



Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Kirjasto

Metsäntutkimuspäivä Tampereella 1994

Olavi Laiho & Tiina Luoto (toim.)

Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema
Parkano 1995

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538

Sisällys

<i>Tytti Sarjala</i> Taimien ravinnetasapainon ja kasvunopeuden säätely laboratoriossa	4
<i>Teuvo Levula & Aili Tuimala</i> Lannoituksen vaikutus varttuneen männikön kasvuun, runkomuotoon ja tukkien laatujaakamaan	7
<i>Kaarlo Kinnunen</i> Onko rehevien maiden uudistamisessa vaihtoehtoja.....	15
<i>Lasse Aro</i> Nuorten mäntyjen kehitys suonpohja-alueilla. Ennakkotuloksia	23
<i>Markku Saarinen</i> Alikasvosten ravinnetalous ojitusalueilla	36
<i>Juha Suni</i> Alikasvoksen säilyttämisen hinta	45
<i>Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa</i> Metsien runkolujakauma 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa.....	49
<i>Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa</i> Metsikön rakenne ja terminologia.....	59
<i>Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa</i> Alikasvos metsän uudistumispotentialina.....	70
<i>Sari Pitkänen</i> Monimuotoisuuden kriteerit	77
<i>Erkki Lähde, Olavi Laiho, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa</i> Metsikön ja metsiköiden välisen monimuotoisuuden määrittely	86
<i>Erkki Lähde & Yrjö Norokorpi</i> Metsän monimuotoinen hoito	95

Kirjoittajien yhteystiedot: Lähde: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan tutkimuskeskus, PL 18, 01301 Vantaa; Pitkänen: Joensuun yliopisto, Metsätieteellinen tiedekunta, PL 111, 80101 Joensuu, Norokorpi: Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema, PL 16, 96301 Rovaniemi; Saksa: Metsäntutkimuslaitos, Suonenjoen tutkimusasema, 77600 Suonenjoki; muut: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema, Kaironiementie 54, 39700 Parkano.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, Parkanon tutkimusasema. Hyväksynyt: Olavi Laiho, tutkimusaseman johtaja 9.3.1995.

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

Hinta: 50 mk

IBN 951-40-1410-3

ISSN 0358-4283

Lukijalle

Parkanon tutkimusaseman vuosittainen tutkimuspäivä järjestettiin viime vuoden joulukuussa Tampereella. Se oli tarkoitettu erityisesti kenttäväelle Pirkka-Hämeestä ja sen lähilautakunnista ja esimiestasolle kautta Etelä-Suomen. Parkanon omien tutkijoiden lisäksi esitelmöivät professori Erkki Lähde (METLA) ja MMK Sari Pitkänen (Joensuun yliopisto). Hoitoaluepäällikkö Ahti Paavonen (Metsähallitus, Parkanon hoitoalue) ja metsänhoitopäällikkö Antti Peltonen (Pirkka-Hämeen metsälautakunta) käyttivät valmistellun puheenvuoron. Puheenjohtajana toimi johtaja Kaarlo Ouni Pirkka-Hämeen metsälautakunnasta. Yhtä lukuunottamatta esitelmät on nyt saatettu kirjalliseen asuun ja niissä on otettu huomioon keskustelussa esitetyt näkökohdat. Eräitä niistä on muutenkin huomattavasti täydennetty.

Osanottajien määrä oli runsaat 250. Metsälautakuntaväki muodosti osanottajien pääjoukon. Metsäoppilaitoksista oli useita luokkia. Entinen ydinryhmä, metsänhoitoyhdistykset, oli kuitenkin huolestuttavan pieni. Mukana oli vain viisi yhdistystä. Toivottavasti syynä oli kiireinen työtilanne eikä epäluottamus tutkimusta kohtaan.

Viimeiset vuodet metsätaloudesta on ollut annettavissa epädullista tietoa. Tosin jo vuosi takaperin pahin aallonpohja oli sivuutettu. Sen jälkeistä kehitystä ei liene kukaan osannut ennustaa oikein. Vientihinnat ovat vahvistuneet huomattavasti ja sekä sahatavaran että paperin kysyntä on ollut hyvä. Etenkin paperin osalta on ollut aika ajoitin toimitusvaikeuksia. Kaikki halukkaat ovat saaneet puunsa kaupaksi ja kantohinnat ovat jo lähellä edellisen nousukauden maksimiaan. Toivottavasti ne eivät sitä saavutakaan, sillä suuret hintavaihtelut ovat kaikille osapuolille haitallisia.

Rauman sellutehdas on hyvää vauhtia nousemassa. Vastikään on tehty päätös uuden paperikoneen rakentamisesta Lohjalle. Sen telaleveydeksi tulee 9 m ja nopeudeksi 90 km/t. Nämä investoinnit tulevat ratkaisevalla tavalla parantamaan puun menekkiä lounaisessa Suomessa. Samanaikaisesti viimeaikainen puun vajaakäytön ongelma häipyä taka-alalle tai häviää olemattomiin. Itse asiassa koivun osalta se on jo pitkään ollut hävinneenä. Lohjan uusi paperikone käyttää raaka-aineenaan Rauman sellua, paikallista kuusihioketta ja Kemiran Siilinjärven tehtaiden jätekipsiä. Viimemainittua siksi, että lyhyttä lehtipuukuitua ei kotimaasta ole saatavissa. Näyttääkin siltä, että koivun kysyntä jatkossa on "rajaton". Se on rohkaiseva uutinen metsien uudistamisesta huolta kantaville. Voimme antaa suuren pinta-alaosuuden uudistua koivulle ja antaa havupuiden tulla mukaan hitaammin luontaisen puulajikierron mukaisesti.

Suomen liittyminen vuodenvaihteessa Euroopan Unionin jäseneksi on metsäpuolella tulkittu selvästi positiiviseksi tapahtumaksi. Se tulee johtamaan myös peltojen metsityksen vauhdittumiseen. Olisi tärkeä oppia pikaisesti käyttämään hyväksi kaikki Unionin tarjoamat rahoitusmahdollisuudet. Unionin jäsenenä meillä on ulkopuolella oloa selvästi paremmat mahdollisuudet saada tueksemme Keski-Euroopan myötämielinen suhtautuminen. Toki metsiemme rakennetta pitää edelleen johdonmukaisesti kehittää monimuotoisemmaksi. Päivän pääteemana olikin metsien monimuotoisuus. Toinen keskeinen teema oli alikasvokset ja niiden tarjoamat mahdollisuudet.

Kiitän Parkanon tutkimusaseman puolesta esitelmöitsijöitä ja asiantuntijoita, kaikkia tutkimuspäivän järjestelyihin ja tämän tiedonannon valmisteluun osallistuneita sekä tutkimuspäivän osanottajia. Pirkka-Hämeen metsälautakuntaa kiitän erittäin hyvästä yhteistyöstä.

Parkanossa 17.1.1995.

Olavi Laiho
Tutkimusaseman johtaja

Taimien ravinnetasapainon ja kasvunopeuden säätely laboratoriossa

Tytti Sarjala

Säädellyn taimikasvatuksen toimintaperiaate ja tavoitteet

Tutkittaessa ravinnesuhteiden merkitystä kasvin elintoimintoihin ja aineenvaihdunnassa esiintyviin yhdisteisiin on kenttäkokeissa olemassa runsaasti vaihtelua aiheuttavia tekijöitä, joita ei voi kontrolloida, kuten esim. lämpötila, valaistus, taudit tai ilman epäpuhtaudet. Laboratoriossa olemassaolevista resursseista riippuen olosuhteita voi kontrolloida tarkemmin, mikä mahdollistaa tietyn ravinnetekijän merkityksen tutkimisen ilman että muut tekijät häiritsevät ja sekoittavat tuloksia tai niiden tulkintaa. Niinpä myös kaliumin saatavuuden merkitystä männyntaimien kasvuun ja biokemiallisiin indikaattoreihin on tutkittu Parkanon tutkimusasemalla kontrolloiduissa olosuhteissa sen lisäksi, että kentällä on tehty vastaavia tutkimuksia isommilla puilla kalilannoitekokeilla.

Ravinnestressitutkimuksissa laboratoriossa on pyrkimyksenä tuottaa tutkimustarkoituksiin taimia, jotka kasvavat vakiokasvunopeudella ja joiden sisäinen ravinnetilanne olisi vakaa ("steady state nutrition"). Tämä edellyttää sitä, että ravinteiden saatavuutta voidaan kontrolloida. Erityisen tärkeää ravinteiden oton ja kasvun kannalta on, että ravinneliuoksessa ravinteiden määrää annostellaan aikayksikköä kohden suhteessa kasvunopeuteen, eikä liuoksen ravinnepitoisuuden mukaan (Ingestad 1962, 1979). Tekniset ja biologiset ongelmat on pyritty ratkaisemaan ravinteiden lisäämiseksi tämän periaatteen mukaan. Aiheesta on julkaistu useita artikkeleita (mm. Ingestad 1982, Ingestad & Lund 1986, Ingestad & Ågren 1988). Tässä tekniikassa kasvatusliuos ei ole klassinen ravinneliuos, jossa on tietty ravinteiden alkukonsentraatio. Sen sijaan ravinteita lisätään kvantitatiivisesti suhteessa tiettyyn kasvunopeuteen ja aikaan, jotta saavutettaisiin vakaa suhteellinen ottonopeus. Suhteellinen ravinteiden antonopeus määritellään ravinnemääränä, joka lisätään aikayksikköä kohden suhteessa kasvissa olevaan ravinnemäärään.

$$\text{Suhteellinen kasvunopeus (relative growth rate) } R_G = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

W_1 ja W_2 = kasvin biomassa ajankohtina t_1 ja t_2

Mitä lähempänä annetut ravinnesuhteet ovat ideaalisia, sitä vähemmän kertyy ylimääräisiä ravinteita kasviin tai ravinneliuokseen ja ravinteiden otto tapahtuu annettujen ravinteiden suhteessa. On kuitenkin mahdollista, että sopivat ravinnesuhteet voivat olla erilaiset, kun tavoitteena pelkän kasvun lisäksi onkin esim. puun laatu tai taudinkestävyys.

Kontrolloidun kasvatustajärjestelmän etuja ja haittoja

- + Järjestelmän avulla on mahdollista tutkia tietyille ravinnestressille tyypillisiä oireita tai biokemiallisia ja fysiologisia vaikutuksia siten, että muut olosuhteet ovat kaikille käsittelyille samat. Luonnossa esiintyvät kasvupaikkaerot koeruutujen välillä voidaan välttää (esim. koeruutujen väliset erot turpeen paksuudessa tai kasvualustan märkydessä). Tutkimusaineisto on tällöin tasalaatuisempaa, minkä vuoksi tulosten hajonta on pienempää ja tulkinta helpompaa.
- + Koe on mahdollista toistaa helpommin kuin maastossa. Juuristosta on helppo ottaa näytteitä, mikä maastossa on hankalaa ja työlästä.
- + Vaihtelevia olosuhteita kuten erilaisia valaistuksia ja lämpötiloja on mahdollista järjestää.
- + Kun kasvatusyksiköt on hankittu, niiden käyttö on halpaa. Kasvatukseen ei kulu kemikaaleja muutamia ravannesuoloja lukuunottamatta.
- Kasvatuskammioissa voi kasvattaa vain taimia. Muutaman kuukauden ikäisenä männyn taimien juuret ulottuvat kammion pohjalle ja sotkeutuvat helposti viereisten taimien juuriin, jolloin koe on syytä lopettaa.
- Vaikka juuret kasvavat silminnähdessä erittäin hyvin, juuriston olosuhteet eivät ole luonnolliset. Ravinteet annostellaan vesisuihkun mukana ja ilmastus takaa juurten hapen saannin. Ravinteet ovat helpommin saatavilla kuin luonnossa, joten juuret eivät joudu hakeutumaan ravinteiden luo.
- Maaperän puskurointikyky puuttuu, mistä johtuen pH helposti heilahtelee riippuen siitä mitä ravinnettä on otettu paljon ja mitä vähän. Happamuutta on usein kontrolloitava manuaalisesti.
- Tekninen häiriö voi pilata kokeen lyhyessä ajassa, jolloin pahimmassa tapauksessa usean kuukauden työ voi tärveltyä. Kokeen ylläpito sitoo tutkijan pitkäksi aikaa.

Kokemuksia kontrolloidun kasvatuksen soveltamisesta männyntaimien kaliumstressitutkimukseen

Kalilannoitekokeilta tehdyissä tutkimuksissa on aiemmin todettu kaliumin puutoksen aiheuttavan putreskiinin voimakasta kertymistä männyn neulasiin (Sarjala & Kaunisto 1993), minkä avulla voidaan määrittellä kaliuminpuutosrajoja. Suurilla puilla on kuitenkin mahdotonta määrittellä kasvunopeuksien, polyamiinien ja kaliumin välisiä suhteita, mikä kuitenkin antaisi lisätietoa lannoitteiden vaikutuksen arviointiin. Männyntaimilla tätä on alettu tutkia kontrolloidussa kasvatustajärjestelmässä.

Männyntaimia kasvatettiin kolmella eri kaliumtasolla siten, että kaliumin suhteellinen antonopeus (relative addition rate = RAR) oli 2, 4 ja 6 %. Kasvatuksen aikana seurattiin taimien suhteellista kasvunopeutta, kalium- ja typpipitoisuutta sekä polyamiinipitoisuutta (putreskiini, spermiidiini, spermiini) versoissa ja juurissa (taulukko 1). Kaliumpitoisuuden ja putreskiinin välillä samoin kuin kasvunopeuden ja putreskiinipitoisuuden välillä oli selvä negatiivinen korrelaatio. Alhaisimmalla kalitasolla oli havaittavissa paitsi korkea putreskiinipitoisuus myös alhainen spermiinipitoisuus etenkin neulasissa. Spermiinipitoisuuksissa erot eivät olleet yhtä selvät. Tarkasteltaessa 4 % ja 6 % RAR tasoa putreskiinipitoisuudessa oli selvä ero, mutta sen sijaan kasvunopeus oli lähes sama kummassakin. On huomattava, että näitä tuloksia esim. kaliumpitoisuuksien osalta ei voida sellaisinaan verrata täysikasvuisten mäntyjen neulasten kaliumpitoisuuksiin.

Taulukko 1. R_G %, neulasten ja juurten K-pitoisuus, N/K sekä putreskiini, spermiidiini ja spermiinipitoisuudet eri kaliumkäsittelytasolla 2.5 kk kasvatuksen jälkeen.

