ja metsä 8. WSOY. s. 325-356.

Lehtipuuston esiintyminen 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa

Olavi Laiho

Johdanto

Lehtipuuston määrä on metsissämme kääntynyt lievään nousuun 1980-luvun taitteessa (Kuusela & Salminen 1991). Suurin muutos on kuitenkin edessä. Valtion, yhtiöiden ja yksityismetsille on äskettäin tehty uudet hoito-ohjeet ja yksityismetsien osalta uusien ohjeiden tarkistuskinn on jo työn alla. Ohjeissa koivu on nostettu tasaveroiseksi puulajiksi männyn ja kuusen rinnalle. Rauduksen ohella myös hieskoivu hyväksytään monilla kasvupaikoilla täysipainoiseksi puulajiksi. Koivun lisäksi muidenkin lehtipuuden arvostus on vahvistumassa.

Ohjeiden vaikutus näkyy nopeasti taimikoissa. Männyn osuus viljelyalasta on jo laskenut. Luontaista koivua nousee runsaasti lähes kaikille uudistusaloille (Laiho 1993). Nopean alkukehityksensä ansiosta koivu kehittyi säännöllisesti etukasvuseksi. Taimikonhoidon supistuminen yhteen viivästettyyn käsittelyyn merkitsee monen mäntytaimikon tuhoutumista koivun alle. Kuusentaimikot puolestaan jäävät koivun alikasvokseksi. Muutos tulee näky-mään lähivuosina koivutaimikoiden alan moninkertaistumisena.

Tämänhetkinen koivun niukkuus pohjautuu 1950-luvulla alkaneeseen "koivuvihaan". Tuolloin polttopuun käyttö nopeasti romahti öljyn ja kivihiilen yleistytessä. Kun ei kuituko-koiselle koivulle lastulevyä lukuunottamatta ollut näköpiirissäkään teollista käyttöä sen hinta romahti. Myös koivutukki oli aika ajoin selvästi havutukkia halvempaa. Näistä syistä koivu perattiin havupuutaimikoista tarkoin ja aineskokoistakin lehtipuuta lyötiin maahan. Koivun hävittäminen saattoi mennä tarkoitettua pidemmällekin. Toisaalta monet varovasti muutoksiin suhtautuvat metsänomistajat eivät koivun hävitykseen ryhtyneet.

Tässä tilanteessa nousee mielenkiintoiseksi kysymys siitä, millaista lehtipuustoa metsis-sämme oli ennen sen systemaattisia vähentämistoimenpiteitä. Otollisen aineiston tarjoaa Valtakunnan metsien III inventoinnin koealamateriaali. Tässä yhteydessä tarkastellaan eräitä lehtipuuston esiintymistä valaisevia tunnuksia Etelä-Suomen osalta. Tarkastelu pohjataan runkolukuun, josta on julkaistu tietoja hyvin niukasti ja vasta aivan viimeaikoina koealakoh-taisina (Lähde ym. 1991, 1992, Laiho 1992, Laiho ym. 1993, Norokorpi ym. 1993).

Aineisto ja menetelmät

Kolmas valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin vuosina 1951-53. Arviointilinjoilta otettiin kilometrin välein ns. täyskoeala 0,1 ha ympyräkoelana (Ilvessalo 1951). Siltä luettiin läpimitaltaan yli 10 cm:n puusto. Kymmentä senttimetriä pienempi puusto mitattiin saman-keskiseltä 0,01 ha ympyräkoelalta. Sellaisia lehtipuuvesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta, ei luettu, ei myöskään alle 2 cm läpimittaista alikasvosta. Koeala otettiin siltä kuviolta, johon sen keskipiste osui. Jos se näin otettuna olisi jakaantunut kahdelle eri kuviolle tai kahteen selvästi erilaiseen metsikköön, siirrettiin sitä enintään 20 m eteenpäin, taaksepäin tai sivulle. Ellei siirto riittänyt jätettiin koeala ottamatta. Näin koeala on kokonaisuutena huolellisesti sijoitettu samalle metsikkökuviolle. Tämä varmistaa koealametsi-köiden aitouden, joka on koealakohtaisen tarkastelun edellytys.

Koealatiedoista tallennettiin tätä tutkimusta varten metsätyyppi, runkolukujakauma puulajeittain, tilavuus, puuston ikä ja valtapituus sekä kehitysluokka, metsänhoidollinen tila

ja koealan sijaintitiedot. Kasvupaikat ryhmiteltiin metsä- tai suotyypin mukaan. Tutkittavaksi otettiin kaikki puustoiset koealat. Niiden määrä oli 8 832 koealojen kokonaismäärän ollessa Etelä-Suomessa 9 449 kpl (Ilvessalo 1956).

Tulokset

Runkoluku aleni kivennäismaalla viljavuuden heiketessä (taulukko 1). Turvemaalla runkoluku oli rämeitä lukuunottamatta tasaisen korkea ja turvekankailla korkein (2 790 kpl/ha). Myös lehtipuuston määrä ja osuus runkoluvusta oli turvekankailla selvästi korkein. Viljavimmalla kivennäismaalla lehtipuuston osuus oli toiseksi korkein ja sen määrä ylitti 1 000 kpl/ha samaten kuin korvissa ja ojikoissakin. Vähiten lehtipuustoa oli karuilla kivennäismailla ja rämeillä. Kooltaan lehtipuusto oli pääosin pienikokoista (2 - 10 cm). Keskikokoista lehtipuustoa (10 - 22 cm) oli runkoluvusta 17 % ja isokokoista tuskin lainkaan. Kookkainta lehtipuusto oli keskihyvällä kivennäismaalla ja pienintä turvemaalla.

Kehitysluokista runkoluku oli taimikoissa korkein ja se aleni johdonmukaisesti harvenusmetsästä uudistusmetsään siirryttäessä. Metsiköissä, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty puusto oli kooltaan vaihtelevaa ja sen myötä runkoluku lähellä keskimäärää (taulukko 2). Lehtipuustoa oli keskimäärin kolmannes runkoluvusta. Taimikoissa sen osuus oli korkein ja uudistusmetsässä pienin. Puulajeista mänty oli keskimäärin järeintä ja lehtipuusto pienikokoisinta. Isokokoinen puusto keskittyi kaikilla puulajeilla uudistusaloille sekä väljennys- ja uudistusmetsiin.

Lehtipuuston alueelliset tiheys- ja läpimittaerot olivat vähäisiä (taulukko 3). Lounais-Suomessa lehtipuuston määrä ja osuus runkoluvusta olivat pienimmät ja Etelä-Pohjanmaalla korkeimmat mutta nekään eivät yltäneet Etelä-Suomen keskimäärään. Etelä-Pohjanmaalla lehtipuusto oli tarkastelluista lautakunnista pienikokoisinta ja selvästi alle Etelä-Suomen keskimäärän.

Taulukko 1. Lehtipuuston suhteellinen jakautuminen läpimitta- ja kasvupaikkaryhmiin Etelä-Suomessa vuosina 1951-53.

Kasvupaikka-ryhmä	Koealoja kpl	Runkoluku kpl/ha	Lehtipuusto kpl/ha	Läpimitta, cm		
				2-10	10-22	>22
Lehto ja lehtom. kg	1309	1892	1017	83	16	1
Tuore ja kuivahko kg	4579	1598	425	77	22	1
Kuiva kg ja kalliomaa	665	1181	175	86	14	0
Korvet	751	2374	1024	88	12	0
Rämeet	1102	1430	352	93	7	0
Ojikat	370	2328	1005	89	11	0
Turvekankaat	56	2790	1710	84	16	0
Kivennäismaat	6553	1614	518	80	20	1
Turvemaat	2279	1920	713	89	11	0
Keskimäärin	8832	1693	568	83	17	0

Taulukko 2. Runkoluku ja sen suhteellinen jakautuminen puulajeittain ja kehitysluokittain läpimittaryhmiin Etelä-Suomessa vuosina 1951-53.

Kehitysluokka	Koealoja kpl	Puulaji	Runkoluku kpl/ha	Läpimitta, cm		
				2-10	10-22	>22
Uudistusala	182	Mä	151	59	31	10
		Ku	220	78	21	2
		Lehtipuusto	157	83	16	1
		Yhteensä	528	74	22	4
Taimikko	381	Mä	1153	96	3	0
		Ku	482	96	4	0
		Lehtipuusto	1087	99	1	0
		Yhteensä	2722	97	3	0
Ylispuustoinen taimikko	393	Mä	762	90	9	1
		Ku	415	88	11	1
		Lehtipuusto	479	91	8	1
		Yhteensä	1657	90	9	1
Harvennusmetsä	2947	Mä	651	70	29	1
		Ku	751	76	24	1
		Lehtipuusto	693	83	17	0
		Yhteensä	2095	76	23	1
Väljennusmetsä	1212	Mä	372	39	54	8
		Ku	561	62	36	2
		Lehtipuusto	359	68	31	1
		Yhteensä	1292	57	39	3
Uudistusmetsä	885	Mä	228	43	46	12
		Ku	677	62	34	3
		Lehtipuusto	283	71	27	2
		Yhteensä	1188	61	35	5
Ei määritetty	2832	Mä	239	53	42	4
		Ku	721	72	27	1
		Lehtipuusto	586	84	16	1
		Yhteensä	1547	73	25	1
Yht. / keskim.	8832	Mä	455	66	31	3
		Ku	670	72	26	1
		Lehtipuusto	568	83	17	0
		Yhteensä	1693	74	24	1

Taulukko 3. Lehtipuuston suhteellinen jakautuminen läpimittaryhmiin metsälautakunnittain.

Alue	Koealoja kpl	Runkoluku kpl/ha	Lehtipuusto kpl/ha	Läpimitta, cm		
				2-10	10-22	>22
Lounais-Suomi	357	1571	405	84	16	1
Satakunta	432	1604	457	87	13	0
Pirkka-Häme	970	1720	487	85	15	0
Etelä-Pohjanmaa	636	1746	546	90	10	0
Etelä-Suomi	8832	1693	568	83	17	0

Taulukko 4. Lehtipuuston suhteellinen jakautuminen tiheysluokkiin (%koealojen lukumäärästä).

Alue	Koealoja kpl	Lehtipuusto, kpl/ha					
		0	<100	<500	<1000	<2000	>2000
Lounais-Suomi	357	41	15	24	8	6	6
Satakunta	432	26	20	29	12	9	4
Pirkka-Häme	970	18	20	35	14	8	5
Etelä-Pohjanmaa	636	26	12	31	15	9	7
Etelä-Suomi	8832	20	17	32	14	10	7

Taulukko 5. Puhtaiden metsiköiden ja eri puulajiyhdistelmien yleisyys (% koealojen lukumäärästä). Puulajit: 1= mänty, 2 = kuusi, 3 = lehtipuusto.

Alue	Koealoja kpl	Yleisyys						
		1	2	3	1+2	1+3	2+3	1+2+3
Lounais-Suomi	357	12	2	1	27	4	6	48
Satakunta	432	14	2	2	10	15	8	50
Pirkka-Häme	970	6	2	1	10	7	13	62
Etelä-Pohjanmaa	636	15	1	1	11	19	6	47
Etelä-Suomi	8832	10	1	1	9	13	11	55

Taulukko 6. Lehtipuuston suhteellinen puulajikoostumus (% lehtipuuston runkoluvusta).

Alue	Koealoja kpl	Hies- koivu	Raudus- koivu	Leppä	Haapa	Muut
Lounais-Suomi	357	61	18	17	3	1
Satakunta	432	71	10	11	7	1
Pirkka-Häme	970	58	9	27	4	2
Etelä-Pohjanmaa	636	76	7	9	8	1
Etelä-Suomi	8832	55	13	25	4	2

Lehtipuuston tiheys vaihteli laaja-alaisesti (taulukko 4). Koealoja, joilta se kokonaan puuttui oli Etelä-Suomessa viidennes ja Lounais-Suomessa peräti 41 %. Useimmiten lehtipuustoa oli 100 - 500 kpl/ha. Enimmillään sen määrä ylitti 10 000 kpl/ha ja 7 %:lla koealoja sen määrä ylitti 2 000 kpl/ha.

Lehtipuuston tai jomman kumman havupuun muodostamia puhtaita metsiköitä oli 12 % (taulukko 5). Niistä enimmäkseen olivat männiköitä. Puhdasta lehtimetsää ja kuusikkoa oli kumpaakin vain 1 %:lla koealojen lukumäärästä. Puhtaat metsiköt keskittyivät niukkapuustoihin taimikoihin ja kasvupaikoista huonokasvuille rämeille. Lehtipuuston ja männyn tai kuusen muodostamaa sekametsää oli 24 % ja kaikkien kolmen muodostamaa sekametsää 55 %. Erilainen lehtipuuston ja molempien havupuiden muodostama sekametsä oli siten selvästi vallitsevin metsikkömuoto.

Lehtipuustosta yli puolet oli hieskoivua (taulukko 6). Lautakunnista sen osuus oli korkein Etelä-Pohjanmaalla ja Satakunnassa. Molemmat tunnetaan runsasoisina alueina. Rauduskoivua oli vajaa neljännes hiekseen verrattuna. Lautakunnista sitä oli eniten Lounais-Suomessa. Kasvupaikoista rauduksen osuus oli korkein kuivalla kankaalla ja määrä viljavalla kivennäismaalla. Vähäisessä määrin sitä oli myös kaikilla turvemaan kasvupaikoilla. Leppää oli rauduskoivuun nähden kaksinkertainen määrä. Lehdossa ja lehtomaisella maalla sitä oli lehtipuuston runkoluvusta yli puolet ja huomattavassa määrin myös huonokasvuissa korvessa.

Tulosten tarkastelu

Runkoluvusta oli lehtipuustoa 34 %. Kuutiomäärästä lehtipuuston osuus oli tuolloin 21 % (Ilvessalo 1956). Lehtipuusto oli siten selvästi havupuustoa pienikokoisempaa. Lehtipuusta rauduskoivu oli puolestaan kookkainta ja leppä pienikokoisinta (Laiho ym. 1993).

Lehtipuuston osuus kuutiomäärästä on ollut koko tämän vuosisadan laskeva (Ilvessalo 1956, Kuusela & Salminen 1991). Vuosina 1951 -53 se oli Etelä-Suomessa noin 2 %-yksikköä alempi kuin kolmekymmentä vuotta aikaisemmin. Seuraavina kahtena vuosikymmenenä lasku oli noin 4 %-yksikköä. Sen jälkeen kehitys on kääntynyt lievään nousuun. Keskikuution nousun johdosta lehtipuuston kuutiomäärä on nyt suurempi kuin 1920-luvun alussa.

Läpimitaltaan 2 cm suurempaa lehtipuustoa oli 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa keskimäärin 568 kpl/ha. Läpimittaluokkaa 0 - 2 cm sekä lehtipuuesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta lienee ollut noin 200 kpl/ha (Ilvessalo 1962). Kehitysluokista lehtipuustoa oli selvästi eniten taimikoissa, 1 087 kpl/ha ja 40 % runkoluvusta. Mäntyä oli vain hieman enemmän, 42 %. Lehtipuuston perkaaminen taimikoista ei siten ollut vielä alkanut. Väljennys- ja uudistusmetsissä lehtipuuston osuus oli kehitysluokista pienin. Toisaalta lehtipuuston ja molempien havupuiden muodostama sekametsä oli niissä muita kehitysluokkia yleisempi. Täten lehtipuustoa oli niukkapuustoisissa taimikkometsissä runsaasti mutta epätasaisesti ja varttuneissa runsaspuustoisissa metsissä niukasti mutta yleisesti.

Valtakunnallisissa metsäninventoinneissa ei ole kiinnitetty huomiota runkolukuun kuin lähinnä tukkipuuston osalta. Taimikoiden kuvauksessa runkoluku on kuitenkin välttämätön tunnus. Runkoluvun käyttö on lisääntymässä myös käytännön metsänhoidossa (Tehokkaampaan ... 1992). Tärkeää on, että runkolukuun otetaan mukaan kaikki puut ja taimet, ei vain kehityskelpoisiksi arvioidut. Kehityskelpoisuus on muuttuva tunnus, joka voidaan tarvittaessa arvioida sisätyönäkin.

Lähiaikoina on aihetta viime vuosina syntyneiden taimikoiden tarkkaan inventointiin. Odotettavissa on mullistava muutos siihen, että 1960-luvun lopulla lehtipuuvalltaisten metsiköiden määrä oli vähäinen ja kehityskelpoisten lehtipuutaimikkojen sekä riukuvaiheen metsiköiden osuus siitäkin vain 2 % (Kuusela 1972).

Kirjallisuutta

- Ilvessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(3):1-67.
- 1956. Suomen metsät vuosista 1921-24 vuosiin 1951-53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(1):1-227.
 - 1962. IV Valtakunnan metsien inventointi. I. Maan eteläpuoliskon vesistöaluerhytä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 56(1):1-112.
- Karlsson K. 1992. Tehokkaampaan ja tuottavampaan harvennukseen. *Metsäliiton Viesti* 41(4):6-7.
- Kuusela, K. 1972. Koivutase ja koivuvarojen kehitysnäkymät. Suomen Metsäyhdistys. Syysmetsäpäivät 1972. Esitelmämoniste s. 2-3.
- & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977-1984 ja niiden kehittyminen 1952 - 1980. *Acta Forestalia Fennica* 220. 84 s.
- Laiho, O. 1992. Stand structure of thinning and mature forests in Finland in the early 1950's. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.): *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop. June 22-25, 1992. Swedish university of agricultural sciences, Department of Silviculture. Reports* 35:47-52.
- 1993. Koivun uudistaminen ja kasvat. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 470:28-34.
 - , Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1993. Metsien rakenne 1950-luvun alussa. Käsikirjoitus.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6(2):527-537.
- , Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.): *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop. June 22-25, 1992. Swedish university of agricultural sciences, Department of Silviculture. Reports* 35:58-65.
- Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1993. Luonnontilaisten metsien rakenne ja puulajien monimuotoisuus. Käsikirjoitus.

Hämeen- ja Pohjankankaan metsien tilasta ja taimikkotuhojen syistä kautta aikojen

Hannu Raitio

Ensimmäinen kuvaus Hämeen- ja pohjankankaan metsien tilasta lienee vuodelta 1799, jolloin italialainen tutkimusmatkailija Guiseppe Acerbi matkusti Kyröskoskelta Hämeen- ja Pohjankankaan kautta Vaasaan. Acerbi (1983) kuvaa matkakertomuksessaan alueen metsiä seuraavasti: "Lähdettyämme Järvenkylästä tulimme metsään, joka kautta Suomen on kuuluisa kookkaista puistaan ja erikoisesti laajuudestaan; sen pituus on noin 80 Englannin mailia. Meidän oli kuljettava sen halki päästä päähän, ja olin ajatellut ruveta nukkumaan koko matkan ajaksi päästäkseni tuntemasta niin vähän vaihtelua lupaavan tien rasittavaa yksitoikkoisuutta ja käyttäkseni asianmukaisella tavalla hyväkseni tiheiden puiden luomaa synkkää hämärää.

Matkamme ei suinkaan ollut niin mielenkiinnoton kuin olin odottanut. Osittaiset palot, suuret kulovalkeat ja myrskyt olivat saaneet aikaan pelottavaa tuhoa näillä sydänmailla, missä siellä täällä levisi eteemme yllättäviä ja vaikuttavia näkymiä".

Acerbin (1983) mukaan "paljon on puhuttu ja kirjoitettu siitä, miten nämä palot saavat alkunsa. Jotkut ovat selittäneet niiden johtuvan auringosta, joka täällä niin kauan viipyy taivaanrannan yläpuolella, mutta tämä puhe on pelkkää lorua eikä ansaitse vakavampaa huomiota." Hänen mukaan näihin metsäpaloihin on kaksi selvää syytä. Yhtenä syynä hän katsoo olevan kangastietä matkaavien huolimattoman tulen käytön. Toisena syynä hän mainitsee maan hallinnollisen lainsäädännön. Hän oli havainnut, että suurin osa metsäpaloista keskittyi kruunun metsiin. Tuohon aikaan talonpojat saivat veroa vastaan hankkia tarvitsemansa puutavaran merkatulta kruunun metsäalueelta. Alueen ulkopuolelta hakkaaminen merkitsi sakkorangeistusta. Poikkeuksen tähän menettelyyn toivat kuitenkin kulot. Jos metsäpalo sattui kruunun metsissä, oli seudun talonpojilla oikeus kaataa ja kuljettaa tulen vahingoittamat puut omaan käyttöönsä. Siten talonpojat, jotka eivät enää saaneet riittävästi puuta omalta merkityltä metsäpalstaltaan, hankkiakseen tarvitsemansa puutavaran syyttivät tahallaan metsäpaloja kruunun metsiin.

Matkaajien varomattomasta tulenkäytöstä syntyneiden ja talonpoikien tahallisesti syöttämien metsäpalojen lisäksi 1700-luvulla ja 1800-luvun alkupuolella kuloja on todennäköisesti syttynyt myös harjualueen lähiympäristön kaskipaloista. Varsinaisesti kuivien karujen kankaiden kaskeaminen tälläkin alueella lienee ollut vähäistä. 1800-luvun puoliväliin tultaessa kaskikulttuuri oli jo sammumassa lähes kokonaan Ylä-Satakunnasta (Heikinheimo 1915). Kulot ovat vaivanneet Hämeen- ja Pohjankangasta aina tämän vuosisadan alkukymmenille saakka. Viimeiset suuret palot olivat vuosina 1908 ja 1914, jonka jälkeen talonpoikien valistuksen, palovartioiden sekä palontorjunnan ansiosta ne lakkasivat vaikeuttamasta metsien kehitystä.

Acerbin (1983) matkakertomuksesta käy myös ilmi, että myrskytuhot olivat varsin merkittäviä Hämeen- ja Pohjankankaan harjualueella. Acerbi kirjoittaa, että "myrskyjen aikaansaamat tuhot näiden metsien keskellä ovat vielä valtavammat ja tarjoavat vielä vaihtelevamman ja jylhemmän näyn".

Acerbin kuvauksista voimme päätellä, että ennen ihmisen vaikutusta Hämeen- ja Pohjankankaalla on kasvanut varsin elinvoimainen ja järeä mäntymetsä. Myrskyt ja luonnon kulot ovat olleet ainoita metsien vihollisia. Ihmisen astuessa kuvaan kulojen vaikutus on

voimistunut.

Tervanpoltto ja lankkujen sahaus

Terva oli 1600- ja 1700-luvuilla Suomen tärkein vientiartikkeli. Vielä 1800-luvun alussakin sen osuus viennistämme oli neljäsosa. Ikaalinen, johon Hämeen- ja Pohjankangaskin tuohon aikaan luettiin, kuului alueeseen, joka varsinaisen tervanpolttoalueen ulkopuolella valmisti tervaa myyntitavaraksi. Ikaalisissa seudun köyhyyden vuoksi kaskenpoltto ja tervanvalmistus myytäväksi oli sallittua vielä 1800-luvun alkupuolella, vaikka metsien säilyttämiseen pyrittiin jo muualla Suomessa. Tervanpoltto rasitti tämän alueen parhaita mäntymetsiä ennen kaikkea siksi, että käytössä oli pohjalainen tapa polttaa tervaa nuorista männyistä (Koskelo & Lammi 1987, Heikkilä 1992).

Lankkujen sahaus on tervanpolttoa raskaammin rasittanut Hämeen- ja Pohjankankaan mäntymetsiä. Lankkusahauksen kulta-aika ajoittuu 1820-luvulta aina 1870-luvulle. Hämeen-kankaantien tuntumasta tunnetaan kaksi erityistä sahauspaikkaa: Vatulassa Liisan sauna ja Varpeella Lautasalo (Koskelo & Lammi 1987, Heikkilä 1992).

Metsäpalojen, tervanpolton ja lankkujen sahausseurauksena Hämeen- ja Pohjankankaan metsien tila oli 1800-luvun puoliväliin tultaessa varsin lohduton kuten Wilhelm Carlssonin (1974) kuvauksesta vuodelta 1871 ilmenee: "Metsää on oikein vihollisena vihattu ja kilvan kaadettu; mutta niin metsä vastaa kuin sille huutaa; ei ole enää missään sorjaa, korkeata ja taajaa hongistoa huudolle tartumassa. Kirves on taitamattomasti ne kaatanut sahain ja yksityisen plankku-teon kautta".

Tilanne tämän vuosisadan alussa

Hämeen- ja Pohjankankaan metsien tilaa tämän vuosisadan alussa on kuvannut Vilho Oksanen (1916) seuraavasti: "Maisema tekee tällä kohdalla - tarkoihtaen Hämeen kangasta Jämijärven ja Kankaanpään rajalla - perin lohduttoman vaikutuksen: silmän kantamattomiin leviää paljas, nokinen hiekkarämaa, missä siellä täällä törröttää joku hiiltynyt puunrunko; hietikko ei ole kuitenkaan aivan tasaista, vaan täynnä pienehköjä, pitkävetisiä, 5-8 m korkuisiakin hiekkakinoksia." Soininharjusta hän toteaa, että se on säästynyt viimeisiltä metsäpaloilta, mutta aikaisemmista useat kerrat kärsinyt niin, että metsää ei länsipäässä kasva ensinkään, ainoastaan joku harva yksinäinen puu; itäpää sen sijaan on nykyäänkin metsän peittämä." Vatulan ja Järvenkylän välinen osa Hämeen kangasta on ehkä kaikkein yksitoikkoisin; kilometreittäin riittää maantien vieressä samaa kuivaa, melkein tasaista hietikkoa, jota ainoastaan niukka jäkälä ja kanervakasvullisuus verhoaa; metsät ovat monin kulovalkeitten hävittämät, ja uuden kasvu on vasta aivan vähäisellä alulla." Samanlaisena tilanteen on kuvannut hieman aikaisemmin myös I.K. Inha (1909). Vielä 1950-luvun lopullakin maisemat olivat paikoin varsin ankeita, tämä käy ilmi Reino Kalliolan kuvauksesta vuodelta 1958.

Kirjallisuuskäytön perusteella on pääteltävissä, että 1800-luvun puolivälistä aina 1900-luvun alkuvuosikymmenille saakka varsinainen Hämeen kangas on ollut autoioimmillaan. Ulvaan- ja Vatulanharjulla sekä Pohjankankaalla tilanne lienee ollut kuvauksista päätellen hieman parempi, joskaan ei hyvä. Blomqvistin (1905) mukaan tuolloin oli lähes puutonta aluetta yhteensä 2550 ha. Täysin aukeata hiekkakenttää lienee ollut Pohjankankaalla kuitenkin vain 560 ha ja Hämeenkankaalla 260 ha.