	2 % RAR	4 % RAR	6 % RAR
R_G %	4.7	5.4	5.8
K mg/g neulaset	2.0	3.8	6.8
K mg/g juuret	1.6	2.5	8.2
N/K neulaset	7.6	4.7	3.1
Putreskiini, neulaset, nmol/gFW	710.6	502.3	176.5
Spermiidiini, neulaset, nmol/gFW	39.9	52.0	56.1
Spermiini, neulaset, nmol/gFW	12.7	23.0	30.6

Tulokset osoittivat, että kaliumin saantia rajoittamalla männyn kasvua ei saatu hidastumaan suhteellista antonopeutta vastaavalle tasolle kasvatukseen kuluneessa ajassa. Ainoastaan 6 % RAR tasolla R_G vastasi antonopeutta. R_G :n ollessa korkeampi kuin RAR kaliumpitoisuus aleni ajan funktiona alemmissa (2 ja 4 % RAR) kalitasoissa. Näissä tapauksissa täysin vakaa ravinnetilanne ei toteutunut kasvatukseen varatussa ajassa.

Koska tuloksista nähdään, että kaliumin RAR:n kohottaminen 4 %:sta 6 %:iin nosti selvästi kaliumpitoisuutta, mutta vain vähän suhteellista kasvunopeutta, voidaan kysyä, mikä merkitys kasville on ylimääräisellä kaliumilla. Korkeimmassa kalipitoisuudessa putreskiinitaso oli alimmillaan ja spermiinitaso ylimmillään. Toisin sanoen kaliumin merkitys näkyy kasvin fysiologisella tasolla ja mahdollisesti rakenteessa, mutta ei kasvukäyrässä. Seuraavaksi on tarkoituksena selvittää mitä merkitystä on stressi-indikaattorin, putreskiinin, alenemisella ja spermiinitason kohoamisella kasville sen elintoimintojen kannalta. Korkean kaliumpitoisuuden on todettu parantavan havupuiden vesitaloutta ja selviytymistä talven yli (Christersson 1972). Suunnitelmassa onkin tutkia polyamiinien ja kaliumtason merkitystä taimien kylmänkestävyydelle kontrolloiduissa olosuhteissa.

Kirjallisuus

- Christersson, L. 1976. The effect of inorganic nutrients on water economy and hardiness of conifers. *Studia Forestalia Suecica* 136: 1-23.
- Ingestad, T. 1962. Macro element nutrition of pine, spruce, and birch seedlings in nutrient solutions. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut* 51 (1): 1-150.
- Ingestad, T. 1979. Mineral nutrient requirements of *Pinus silvestris* and *Picea abies* seedlings. *Physiologia Plantarum* 45: 373-380.
- Ingestad, T. 1982. Relative addition rate and external concentration; Driving variables used in plant nutrition research. *Plant, Cell and Environment* 5: 443-453.
- Ingestad, T. & Lund, A.-B. 1986. Theory and techniques for steady state mineral nutrition and growth of plants. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1: 439-453.
- Ingestad, T. & Ågren, G.I. 1988. Nutrient uptake and allocation at steady-state nutrition. *Physiologia Plantarum* 72: 450-459.
- Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. *Tree Physiology* 13: 87-96.

Lannoituksen vaikutus varttuneen männikön kasvuun, runkomuotoon ja tukkien laatujakaumaan

Teuvo Levula & Aili Tuimala

Kangasmetsien kasvua rajoittaa useimmiten käyttökelpoisen typen niukkuus. Tämä johtuu karikkeiden hitaasta hajoamisesta, minkä puolestaan aiheuttaa maan pintakerroksen kylmyys ja karikkeiden laatu. Karikkeiden hajoaminen on hitainta havumetsissä ja hidastuu metsien vanhetessa. Kangasmetsissä tehdyt lannoituskokeet ovat osoittaneet, että suurimmat kasvunlisäykset on saatu typpilannoituksella (Viro 1972, Gustavsen & Lipas 1975, Laakkonen ym. 1983, Kukkola & Saramäki 1983, Derome ym. 1986, Levula 1991). Lannoituskokeissa saadut kasvunlisäykset ovat olleet lähes suoraan riippuvaisia käytettyyn typpimäärään, kun kerta-annoksen määrä on vaihdellut 80–240 kg/ha N (Gustavsen ja Lipas 1975). Kokeilla tehdyissä toistuvissa typpilannoituksissa kasvunlisäys on pysynyt samansuuruisena ensimmäiseen lannoituskertaan verrattuna (Viro 1972, Kukkola & Saramäki 1983, Derome ym. 1986).

Typpilannoitus parantaa kasvupaikan viljavuutta ja lisää puiden neulasmassaa (Mälkönen & Kukkola 1991, Levula 1994). On mahdollista, että latvuksen painon lisäys vaikuttaa puiden runkomuotoon. Saramäki (1980) on tutkinut typpilannoituksen vaikutusta männyn runkomuotoon. Typpilannoitus paransi puiden sädekasvua suhteellisesti eniten latvuksen yläosassa. Runkomuodon tilapäisen muutoksen aiheuttaa myös puuston harvennus (Vuokila 1965).

Männyn ulkoiseen ja sisäiseen laatuun, silloin kun oksaisuutta pidetään vaikuttavimpana haittana, typpilannoitus vaikuttaa kuten muukin maan viljavuuden vaihtelu. Nuorissa puissa oksien paksuuskasvu kiihtyy rungon paksuuskasvun kiihtyessä, mikä on haitallista tulevan tukin laadun kannalta. Kohtuullinen määrä lisätyypeä karuhkojen maiden puissa nopeuttaa oksien kuolemista lannoittamattomiin puihin verrattuna, mutta runsas typpilannoitus hidastaa oksien kuolemista (Mäkinen & Uusvaara 1992). Oksien tilavuuskasvu on voimakasta 40 ikävuoden tienoille, minkä jälkeen se pysyy samana tai taantuu (Albrektsen 1980). Ensiharvennuksen jälkeisissä lannoituksissa oksien kasvu keskittyy latvuksen ylempiin osiin (Saramäki & Silander 1982). Hyvä kasvu nopeuttaa oksien kyljestymistä, mikä on laadun kannalta edullista. Tärkeintä onkin löytää metsikön kehitysvaiheeseen nähden oikein valittu lannoitusaika, jolloin oksien kasvu ei enää kiihdy, mutta nopeutunut kasvu edistää kyljestymistä.

Lannoituksen vaikutuksia puuaineen ominaisuuksiin (puuaineen tiheys, kesäpuun osuus) on tutkittu runsaasti (mm. Tuimala 1988), mutta lannoitetuista männiköistä saatavien tukkien laatujakauman osalta johtopäätökset on usein tehty luontaisen viljavuuden vaihtelusta syntyvän laadun vaihtelun perusteella.

Koe

Vuonna 1974 tehtiin Oriveden Metsäsaramäkeen lannoituskoe, jonka tarkoituksena oli selvittää kahden eri typpilannoitustason vaikutusta männikön kasvuun. Kokeen lopetusvaiheessa mukaan otettiin myös lannoituksen laatuvaikutusten selvittäminen mm. vaikutukset tukkien laatujaumaan.

Kokeessa olivat seuraavat koejäsenet: lannoittamaton, 100 kg typpeä/ha ja 200 kg/ typpeä/ha. Lannoitus tehtiin ensimmäisen kerran keväällä 1974 ja lannoitus uusittiin samoina annoksina keväällä 1984. Käytetty typpilannoite oli oulunsalpietari, jonka tyyppi on puoleksi ammonium- ja puoleksi nitraattityyppiä. Lisäksi oulunsalpietarissa on magnesiumia ja kalsiumia (taulukko 1). Koealueen maa on hienoa hiekkaa (taulukko 2). Metsätyyppi on heikko puolukkatyyppi. Koealueen puusto oli ensimmäisen lannoituksen aikana 100-vuotias männikkö (taulukko 3).

Koemetsikön lannoittamattomien koealojen valtapituus 100-vuoden ikäisenä oli 20 m, kun puolukkatyyppin männiköiden valtapituus Etelä-Suomessa on 100-vuoden iällä keskimäärin 21 m (Gustavsen 1980).

Koe mitattiin syksyllä 1993, kun oli kulunut 20 vuotta ensimmäisestä lannoituksesta. Mittaus tehtiin siten, että kaikki koepuut kaadettiin ja tehtiin tukeiksi ja kuitupuuksi. Rungon jokaisesta katkaisukohtasta otettiin kiekko. Kiekot mitattiin lustonmittauskoneella. Lisäksi koepuista mitattiin pituuskasvut 20 vuoden ajalta. Tukkien laatulajittelu tehtiin kaudella 1990–91 käytettyjen laatuvaatimusten mukaan. Luokittelu tehtiin sekä yleisten ns. Järvi-Suomen laatuvaatimusten että Metsäliiton käyttämän laatuokittelun pohjalta. Sallittujen oksanpaksuuksien maksimirajat eri läpimittaluokissa eivät poikkea käytetyissä luokitusohjeissa kovinkaan paljon toisistaan. Metsäliitossa käytössä ollut tukkien "ABC"-luokitus sen sijaan erottelee hyvälaatuiset tyvitukit omaksi ja muut tyvitukit omaksi laatuokakseen. Laatujaumat sisältävät leimikolla tehdyt apteerausvirheet.

Taulukko 1. Käytetyn lannoitteen ravinnesisältö kg/ha.

Vuosi	0 kg N/ha			Käsittely 100 kg N/ha Ravinne			200 kg N/ha		
	N	Mg	Ca	N	Mg	Ca	N	Mg	Ca
1974	-	-	-	100	10	19	200	20	38
1984	-	-	-	100	8	15	200	16	30
Yht.	-	-	-	200	18	34	400	36	68

Taulukko 2. Koealueen maan raekoostumus (0–30 cm)

Lpm, um	Sa	hHS	kHs	hHt	kHt	hHk	kHk	d 50 um
	2	6	20	63	200	600	2000	
				Summa %				
	2	4	6	13	46	90	95	225

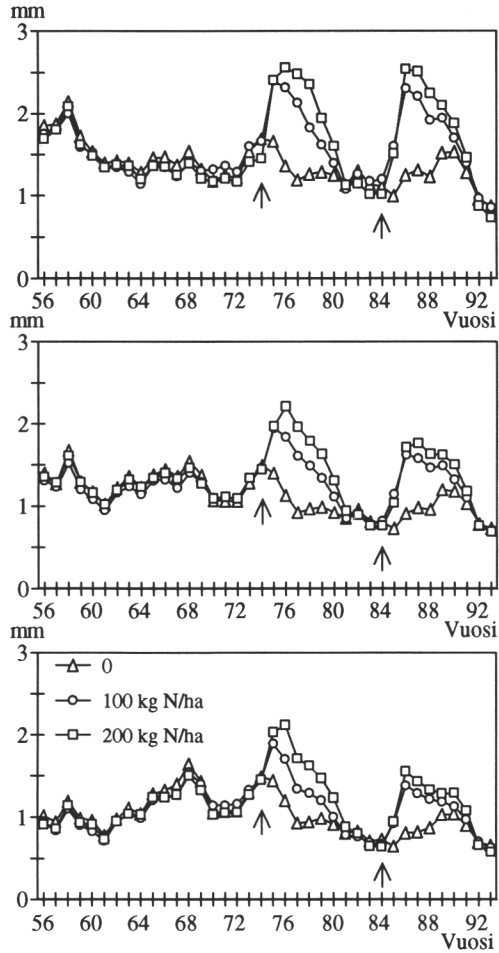
Taulukko 3. Puustotietoja koemetsiköstä syksyllä 1973 ja 1993.

	Vuosi	Käsittely		
		0 kg N/ha	100 kg N/ha	200 kg N/ha
Runkoluku kpl/ha	73	-	-	-
	93	274	425	392
Pohjapinta-ala m ²	73	12	14	14
	93	17	24	25
Valtaläpimitta, cm	73	25	23	23
	93	30	29	29
Valtapiuus, m	73	20	19	20
	93	22	23	24
Tilavuus, m ³	73	108	131	140
	93	165	235	257
Kantoikä, v.	93	119	121	117

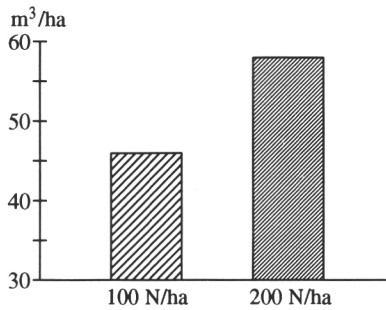
Puuston kasvu ja kasvun jakautuminen rungolla

Molemmat lannoituskerrat olivat lisänneet mäntyjen sädekasvua seitsemän vuoden ajan. Lannoitusvaikutuksen loputtua puiden sädekasvu oli yhtä suuri kaikilla koejäsenillä. Sädekasvu lisääntyi enemmän puiden yläosassa kuin ensimmäisen tukin latvassa (kuva 1). Vastaava ilmiö todettiin myös nuorilla männyillä (Mäkinen & Uusvaara 1992). Pituuskasvun lisäys oli molemmilla tyypitasoilla 20 vuoden jakson aikana keskimäärin 6 cm/vuosi. Tilavuuskasvu oli 20 vuoden aikana keskimäärin lannoittamattomilla koelohjoilla 2,7 m³/v, 100 kg:n typpilannoituksella 5,0 m³/v ja 200 kg:n typpilannoituksella 5,6 m³/v. Typpilannoituksella saatiin kokeen aikana 100 kg:n tasolla 46 m³:n ja 200 kg:n tasolla 58 m³:n kasvunlisäys hehtaarille lannoittamattomiin koelohjoihin verrattuna (kuva 2).

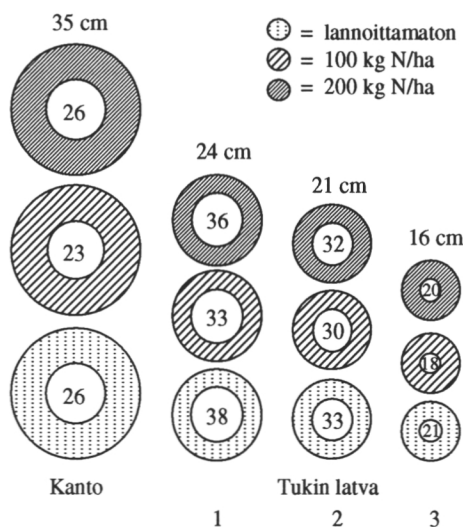
Koepuista sahatuista kiekkoista mitattiin sydän- ja mantopuun pinta-alaosuudet. Sydänpuu on männyllä puun poikkileikkauksessa tummana näkyvä sisin, vaaleata pintapuuta selvästi kuivempi osa. Runsasta sydänpuuosuutta arvostetaan puusepänteollisuudessa mm. sen pintapuuta paremman muotopysyvyyden vuoksi. Sydänpuun suhteellinen osuus on tyvitukissa suurempi kuin latvatukeissa (kuva 3). Nopean kasvun on arvioitu hidastavan sydänpuun muodostumista, mitä on pidetty lannoituksesta aiheutuvana laatuhaittana. Nuorissa, suurilla typpiannoksilla toistuvasti lannoitetuissa männiköissä sydänpuun osuuden alentumista on havaittu, joskaan lannoituksen ei todettu olevan merkitsevä tekijä sydänpuuosuuden alentumisessa (Mäkinen & Uusvaara 1992). Metsäsaramäen kokeessa sydänpuun osuuden alentumista ei todettu.