Metsänviljelyn alkutaipaleet ja vaikeudet

Kuivat karut kankaat ovat kautta aikojen metsittyneet luontaisesti erittäin hyvin. Ilmeisesti kuitenkin siemenpuiden puutteesta johtuen ensimmäinen metsänviljely Hämeenkanalla tehtiin aluemetsänhoitaja L. Saxenin johdolla vuonna 1864 kylvämällä viisi kiloa männynsiementä yhdeksän hehtaarin alalle (Blomqvist 1905, 1907). Tästä alkoi metsänviljelytoiminta ja sen vaikeudet Hämeen- ja Pohjankankaalla. Kaikkiaan vuosina 1864-1901 kylvettiin männynsiementä noin 730 ha:n alalle. Paitsi männyn, myös koivun ja muidenkin lehtipuiden siemenkylvöä suosittiin, kokeiltiinpa jopa kuusen siemenkylvöä (Blomqvist 1905, 1907).

Jo vuonna 1866 kiinnitti valtionmetsien tarkastuskomissio huomiotaan alueen metsänviljelyongelmiin, todeten, että nuorennoksissa tavatut tuhot "ovat estäneet kaiken metsänviljelyksen ja kaiken hyödyn, mitä metsänviljelyksistä, etenkin tällä kankaalla on odotettava". Komission mukaan hyönteisiä oli niin paljon ja niiden tuhot niin suuret, "että nyt jo kaikki nykyinen nuori metsä monen peninkulman pituisella Hämeenkanalla näyttää melkein kokonaan turmeluksi, mikä seikka on sitä arveluttavampi, kun sillä ei enää suurilla aloilla ole siemenpuita." Tuhojen vuoksi komissio arveli kaikkia keinoja metsän uudistamiseksi turhiksi (Kangas 1940).

Kylvöjen jatkuva epäonnistuminen johti siihen, että Kankaanpään hoitoalueessa alettiin tämän vuosisadan alkukymmenillä suosia istutusta ja kokeilemaan ulkolaisten puulajien viljelyä. Tältä ajalta ovat peräisin mm. alueen laajat vuorimäntymetsiköt. Tosin jo 20 - 30 vuotta aiemmin, 1870-luvulla aluemetsänhoitaja E. Sederholm oli suosittanut istutusta kuoppaan, johon on tuotu mutaa läheiseltä suolta. Suositeltiinpa tuohon aikaan jopa näille alueille palleanausta ja palteelle istuttamista. Tämä menettely ei kuitenkaan jostain syystä saanut kannatusta (Blomqvist 1905). Metsäpalojen käydessä yhä harvinaisemmiksi 1920-luvulta lähtien on tällekin alueelle syntynyt vähitellen osin luontaisesti ja osin viljellen koko alueen kattava mäntymetsä. Tosin tänäkin päivänä osa taimikoista tietyssä ikävaiheessa tuhoutuu paikoin joko kokonaan tai osittain (Raitio 1990).

Käsitys tuhojen syistä muuttuu

Karujen kuivien kankaiden mäntytaimikoiden tuhoutumisen syyksi esitettiin tämän vuosisadan alussa, kuten edellä esitetystä on jo käynyt ilmi, pääosin tuohyönteisiä (Kangas 1931, 1937, 1940). Sittemmin tuhon aiheuttajaksi on esitetty yksistään punalatickaa (Brammanis 1975, Heliövaara 1984). Kuitenkin jo 1870-luvun lopulla aluemetsänhoitaja Sederholm (Blomqvist 1905) ja hieman myöhemmin vuonna 1921 saksalainen Rebel korostivat tuohyönteisten ja tautien lisäksi kuivuuden, maan laadun ja taimien juuriston merkitystä tuhojen syinä. Myös pakkasen on todettu aiheuttavan samantapaisia oireita männyissä (Day 1945, 1961, Vaartaja 1954, Eiche 1966). Hämeen- ja Pohjankankaalta onkin jo varsin varhain tehty havaintoja etenkin kevätpakkasten aiheuttamista vaurioista (Herlin 1896, Blomqvist 1905). Taimistotuhojen oireet muistuttavat myös monia ravinnepuutosoireita. Niinpä tämän päivän käsityksen mukaan kuivien karujen kankaiden mäntytaimikoiden tietyssä ikävaiheessa kohtaamat tuhot ovat usean stressitekijän - maaperän happamuus ja karuus, kuivuus, pakkasen, tuohyönteiset, ilman epäpuhtaudet - yhdysvaikutus, joka ilmenee puiden ravinnetalouden häiriönä (Raitio 1990).

Äärevät ilmasto-olot ja karu hapan maa

Pohjan- ja Hämeenkanalla vallitsevat kesäisin etelä-, lounais- ja länsituulet (Heino 1976). Ajanjaksona 1961-1975 vuotuinen sademäärä oli keskimäärin 580 mm ja sadepäivien (sadetta >1 mm) määrä 114. Tehoisan lämpötilan summaa kertyi vuosittain keskimäärin 1161 °C ajanjaksona 1931-1960 (Heino 1976, Kolkki 1966, 1977). Kuivia karuja kankaita on perinteisesti pidetty kasvupaikkoina, joissa halla ei vaivaa kasvillisuutta. Viimeaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet niiden olevan erittäin ääreviä kasvupaikkoja, missä topografialla on suuri merkitys (Rajakorpi 1984, 1987a ja b, Raitio 1987).

Kuivien karujen kankaiden hallanarkuus aiheutuu osin maan heikosta kyvystä varastoida lämpöä ja toisaalta kasvillisuuden rakenteesta. Maan kyky varastoida lämpöä riippuu paljolti sen kyvystä pidättää vettä. Maan vedenpidätyskyky riippuu puolestaan maan orgaanisen aineksen määrästä ja raakoostumuksesta. Mitä enemmän maassa on orgaanista ainesta ja ns. hienoainesta sitä enempi se kykenee varastoimaan vettä. Maan orgaanisen aineksen vedenpidätyskyky on suhteellisen suuri, sillä se voi pidättää vettä noin 3-5 kertaa oman massansa verran (Troedsson & Nykvist 1973).

Harvakseltaan mäntyä kasvavien jäkälä- ja kanervatyypin männiköissä lähes humukseton, lajittunut maa kykenee pidättämään vettä erittäin heikosti ja kuivuu siksi nopeasti jo varhain keväällä. Kuiva, lajittunut hiekka lämpiää, mutta myös jäähtyy nopeasti ilman lämpötilan mukaan. Tällaisilla kasvupaikoilla maan vähäinen lämpövarasto ei kykene hallaöinä toimimaan puskurina kylmyyttä vastaan.

Viljavilla metsätyypeillä etenkin notkelmat säilyvät kautta kesän kosteampina kuin kuivilla karuilla kankailla. Veden korkean lämpökapasiteetin vuoksi kostea maa lämpiää ja toisaalta myös jäähtyy hitaasti (Kimmins 1987). Näin ollen viljavilla kasvupaikoilla hallaöinä lämpötilaerot notkelmien ja kumpareiden välillä ei muodostu niin suuriksi kuin kuivilla karuilla kankailla. Viljavilla kasvupaikoilla notkelmien ja kumpareiden välisiä eroja tasaa myös tiheämpi kasvillisuus. Se toisaalta hidastaa ulossäteilyä ja toisaalta hidastaa kylmien ilmavirtausten liikkeitä.

Harjualueen maaperän luontainen happamuus ja karuus aiheutuu osittain mineraalimaan koostumuksesta ja osittain humuksen niukkuudesta. Kivennäismaa koostuu vähän kalsiumia ja magnesiumia, mutta runsaasti piitä ja alumiinia sisältävistä happamista mineraaleista. Mineraalikoostumuksesta johtuen kivennäismaa on heikosti rapautunutta lajittunutta hiekkaa, jonka kationinvaihtokapasiteetti on erittäin heikko, ts. maa kykenee varastoimaan ravinteita vähän ja ravinteet huuhtoutuvat helposti syvemmälle maassa. Humuksen vähyys ja heikko laatu johtuvat taasen puolestaan lukuisista metsäpaloista (Herlin 1896, Matisto 1961, Rajakorpi 1984, Kangas 1940). Kivennäismaan ravinnevaroja Hämeen- ja Pohjankankaallakin on vuosisatojen kuluessa verottanut myös voimaperäinen puutavaran korjuu, etenkin maan kalsium-, typpi- ja fosforivarojen osalta (ks. Mälkönen 1974, McColl & Powers 1984, Hornbeck ym. 1990).

Taimikoiden kehitys

Karut kankaat taimettuvat ilman metsämaan muokkausta luontaisesti hyvin (Sarvas 1950, Lehto 1956). Maaperä- ja ilmastotekijöistä johtuen männyntaimet sirkkataimivaiheesta lähtien kärsivät kuivilla kankailla kuivuudesta ja maaperän karuuden vuoksi ravinnepuutoksista sekä hallavaurioista (Hesselman 1936, Rajakorpi 1984, Raitio 1987). Näistä syistä johtuen taimikot notkelmissa ja tasanteilla muodostuvat alusta lähtien harvoiksi, kun taas kumpareilla taimikot ovat hyvinkin tiheitä.

Taimikoiden saavutettua 15-30 vuoden iän niitä alkaa vaivata punalattikka, joka viihtyy parhaiten harvoissa, mikroilmastoltaan kuivissa ja lämpimissä taimikoissa (Brammanis 1975, Heliövaara 1984, Hokkanen ym. 1987). Punalattikka, samoin kuin pakkanen vaurioittavat puiden johtosolukoita (Raitio 1992) ja vaikeuttavat siten orgaanisten yhdisteiden, veden ja ravinteiden kuljetusta. Tämä ilmenee latvuksen yläosassa ravinnepuutoksina (Raitio 1991) ja mahdollisesti myös juuriston kasvun heikkenemisenä.

Hämeen- ja Pohjankankaalla juurten kasvua ja toimintaa vaikeuttaa myös hapan, alumiinipitoinen maa (Raitio 1990). Tästä syystä männyn juuristo jää pinnalliseksi ja ilmeisesti myös suhteellisen kapea-alaiseksi. Männylle tyypillisen paalujuuren puuttumisen näillä alueilla havaitsi jo viime vuosisadan lopulla aluemetsänhoitaja Sederholm (Blomqvist 1905). Hän arveli, että syy kylvämällä uudistettujen mäntytaimikoiden epäonnistumiseen oli juuri pinta-maan ominaisuuksissa. Tästä syystä hän suosittikin istuttamista kuoppaan, johon oli tuotu mutaa läheiseltä suolta. Tällöin männyt kykenevät kasvattamaan kunnon paalujuuren ja saamaan vettä ja ravinteita syvemmistä maakerroksista (Blomqvist 1905). Myös Acerbin (1983) havaitsemat laajat myrskytuhot saattoivat osaltaan aiheuttaa juuriston heikosta kyvystä kiinnittää männyt kyllin lujasti lajittuneeseen hiekkaan.

Heikon juuriston vuoksi männyt saavat karusta maasta entistä vähemmän ravinteita. Kasvukauden aikainen kuivuus tehostaa tätä vaikutusta entisestään, koska juurten saataville ei kulkeudu veden mukana riittävästi ravinteita. Toisaalta puilla ei ole kylliksi eväitä kasvattaa juuria uusien ravinnevarastojen luo. Lopulta usein ulossäteilyhallan ansiosta puut menettävät latvansa (Day 1945, Eiche 1966). Heikon ravinnetilanteen vuoksi latvansa menettäneet männyt eivät kykene muodostamaan uutta latvaa, vaan jatkavat ainoastaan paksuuskasvuun (Raitio 1990).

Puiden ravinnetarpeeseen vaikuttaa myös niiden ikä. Suurin tarve ajoittuu ikävaiheeseen, jolloin puun latvus kehittyy (Miller 1984). Poikkeuksen tässä suhteessa muodostaa kuitenkin kalsium, jota tarvitaan eniten runkokuun kasvattamiseen (Wright & Will 1958, Mälkönen 1974, Helmisaari & Siltanen 1989). Kuivilla karuilla kankailla mäntyjen runkokuun tuotos kasvaa 20-30 vuoden iästä lukien (Ilvessalo 1920). Siten mäntyjen kalsiumin tarve on suurimmillaan ikävaiheessa, jolloin monet tekijät haittaavat yhtäaikaan puun kalsiumtaloutta.

Uutena uhkana ilman epäpuhtaudet

Ilman epäpuhtaudet vaikuttavat sekä välillisesti että välittömästi puiden ravinnetalouteen (Papke ym. 1987). Happaman laskeuman vaikutuksesta puiden latvustosta ja kasvualustasta huuhtoutuu emäskationeja - kalsium, magnesium ja kalium (Tukey 1970, Johnson ym. 1982, Mollitor & Raynal 1983, Hüttl ym. 1990). Samoin maan happamoitumisen myötä kasveille haitallisten aineiden liukoisuus maassa lisääntyy (Foy ym. 1978). Näistä tutkituin lienee alumiini, joka häiritsee monella tavalla puiden ravinnetaloutta (Foy ym. 1978, Schaedle ym. 1989). Uudentyyppisiä metsävaurioita tutkittaessa puiden onkin todettu useimmiten kärsivän juuri magnesiumin tai kaliumin puutteesta (Evers & Hüttl 1990).

Vaikka nuoret männyt Hämeen- ja Pohjankankaalla kärsivät kalsiumin, magnesiumin ja typen niukkuudesta sekä mahdollisesti liukoisesta alumiinin haittavaikutuksista ja vaikka tutkimusalueen kokonaistyyppi- ja -rikkilaskeuma Suomen oloissa ovat suhteellisen korkeita (7 kg N/ha/v, 6 kg S/ha/v) (Järvinen 1986, Ympäristöministeriö 1989, Raitio 1990), ei ilman epäpuhtauksia voida pitää todettujen ravinnehäiriöiden yksinomaisena aiheuttajana. Tätä käsitystä tukee mm. se, että samantapaisia taimituhvoja on todettu alueella jo 1800-luvun lopulla (Blomqvist 1905, 1907) ja 1930-luvulla (Kangas 1940).

Hämeen- ja Pohjankankaalla tyyppilaskeuma saattaa kiihdyttää mäntyjen kasvua, koska

tällä alueella puut kärsivät paitsi kalsiumin ja magnesiumin, niin myös typen niukkuudesta (Raitio 1990). Onkin oletettu, että typpilaskeuman vaikutukset näkyvät ensimmäisinä juuri kuivilla karuilla kankailla (Hällgren & Näsholm 1988). Toisaalta niukan magnesiumtilanteen vallitessa ammoniumtyppilannoituksen on todettu tehostavan magnesiumin puutosta (Hüttl 1990). Samoin typpiylannostus voi johtaa erilaisten ravinnetalouden häiriöiden syntyyn (Roelofs ym. 1985, Ferm ym. 1988, 1990, Hällgren & Näsholm 1988). Monet tutkijat ovat havainneet myös typpilannoituksen alentavan puiden kylmänkestävyyttä (Hellergren 1981, Aronsson 1985, Nienstaedt 1985). Muutkin ilman epäpuhtaudet voivat alentaa puiden kylmänkestävyyttä (Havas 1971, Materna 1984, Daessler & Ranft 1986, Laine & Huttunen 1989).

Koska Hämeen- ja Pohjankankaalla männyt kärsivät jo luontaisesti metsämaan happamuudesta ja siihen liittyvistä seikoista, on otaksuttavaa, että ilman epäpuhtauksien vaikutukset tällä alueella voivat heijastua välillisesti sekä pakkasvaurioiden että punalattikatuhojen yleistymisenä.

Kirjallisuus

- Acerbi, G. 1983. Matka halki Suomen v. 1799. WSOY. Porvoo. 163 s.
- Aronsson, A. 1985. Indikationer på stress vid obalans i växtnäringstillstånd. Kungl. Skogs- och lantbruksakademiens tidskrift. Supplement. 17:40-51.
- Blomqvist, T. J. 1905. Tavastmon. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja 22:135-151.
– 1907. Kulturarbeten och tillväxtundersökningar utförda på Tavastmon. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja 24:303-319.
- Brammanis, L. 1975. Die Kiefernrrindenwanze, *Aradus cinnamomeus* Panz. (Hemiptera - Heteroptera). Ein Beitrag zur Kenntnis der Lebensweise und der forstlichen Bedeutung. *Studia Forestalia Suecica* 123. 81 s.
- Carlsson, W. 1974. Entinen Ikaalinen. Historiallinen kertomus Ikaalisten, Parkanon ja Kankaanpään pitäjistä. Pitäjänkertomuksia IV (1871). Näköispainos. Kangasalan Kirjapaino. Kangasala. 232 s.
- Daessler, H. G. & Ranft, H. 1986. Untersuchungen zur komplexen Wirkung von Immissions- und Frosteinfluss auf Fichtenwald in Mittelgebirgslagen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 41:340-343.
- Day, W.R. 1945. A discussion of causes of dying-back of Corsican pine, with special reference to frost injury. *Forestry* 9:4-26.
– 1961. Crown die-back and debility in Corsican pine (*P. nigra* var. *calabrina*) in Britain. *Forestry* 34:145-173.
- Eiche, V. 1966. Cold damage and plant mortality in experimental provenance plantations with Scots pine in Northern Sweden. Sammanfattning: Köldskador och plantdöd i proveniensförsök med tall i Norrland. *Studia Forestalia Suecica* 36. 218 s.
- Evers, F.H. & Hüttl, R.F. 1990. A new fertilization strategy in declining forests. *Water, Air, and Soil Pollution*. In press.
- Ferm, A., Hytönen, J., Kolari, K. & Veijalainen, H. 1988. Metsäpuiden kasvuhäiriöt turkistarhojen läheisyydessä. Summary: Growth disturbances of forest trees close to fur farms. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 320. 77 s.
– , Hytönen, J., Lähdesmäki, P., Pietiläinen, P. & Pätilä, A. 1990. Effects of high nitrogen deposition on forests: Case studies close to fur animal farms. In: Kauppi, P., Kenttämies, K. & Anttila, P. (eds.). *Acidification in Finland*. Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg. s. 637-670.

- Foy, C.D., Chaney, R.L. & White, M.C. 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annual Review of Plant Physiology* 29:511-566.
- Havas, P. 1971. Injury to pines in the vicinity of a chemical processing plant in northern Finland. *Acta Forestalia Fennica* 121. 20 s.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 4. 264 s.
- Heikkilä, O. 1992. Jämijärvi vuosisatojen varrella. Jämijärvi-Seura. 352 s.
- Heino, R. 1976. Taulukoita Suomen ilmasto-oloista kaudelta 1961-1975. Climatological tables in Finland, 1961-1975. Supplement to the meteorological yearbook of Finland 75: 1a - 1975. 41 s.
- Heliövaara, K. 1984. Ecology of the pine bark bug, *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae). A forest entomological approach. - University of Helsinki. Department of Agricultural and Forest Zoology. Reports 7. 38 s.
- Hellergren, J. 1981. Frost hardiness development in *Pinus sylvestris* seedlings in response to fertilization. *Physiologia Plantarum* 52:297-301.
- Helmisaari, H.-S. & Siltala, T. 1989. Variation in nutrient concentrations of *Pinus sylvestris* stems. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:443-451.
- Herlin, R. 1896. Paläontologisk-växtgeografiska studier i norra Satakunta. Helsingfors Central-Tryckeri. Helsingfors. 100 s. + 2 karttaliitettä.
- Hesselman, H. 1936. Om tallens föryngringssvårigheter i åsgrovar. *Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift* 385-395.
- Hokkanen, T., Heliövaara, K. & Väisänen, R. 1987. Control of *Aradus cinnamomeus* (Heteroptera, Aradidae) with special reference to pine stand condition. Seloste: Punalatikan torjunta erityisesti metsänhoidollisin menetelmin. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 142. 27 s.
- Hornbeck, J. W., Smith, C. T., Martin, Q. W., Tritton, L. M. & Pierce, R. S. 1990. Effects of intensive harvesting on nutrient capitals of three forest types in New England. *Forest Ecology and Management* 30:55-64.
- Hüttl, R. F. 1990. Nutrient supply and fertilizer experiments in view of N saturation. Paper presented in Fern-Conference, European Science Foundation, Aberdeen, U.K., September 21 - 23, 1988. In press: *Plant and Soil*.
- , Fink, S., Lutz, H.-J., Poth, M. & Wisniewski, J. 1990. Forest decline, nutrient supply and diagnostic fertilization in Southwestern Germany and in Southern California. *Forest Ecology and Management* 30:341-350.
- Hällgren J.-E. & Näsholm, T. 1988. Critical load for nitrogen; Effects on forest canopies. *Nord* 97:323-342.
- Ilvessalo, Y. 1920. Kasvu- ja tuottotaulukot Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivu-metsille. Referat: Ertragsafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 15. 94 s.
- Inha, I.K. 1909. Suomen maisemia. WSOY. Porvoo. 395 s.
- Johnson, D.W., Turner, J. & Kelly, J.M. 1982. The effects of acid rain on forest nutrient status. *Water Resources Research* 18.3:449.
- Järvinen, O. 1986. Laskeuman laatu Suomessa 1971-1982. *Vesihallituksen monistesarja* 408. 142 s.
- Kalliola, R. 1958. Suomen luonto mereltä tuntureille. WSOY. Porvoo - Helsinki. 604 s.
- Kangas, E. 1931. Siikakankaan mäntytaimistojen tuhoista. Referat: Über die Schädigungen der Kiefernpflanzenbestände in Siikakangas. *Silva Fennica* 17. 107 s.
- 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Referat: Untersuchungen über die in Kiefernpflanzenbestände auftretenden Schäden und ihre Bedeutung.

- Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 24(1). 238 s.
- 1940. Tuloksia Pohjankankaan ja Hämeenkanakaan metsänviljelyksistä. Referat: Ergebnisse der Waldkulturen auf den Heiden Pohjankangas und Hämeenkanagas. Acta Forestalia Fennica 49(4). 64 s.
- Kimmins, J.P. 1987. Forest Ecology. Macmillan Publishing Company. New York. 531 s.
- Kolkki, O. 1966. Tables and maps of temperature in Finland during 1931-1960. 14 tables and 54 maps. Supplement to the meteorological yearbook of Finland 65:1a. 42 s.
- 1977. Pilvisuus Suomessa 1931-1960. Cloudiness in Finland 1931-1960. Finnish Meteorological Institute contributions 32. 44 s.
- Koskelo, J. & Lammi, L. 1987. Hämeenkanakaantien varrelta. Ikaalinen Seuran julkaisuja. 166 s.
- Laine, K. & Huttunen, S. 1989. Ilman epäpuhtaudet ja kasvien talvehtiminen: happaman sateen vaikutukset havupuun taimien talvehtimiseen. Kokeellinen tutkimus. In: Kulmala, A. and Ryaboshapko, A. (eds.). Ilmanpilaantumisen Itämeren alueella. Epaepäpuh-tavksien kulkeutumisen ja niiden vaikutus ympäristöön. Gidrometeoizdat, Leningrad. s. 224-235.
- Lehto, J. 1956. Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Summary: Studies on the natural reproduction of Scots pine on the upland soils of Southern Finland. Acta Forestalia Fennica 66(2). 106 s.
- Matisto, A. 1961. On the relation between stones of the eskers and the local bedrock in the area northwest of Tampere, southwestern Finland. Bulletin de la Commission géologique de Finlande 193. 53 s.
- Materna, J. 1984. Impact of atmospheric pollution on natural ecosystems. In: Treshow, M. (ed.). Air pollution and plant life. John Wiley & Sons, Chichester, England. s. 397-416.
- McCull, J. G. & Powers, R. F. 1984. Consequences of forest management on soil-tree relationships. In: Bowen, G. D. and Nambiar, E. K. S. (Eds.) Nutrition of plantation forests. The Pitman Press, Bath. s. 379-412.
- Miller, H.G. (1984) Dynamics of nutrient cycling in plantation ecosystems. In: Bowen, G.D., Nambiar, E.K.S. (eds) Nutrition of plantation forests. Academic Press INC London, England, s. 51-78.
- Mollitor, A.W. & Raynal, D.J. 1983. "Atmospheric deposition and ionic input in Adirondack forests". Journal of the Air Pollution Control Association 33:1032-1035.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 84(5). 87 s.
- Nienstaedt, H. 1985. Inheritance and correlations of frost injury, growth, flowering and cone characteristics in white spruce (*Picea glauca* (Moench.) Voss.). Canadian Journal of Forest Research 15:498-504.
- Oksanen, V. 1916. Hämeenkanagas. Satakunta IV:275-301.
- Papke, H. E., Krahl-Urban, B., Peters, K. & Schimansky, Chr. (eds.). 1987. Waldschäden. Ursachenforschung in der Bundesrepublik Deutschland und den Vereinigten Staaten von Amerika. KFA, Jülich. 137 s.
- Raitio, H. 1987. Site elevation differences in frost damage to Scot pine (*Pinus silvestris*). - Forest Ecology 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. s. 701-715.
 - 1991. Nutritional disturbances of young Scots pines caused by pine bark bugs in a dry heath forest. Plant and Soil 131:251-259.
 - 1992. Anatomical symptoms in the wood of Scots pine damaged by frost and pine bark

- bugs. *Flora* 186:187-193.
- Rajakorpi, A. 1984. Microclimate and soils of the central part of the Hämeen kangas interlobate complex in western Finland. *Fennia* 162:237-337.
- 1987a. Topographic, microclimatic and edaphic control of the vegetation in the central part of the Hämeen kangas esker complex, western Finland. *Acta Botanica Fennica* 134. 70 s.
 - 1987b. Relations between esker morphology, ecological factors and vegetation in the Hämeen kangas interlobate complex, western Finland. Reports from the Department of Biology, University of Turku 14. 29 s.
- Rebel, K. (1921) Heidekrankheit reiner Föhrenbestockung. *Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen*. LIII. 6:321-348.
- Roelofs, J. G. M., Kempers, A. J., Houdijk, A. L. F. M. & Jansen, J. 1985. The effect of air-borne ammonium sulphate on *Pinus nigra* var. *maritima* in the Netherlands. *Plant and Soil* 84:45-56.
- Sarvas, R. 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in Northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 38(1). 95 s.
- Schaedle, M., Thornton, F.C., Raynal, D.J. & Tepper, H.B. (1989) Response of tree seedlings to aluminium. *Tree Physiology* 5:337-356.
- Troedsson, T. & Nykvist, N. 1973. *Marklära och markvård*. Almqvist & Wiksell. Stockholm. 402 s.
- Tukey, H.B. 1970. The leaching of substances from plants. *Annual Review of Plant Physiology* 21:305-324.
- Vaartaja, O. 1954. Factors causing mortality of tree seeds and succulent seedlings. Selostus: Puiden siemeniä ja sirkkataimia tuhoavista tekijöistä. *Acta Forestalia Fennica* 62(3). 31 s.
- Wright, T. W. & Will, G. M. 1958. The nutrient content of Scots and Corsican pines growing on sand dunes. *Forestry* 31:13-25.
- Ympäristöministeriö 1989. *Ilman suojelu Suomessa*. Esite 14. 31 s.