Kuva 1. Koepuiden keskimääräinen sädekasvu eri lannoituskäsittelyillä tyvitukin (alakuva), toisen tukin (keskellä) ja kolmannen tukin (yläkuva) latvasta mitattuna. Nuolet osoittavat lannoitusajankohdat.



Kuva 2. Lannoituksella saatu kasvunlisäys vuosina 1974-1993.

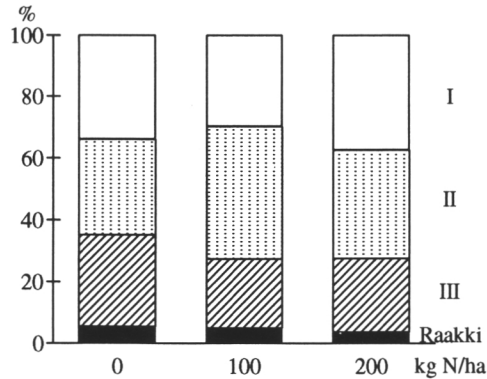


Kuva 3. Manto- ja sydänpuun suhde. Sydänpuun %-luvut tukien keskellä. Luvut tukkien yläpuolella kertovat kaikkien tukkien ko. katkaisukohtan keskipaksuuden.

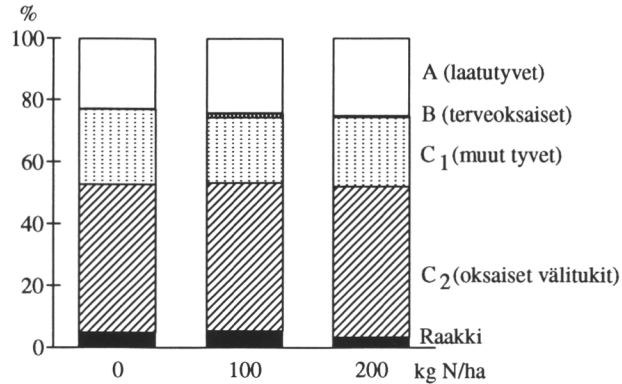
Tukkien laatu

Järvi-Suomen laatuluokituksen mukaisessa laatujakaumassa näkyi lannoitusta seurannut rungon paksuuskasvun vaikutus laadun osuuden kasvuna (kuva 4). Kokeen puuston alkuperäinen laadullinen epätasaisuus näkyi tuloksissa. Erityisesti yhdellä 100 kg typpeä saaneella alalla ja jonkin verran muillakin ruuduilla oli monivääriä puita, samoin esiintyi tyvikoroja. Oksanpaksuuden maksimirajan ylitys oli yleisempi raakiksi määrittämisen syy lannoittamattomissa kuin lannoitetuissa tukeissa.

Virheettömien laatutyvien osuus oli suurempi lannoitetuista kuin lannoittamattomista puista valmistetuissa tukeissa. Luokan C1 (A-luokkaa heikompilaatuiset tyvitukit) osuus on lannoittamattomista rungoista valmistetuilla tukeilla suurempi kuin 200 kg typpeä/ha saaneella alalla. Hitaampi kyljestymiskehitys ja pienemmäksi jäänyt läpimitta pudottivat tukkeja parhaimmasta luokasta seuraavaan (kuva 5). Lievemmin lannoitetulla alalla runkojen monivääryys ja tyvikoroista johtuvat tyveykset lisäsivät C1-luokan osuutta. Tyvikorojen laatujakaumaa heikentävä vaikutus oli selvempi Metsäliiton kuin Järvi-Suomen laatuluokitusta käytettäessä. Luokkaan B kuuluvat koko mitalta terve/tuoreoksaistet tukit. Luokan esiintyminen kytkeytyy elinvoimaiseen latvukseen. Kokeen metsä oli sen verran iäkstä, että kovin suuria eroja ei ollut odotettavissa. Oksaisten välitukkien (C2 -luokka) suhteelliseen osuuteen lannoitus ei näyttänyt vaikuttavan.



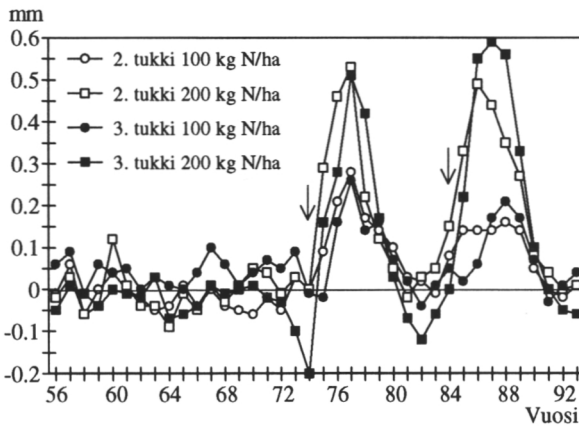
Kuva 4. Tukkien laatujakauma Järvi-Suomen laatuluokituksen mukaisesti.



Kuva 5. Tukkien laatujakauma Metsäliiton laatuluokituksen mukaisesti.

Tarkastelua

Typpilannoituksella saatu kasvunlisäys oli tässä kokeessa suurempi kuin aikaisemmissa kokeissa vastaavanlaisissa metsiköissä on saatu. Esim. Kukkolan ja Saramäen (1983) mukaan Etelä-Suomen männiköissä on toistuvissa lannoituksissa saatu n. 3 m³:n kasvunlisäys hehtaarille vuodessa, jos lannoitteen kerta-annos on 150 kg N/ha ja lannoituksen toistumisväli 5 vuotta. Tässä tutkimuksessa saatu muita tutkimuksia suurempi kasvunlisäys saattaa johtua pääosin erilaisista mittaustavoista. Lannoitusreaktio oli suurempi rungon yläosassa (kuva 6), kuin rungon alaosassa, josta lannoituskokeiden kasvumittaukset on valtaosin tehty.



Kuva 6. Toisen ja kolmannen tukin sädekasvun lisäys tyvitukkiin verrattuna. Tyvitukin kasvunlisäys = 0. Lannoitusajankohdat merkitty nuolella.

Lannoituksen aiheuttama kasvunlisäys ei tässä kokeessa ollut suoraan riippuvainen käytetystä typpimäärästä, 200 kg:n typpiannoksella saatiin vain n. 25 %:n lisäys 100 kg:n typpiannokseen verrattuna. Tämä saattaa johtua siitä, että koalueen maa on lajittunutta hiekkamaata, jonka vedenpidätyskyky on huonompi kuin vastaavan viljavilla moreenimailla (Heiskanen & Tamminen 1992). Jos maan vedenpidätyskyky on huono, voidaan olettaa, että myös lannoitteena annetut ravinteet pidättyvät maahan huonommin ja tällöin suuremmasta kerta-annoksesta huuhtoutuisi enemmän ravinteita kuin pienemmästä kerta-annoksesta.

Varttuneen männikön lannoituksella voidaan parantaa mäntytukkien laatujaakamaa. Lannoituksesta tullut lisäkasvu lisää oksattoman kerroksen paksuutta rungon tyviosassa. Se nopeuttaa kuolleitten ja karsiutuneiden oksien kyljestymistä. Tuoreoksaisia latvatukkeja voidaan saada vanhemmastakin metsiköstä, koska latvuksen elinvoimaisuus säilyy. Varttuneen männikön kohtuullinen typpilannoitus (n. 200 kg typpeä/ha) ei vähennä puun käyttökelpoisuutta raaka-aineena, mikä on erittäin monissa pohjoismaisissa tutkimuksissa todettu (Tuimala 1988).

Metsänlannoituksen arvostelijat ovat väittäneet, että lannoituskokeissa saadut kasvunlisäykset ovat liioiteltuja, koska lannoitus lisää neulasmassaa ja puu pyrkii vahvistamaan tyveään pystyäkseen kantamaan kasvaneen neulasmassan. Koska koepuut on mitattu pääsääntöisesti vain 1,3 ja 6,0 m:n korkeudelta, mittauksissa näkyisi väitteiden mukaan ennen muuta tyven paksuuntuminen. Tämän kokeen tulosten perusteella tilanne näyttäisi olevan päinvastoin, lannoitus lisäsi puiden paksuuskasvua eniten puun yläosassa. Näyttäisi siltä, että ainakin varttuneiden männiköiden lannoitusten kasvunlisäys on ollut arvioitua suurempi. On myös esitetty ajatuksia, että ilman saasteiden mukana tuleva typpilasteuma riittäisi "lannoittamaan" Suomen metsät. Typpilannoituksella saatu kasvunlisäys on kuitenkin pysynyt samansuuruisena koko sen ajan kun lannoituskokeita on tehty (Kukkola & Saramäki 1983, Derome ym. 1986, Levula 1994). Neulasnäyteiden perusteella kangasmetsien havupuut kärsivät enemmän tyven niukkuudesta kuin tyven ylimäärästä (Raitio 1994).

Kangasmetsien typpilannoitus näyttäisi olevan perusteltua melko karuilla metsätyypeillä ja suhteellisen vanhoissa puustoissa. Vanhojen puustojen lannoittamiseen on kolme perustelua: ensinnä taloudellinen, kasvunlisäys saadaan suhteellisen pian myydyksi ja lannoituskustannusten korot siten pienemmäksi nuorempiin metsiin verrattuna. Toiseksi tekninen perustelu: vanhojen puiden lustonpaksuus erityisesti arvokkaassa tyvitukissa ei lannoitettunakaan tule liian suureksi puun teknisten ominaisuuksien kannalta. Laatuharvennuksella ja varttuneen puuston lannoituksella voidaan tuottaa laatutyyviä puusepän- ja rakennusteollisuuden raaka-aineksi. Kolmanneksi ekologinen perustelu, metsien vanhetessa typen luontainen kiertokulku hidastuu.

Kirjallisuus

- Albrektson, A. 1980. Tallens biomassa, storlekutvecklingsuppskattningsmetoder. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsskötsel. Rapporter 2. 189 s.
- Derome, J., Kukkola, M. & Mälkönen, E. 1986. Forest liming on mineral soils. Results of Finnish experiments. National Swedish Environment Protection Board. Report 3084. 107 s.
- Gustavsen, H. G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Abstract: Site index curves for conifer stands in Finland. *Folia Forestalia* 454. 31 s.
- Gustavsen, H. G. & Lipas, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. *Folia Forestalia* 246. 20 s.
- Heiskanen, J. & Tamminen, P. 1992. Maan fysikaalisten ominaisuuksien määrittäminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 424. 32 s.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soils. Seloste: Toistuvalla lannoituksella saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 114. 55 s.
- Laakkonen, O., Keipi, K. & Lipas, E. 1983. Typpilannoituksen kannattavuus varttuneissa kangasmetsissä. Summary: Profitability of nitrogen fertilization in mature forests on mineral soil. *Folia Forestalia* 577. 20 s.
- Levula, T. 1991. Tuhkalannoitus kangasmaalla. Julkaisussa: Laiho, O. & Kilponen, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Nurmossa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 394:49–59.
- Levula, T. 1994. Lannoituksen vaikutus versosurmakan vaivaaman männikön toipumiseen. Julkaisussa: Laiho, O. & Luoto, T. (toim.). Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:40–50.
- Mäkinen, H. & Uusvaara, O. 1992. Lannoituksen vaikutus männyn oksikkuteen ja puuaineen laatuun. Effect of fertilization on the branchiness and the wood quality of Scots pine. *Folia Forestalia* 801. 23 s.
- Mälkönen, E. & Kukkola, M. 1991. Effect of long-term fertilization on the biomass production and nutrient status of Scots pine stands. *Fertilizer Reserach* 27:113–127.
- Raitio, H. Kangasmetsien ravinnetila neulasanalyysin valossa. Julkaisussa: Mälkönen, E. & Sivula, H. (toim.). Sumen metsien kunto. Metsien terveydentilan tutkimusohjelman väliraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 527:25–34.
- Saramäki, J. 1980. Typpilannoituksen vaikutus männyn runkomuotoon. Summary: The effect of nitrogen fertilization on the stem form of Scots pine. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 88(4). 46 s.
- Saramäki, J. & Silander, V. 1982. Lannoituksen ja harvennuksen vaikutus männyn latvukseen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 52. 42 s.
- Tuimala, A. 1988. Lannoitus ja puun laatu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 286:75–95.
- Viro, P. J. 1972. Die Walddüngung auf Finnischen Mineralböden. *Folia Forestalia* 138 19 s.
- Vuokila, Y. 1965. Puiden paksuuskasvun reaktioista harvennushakkuiden seurauksena. Summary: On growth reactions of trees to intermediate cuttings. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* (5):197–199.

Onko rehevien maiden uudistamisessa vaihtoehtoja

Kaarlo Kinnunen

Puuntuotoksen painopiste on Etelä-Suomen rehevillä metsämailla, joten niiden nopea ja varma uudistaminen on tärkeää, mikäli puuvarojen suotuisa kehitys halutaan taata myös tulevaisuudessa. Nykyisin menetelmävalinnassa joudutaan entistä enemmän ottamaan huomioon myös käytettävien menetelmien vaikutus metsien monimuotoisuuteen ja puuntuotannon rinnakkaiskäyttömuotoihin. Pyrkimys luonnonläheiseen metsänuudistamiseen ohjaa menetelmävalintaa luontaisen uudistamisen lisäämiseen, mikä on aiheuttanut huolestumista metsänhoidon tason laskusta. Kun toisaalta taas kannetaan huolta tehometsätalouden synnyttämisestä puupelloista, ei ole ihme, jos metsänuudistajat ovat epä tietoisia, miten heidän tulisi toimia.

Tämän tutkimuksen päätavoite oli selvittää, miten luontaisen uudistamisen ja istutuksen "välimuoto", kylvö, soveltuu reheville maille. Varsinaista siemen- tai suojuspuiden avulla tapahtuvaa luontaista uudistamista ei tutkittu lainkaan, vaan tässä selvitettiin ainoastaan, mikä vaikutus reunametsäsiemennyksellä ja/tai alalla ennestään olevalla siemen-/taimipankilla oli alojen uudistumiseen. Istutus on rehevillä mailla edullisimmillaan, koska nopea alkukehitys auttaa selviytymään alkuvaikeuksista, jotka rehevillä mailla ovat tavallista suuremmat. Istutuksen mukaanotto vertailuksi olikin itsestään selvää.