Polyamiinit puiden stressimittarina

Tytti Sarjala

Polyamiinitutkimuksen historia ulottuu 1600-luvulle, jolloin Antoni van Leewenhoek havaitsi siemennesteen solujen pinnassa kideäistä ainetta. Näiden fosfaattikiteiden perusosa nimettiin 200 vuotta myöhemmin spermiiniksi, mutta vasta 1920-luvulla selvitettiin aineen kemiallinen rakenne. Myös spermidiini löydettiin ja nimettiin näihin aikoihin. Tämän jälkeen polyamiineista olivat kiinnostuneita lähinnä kemistit. Vasta 1900-luvun jälkipuoliskolla kasvifysiologit ja biokemistit ryhtyivät tutkimaan polyamiineja ja useimmat tutkimukset kasvien polyamiineista on tehty viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Polyamiinien merkitys kasvien elintoiminnoille on vielä monelta osin ratkaisematta.

Kasvien polyamiinit

Yleisimmät polyamiinit kasveissa ovat putreskiini, spermidiini ja spermiini. Niitä esiintyy kaikissa kasvisoluissa pitoisuuden vaihdella mikromolaarisesta millimolaariseen. Ne ovat joko vapaina kationisessa muodossa tai sitoutuneena fenolihappoihin tai makromolekyyleihin kuten DNA:han, RNA:han, fosfolipideihin ja tiettyihin proteiineihin (Galston & Sawhney 1990).

Yleisimpien polyamiinien rakenne:

PUTRESKIINI $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}_2$

SPERMIDIINI $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_4\text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$

SPERMIINI $\text{NH}_2(\text{CH}_2)_3\text{NH}(\text{CH}_2)_4\text{NH}(\text{CH}_2)_3\text{NH}_2$

Näiden yleisimpien polyamiinien lisäksi useissa kasveissa ja etenkin äärevissä olosuhteissa elävissä bakteereissa esiintyy lukuisia harvinaisempia polyamiineja. Niiden merkitystä ei täysin tunneta, mutta niiden muodostuminen on yhteydessä kasvien stressinsietokykyyn (Kuehn ym. 1990).

Polyamiinien merkitys kasveille

Polyamiinit edistävät mm. nukleiinihappojen ja proteiinien synteesiä ja sitoutumalla nukleiinihappoihin, DNA:han ja RNA:han, polyamiinit säätelevät kasvien kasvua. Polyamiinien sitoutuminen kalvojen anionisiin ryhmiin vaikuttaa niiden läpäisevyyteen ja stabiloi kalvoja stressivaikutuksia vastaan (Smith 1985). Polyamiinien, erityisesti spermidiinin, pitoisuus on korkea nuorissa kasvinosissa pitoisuuden alentuessa vanhenemisen ja lakastumisen yhteydessä. Lehtivihreän hajoamista ja lehtien lakastumista voidaan hidastaa ja protoplastien elinikää pidentää käsittelemällä niitä ulkoisesti polyamiineilla.

Jo vuonna 1952 Richards & Coleman totesivat putreskiinipitoisuuden kohoavan selvästi kaliumin puutoksen yhteydessä ohralla. Myöhemmin ilmiö on todettu useilla ruohovartisilla ja muutamilla puuvartisilla kasveilla. Viime vuosikymmenen aikana pääasiassa ruohovartisiin kasveihin kohdistuneet tutkimukset ovat paljastaneet, että putreskiinia kertyy useissa eri stressitilanteissa (Smith 1985). Näistä mainittakoon osmoottiset häiriöt (Flores & Galston 1984) kuten suolaisuus (Erdei ym. 1990), kylmyys (Nadeau ym. 1987), korkea ammoniumravinnetaso (Corey & Barker 1989), otsonialtistus (Dohmen ym. 1990, Langebartels ym. 1991), rikkidioksidi ja hapansade (Dohmen ym. 1990, Santerre ym. 1990), sekä kadmium (Stroinski & Szczołka 1989) ja alumiini (Minocha ym. 1992).

Koska polyamiinien, erityisesti putreskiinin, pitoisuus vaihtelee herkästi kasviin kohdistuvan ulkoisen stressin vaikutuksesta, on polyamiinien mittausta alettu soveltaa metsien terveydentilatutkimuksissa mm. Saksassa (Dohmen ym. 1990, Tenter & Wild 1991) ja Ranskassa (Villanueva ym. 1986, Santerre ym. 1990). Mm. hapansateen vaivaamien kuusten putreskiinipitoisuuksien on todettu olevan korkeampia kuin terveiden kuusten (Santerre ym. 1990).

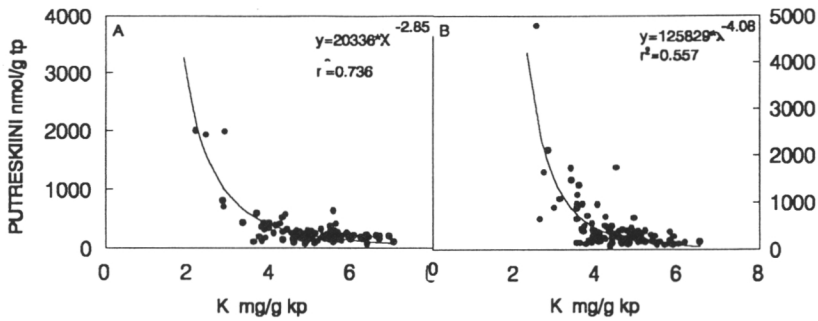
Männyn kaliuminpuutos ja polyamiinit

Parkanon tutkimusasemalla on selvitetty v. 1991 lähtien männyn kaliuminpuutteen aiheuttamia muutoksia neulasten polyamiinipitoisuuksissa. Tarkoituksena on tarkentaa perinteisen neulasten ravinneanalyysin perusteella tehtyä arviota puun kaliuminpuutoksen raja-arvoista eri vuodenaikoina sekä eri kalilannoitelajien vaikutusta kaliumin riittävyteen männyllä. Tiedon perusteella on kaliuminpuutteen ennustaminen ja lannoituskäytännön määrittäminen tarkempaa. Tutkimusaineistoa on kerätty kahdelta kalilannoitekokeelta Alkkiasta ja Kurusta. Tarkempi kokeen, koemateriaalin ja menetelmien kuvaus on esitetty Sarjalan & Kauniston (1993) artikkelissa. Vapaiden polyamiinien pitoisuudet mitattiin nestekromatografilla fluoresenssidetektoria käyttäen.

Noin 100 puukohtaista näytettä käsittävän aineiston perusteella on neulasten putreskiinipitoisuuden todettu kohoavan kaliumipitoisuuden alentuessa alle 5.0-5.5 mg/g kuiva-ainetta. Alle 3.5-4.0 mg/g kaliumipitoisuudessa putreskiinin kohoaminen on eksponentiaalista (kuva 1.). Tulosten perusteella alle 5.0 mg/g kaliumipitoisuus johtaa männyn soluissa fysiologisiin tai biokemiallisiin muutoksiin, joita heijastaa polyamiinipitoisuuden nousu. Alle 3.5-4.0 mg/g kaliumipitoisuudet edustavat jo selvää puutostilaa.

Kationimuodossa olevan putreskiinin kertyminen stressiolosuhteissa, kuten kaliumin puutteessa, voi johtua siitä, että kasvi pyrkii ylläpitämään H^+ -tasapainoa putreskiinin avulla (Smith 1985). Kaliumin puutteesta kärsivistä männyn neulasista olemme enimmillään mitanneet putreskiinipitoisuuksia, jotka ovat olleet lähes 5000 nmol/g tuorepainoa kohti, mikä tarkoittaa, että vapaan putreskiinin pitoisuus on n. 0.15 % neulasten kuivapainosta. Yleensä putreskiinia on n. 200-400 nmol/g tuorepainoa kohti, mikä vastaa n. 0.006-0.012 % kuivapainosta. Vertailun vuoksi kaliumin pitoisuudet vaihtelevat yleensä 0.3-0.5 % kuivapainosta, mikä vastaa 38 000 nmol - 64 000 nmol/g tuorepainoa kohti.

Putreskiinipitoisuuden muutokset eri kaliumipitoisuuksissa osuvat yhteen jo aiemminkin havaittuihin männyn kaliuminpuutosrajoihin. Raja-arvoja on voitu fysiologisella tasolla tarkentaa polyamiinianalyysin avulla. Kuusen kohdalla kaliumin optimipitoisuuksia ei tunneta yhtä tarkoin kuin männyllä. Jatkosuunnitelmissa on soveltaa polyamiinianalyysijä kuusen kaliumin puutosrajojen tarkentamiseen.



Kuva 1. Männyn neulasten putreskiini- ja kaliumpitoisuuden välinen riippuvuus Alkkian ja Kurun kalilannoituskokeilla (A) elokuussa ja (B) joulukuussa. (Sarjala & Kaunisto 1993).

Kirjallisuus

- Corey, K.A. & Barker, A.V. 1989. Ethylene evolution and polyamine accumulation by tomato subjected to interactive stresses of ammonium toxicity and potassium deficiency. *Journal of American Society of Horticultural Science* 114:651-655.
- Dohmen, G.P., Koppers, A. & Langebartels, C. 1990. Biochemical response of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) towards 14-month exposure to ozone and acid mist: effects on amino acid, glutathione and polyamine titers. *Environmental Pollution* 64:375-383.
- Erdei, L., Trivedi, S., Takeda, K. & Matsumoto, H. 1990. Effects of osmotic and salt stresses on the accumulation of polyamines in leaf segments from wheat varieties differing in salt and drought tolerance. *Journal of Plant Physiology* 137:165-168.
- Flores, H.E. & Galston, A.W. 1984. Osmotic stress-induced polyamine accumulation in cereal leaves. *Plant Physiology* 75:102-109.
- Galston, A.W. & Sawhney, R.K. 1990. Polyamines in plant physiology. *Plant Physiology* 94:406-410.
- Kuehn, G.D., Rodriguez-Garay, B., Bagga, S. & Phillips, G.C. 1990. Novel occurrence of uncommon polyamines in higher plants. *Plant Physiology* 94:855-857.
- Langebartels, C., Kerner, K., Leonardi, S., Schraudner, M., Trost, M., Heller, W. & Sandermann, H. Jr. 1991. Biochemical plant responses to ozone. I. Differential induction of polyamine and ethylene biosynthesis in tobacco. *Plant Physiology* 95:882-889.
- Minocha, R., Minocha, S.C., Long, S.L. & Shortle, W.C. 1992. Effects of aluminum on DNA synthesis, cellular polyamines, polyamine biosynthetic enzymes and inorganic ions in cell suspension cultures of a woody plant, *Catharanthus roseus*. *Physiologia Plantarum* 85:417-424.
- Nadeau, P., Delaney, S. & Chouinard, L. 1987. Effects of cold hardening on the regulation of polyamine levels in wheat (*Triticum aestivum* L.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Physiology* 84:73-77.
- Richards, F.J. & Coleman, R.G. 1952. Occurrence of putrescine in potassium-deficient barley. *Nature* 170:460.
- Santerre, A., Markiewicz, M. & Villanueva, V.R. 1990. Effect of acid rain on polyamines in *Picea*. *Phytochemistry* 29:1767-1769.
- Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. *Tree Physiology* 13:87-96.

- Smith, T.A. 1985. Polyamines. *Annual Review of Plant Physiology* 36:117-43.
- Stroinski, A. & Szczotka, Z. 1989. Effect of cadmium and *Phytophthora infestans* on polyamine levels in potato leaves. *Physiologia Plantarum* 77:244-246.
- Tenter, M. & Wild, A. 1991. Investigations on the polyamine content of spruce needles relative to occurrence of novel forest decline. *Journal of Plant Physiology* 137:647-654.
- Villanueva, V.R., Mardon, M. & Le Goff, M.Th. 1986. Comparison of amino-compounds contained in the needles of healthy and damaged *Picea* trees in air polluted areas. Preliminary results. *International Journal of Environmental Chemistry* 25:127-134.

Metsien terveydentila Harjavallan ympäristössä

Teuvo Levula

Happaman laskeuman oletetaan muuttavan metsämaan pintakerroksen ravinnesuhteita siten, että typpi- ja rikkiyhdisteiden määrä lisääntyy ja emäskationien kuten kalsiumin ja magnesiumin määrä vähenee (Berdén ym. 1987, Helmisaari ja Mälkönen 1989). Nopeimmin ilmansaasteiden aiheuttaman epätasapainon pitäisi näkyä karuilla kankailla, joiden puskuri-kyky on heikko (Tamminen ja Mälkönen 1986). Maan happamoitumisen ja ravinne-epätasapainon oletetaan vähentävän puiden elinvoimaisuutta ja tuhojen vastustuskykyä.

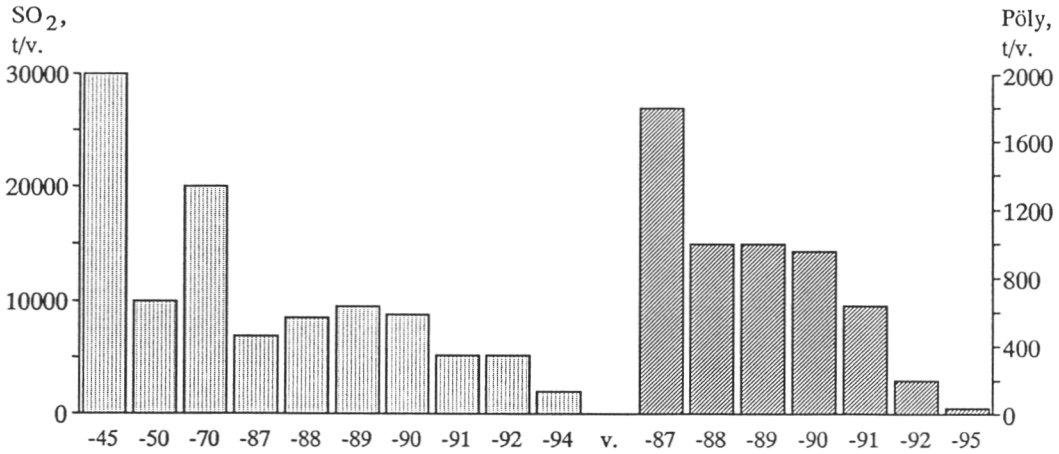
Puiden elinvoimaisuuden mittarina on käytetty ns. harsuuntumista, millä pyritään ilmaisemaan kuinka suuren osan neulasistaan puu on menettänyt terveeseen puuhun verrattuna (Jukola-Sulonen ym. 1990). Harsuuntumismenetelmän heikkoutena on sen subjektiivisuus ja mitta-asteikon huono suhteellisuus.

Metsämaan ravinnesuhteita voidaan muuttaa lannoituksella. Ilmansaasteista aiheutuvia muutoksia voidaan lieventää lisäämällä maahan ravinteita, joita happamat sateet maasta huuhtovat. Metsäntutkimuslaitos on vuosina 1990-93 perustanut kokeita, joiden avulla selvitetään, voidaanko ns. kunnostuslannoitusten avulla estää tai lieventää ilmansaasteiden ja bioottisten tekijöiden aiheuttamia tuhoja. Näistä neljä sijaitsee Harjavallan teollisuustaajaman lähistöllä ja yksi Jämijärven Hämeenkanakaalla. Kokeiden perustamisvaiheessa ennen lannoituksia arvioitiin koealueiden puustojen neulasmassat punnitsemalla, puiden ravinnetila neulasanalyysin perusteella sekä puustojen aikaisempi kasvu. Maan ravinnetilan ja happamuuden arvioimiseksi kokeilta otettiin maanäytteet ennen lannoitusta. Tässä työssä tarkastellaan kokeiden perustamisvaiheessa tehtyjen mittausten tuloksia.

Harjavallan päästöt

Kuparin ja nikkelin raaka-aine sisältää rikkiä, raskasmetallia ja arseenia. Rikki pääsee ilmaan rikkidioksidina (SO_2) sekä raskasmetallit ja arseeni savukaasujen hiukkasiin sitoutuneena. Matalista piipuista valtaosa päästöistä leviää suppealle alueelle, n. 1-5 km:n etäisyydelle tehtaasta.

Harjavallassa sijaitsevan Outokumpu Oy:n kupari- ja nikkelisulaton toiminnan alkuvaiheessa raaka-aineen sisältämää rikkiä ei otettu lainkaan talteen. Tällöin rikkipäästöt olivat n. 30 000 t/v. Vuonna 1947 perustetun rikkihappotehtaan ja prosessiteknisten toimenpiteiden ansiosta rikkipäästöt ovat alentuneet n. 5000 tonniin vuodessa. Vuosien 1940-70 pölypäästöistä ei ole arviota. Vuoden 1991 pölypäästöt olivat 640 t. Niissä oli kuparia 80 t, nikkeliä 14 t, sinkkiä 90 t, arseenia 18 t, kadmiumia 1,6 t ja elohopeaa 70 kg. Harjavalta on suurin yksittäinen raskasmetallien päästökohde Suomessa (Helmisaari 1992) (kuva 1).



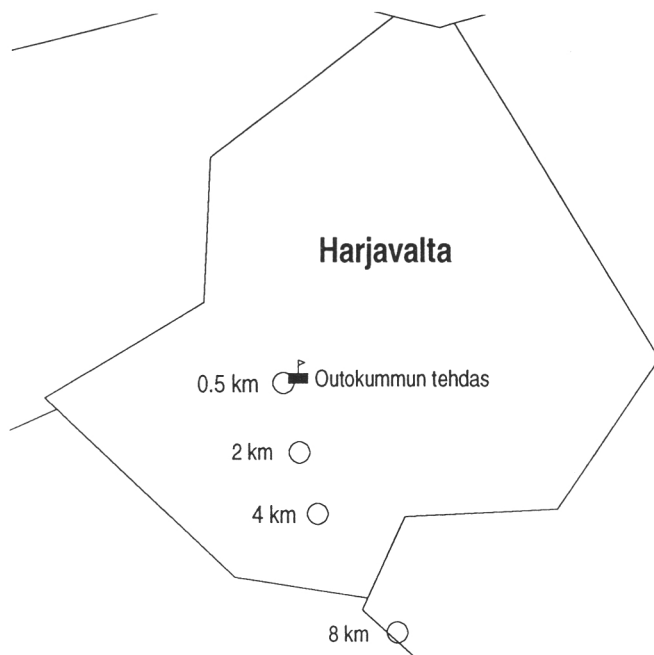
Kuva 1. Outokumpu Oy:n rikkidioksidi- (v. 1992 ja 1994 = ennuste) ja pölypäästöt Harjavallassa (v. 1992 ja 1995 = ennuste).

Kokeet

Harjavalan kokeet sijaitsevat paikallisesta päästölähteestä kaakkoon 0,5, 2, 4 ja 8 km:n etäisyydellä (katso kuva 2). Jämijärven koe on Hämeenkaan itäosassa noin 60 km koilliseen Harjavalasta. Koalueet ovat nuoria kanervatyypin männiköitä (taulukko 1). Lähinnä tehtaita oleva metsikkö oli lannoitettu keväällä 1983 "tavallisella pelloilla käytettävällä Y-lannoksella" n. 600 kg/ha.

Taulukko 1. Yleistietoja koemetsiköistä.

Koe	Ikä v	Valtapiitus m	Tilavuus m ³	Runkoluku kpl/ha	Ennustettu valtapiitus m/100 v.
Harjavalta, 0,5 km	46	6,3	27	1056	11,8
Harjavalta, 2 km	50	10,0	75	1468	16,0
Harjavalta, 4 km	42	9,4	69	1488	17,7
Harjavalta, 8 km	35	10,6	95	1592	23,3
Hämeenkanas	25	7,5	51	2047	17,0



Kuva 2. Koealueiden sijainti Harjavallassa ja Kokemäellä.

Ennen lannoitusta koealojen puusto mitattiin ja neulas- ja oksamassojen sekä puuston aikaisemman kasvun arviointia varten otettiin n. 30 kaatokoepuuta jokaiselta kokeelta. Kaatokoepuista mitattiin pituus, elävän latvuksen pituus ja pituuskasvut kymmeneltä viimeiseltä vuodelta. Puusta sahattiin kiekot kannon 1,3 ja 6 m:n korkeudelta sekä suhteellisilta korkeuksilta 0,3 ja 0,7 x puun pituus. Kiekoista mitattiin rungon läpimitat kuoren päältä ja alta, puun ikä rinnan korkeudelta ja sädekasvu. Kaadetun koepuun elävä latvus jaettiin neljään yhtä pitkään osaan. Kunkin neljänneksen keskeltä otettiin yksi näyteoksa. Näyteoksa valittaessa oksan otossuuntaa käännettiin aina 90°, jolloin näyteoksia tuli puun eri puolilta. Näyteoksat suljettiin ilmatiiviisti muovisäkkeihin, jotka säilytettiin pakastettuna käsittelyyn saakka. Elävien oksien kokonaispaino punnittiin latvusneljänneksittäin, samoin kuolleiden oksien paino. Kuolleista oksista otettiin yksi näyteoksa elävän latvuksen alapuolelta, muut kuolleet okast punnittiin.

Laboratoriossa näyteoksa punnittiin tuoreena. Elävästä näyteoksa erotettiin neulaselliset ja neulasettomat rangat. Neulasrangat katkottiin neulasvuosikerroittain. Näyteoksan ositteet kuivattiin (70°, vrk), jonka jälkeen neulas irrotettiin rangoista. Kuivauksen jälkeen määritettiin eri ositteiden kuivamassa samoin kuolleet näyteoksat kuivattiin ja punnittiin.

Neulasvuosikertojen ja oksien kuivamassat laskettiin siten, että latvusneljänneksen oksien massa jaettiin näyteoksan massalla ja näin saadulla luvulla, eli nk. oksien "lukumäärällä", kerrottiin eri ositteiden kuivamassat.

Kaatokoeputien tilavuuksien ja ositteiden kuivamassojen välille laskettiin regressioyhtälöt, jotka olivat muotoa $y = a + bx + (x-d) * c * \text{Sgn}(x-d)$, jossa:

y = ositteiden massa g,

Sgn = funktio, jonka arvo on 1 jos $(x-d) > 0$,

x = puun tilavuus dm^3 ,

0 jos $(x-d) = 0$,

d = vakio,

-1 jos $(x-d) < 0$.

a , b ja c = parametreja,

Taulukko 2. Regressioyhtälöiden parametrit ja selitysaste.

Koe	Osite	a	b	c	d	R ²
Harjavalta, 0,5 km	Neulaset 1-v	-739	24,2	7,50	100	0,87
	Neulaset 2-v	-658	18,5	7,21	100	0,87
	Neulaset 3-v	-147	2,93	1,65	100	0,61
	Elävät oksat	-15 353	280	152	100	0,97
Harjavalta, 2,0 km	Neulaset 1-v	383	15,1	-2,68	113	0,87
	Neulaset 2-v	522	11,1	-5,64	93,4	0,84
	Neulaset 3-v	248	8,09	-4,32	90,3	0,68
	Neulaset 4-v	95,3	1,02	-1,24	90,3	0,22
	Elävät oksat	-9 543	158	55,4	170	0,93
	Kuolleet oksat	4115	3,27	-21,4	182	0,75
Harjavalta, 4,0 km	Neulaset 1-v	187	15,9	-0,763	140	0,82
	Neulaset 2-v	456	10,7	-2,83	140	0,85
	Neulaset 3-v	-139	5,71	1,67	140	0,71
	Neulaset 4-v	-166	1,71	1,37	140	0,61
	Elävät oksat	-1 186	95,6	9,91	140	0,72
	Kuolleet oksat	-1 115	32,2	10,9	140	0,79
Harjavalta, 8,0 km	Neulaset 1-v	263	12,7	-0,730	83,6	0,65
	Neulaset 2-v	493	9,17	-4,03	112	0,89
	Neulaset 3-v	214	6,40	-1,35	115	0,81
	Neulaset 4-v	-1915	14,5	13,6	143	0,53
	Elävät oksat	-6132	137	70,1	99,4	0,89
	Kuolleet oksat	312	16,0	-2,57	103	0,33
Hämeen kangas	Neulaset 1-v	995	3,98	-15,3	72,8	0,83
	Neulaset 2-v	1 106	7,60	-17,1	71,8	0,88
	Neulaset 3-v	-63,8	11,5	2,79	26,1	0,80
	Neulaset 4-v	19,6	1,18	-0,413	60,2	0,31
	Elävät oksat	2 320	73,3	-42,0	71,7	0,83
	Kuolleet oksat	247	17,1	-3,18	66,5	0,31

Lähinnä päästölähdettä olevassa kokeessa ei ollut nelivuotisia neulasia kuin muutama, joten niille ei voitu laskea mitään arviota. Saman kokeen kuolleiden oksien määrä arvioitiin siten, että laskettiin paljonko kaatokoepeissa oli kuolleita oksia keskimäärin puun tilavuutta kohti ja saatu luku kerrottiin koealan puiden tilavuudella. Regressioyhtälön selitysaste tämän kokeen kuolleille oksille oli vain 4 %.

Puiden ravinnetilan arvioimiseksi koemetsiköistä otettiin lannoituskevättä edeltävänä talvena neulasnäytteet. Näyte otettiin vallitsevan latvuserroksen satunnaisesti valituista puista, latvuksen eteläpuolelta. Näyteoksin ikä oli 3-5 vuotta ja niistä otettiin edellisenä

kesänä kasvaneita neulasia. Näytepuita oli koetta kohti 60-80 ja näytteet analysoitiin puukoh-
taisesti.

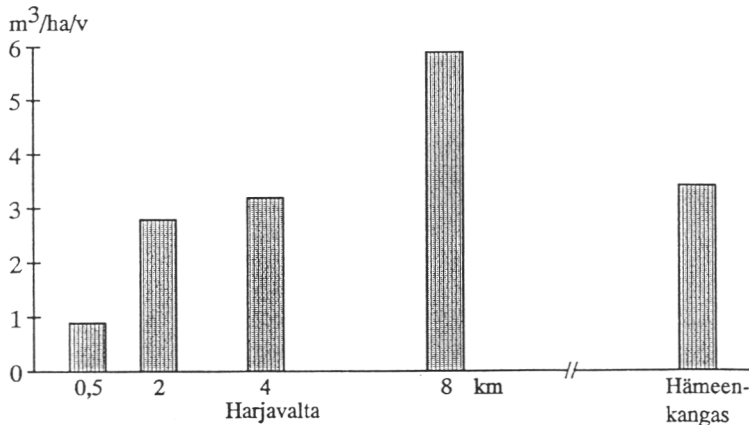
Maanäytteet otettiin koaloittain 25:stä systemaattisesti valitusta paikasta: humuskerros
sekä 0-5, 5-10, 10-20 ja 20-30 cm:ä kivennäismaata. Samoista kohdista mitattiin humuksen
paksuus ja kivisyys.