Tutkimusaineisto ja -menetelmä

Kokeet perustettiin keväällä 1988 ja ne inventoitiin syksyllä 1994. Koepaikkakuntia oli kolme: Harviala, Haapamäki ja Alkkia. Harvialassa ja Haapamäellä oli kaksi koetta, Alkkiassa yksi. Yhtä Harvialan käenkaali-mustikkatyypin alaa lukuunottamatta kokeet sijaitsivat mustikkatyypillä. Alkkian koeala oli lievästi soistunut. Humuksen paksuus oli Alkkian kokeella 14, muilla kokeilla seitsemän senttimetriä. Maan raekoostumuksen osalta kokeet olivat lähellä toisiaan. Kaikkien kokeiden maalaji oli hiekkamoreeni. Hienomaan (<0,06 mm) osuuskin vaihteli melko vähän, 5-11 prosenttiin. Alkkian koe hakattiin talvikautena 1983-84, muut kokeet talvikautena 1987-88. Raivaus tehtiin hakkuun jälkeisenä keväänä. Harvialan kokeet viljeltiin toukokuun puolivälin jälkeen ja Haapamäen sekä Alkkian kokeet toukokuun lopulla. Muokkaus tehtiin välittömästi ennen viljelyä.

Viljelymenetelmät olivat kylvö ja istutus. Puulajit olivat mänty, kuusi ja rauduskoivu. Muokkausmenetelminä käytettiin lautasaurausta (TTS-35) ja mätästystä traktorikaivurilla. Kylvötiheytenä käytettiin 3 600 kylvöpistettä hehtaarilla, istutuksessa tyydyttiin 1 800 taimeen hehtaarilla. Havupuiden kylvössä käytettiin kahta menetelmää (Männistön kylvörauta ja kantaraudalla tehtyihin painaumiin kylvö), mutta niiden tulos oli hyvin sama, joten niitä ei enää tässä inventoinnissa eroteltu. Havupuiden kylvössä siemenmäärä oli 150-220 g/ha, koivulla 800 g/ha.

Etäisyys reunametsään vaihteli 20- 170 metriin ollen keskimäärin 93 metriä. Useimmiten reunametsäsiemennystä saatiin kahdelta suunnalta. Kuusi oli useimmiten reunametsän pääpuulaji. Koivua reunametsässä oli ainoastaan sekapuuna.

Kokeiden alkukehitystä seurattiin viljelypisteittäin ja kahden kasvukauden jälkeisiä tuloksia on raportoitu jo aiemmin (Kinnunen 1990). Luonnontaimet inventoitiin nyt ensi kertaa. Kultakin koeruudulta poimittiin 16 näytealan (4 m²) systemaattinen satunnaisotos. Linjaväli oli seitsemän metriä ja koealaväli neljä metriä. Otoksen suuruus oli noin kymmenen prosenttia pinta-alasta.

Tulokset

Taimimäärä

Jo toisen kasvukauden jälkeen selvisi, että kuusen ja rauduskoivun kylvö mättäisiin onnistuu erittäin huonosti. Lautasauran jäljessä sen sijaan kylvö onnistui varsin hyvin kaikilla puulajeilla. Seitsemän kasvukauden jälkeen lautasauran jäljessä oli eläviä taimia noin joka toisessa kylvöpisteessä. Istutustaimien kuolleisuus oli pysynyt matalana, joten puolta pienemmästä viljelytiheydestä huolimatta istutustaimia oli elossa suunnilleen yhtä paljon kuin taimellisia kylvöpisteitä ja mättäillä kuusen ja rauduskoivun osalta useampikertainen määrä (kuva 1).

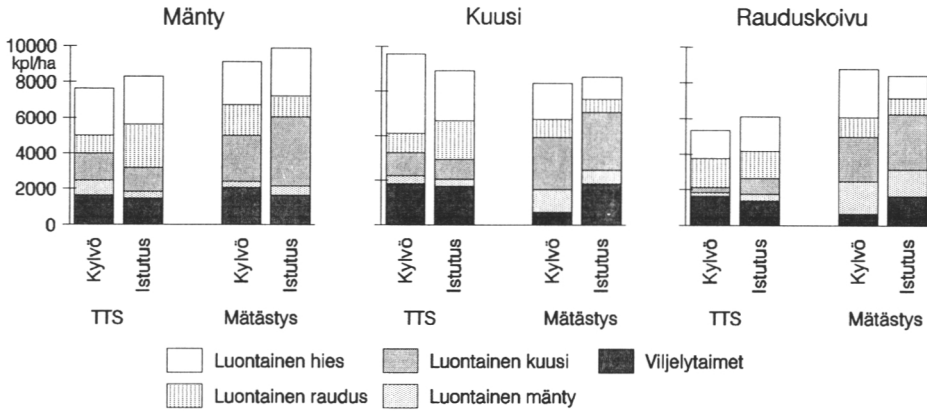
Kaikille käsittelyille saatiin myös luontaisesti runsaasti taimia. Luontaisia kuusen taimia oli syntynyt huomattavasti enemmän kuin männyn taimia. Kuusi oli luontaisista taimista selvimmin hyötynyt mätästyksestä. Muihin puulajeihin muokkaustavalla ei ollut juuri vaikutusta. Luontaiset taimet jakautuivat melko tasan havu- ja lehtipuihin. Hieskoivujen osuus oli jonkin verran suurempi kuin rauduskoivun. Muut lehtipuut otettiin huomioon vain vesakkona.

Taimikoiden tasaisuus

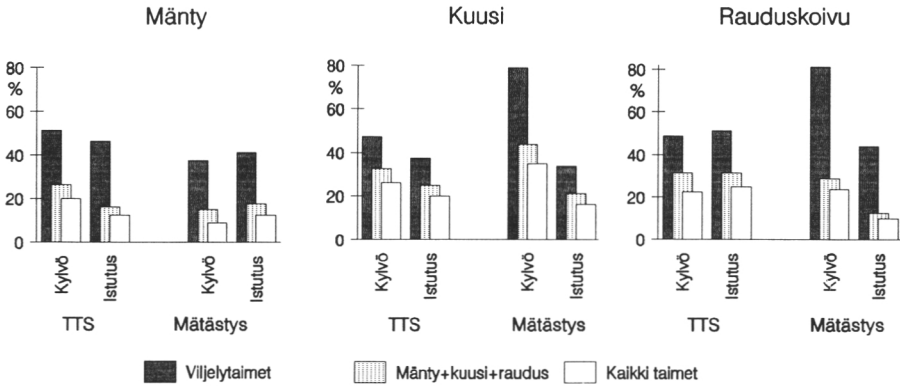
Taimimäärä ei kerro taimikon metsänkasvatuskelpoisuutta, jos taimet ovat jakautuneet hyvin epätasaisesti alueelle. Tyhjäruutusadannesta on yleisimmin käytetty taimikon tasaisuuden kuvaajana. Tosin sekään ei aina anna, varsinkaan pieniä näytealoja käytettäessä, oikeaa kuvaa taimikon metsänkasvatuskelpoisuudesta, jos se koostuu hyvin erilaisista osista.

Vaikka viljelytaimien määrä oli kuusen ja koivun mätäskylvöjä lukuunottamatta tyydyttävä, noin puolella näytealoista ei ollut yhtään viljelytainta (kuva 2). Lautasauratulla alustalla kylvön ja istutuksen välillä ei ollut juuri eroa. Luonnontaimien mukaanotto laski tyhjäruutusadannan joillain käsittelyillä jopa alle puoleen verrattuna pelkkään viljelytaim tarkasteluun, jo ilman hieskoivuja, joiden mukaanottaminen alensi vielä jonkin verran tyhjäruutusadannasta. Viljelyn ja reunametsästä tapahtuvan luontaisen taimettumisen yhteisvaikutuksena kaikilla käsittelyillä oli saatu melko tasainen taimettuminen aikaan.

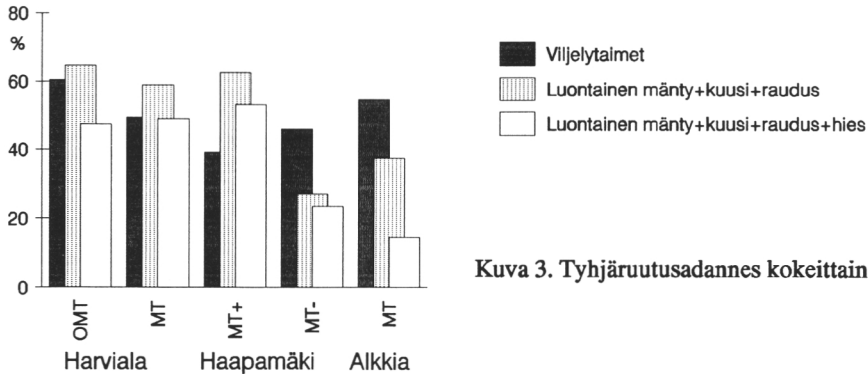
Viidestä kokeesta vain yhdellä viljelytaimien perusteella laskettu tyhjäruutusadannes alitti luonnontaimien (hieskoivut mukana) tyhjäruutusadannan ja ilman hieskoivuja kolmella kokeella (kuva 3). Kahdella kokeella pelkkien luonnontaimien perusteella laskettu tyhjäruutusadannes oli selvästi pienempi kuin viljelytaimien perusteella laskettu. Näillä kokeilla keskimääräinen etäisyys reunametsään oli myös pienin (60-65 metriä).



Kuva 1. Taimien lukumäärä (kpl/ha) puulajeittain, uudistamistavoittain ja muokkausmenetelmittäin.



Kuva 2. Tyhjäruutusadannes puulajeittain, uudistamistavoittain ja muokkausmenetelmittäin.



Kuva 3. Tyhjäruutusadannes kokeittain.

Taimien pituus

Luontaiset taimet olivat keskimäärin lyhimpiä ja istutustaimet pisimpiä (kuva 4). Kylvö- ja luonnontaimien välinen ero oli varsin pieni. Suhteellinen pituusero havupuiden ja koivujen välillä oli kylvö- ja luonnontaimilla suurempi kuin istutustaimilla, absoluuttinen ero puolestaan istutustaimilla.

Luontaisesti syntyneiden havupuun taimien pituushajonta oli selvästi suurempi kuin kylvötaimien. Luontaisten kuusen taimien pituusjakauma painottui hyvin selvästi alle 20 cm taimiin (kuva 5). Mätätät (ja ojat) säilyttivät taimettumiskykynsä äesjälkeä kauemmin; mätästetyillä ruuduilla alle 10 cm mittaisia taimia oli eniten. Muiden puulajien luonnontaimien ja kuusenkin kylvötaimien pituusjakauma oli lähellä normaalijakaumaa. Kuusen kylvötaimet painoutuivat pituusluokkaan 30-40 cm (kuva 5).

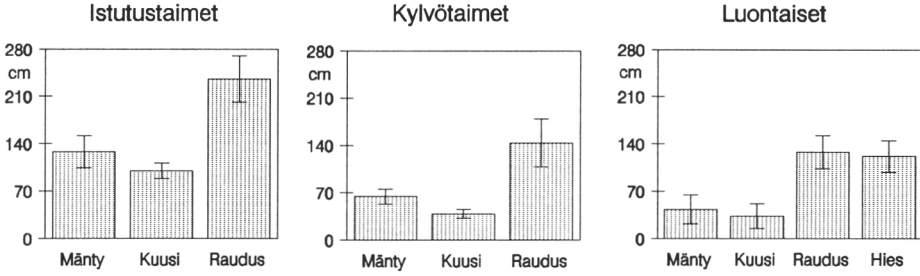
Taimien kasvaminen pintakasvillisuutta pidemmäksi on tärkeä kynnys taimikon vakiintumiselle. Pintakasvillisuuden keskipituus oli puoli metriä. Istutustaimet ja koivun taimet olivat jo vapautuneet pintakasvillisuudesta, kuusen kylvö- ja havupuiden luonnontaimet puolestaan olivat suurelta osin pintakasvillisuutta lyhempiä. Vain pieni osa niistä oli saavuttanut puoli metriä (kuva 6). Vasta lähivuosina selviää, kuinka suuri osuus alle puolimetrisistä taimista selviää hengissä. Kuusella pienten taimien osuus oli suurin, mutta se kestää myös varjostusta parhaiten, joten suuri osa taimista selvinnee pintakasvillisuudesta.

Tuhonaiheuttajat

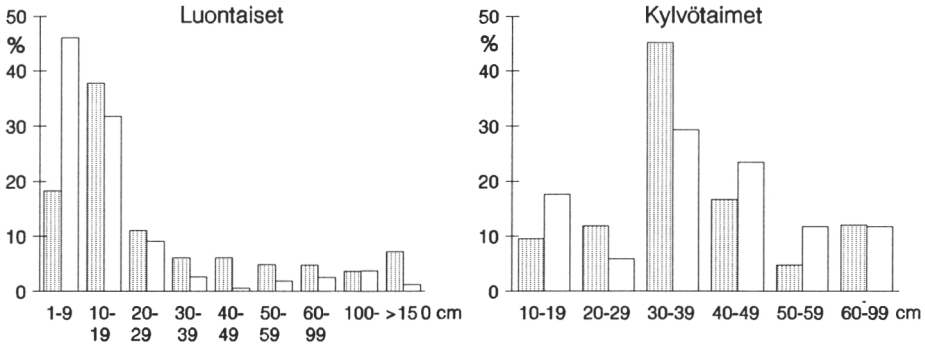
Pintakasvillisuus ja hirvet aiheuttivat eniten tuhoa taimikoissa (kuva 7). Pintakasvillisuuden haitta jakautui melko tasan kaikille koelueille ja molemmille muokkausmenetelmille. Kylvötaimet kärsivät luonnollisesti istutustaimia enemmän pintakasvillisuudesta ja havupuut enemmän kuin koivut. Hirvituhoissa kokeiden välillä oli selvät erot jopa niin, että samassa hakkuuaukossa sijainneiden kokeiden välillä oli kaksin-kolminkertainen ero. Istutustaimet kärsivät hirvituhoista enemmän kuin kylvötaimet. Kuusella hirvituhoja ei juurikaan esiintynyt. Mänyllä niitä oli hiukan enemmän kuin koivulla. Vesoista aiheutui haittaa lähinnä yhdellä kokeella, joka oli Alkkian soistunut ja neljä vuotta ennen viljelyä hakattu ala. Mätästys näytti lisäävän vesoista aiheutuvaa haittaa. Hakkuutähteistä oli huomattavaa haittaa vain kahdella kokeella. Mätästys vähensi hakkuutähteiden haittavaikutusta. Myös hallatuhot keskittyivät kahdelle kokeelle. Ne vaivasivat lähinnä kuusta lautasauratuilla ruuduilla. Muita tuhoja (sienet, hyönteiset, rouste, märkyys) esiintyi vähäisessä määrin satunnaisesti eri kokeilla.