Tulokset

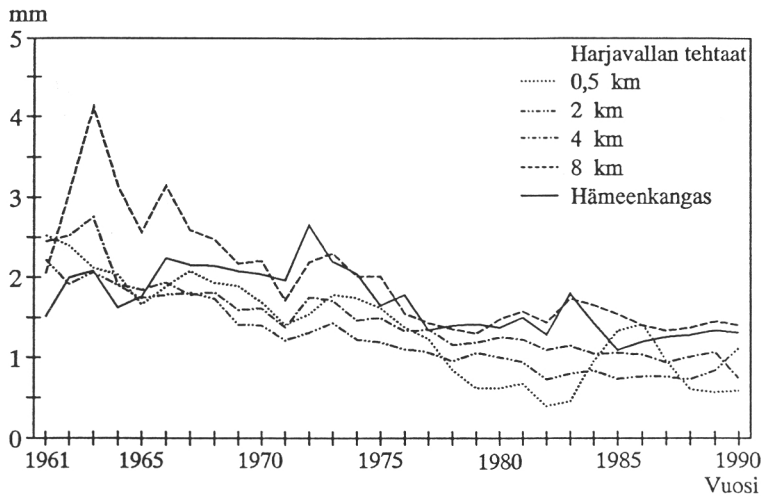
Puuston kasvu

Lähinnä päästökohdetta olevassa metsikössä puuston vuotuinen tilavuuskasvu oli alle kuuti-
ometrin. Kahden ja neljän kilometrin päässä tehtaista noin kolme kuutiometriä sekä kahdek-
san kilometrin päässä noin 6 m^3 vuodessa. Hämeenkancaalla puuston tilavuuskasvu oli $4 \text{ m}^3/\text{v}$
(kuva 3). Kanervatyypin männiköiden keskikasvu Etelä-Suomessa on 40 vuoden iällä noin
 $4 \text{ m}^3/\text{v}$ (Vuokila ja Väliaho 1980).

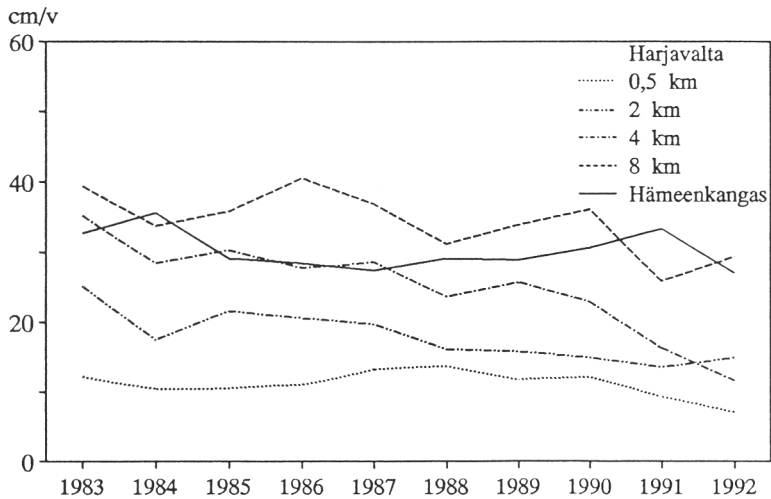
Koepuiden sädekasvu 1,3 m korkeudella vaihteli vähän eri kokeiden välillä. Lähinnä
tehtaita mäntyjen sädekasvu oli pienimmillään 1980-luvun alussa, jonka jälkeen puiden
sädekasvussa näkyi vuonna 1983 tehdyn lannoituksen vaikutus (kuva 4). Koepuiden pituus-
kasvu lisääntyi selvästi etäännyttäessä tehtaista. Neljän kilometrin etäisyydellä olevan
metsikön pituuskasvu on alentunut vuoden 1989 jälkeen (kuva 5).



Kuva 3. Koemänniköiden tilavuuskasvu keskimäärin kymmen-
vuotiskaudella 1982-91 eri etäisyyksillä Harjavalan tehtaista ja
Hämeenkancaalla.



Kuva 4. Kaatokoepuiden sädekasvu rinnankorkeudella eri etäisyyksillä Harjavallan tehtaista ja Hämeenkanگاasalla.



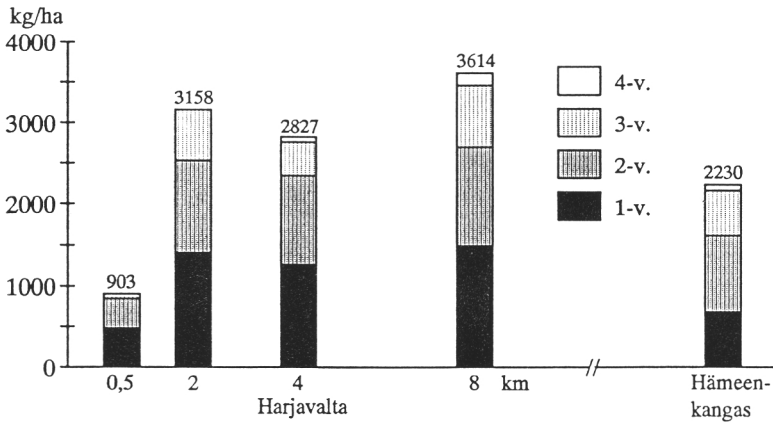
Kuva 5. Kaatokoepuiden vuotuinen pituuskasvu eri etäisyyksillä Harjavallan tehtaista ja Hämeenkanگاasalla.

Neulasten määrä ikäluokittain

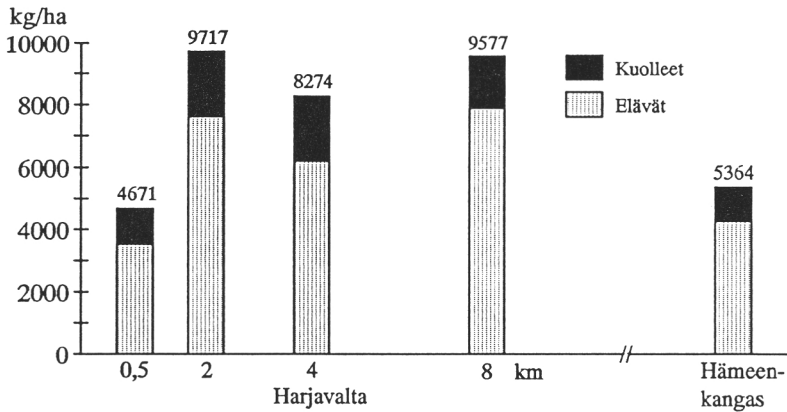
Vähiten neulasia oli lähinnä tehtaita olevassa metsikössä, alle 1000 kg/ha. Neulasmassa koostui yksi- ja kaksivuotiaista neulasista, joita oli yhtä paljon. Kahta vuotta vanhempia neulasia oli erittäin vähän, kussakin oksassa ainoastaan yksittäisiä kappaleita. Jo kahden kilometrin etäisyydellä tehtaista neulasten kokonaismäärä oli samaa suuruusluokkaa kuin kauempanakin, mutta sieltäkin puuttuivat yli kolme vuotta vanhat neulalet. Hämeenkaan koemetsiköissä oli yksivuotiaita neulasia vähemmän kuin kaksivuotiaita (kuva 6).

Elävät ja kuolleet oksat

Oksia oli vähiten 0,5 km:n päässä tehtaista ja Hämeenkancaalla (kuva 7). Toisaalta oksien määrä runkopuun tilavuutta kohti aleni siirryttäessä tehtaista pois päin. Oksia oli 0,5 km:n etäisyydellä 173 kg, 2 km:n 130 kg, 4 km:n 120 ja 8 km:n etäisyydellä 100 kg/m³. Hämeenkancaalla oksia oli 105 kg/m³. Mälkösen (1974) mukaan 47 vuotiaassa männikössä oli runkopuuta 75 m³/ha ja oksia yhteensä 7950 kg/ha eli 106 kg/m³.



Kuva 6. Neulasmassa eri etäisyyksillä Harjavallan tehtaista ja Hämeenkancaalla.



Kuva 7. Oksien paino eri etäisyyksillä Harjavallan tehtaista ja Hämeenkankaalla.

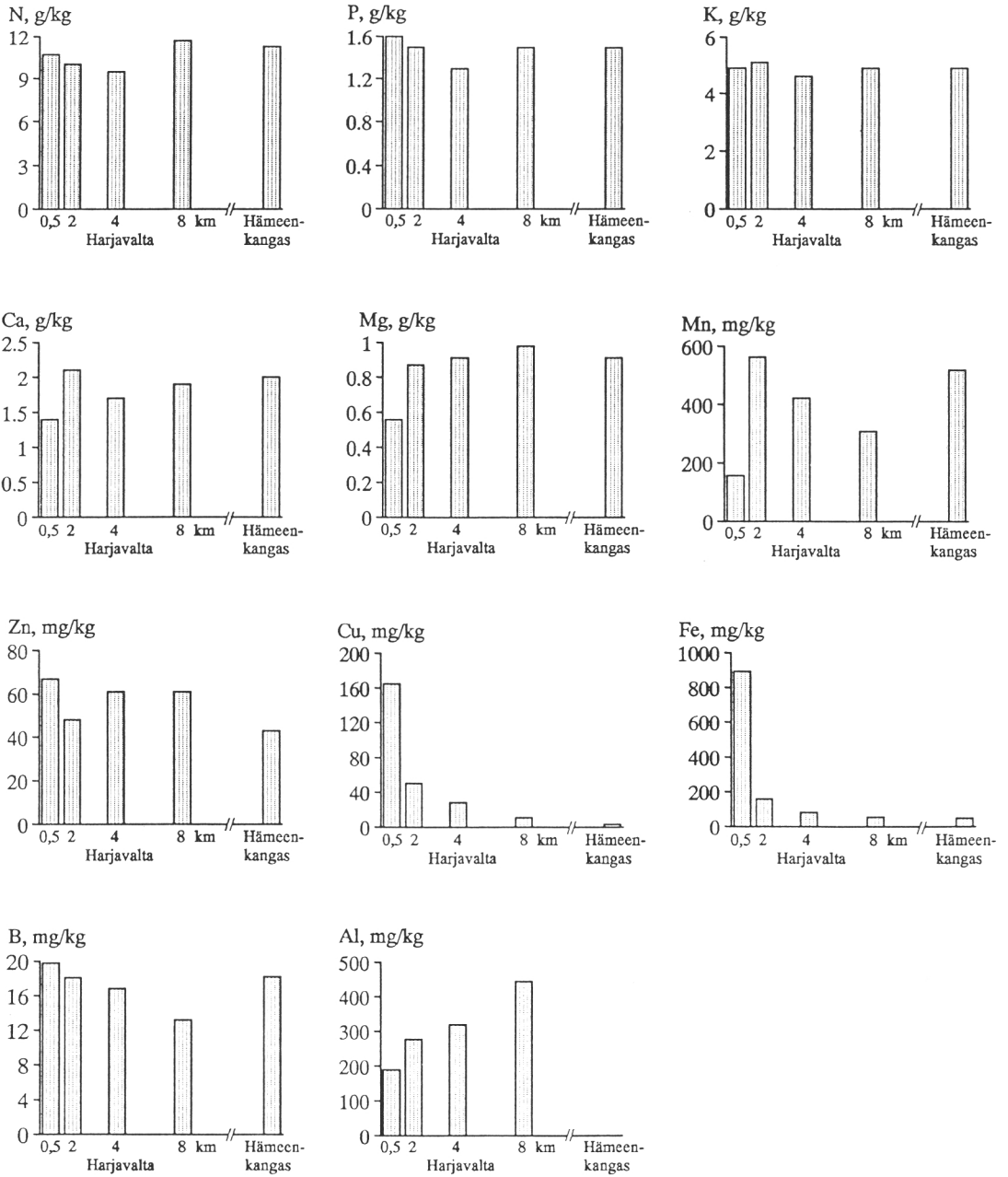
Neulasten ravinnepitoisuudet

Neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksissa ei ollut eroja eri kokeiden välillä. Typpipitoisuudet olivat kanervatyypin männiköille tyypillisen alhaisia. Kalsium- ja magnesiumipitoisuudet olivat lähinnä tehtaista olevassa metsikössä hyvin alhaiset, magnesium jopa alle puutosrajan.

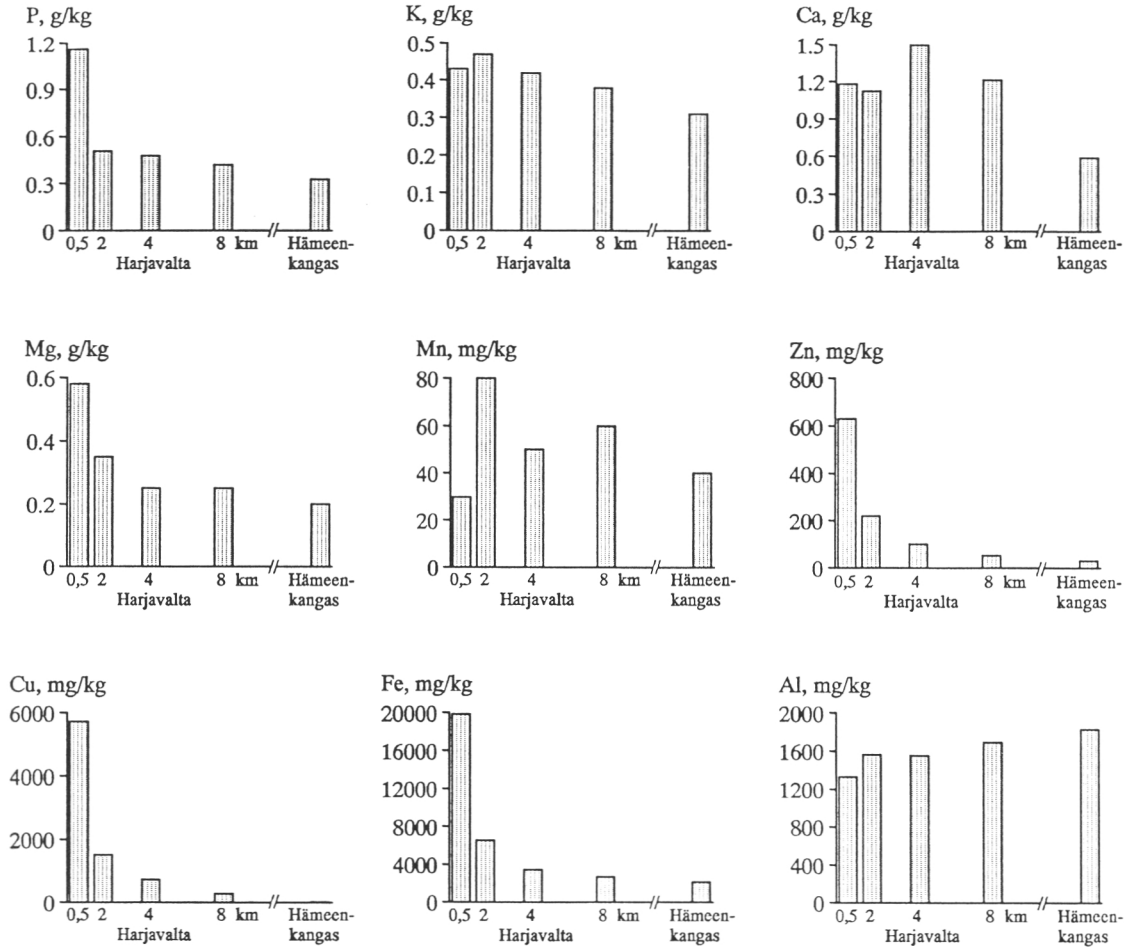
Neulasten kupari- ja rautapitoisuudet olivat tehtaisten lähellä moninkertaisia normaaliarvoihin verrattuna (Levula 1991). Kuparipitoisuus oli vielä 8 km:n etäisyydelläkin korkeampi kuin esim. Hämeenkankaan kokeella. Neulasten alumiinipitoisuudet kasvoivat, etäännyttäessä tehtaista (kuva 8).