Pintakasvillisuus ja vesat

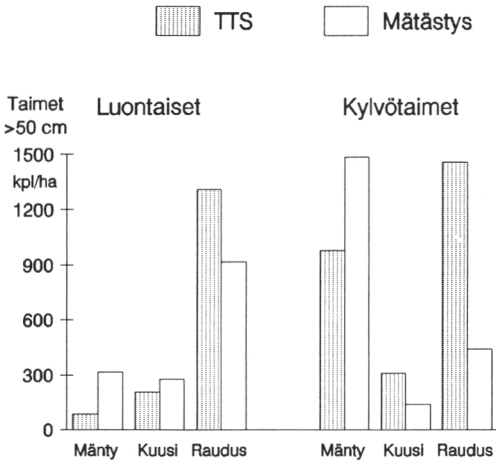
Pintakasvillisuuden peittävyys oli keskimäärin vajaa 60 prosenttia pinta-alasta (kuva 8). Käenkaali-mustikkatyypillä peittävyys oli lähes 80 prosenttia. Mustikkatyypin kokeilla peittävyys vaihteli 45-60 prosenttiin. Käenkaali-mustikkatyypillä pintakasvillisuus oli myös jonkin verran pitempää (60 cm) kuin mustikkatyypillä (40-50 cm). Mätästetyillä ruuduilla pintakasvillisuus oli pitempää kuin lautasauratuilla. Peittävyys sen sijaan oli lautasauratuilla ruuduilla 5 % :a suurempi.



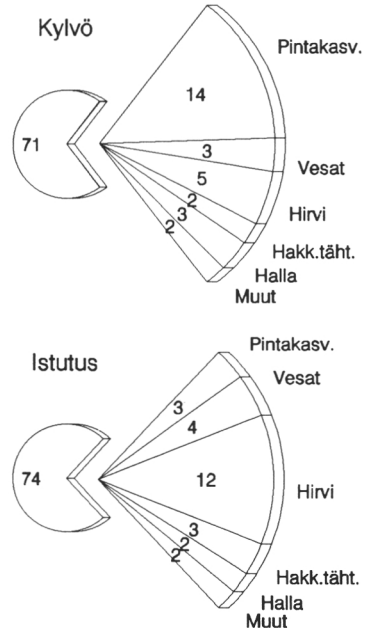
Kuva 4. Istutus-, kylvö- ja luontaisten taimien keskipituus ja hajonta puulajeittain.



Kuva 5. Luontaisten ja kylvettyjen kuusen taimien jakautuminen pituusluokkiin.



Kuva 6. Yli puolimetristen luontaisten ja kylvettyjen taimien lukumäärä (kpl/ha).



Kuva 7. Tuhonaiheuttajien yleisyys (%) uudistamismenetelmittäin.

Lauhaa esiintyi runsaasti kaikilla kokeilla. Sen osuus eri lajien peittävydestä oli keskimäärin noin 60 prosenttia (kuva 8). Myös toiseksi ja kolmanneksi yleisintä lajia, horsmaa ja kastikkaa oli kaikilla kokeilla. Saraa sen sijaan oli käytännöllisesti katsoen vain yhdellä (Alkkian soistuneella) kokeella. Lauhat ja sarat olivat lyhimpiä ja saniaiset, horsma ja vadelma pisimpiä (kuva 9).

Vesojen keskimääräinen peittävyys oli runsaat kymmenen prosenttia ja yli 40 prosentilla näytealoista vesoja ei ollut lainkaan. Alkkian kokeella vesojen peittävyys oli suuri (yli 30 %), muilla kokeilla puolestaan vain 6-11 prosenttia. Sekä vesojen peittävyys että pituus olivat mätästetyillä ruuduilla suurempia kuin lautasauratuilla.

Hieskoivua esiintyi runsaimmin soistuneella (Alkkian) kokeella, jolla puolestaan oli vähän pihlajaa. Haapa ja leppä puuttuivat kahdelta kokeelta kokonaan. Raudus- ja hieskoivua sekä pajua ja pihlajaa oli jonkin verran kaikilla kokeilla.

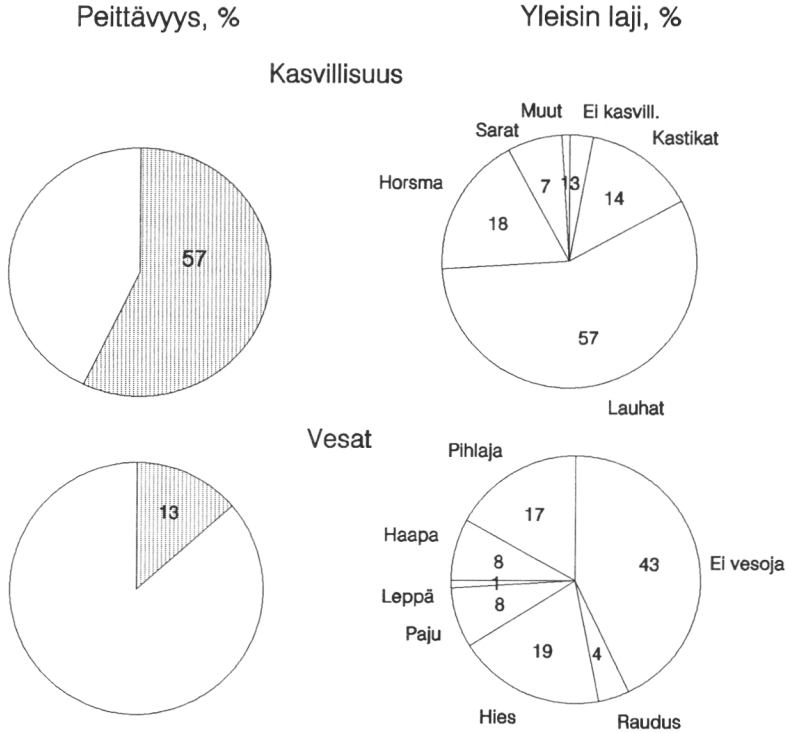
Päätelmät

Tässä saadut tulokset pätevät vain suhteellisen karkeajakaisille reheville maille. Hienojakoisilla mailla uudistamisongelmat ovat mitä todennäköisimmin huomattavasti suuremmat. Kuitenkin yli puolet metsämaistamme on tässä esiteltujen kokeiden tapaan maalajiltaan hiekkamoreenia (Mälkönen 1991), joten maalajin osalta kokeet edustavat varsin suurta pinta-alaa.

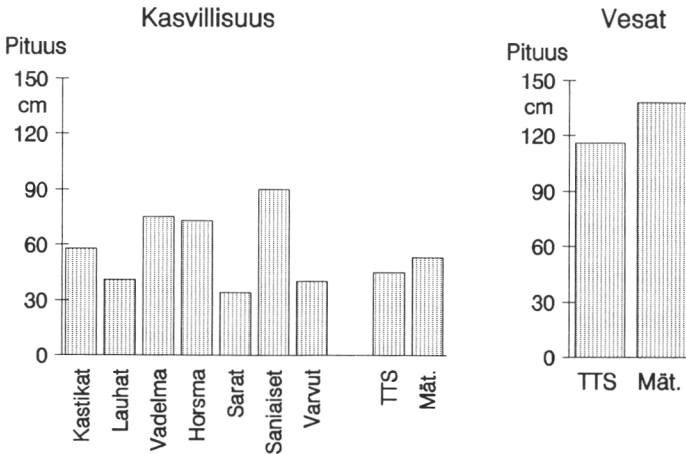
Pelkän reunametsäsiemennyksen käyttömahdollisuudet eivät tutkimuksessa vielä ratkenneet, koska varsinkin kuusen taimet olivat liian pieniä, jotta niiden selviämistä voitaisiin luotettavasti arvioida. Tutkimuksen mukaan näyttää siltä, että useimmiten reheville maille saadaan melko runsaasti koivua. Valitettavasti hieskoivu on rauduskoivua yleisempi ellei uudistettavia metsiköitä ja niiden ympäristöä saneerata etukäteen. Ottaen huomioon, että etäisyys reunametsään oli melko suuri (keskimäärin 93 m), eri puulajien yhteistä reunametsäsiemennystä voidaan pitää melko hyvänä.

Kuusella hyviä siemenvuosia on harvoin, joten luontaisen uudistamisen vaihtoehdot ovat joko hankkia kuusi hitaasti koivun alle tai keskittää luontainen uudistaminen hyviin siemenvuosiin. Harvahko kuusi- koivusuojuustuoto varmistaisi siemenen tasaista leviämistä, mutta mahdollistaisi vielä kevyen koneellisen maanmuokkauksen. Huonot kokemukset kuusen luontaisesta uudistamisesta johtunevat siitä, että sitä on toteutettu ilman maanmuokkausta, koska on pelätty tuulikaatoja ja suojuospuiden lahoamista. Keskitettäessä uudistaminen hyviin siemenvuosiin suojuospuiden poisto on mahdollista ennenkuin vahinkoja ennättää syntyä. Mikäli etäisyys reunametsään pidetään riittävän pienenä (< 60 metriä), reunametsästä saataneen hyvinä siemenvuosina riittävästi siementä. Muokkaus tulisi tehdä hyvää siemenvuotta edeltävänä syksynä.

Kylvöä ei ole suositeltu reheville maille hitautensa ja epävarmuutensa takia. Mikäli kylvön huonompi onnistumissadannes otetaan kuitenkin huomioon istutukseen nähden kaksinkertaisena viljelytiheytenä, näyttää siltä, että kylvölle löytyisi haluttaessa paikkansa rehevilläkin mailla, vaikka se ensisijaisesti onkin karujen maiden menetelmä. Luontaiseen uudistamiseen verrattuna etuna on, että halutun puulajin siementä saadaan varmuudella tuoreeseen muokkausjälkeen. Kuusen ja koivun kylvöä mätästysaloille ei kuitenkaan kannata



Kuva 8. Pintakasvillisuuden ja vesojen peittävyys ja yleisimpien lajien osuudet.



Kuva 9. Pintakasvillisuuden pituus lajeittain ja muokkauksittain sekä vesojen pituus muokkauksittain.

yrittää. Sen sijaan kylvö äesjälkeen reunametsäsiemennyksen täydentämänä oli tutkimuksen mukaan hidas, mutta suhteellisen varma uudistamismenetelmä.

Istutuksella saadaan nopeimmin ja varmimmin haluttu puulaji uudistusalueelle, joskin se myös maksaa välittöminä uudistamiskuluina eniten. Reunametsäsiemennyksen vaikutuksesta istutusalojen taimikoissakin on usean puulajin taimia, joten uudistamismenetelmän vaikutus metsien monimuotoisuuteen on vähäinen. Ratkaisu monotonisen ja monimuotoisen metsän välillä tehdään vasta taimikonhoitovaiheessa ja harvennushakkuuden yhteydessä.

Kirjallisuus

- Kinnunen, K. 1990. Ensituloksia rehevien kivennäismaiden kylvöstä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 369:15-21.
- Mälkönen, E. 1991. Metsämaa ja sen hoitaminen. Tapion taskukirja ss. 134-143. Gummerus. Jyväskylä.

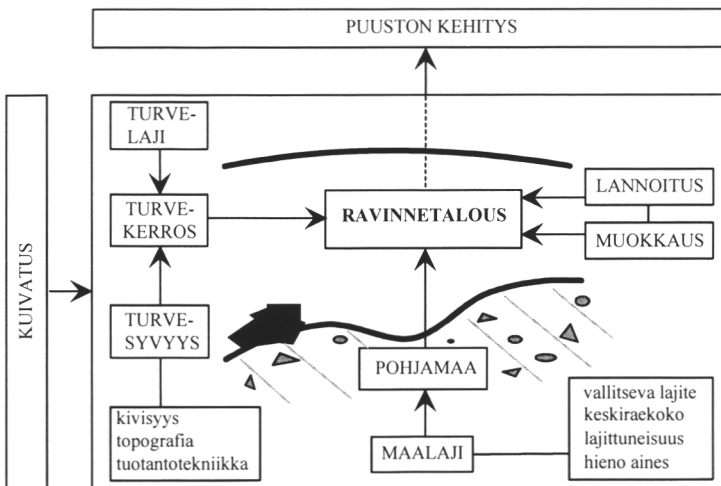
Nuorten mäntyjen kehitys suonpohja-alueilla. Ennakkotuloksia

Lasse Aro

Johdanto

Turpeennostosta vapautuneen suonpohjan metsätalouskäytön perusedellytys on, että alue on kuivatettavissa normaalisti ojittamalla. Mikäli turpeennoston loppuvaiheissa tuotantokentän kuivatustilaa säädellään esim. pumpuilla, täytyy suonpohjan jälkikäyttöksi suunnitella muuta toimintaa kuin metsänkasvatus. Kasvupaikan ravinnetaloudella on tärkeä merkitys suonpohjien metsitykselle ja metsänkasvatukselle. Ravinnetalouteen vaikuttavat suonpohjalle jääneen turvekerroksen ja sen alla olevan kivennäismaan, pohjamaan ominaisuudet (kuva 1). Hienon hiedan ja sitä hienompien aineiden osuudella on tärkeä merkitys puiden ravinnelähteenä. Turvelaji ja turvesyvyys ovat turvekerroksen tärkeimmät ominaisuudet puiden ravinnetalouden kannalta. Muokkauksella tai lannoituksella voidaan parantaa suonpohjan ravinnetaloutta metsitykseen ja metsänkasvatukseen sopivaksi (Mikola 1975, Kaunisto 1979, 1981, 1987, Kaunisto & Viinamäki 1991, Saarinen 1993). Yksi mielenkiintoisimmista kasvupaikan ravinnetalouteen vaikuttavista tekijöistä on turvesyvyys, sillä siihen voidaan vaikuttaa turpeennoston loppuvaiheissa.

Keväällä 1993 aloitetun "Kestävän kehityksen mukainen turvetuotantoalueiden jälkikäyttö" projektin metsitystutkimusten tavoitteena on selvittää turvetuotantoalueiden metsänkasvatuskelpoisuuden perusteita ja metsittämismenetelmien vaihtoehtoja erityisesti ravinnetalouden kannalta. Tutkimuksen rahoittavat Metsäntutkimuslaitos, VAPO Oy sekä kauppa- ja teollisuusministeriö. Nyt esitettävät tulokset ovat alustavia.



Kuva 1. Suonpohjien metsityksen ja metsänkasvatuksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä.

Aineisto ja menetelmät

Mäntyjen mittaus

Aineisto kerättiin 1980-luvun loppupuolella perustetuista Kihniön Aitonevan, Honkajoen Satamakeitaan, Alavuden Vuorenevan ja Rautalammin Rastunsuon turpeennostosta vapautuneiden suonpohjien metsityskokeista (taulukko 1). Aitonevan kylvö- ja taimilajikokeella (koe 16), Satamakeitaan tuotantovaihtokokeella (koe 1) sekä Satamakeitaan (koe 2), Vuorenevan ja Rastunsuon turvesyvyyskokeilla (ks. Kaunisto & Saarinen 1989, Saarinen 1993) männyntaimet mitattiin eri käsittelyryuduissa (kontrolli, PK-lannoitus) kolmelta eri etäisyydeltä sarkaojasta (sarkaleveys 40 m). Ensimmäinen taimirivi mitattiin ojamaiden päältä (kivennäismaan vaikutus, etäisyys ojasta 3 m), toinen rivi heti ojamaiden vaikutusalueen vierestä (turvepinta, etäisyys ojasta 10 m) ja kolmas mahdollisimman pitkän matkan päästä kuivatusojasta (heikoin kuivatusvaikutus, turvepinta, etäisyys ojasta 18-20 m). Turvesyvyyskokeilla luettiin rivistä lyhyillä ruuduilla kaksi tainta kolmesta, pitkällä ruuduilla joka toinen taimi (taulukko 2). Myös Satamakeitaan tuotantovaihtokokeella (koe 1) luettiin joka toinen taimi pitkistä ruuduista, mutta kaikki lyhyiden ruutujen taimet. Aitoneva 16:lla luettiin kustakin rivistä kaikki taimet. Taimista mitattiin pituus ja kaksi tai kolme viimeisintä vuosikasvua. Viljelykohdasta määritettiin kasvualustan laatu, turpeen syvyys ja taimen sijainti ojaan nähden. Taimien kunto ja vikaisuus arvioitiin viisiluokkaisilla asteikoilla seuraavasti:

Kuntoluokka

- 1=Voimakas. Taimi oli elinvoimaisen näköinen, tummanvihreä, hyväkasvuinen, hyväkuntoinen, neulasia oli tiheässä ja ne olivat vähintään normaalin pituisia (3-5 cm). Neulasvuosikertoja (vähintään puolet neulasista jäljellä) oli vähintään kaksi.
- 2=Normaali. Taimen elinvoimaisuus oli edellistä heikompi, neulaset olivat selvästi lyhyemmät tai niitä oli harvemmassa. Neulasvuosikertoja oli vähintään kaksi.
- 3=Huonokuntoinen. Taimessa oli selviä värivikoja tai neulasia oli harvassa tai neulasvuosikertoja oli vain yksi.
- 4=Kituva. Taimen neulaset olivat lyhyet (1-2 cm), latvakasvain oli heikko ja ohut. Ruusukkeiset ja heikkokuntoiset taimet.
- 5=Kuollut. Taimi oli kokonaan ruskea, neulaset olivat kuolleet tai jo irronneet.

Vikaisuus

- 1= verso suora, ei olennaisia vikaisuuksia
- 2= verso kaksiahaarainen
- 3= verso pensastava, useampia haaroja
- 4= latvakasvain kuollut, ei selvää uutta kasvainta
- 5= verso mutkainen tai latvan vaihto

Maa- ja neulasnäytteet

Ravinnetilan selvittämiseksi valittiin männyn taimia erilaisista käsittelyistä (lannoitus, mätästys, sarkaleveys 40 m) taimien kunnan perusteella Rastunsuon (94 viljelykohtaa), Vuorenevan (67) ja Satamakeitaan (59) turvesyvyyskokeilta. Taimista mitattiin samat tunnukset kuin mäntyjen inventoinnin yhteydessäkin. Taimien läheisyydestä otettiin tilavuustarkka maanäyte (38 mm x 48 mm) 20 cm syvyyteen 10 cm:n kerroksina. Koealueilta kerättiin myös turvekerroksen alla olevasta kivennäismaasta (pohjamaa 0-10 cm) koostenäytteet ruuduittain (4-6 osanäytettä/kooste). Taimikohtaiset neulasnäytteet (uusimmat neulaset ylimmästä oksakiehkurasta) otettiin Vuorenevan (47 kpl) ja Satamakeitaan (44 kpl) turvesyvyyskokeilta joulukuussa 1993 ja Rastunsuolta (67 kpl) marraskuussa 1994.

Taulukko 1. Kokeiden perustaminen, männyn viljelymateriaali ja metsityslannoitus.

Koe	Vuosi	Viljelymateriaali	Ojitus ja mätästys	Viljely	Metsityslannoitus
Aitoneva 15	1985	½Lk-½Ak, Fh-508, Saarijärvi, M-29-78-711	11/84	6/85	6/85, PK ^{1,4)}
Aitoneva 16	1985	2A, Saarijärvi, M-29-78-711	11/84	6/85	6/85, PK ¹⁾
Rastunsuo	1987	1 MK, PS 608, Herrasenaho	11/86	6/87	6/87, PK ²⁾
Satamakeidas 1	1988	istutus: 1 MK, PS 608, sv. 124	11/87	5/88	6/88, PK ³⁾
		kylvö: siemen LK.A2, Kuru	11/87	5/88	6/88, PK ³⁾
Satamakeidas 2	1988	1 MK, PS 608, sv. 124	11/87	5/88	6/88, PK ³⁾
Vuoreneva	1988	1 MK, PS 508, Kärjärvi sv. 229	10/87	5/88	6/88, PK ³⁾

1) Suometsien PK-lannos (0-20-20, B 0,2) 30 g/taimi 0,25 m²:n laikkuun (P 2,7, K 5,0 g/taimi)

2) Suometsien PK-lannos (0-9-17, B 0,2) 20 g/taimi 0,125 m²:n laikkuun (P 1,8, K 3,4 g/taimi)

3) Suometsien PK-lannos (2-9-17, B 0,2) 20 g/viljelykohta 0,125 m²:n laikkuun (N 0,4, P 1,8, K 3,4 g/taimi)

4) jatkolannoitus 5/1990: Suometsien PK-lannos (2-18-15, B 0,2) 60 g/taimi (N 1,2, P 10,8, K 9,0 g/taimi)

Taulukko 2. Mäntyjen inventointi. Ruutujen koko sekä ruutujen ja tutkittujen viljelykohtien määrä eri kokeissa.

Koe	Ruutuja, kpl	Ruudun koko	Viljelykohtia, kpl	Viljelykohtia/rivi, kpl
Aitoneva 16	10	30 m x 40 m	248	4-12
Rastunsuo	12	20 m x 75-115 m	861	21-27
Satamakeidas 1	11	20 m x 60-100 m	641	12-24
Satamakeidas 2	10	20 m x 75-115 m	711	19-27
Vuoreneva	10	20 m x 65-105 m	602	13-24
Yhteensä	53		3063	

Maanäytteistä määritettiin orgaanisen aineksen osuus (hehkutus 550 °C:ssa), pH (tilavuussuhteessa maa/vesi=1/5), kaliumin, fosforin, kalsiumin, alumiinin ja raudan kokonaispitoisuudet suolahappouutoksesta sekä helpoliukoiset ravinteet ammoniumasettiutoksella (pH 4,65). Fosforin ja kaliumin hehtaarikohtaiset määrät (kg/ha) laskettiin niistä turvenäytteistä (tuhkapitoisuus alle 60 %), jotka saatiin kokonaisina (10 cm). Kivennäismaanäytteistä selvitettiin lisäksi eri maalajitteiden osuudet kuivaseulonnalla. Neulasnäytteistä määritettiin typen, fosforin, kaliumin, kalsiumin, magnesiumin, boorin, mangaanin, kuparin ja sinkin kokonaispitoisuudet. Maa- ja neulasnäytteiden ravinnepitoisuudet selvitettiin Metsäntutkimuslaitoksessa normaalisti käytettävien menetelmin 60 °C:ssa kuivatuista näytteistä (Halonen ym. 1983).

Juuristonäytteet

Männyn istutustaimista kerättiin tilavuustarkat (38x48x50 mm³) taimikohtaiset juuristonäytteet Aitonevalta (koe 15, 48 mäntyä), Satamakeitalta (koe 2, 33 mäntyä) ja Vuorenevalta (36 mäntyä) kokeiden leveiltä saroilta (sarkaleveys 40 m) heinä-elokuussa

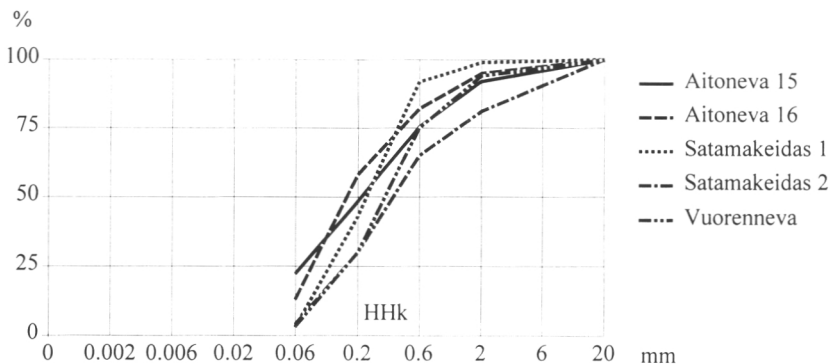
1993. Näytetaimet valittiin taimien kunnon (voimakas, normaali, huonokuntoinen, kituva) ja viljelykohdan (lannoitettu kivennäismaa, n. 4 m kuivatusojasta; lannoitettu turvepinta, n. 10 m ojasta; lannoittamaton kivennäismaa, n. 4 m ojasta; lannoittamaton turvepinta, n. 10 m ojasta) perusteella. Taimien suuren kuolleisuuden takia lannoittamattomalta turvepinnalta saatiin näytteitä vain Aitoneva 15:lta. Juuristonäyte otettiin 40 cm:n syvyyteen 30 cm:n etäisyydeltä taimesta lannoituslaikun sisältä. Ojan vierestä näytekohta valittiin kohtisuoraan ojaan päin. Alkuperäistä turvepintaa pidettiin 0-tasona, josta lähtien näyte jaettiin 5 cm:n paloihin ylös- ja alaspäin. Mikäli alkuperäistä turvepintaa ei ollut löydetävissä, jaettiin näyte 5 cm:n paloihin maanpinnasta alaspäin. Näytetaimista mitattiin pituus, pituuskasvut (1991, -92, -93) ja turvesyvyys. Maanäytteistä juuret huuhdeltiin vedellä. Esikäsitelyn jälkeen juuret säilöttiin laimennettuun fenoliliuokseen (5 l tislattua vettä + 2,5 tl fenolia) ja varastoitettiin kylmiöön. Myöhemmin juurista määritetään pituus ja kuivamassa.

Tulokset

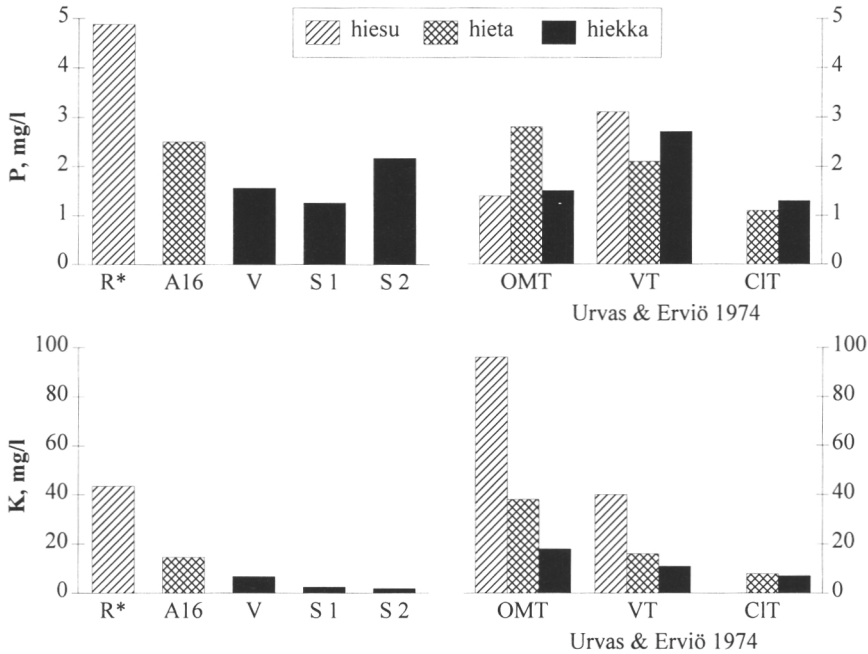
Maan ominaisuudet

Kokeiden pohjamaa oli karkeata hietaa tai hienoa hiekkaa (kuva 2). Kokeille oli tyypillistä hienon aineksen pieni osuus. Karkeinta pohjamaa oli Honkajoen Satamakeitaalla (koe 2), jossa soran osuus oli keskimäärin viidennes. Vastaavasti Aitoneva 15:lla hienon hiedan ja sitä hienompien ainesten (läpimitta alle 0,06 mm) osuus oli poikkeuksellisen suuri, keskimäärin lähes neljännes. Happamaan ammoniumasetaattiin (pH 4,65) uuttuvaa fosforia oli suonpohja-alueiden pohjamaassa suunnilleen saman verran, mutta uuttuvaa kaliumia selvästi vähemmän kuin kankaiden metsämaissa (kuva 3).

Turpeen kokonaisfosforin määrässä oli vaihtelua eri kokeiden välillä, mutta määrä oli yleensä suurempi kuin luonnontilaisilla suotyypeillä 20 cm:n pintakerroksessa (kuva 4). Kokonaisfosforista oli helppoliukoisessa muodossa Aitonevalla (koe 16) lannoittamattomassa turpeessa 1,1 ja lannoitetussa 1,4 %, Vuorenevalla 1,6 ja 2 % ja Satamakeitaalla (koe 2) 3,2 ja 3,6 % 0-20 cm:n kerroksessa. Turpeen kaliummäärät olivat hieman pienempiä kuin turve-



Kuva 2. Metsityskokeiden pohjamaan (0-10 cm) raekoostumus.