Maan happamuus- ja humuskerroksen ravinnevarat

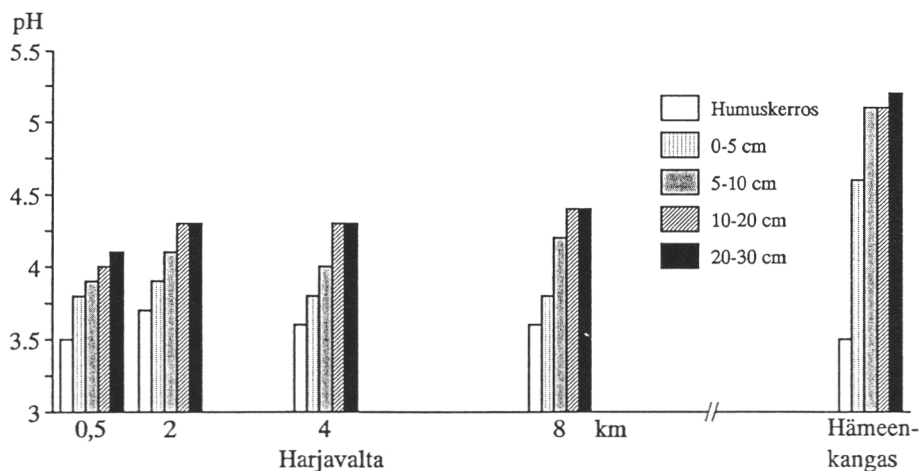
Humuskerroksen kupari-, sinkki-, rauta-, fosfori- ja magnesiumipitoisuudet olivat suurempia ja alumiini-, mangaani- ja kalsiumpitoisuudet pienempiä tehtaisten lähellä kuin kauempana. Kuparipitoisuudet 0,5 km:n päässä tehtaista olivat tuhatkertaisia Hämeenkankaan arvoihin verrattuna (kuva 9). Vesilietoksesta mitatun pH:n perusteella humuskerroksen happamuudessa ei Harjavallan ja Hämeenkankaan välillä ollut eroja. Kivennäismaakerrosten pH-arvo suurenee kun etäisyys tehtaista kasvaa (kuva 10). Humuskerroksen vaihtuva happamuus oli Harjavallan kokeista pienin 2 km:n päässä tehtaista.



Kuva 8. Neulasten ravinnepitoisuuksia eri etäisyyksillä Harjavalan tehtaista ja Hämeenkankaalla.



Kuva 9. Humuskerroksen totaaliravinnepitoisuudet eri etäisyyksillä Harjavallan tehtaista ja Hämeenkankaalla.



Kuva 10. Humuskerroksen ja kivennäismaan happamuus vesilietoksessa eri etäisyyksillä Harjavalta ja Hämeen kankaalla.

Tulosten tarkastelua

Maanäytteitä otettaessa havaittiin, että suurin osa männyn juurista oli kuolleita jopa 40 cm:n syvyyteen lähinnä päästökohdeta olevassa metsikössä. Syvemmällä oli jonkin verran eläviä juuria. Ko. metsiköstä pintakasvillisuus puuttuu lähes täysin, yksittäisiä suokasveja on siellä täällä mm. juolukkaa ja pallosaramättäitä. Maata peittää huonosti lahonnut neulaskarikerros ja ohut humuskerros. Raskasmetallilaskeuma lienee pääsyyntä pintakasvillisuuden puuttumiseen, juurten kuolemiseen ja karikkeen huonoon hajoamiseen. Laskeuma vaikuttaa lähinnä kahdella tavalla maan pintakerroksessa: ensinnä metallit ovat myrkyllisiä ja siten estävät tai haittaavat juurten ja mikrobin elämää ja toiseksi maahan tulevat kupari- (Cu²⁺) ja nikkeli- (Ni²⁺) ionit syrjäyttävät maahiukkasten pinnoilta kasveille välttämättömiä mm. kalium-, kalsium- ja magnesiumioneja, jotka siirtyvät maaveteen ja sen mukana syvemmälle maahan tai pohjaveeseen.

Vanhempien neulasvuosikertojen puuttuminen 0,5 ja osin myös 2 km:n päässä tehtaista johtuneekin kahdesta eri syystä. Ensinnä puiden juurten heikko kunto ja maan ravinnevarojen niukkuus sekä mahdolliset ravinteiden kuljetusvaikeudet (Raitio 1990) aiheuttavat männynillä ravinnepuutoksen. Puutosta torjuessaan puut siirtävät ravinteita vanhoista neulasista uusiin kasvaviin neulasisiin. Siirtyviä ravinteita ovat mm. N, P, K ja Mg (Helmisaari 1990). Vanhemmat neulaskerrat ikään kuin uhrataan välttämättömän uuden neulasvuosikerran hyväksi. Toiseksi kaasumaiset saasteet, kuten rikkidioksidi, ja pöly vahingoittavat neulasia ja siten lyhentävät niiden ikää (Huttunen ja Laine 1983).

Lähinnä tehtaita olevan koalueen männynissä neulasten Ca-, Mg-, Mn- ja Al-pitoisuudet olivat pienempiä kuin kauempana. Näistä ravinteista Ca ja Mn ovat heikosti liikkuvia ja Mg on keskimääräisesti liikkuva ravinne (Helmisaari 1990). Puun sisäisessä ravinnekierrossa

hyvin liikkuvien ravinteiden kuten N-, P- ja K-pitoisuuksissa ei ollut eroja eri koealueiden välillä. Näyttää siltä, että heikoissakin oloissa männyt pystyvät säilyttämään neulasten N-, P- ja K-pitoisuudet tyydyttävällä tasolla puun sisäisen ravinnekierron ja neulasmassan säätelyn avulla. Jos esim. typpeä on hyvin saatavissa, männyt tekevät paljon ja isoja neulasia ja päinvastoin.

Neulasten Cu- ja Fe-pitoisuudet olivat tehtaiden lähellä monikymmenkertaisia normaaliarvoihin verrattuna. Useimmille viljelykasveille lehtien kuparipitoisuuden kriittisenä myrkyllisyysrajana pidetään 20-30 mg/kg kuiva-ainetta (Marschner 1986). Tämän rajan ylittävät 0,5, 2 ja 4 km:n päässä tehtaista olevien mäntyjen neulaset. Kuparin myrkyllisyyden kannalta on merkitystä sillä, onko kupari joutunut neulasiin maasta juurten ottaman tai "lehtilannoituksena" ilmasta neulasten pinnalle. Näiden kahden vaikutustavan suhdetta ei tässä tapauksessa tunneta. Kupari kerääntyy solukalvoihin ja aiheuttaa sen, että kalvat "vuotavat" ja neulasista huuhtoutuu ravinteita helpommin (Woolhouse ja Walker 1981).

Neulasten alumiinipitoisuudet olivat sitä pienempiä, mitä lähempänä tehtaita metsikkö sijaitti. Happamointusteorian mukaan maassa olevan liukoisin alumiinin määrä lisääntyy happaman laskeuman vuoksi (Ulrich 1983). On mahdollista, että kupari- ja nikkeli-ionit ovat syrjäyttäneet maasta myös alumiini-ioneja, vaikka ne ovatkin lujasti sitoutuneet maan humuskolloideihin (Derome 1990). Neulasten alumiinipitoisuus saattaa olla yhteydessä juurten kuntoon; huonokuntoisella juuristolla puu ottaa vähemmän vettä ja siihen liuenneita aineita mm. alumiinia. Samasta syystä neulasten mangaani- ja kalsiumpitoisuudet ovat tehtaasta lähellä pieniä.

Humuskerroksen kuparin, raudan, sinkin, fosforin ja magnesiumin kokonaispitoisuudet olivat korkeimpia lähellä päästölähdettä, ja päästöt sisältävät näitä aineita. Kalsiumin, mangaanin ja alumiinin kokonaispitoisuudet olivat pienempiä lähellä kuin kauempana tehtaista.

Humuskerroksella on keskeinen merkitys maan ravinnevarojen ja puskuriominaisuuksien kannalta. Oikein valitulla lannoituksella voitaisiin ehkä vähentää raskasmetallien liukoisuutta, ja siten vähentää niiden myrkyllisyyttä, ja lisätä ravinteiden saatavuutta.

Puuston kasvussa päästölähteen vaikutus on voimakkainta 0,5 km:n päässä tehtaista kaakkoon olevalla gradientilla. Myös 2 ja 4 km:n päässä puuston kasvu on hieman alle Etelä-Suomen vastaavien metsiköiden keskiarvon, mutta 8 km:n päässä tehtaista oleva metsikkö kasvaa keskimääräistä paremmin.

Kirjallisuus

- Berdén, M., Nilsson, S. I., Rosén, K. & Tyler, G. 1987. Soil acidification: extent, causes and consequences. An evaluation of literature information and current research. National Swedish Environmental Board Report 3292, 1-164.
- Derome, J. 1990. Maaperän luonnollinen happamointuminen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 370:5-17.
- Helmisaari, H.-S. 1990. Ravinnekierto metsäekosysteemissä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 370:18-36.
- 1992. Metsän terveyslannoitusretkeily Harjavallan ympäristössä 27.8.1992. Retkeilymoniste.
 - & Mälkönen, E. 1989. Acidity and nutrient content of throughfall and soil leachate in three *Pinus sylvestris* stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 4:13-28.
- Huttunen, S. & Laine, K. 1983. Effects of air-borne pollutants on the surface wax structure of *Pinus sylvestris* L. needles. *Ann. Bot. Fenn.* 20:79-86.

- Jukola-Sulonen, E.-L., Mikkola, K. & Salemaa, M. 1990. The vitality of conifers in Finland, 1986-88. In: Kauppi, P., Anttila, P. & Kenttämies, K. (eds.) Acidification in Finland. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. s. 523-560.
- Levula, T. 1991. Tuhkalannoitus kangasmaalla. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394:49-59.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press Inc. London Ltd. 676 s.
- Mälkönen, E. 1974. Annual primary production and nutrient cycle in some Scots pine stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 84(6). 87 s.
- Pate, J. S. 1975. Exchange of solutes between phloem and xylem and circulation in the whole plant. In: Zimmermann, M. H. & Milburn, J. A. (eds.). Transport in plants I. *Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 1. pp. 451-473. Springer Verlag, Berlin. 535 p.
- Raitio, H. 1990. Decline of young Scots pines in a dry heath forests. *Acta Universitatis Ouluensis*. Series A 216. 40 + 71.
- Tamminen, P. & Mälkönen, E. 1986. Kangasmaiden herkkyyks happamoitumiselle. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 210. 25 s.
- Ulrich, B. 1983. Soil acidity and its relations to acid deposition. Teoksessa: Ulrich, B. & Pankrath, J. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht-Boston-London, 127-146.
- Vuokila, Y. & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(2). 271 s.
- Woodhouse, H. W. & Walker, S. 1981. The physiological basis of copper toxicity and copper tolerance in higher plants. In: Loneragan, J.F., Robson, A.D. & Graham, R.D. (eds.). Copper in soils and plants. Proceedings of the Golden Jubilee International Symposium on "Copper in Soils and Plants" held at Murdoch University, Perth, Western Australia on May 7-9, 1981 under the sponsorship of the Australian Academy of Technological Sciences. Academic Press. Sydney-New York-London-Toronto-San Francisco. s. 235-262.



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-istutus-koneella 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. Erilaisten 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 magnesiumta- louden 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.
- No. 369 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1989. 1990.
- No. 394 Metsäntutkimuspäivä Nurmossa 1990. 1991.
- No. 423 Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1991. 1992.

Tiedonantoja on saatavissa Metsäntutkimuslaitoksen Parkanon tutkimusasemalta (Kaironiementie 54, 39700 Parkano, puh. 933-443 51, telefax 933-443 5200).

ISBN 951-40-1317-4
ISSN 0358-4283
Parkanon Kirjapaino
Parkano 1993