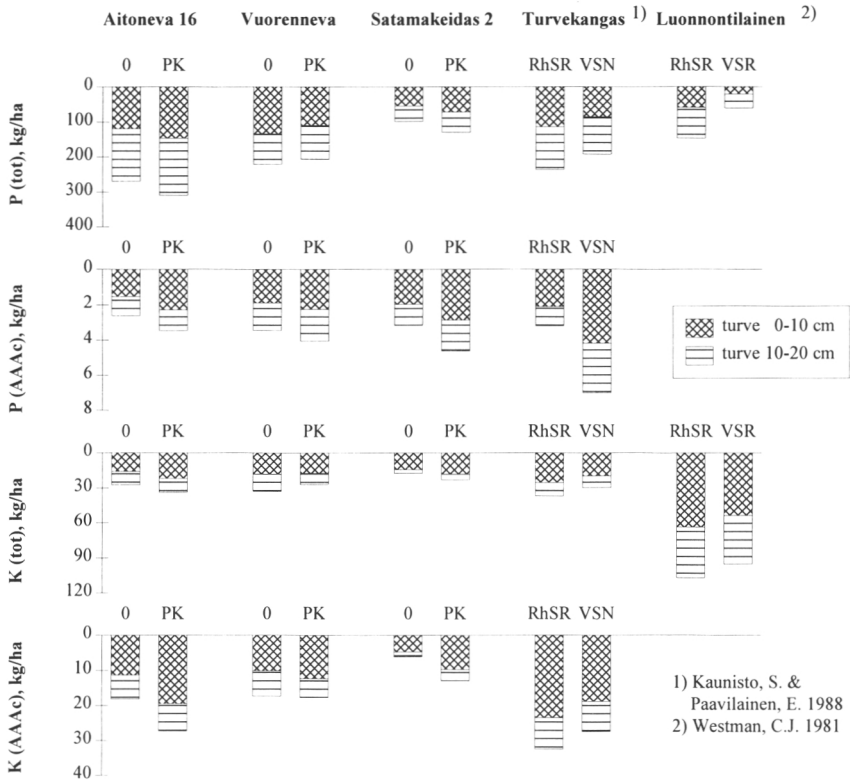


Kuva 3. Happamaan ammoniumasetattiin (pH 4,65) uuttuvien fosforin ja kaliumin pitoisuudet kokeiden pohjamaassa (0-10 cm) verrattuna kankaiden metsämaahan. R=Rastunsuo, A16=Aitoneva, koe 16, V=Vuoreneva, S1=Satamakeidas (koe 1), S2=Satamakeidas (koe 2). (*=Saarinen 1993).

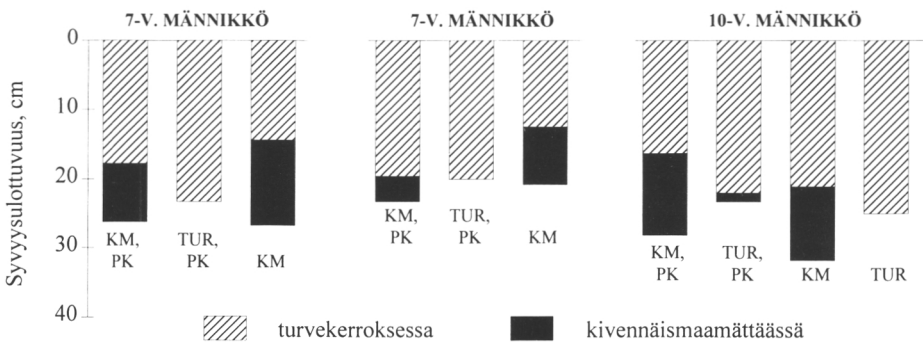
kankailla ja selvästi pienempiä kuin luonnonmaisilla soilla (kuva 4). Kokonaiskaliumista oli liukoissa muodossa Aitonevalla lannoittamattomassa turpeessa 65 % ja lannoitetussa 80 %, Vuorenevalla 52 ja 63 % ja Satamakeitaalla (koe 2) 35 ja 56 % 0-20 cm:n kerroksessa. Liukoisen fosforin osuus kokonaisfosforista vastasi Kauniston ja Paavilaisen (1988) saamia tuloksia vanhoilta ojitusalueilta. Sen sijaan Kauniston ja Paavilaisen (1988) aineistossa pintaturpeen kalium oli lähes kokonaisuudessaan liukoissa muodossa. Fosforin ja kaliumin määrät olivat hieman suuremmat PK-lannoitetussa turpeessa kuin kontrollissa Aitonevalla ja Satamakeitaalla. Vuorenevalla kokonaisfosforin määrä 0-10 cm:n, kokonaiskaliumin määrä 10-20 cm:n sekä uuttuvan kaliumin määrä 10-20 cm:n kerroksessa olivat suurempia kontrollissa kuin PK-lannoitetussa turpeessa.

Juuriston kehitys

Juurten keskimääräinen syvyyslottuvuus taimikoissa vaihteli 20 cm:stä runsaaseen 30 cm:iin (kuva 5). Juurten syvyyslottuvuus turpeessa vaihteli 12 ja 25 cm:n välillä. Kivennäismaan nosto turpeen pinnalle ei edistänyt männyn juurten kasvua syvempiin turvekerroksiin ainakaan alle 10-vuotiaissa taimikoissa. Myöskään lannoituksella ei ollut selvää vaikutusta männyn juurten syvyyslottuvuuteen, vaikka seitsemänvuotiaiden lannoitettujen mäntyjen juuret olivatkin hieman syvemmällä turpeessa kuin lannoittamattomien mäntyjen juuret.



Kuva 4. Suonpohjaturpeen fosforin ja kaliumin määrät 0-20 cm:n pintakerroksessa verrattuna turvekankaisiin ja luonnontilaisiin runsastyyppisiin soihin (tot= kokonaisravinteet HCl-uutoksella; AAAc= uuttuvat ravinteet ammoniumasettiuutoksella, pH 4,65).



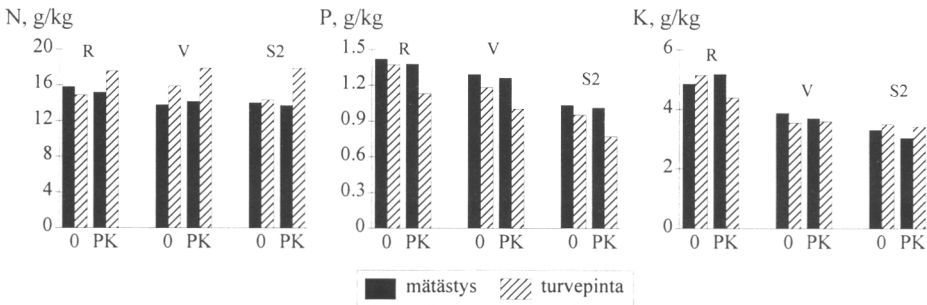
Kuva 5. Männyn juuriston syvyyssulottuvuus (juurten esiintyminen) 7- (Satamakeidas 2 ja Vuorenevea) ja 10-vuotiaissa (Aitoneva 15) taimikoissa. PK = fosfori-kalium -lannoitus laikkulevityksenä (ks. taulukko 1), KM = kivennäismaamätäs, TUR = turpeennoston jälkeinen turvepinta.

Taimien ravinnetila

Neulasten typpipitoisuus oli kaikissa käsittelyissä vähintään sopiva (Paarlahti ym. 1971, Metsänterveysopas 1988), joten turpeesta vapautui typpeä riittävästi männyille (kuva 6). Neulasten typpipitoisuus oli selvästi korkeampi turvepinnalla kuin kivennäismaamättäillä kasvaneissa männyissä. Poikkeuksen muodostivat Rastunsuon ja Satamakeitaan kontrollikäsitellyt. Vain Rastunsuolla kivennäismaasekoitteisilla mättäillä ja Vuorenevalle lannoittamattomalla turvepinnalla kasvaneissa männyissä neulasten typpipitoisuus oli Kauniston (1982) esittämällä optimialueella (15-16 g/kg).

Kaikilla kokeilla männyt kärsivät ankarasta fosforin puutteesta (Paarlahti ym. 1971, Metsänterveysopas 1988). PK-lannoitettujen mäntyjen neulasten fosforipitoisuus oli alempi kuin lannoittamattomien mäntyjen (kuva 6). Myös turvepinnalla kasvaneiden mäntyjen neulasten P-pitoisuudet olivat pienemmät kuin kivennäismaamättäillä kasvaneiden mäntyjen. Vuorenevan männyillä oli kaliumista lievä ja Satamakeitaan männyillä ankara puute (Paarlahti ym. 1971, Metsänterveysopas 1988, Sarjala & Kaunisto 1993). Vuorenevalle ja Satamakeitaalla PK-lannoitettujen mäntyjen neulasten K-pitoisuudet olivat alemmat kuin lannoittamattomien. Rastunsuolla vain turvepinnalla kasvaneissa, PK-lannoitetuissa männyissä oli lievää kaliumin puutetta (Metsänterveysopas 1988).

Vuorenevalle kivennäismaamättäille istutetuissa männyissä typen ja fosforin sekä typen ja kaliumin suhteet olivat Puustjärven (1965) esittämällä optimialueilla (N/P 10-13, N/K 3-3,9; ks. myös Kaunisto & Paavilainen 1977). Kaikissa muissa tapauksissa Vuorenevalle ja Satamakeitaalla suhde oli korkeampi (N/P 13,5-23,2, N/K 4,1-5,2), joten männyillä oli sekä fosforista että kaliumista puutetta suhteessa typpeen. Rastunsuolla neulasten N/P-suhde (15,6) oli Puustjärven (1965) esittämän optimin yläpuolella turvepinnalla kasvaneissa PK-lannoitetuissa männyissä, joissa fosforista oli puutetta suhteessa typpeen. Typen ja kaliumin suhde oli Rastunsuolla optimissa vain ojamailla kasvaneissa lannoittamattomissa männyissä (3,3). PK-lannoitetuissa männyissä ojamailla ja kontrollimännyissä turvepinnalla oli tyypestä puutetta suhteessa kaliumiin (N/K 2,9) ja lannoitetuissa männyissä turvepinnalla kaliumista puutetta suhteessa typpeen (N/K 4).



Kuva 6. Lannoituksen ja mätästyksen vaikutus männyn neulasten typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksiin 6-8 kasvuvuoden kuluttua viljelystä. R=Rastunsuo, V=Vuoreneva, S2=Satamakeidas (koe 2).

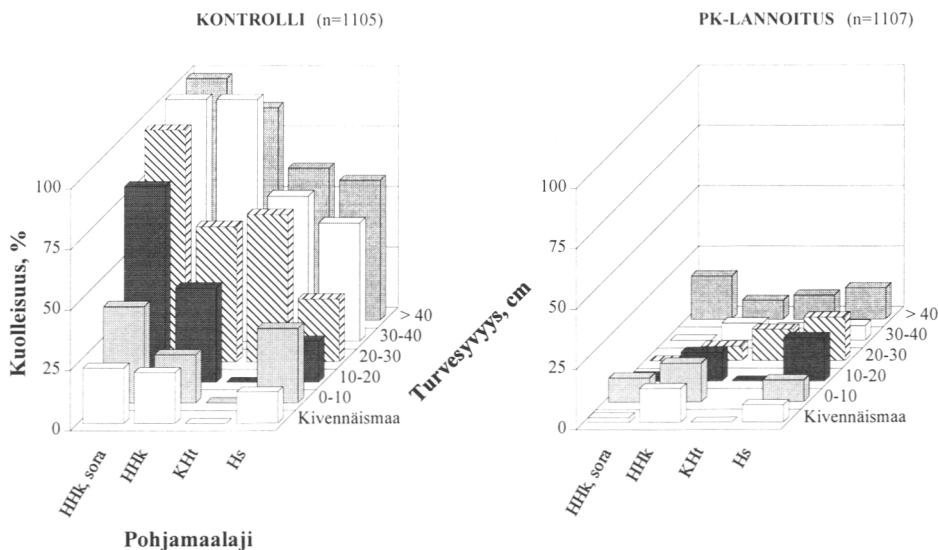
Taimien elossaolo

Turvepinnalle ilman lannoitusta istutettujen mäntyjen kuolleisuus oli erittäin suuri (yli 30 cm:n turvesyvyyksillä 49-100 %). Kuolleisuus lisääntyi sekä turvesyvyyden kasvaessa että pohjamaalajin muuttuessa hiesusta soraiseen hiekkaan (kuva 7). Turvesyvyyden vaikutus oli sitä suurempi mitä karkeampi oli pohjamaa. Sen sijaan kivennäismaamättäillä tai kivennäismaa-turveseoksessa lannoittamattomat istutustaimet säilyivät alkuvaiheessa verrattain hyvin elossa (kuolleisuus 0-23 %). PK-lannoitetut taimet säilyivät hyvin elossa kaikissa em. olosuhteissa (kuolleisuus 0-18 %).

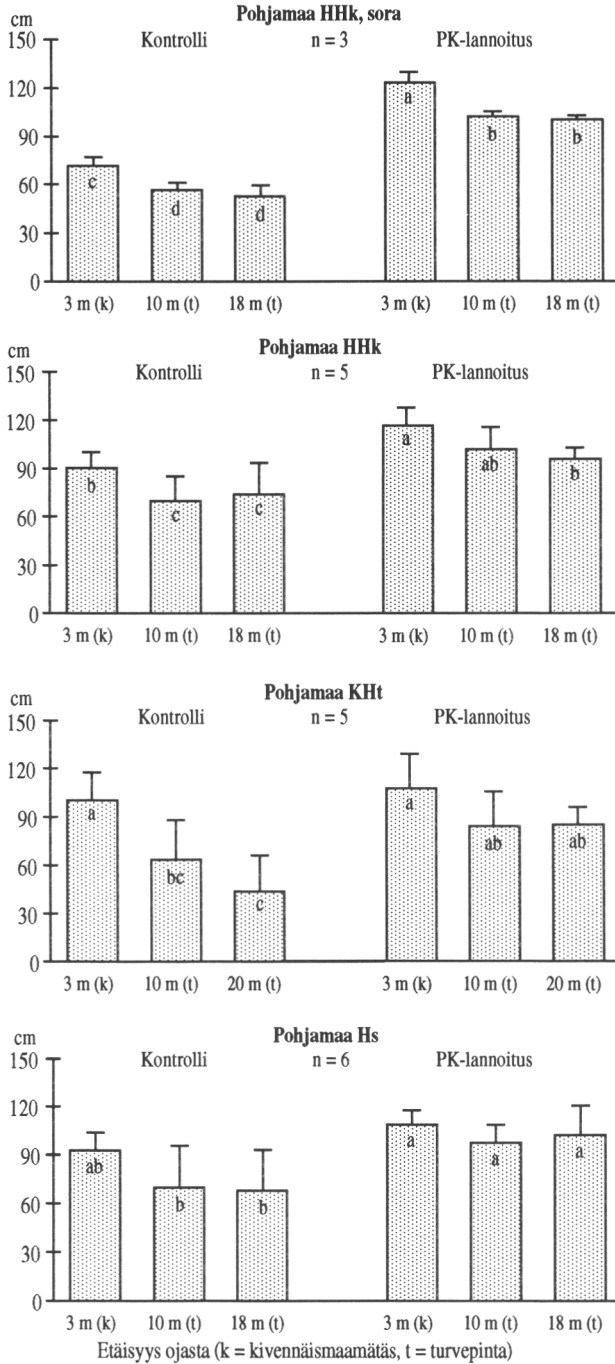
Taimien pituuskehitys

Lannoitetut männyt kasvoivat selvästi paremmin kuin lannoittamattomat sekä kivennäismaa-turveseoksessa että turvepinnalla, kun pohjamaa oli karkeajakoinen (kuva 8). Hienojakoisilla pohjamailla männyt kasvoivat hyvin myös kivennäismaamättäillä ilman lannoitusta. Satamakeitaalla (koe 1) männyn kylvötaimien pituuskehitys on ollut hitaampaa kuin istutettujen taimien (kuva 9). Kun istutetut männyt kasvoivat hieman paremmin kivennäismaamättäillä kuin turvepinnalla, niin kylvötaimien kohdalla tilanne oli päinvastainen: turvepinnalle kylvyttyjen PK-lannoitetujen mäntyjen pituuskehitys oli selvästi nopeampaa kuin mättäissä.

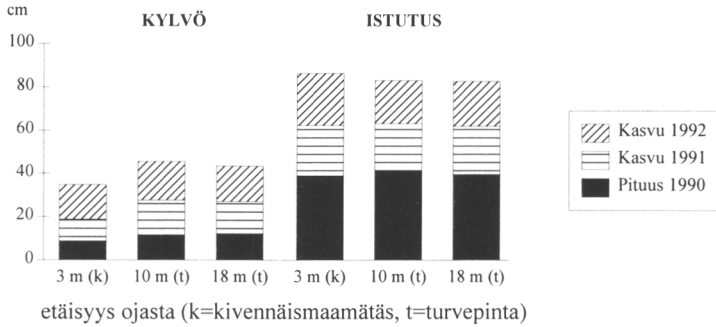
Rastunsuolla, Vuorenevellalla ja Satamakeitaalla (kontrolli) mäntyjen pituus lyheni selvästi turvesyvyyden kasvaessa (kuva 10). Sen sijaan Aitonevellalla ja Satamakeitaalla (PK-lannoitus) mäntyjen pituuden ja turvesyvyyden välillä ei ollut riippuvuutta.



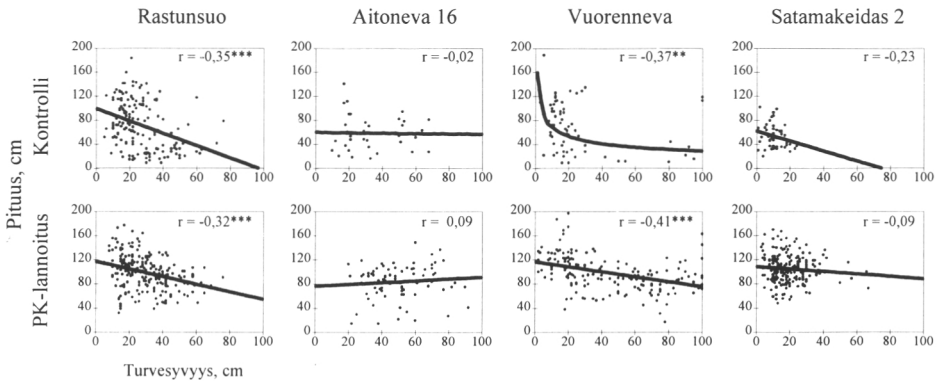
Kuva 7. Lannoituksen, pohjamaalajin ja turvesyvyyden vaikutus männyn taimien kuolleisuuteen suon-pohjilla 6-8 vuoden kuluttua viljelystä.



Kuva 8. Männyn taimien pituus kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä Satamakeitaalla (koe 2), Vuoreneväällä, Aitoneväällä (koe 16) ja Rastunsoalla. Keskiarvot, jotka eivät eroa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0,05$), on merkitty samalla kirjaimella. Jana pylväiden päässä esittää keskihajontaa.



Kuva 9. Lannoitetujen männyn kylvö- ja istutustaimien pituuskehitys Satamakeitaalla (koe 1).



Kuva 10. Männyn taimien pituuden riippuvuus turvesyvyydestä kuuden kasvukauden kuluttua viljelystä. Sarkaleveys 40 m, taimien etäisyys ojasta 10-18 m (A16 10-20 m). ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$.

Tulosten tarkastelu ja päätelmät

Suonpohjaturpeen kokonaistyyppipitoisuus on korkea (Kaunisto 1979, 1987, Kaunisto & Tuveva 1986, Saarinen 1993). Myös fosforia suonpohjaturpeessa näyttäisi olevan enemmän kuin luonnontilaisten, runsastyyppisten suotyyppien (Westman 1981) ja suunnilleen yhtä paljon kuin runsastyyppisistä suotyypeistä kehittyneiden turvekankaiden pintaturpeessa (Kaunisto & Paavilainen 1988). Puiden ravinnetalouden kannalta tulisi runsastyyppisillä soilla kuitenkin tarkkailla typen ja fosforin suhteellisia määriä turpeessa (Kaunisto & Paavilainen 1988). Kauniston ja Viinamäen (1991) sekä Saarisen (1993) esittämistä tuloksista laskettu typen ja fosforin kokonaismäärien suhde suonpohjaturpeessa on noin 100/2-4. Mikrobiajotuksessa typpeä ja fosforia vapautuu mm. puiden käytettäväksi samassa suhteessa kuin niitä on kasvialustassa (Alexander 1977). Puut käyttävät typpeä ja fosforia kuitenkin suhteessa 100/10-13 (esim. Paavilainen 1980, Kaunisto & Paavilainen 1988, Finér 1989, 1991), joten puilla on suonpohjilla kasvaessaan fosforista suhteellinen puute typpeen nähden.

Sen sijaan, kaliumia suonpohja-alueilla on vähän sekä turpeessa että erityisesti karkealajitteisessa pohjamaassa, mikä on havaittu aikaisemminkin (ks. Ferm & Kaunisto 1983, Saarinen 1993).

Taimet kärsivätkin fosforin ja kaliumin puutoksesta pelkällä turvepinnalla jo metsitysvuonna ja karkealajitteisella kivennäismaapinnalla tai edellämäinittujen sekoituksessakin jo 2-3 vuoden kuluttua viljelystä. Laikkulannoitetuillakin männyin taimilla kaliumin ja fosforin puutosta esiintyy runsaasti jo 4-5 vuoden kuluttua, jos pohjamaa on karkeajakoinen. 6-8 vuoden kuluttua viljelystä männyillä on jo ankara puute fosforista ja soraisella hiekalla kaliumista lannoituksesta riippumatta.

Lannoitusvaikutuksen kesto on sitä lyhyempi mitä karkeampi pohjamaa on. Lannoituksessa annettavan kaliumin huuhtoutumista voitaneen estää käyttämällä hidaslukoisia lannoitteita, esim. flogopiittiä (ks. Sillanpää 1985, Kaunisto ym. 1993). Osa kaliumista on annettava taimille myös helppoliukoisessa muodossa. Lyhyenkin aikaa vaikuttava metsityslannoitus on riittävä, jos puiden juuret pystyvät kasvamaan turvekerroksen läpi pohjamaahan ja saamaan sieltä kivennäisravinteita. Tämä edellyttää, että turvekerroksen alapuolisessa kivennäismaassa on riittävästi ravinteita puiden käytettävissä. Tässä aineistossa alle 10 vuotiaiden mäntyjen juuristo oli syvimmillään turpeessa 25 cm. Kauniston ja Viinamäen (1991) tutkimuksessa 20-vuotiaan männikön juuriston syvyysulottuvuus vaihteli 10 ja 35 cm:n välillä. Luontaisessa ja lannoittamattomassa 30-vuotiaassa hies-rauduskoivikossa juuriston syvyysulottuvuus ja puuston valtapituus pienenevät selvästi turvekerroksen paksuuden kasvaessa yli 30-40 cm:n (Kaunisto & Saarinen 1989). Onkin ilmeistä, että turvekerroksen paksuus ei saisi ylittää 30 cm:iä (ks. Kaunisto & Viinamäki 1991).

PK-lannoitetut männyt säilyivät hyvin elossa paksuillakin turvekerroksilla. Sen sijaan turvepinnalle ilman lannoitusta istutettujen mäntyjen kuolleisuus oli erittäin suuri ja se lisääntyi sekä turvesyvyuden että pohjamaan keskiraekoon kasvaessa. Suonpohjalle jätettävän turvekerroksen optimipaksuutta voidaan arvioida myös männyin taimien kuolleisuuden perusteella. Tällöin esimerkiksi soraiselle hiekalle pitäisi turpeennoston jälkeen jättää alle 10 cm:n kerros. Tosin karkeilla, lajittuneilla hiekkamailla ohut turvekerros saattaa kuivua liikaa kuivina kesinä, jolloin veden puutteesta tulee kasvua rajoittava tekijä. Suonpohjaturpeen vesitaloudesta ei kuitenkaan ole vielä tutkimustuloksia. Samoin ei tiedetä, kuinka paksu turvekerros tarvitaan puiden typpivarastoksi niiden myöhemmän kehityksen turvaamiseksi.

Pohjamaan lajitekoostumuksen ja turvesyvyyden vaikutus näkyi myös mäntyjen pituuskehityksessä. Karkealla hiedalla tai hiesulla lannoittamattomien mäntyjen kehitys kivennäismaamättäillä oli yhtä nopeaa kuin lannoitettujen mäntyjen niin turvepinnalla kuin ojamaillakin. Mutta mitä karkeampi pohjamaa oli sitä suurempi oli ero lannoittamattomien ja lannoitettujen mäntyjen pituuskehityksessä. Taimien pituus lyheni selvästi myös turvesyvyyden kasvaessa. Poikkeuksen muodosti Aitonevan koe 16, jossa taimien pituuden ja turvesyvyyden välillä ei ollut riippuvuutta tai se oli lievästi positiivinen. Samalla koalueella (koe 3) Kauniston (1979) havaitsemassa männyin taimien pituuden ja turvesyvyyden välisessä positiivisessa korrelaatiossa oli itse asiassa kysymys turvekerroksen paksuuden ja pintaturpeen liukoisien fosforin poikkeuksellisesta positiivisesta riippuvuudesta.

Kirjallisuus

- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2nd edition. John Wiley & Sons, New York. 467 s.
- Ferm, A. & Kaunisto, S. 1983. Luontaisesti syntyneiden koivumetsiköiden maanpäällinen lehdetön biomassatuotos entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Summary: Above-ground leafless biomass production of naturally generated birch stands in a peat cut-over area at Aitoneva, Kihniö. Folia Forestalia 558. 32 s.
- Finér, L. 1989. Biomass and nutrient cycle in fertilized and unfertilized pine, mixed birch and pine and spruce stands on a drained mire. Seloste: Biomassa ja ravinteiden kierto ojitusalueen lannoitetussa ja lannoittamattomassa männikössä, koivu-mäntysekametsikössä ja kuusikossa. Acta Forestalia Fennica 208. 63 s.
- Finér, L. 1991. Effect of fertilization on dry mass accumulation and nutrient cycling in Scots pine on an ombrotrophic bog. Seloste: Lannoituksen vaikutus männyn kuivamassan kertymään ja ravinteiden kiertoon ombrotrofisella rämeellä. Acta Forestalia Fennica 223. 42 s.
- Halonen, O., Tulkki, H. & Derome, J. 1983. Nutrient analysis methods. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 121. 28 s.
- Kaunisto, S. 1979. Alustavia tuloksia palaturpeen kuivatuskentän ja suonpohjan metsityksestä. Summary: Preliminary results on afforestation of sod peat drying fields and peat cut-over areas. Folia Forestalia 404. 14 s.
- Kaunisto, S. 1981. Rauduskoivun (*Betula pendula*) ja hieskoivun (*Betula pubescens*) luontainen uudistuminen turpeennoston jälkeisellä suonpohjan turpeella Kihniön Aitonevalla. Summary: Natural regeneration of *Betula pendula* and *B. pubescens* on a peat cut-away area. Suo 32(3): 53-60.
- Kaunisto, S. 1982. Development of pine plantations on drained bogs as affected by some peat properties, fertilization, soil preparation and liming. Seloste: Männyn istutustaimien kehityksen riippuvuus eräistä turpeen ominaisuuksista sekä lannoituksesta, muokkauksesta ja kalkituksesta ojitetuilla avosoilla. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 109. 56 s.
- Kaunisto, S. 1987. Lannoituksen ja muokkauksen vaikutus männyn ja rauduskoivun istutustaimien kasvuun suonpohjilla. Summary: Effect of fertilization and soil preparation on the development of Scots pine and silver birch plantations on peat cutover areas. Folia Forestalia 681. 23 s.
- Kaunisto, S., Moilanen, M. & Issakainen, J. 1993. Apatiitti ja flogopiitti fosfori- ja kaliumlannoitteina. Summary: Apatite and phlogopite as phosphorus and potassium fertilizers in peatland pine forests. Folia Forestalia 810. 30 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1977. Response of Scots pine plants to nitrogen refertilization on oligotrophic peat. Seloste: Tyypijätkolannoituksen vaikutus männyn taimien kehitykseen karulla turvealustalla. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 92.1. 54 s.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 145. 39 s.
- Kaunisto, S. & Saarinen, M. 1989. Turvekäytössä olevien alueiden loppuvuosien kuivatus- ja turvetuotanto-ongelmat sekä alueiden jälkikäyttö energiapuun tuotantoon ja metsätalouteen. Alueiden jälkikäyttöä koskevan osan raportti. Projekti 98/881/85 KTM. 23+4 liites.
- Kaunisto, S. & Tukeva, J. 1986. Kasvatustiheyden vaikutus männyn istutustaimikoiden kehitykseen turvemaidella. Summary: Effect of tree spacing on the development of pine plantations on peat. Folia Forestalia 646. 36 s.
- Kaunisto, S. & Viinämäki, T. 1991. Lannoituksen ja leppäsekoituksen vaikutus mäntytaimikon kehitykseen ja suonpohjaturpeen ominaisuuksiin Aitonevalla. Summary: Effect of fertilization and alder (*Alnus incana*) mixture on the development of young Scots pine (*Pinus sylvestris*) trees and the peat properties in a peat cutover area at Aitoneva, southern Finland. Suo 42(1): 1-12.
- Metsänterveysopas. Metsätuhot ja niiden torjunta. 1988. Jukka, L. (toim.). Samerka Oy, Helsinki. 168 s.
- Mikola, P. 1975. Turvetuotannosta vapautuvan maan metsittäminen. Summary: Afforestation of bogs after industrial exploitation of peat. Silva Fennica 9(2): 101-115.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A. & Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. Seloste: Maa- ja neulasanalyysi turvemaiden männiköiden ravitsemustilan määrittämisessä. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 74.5. 58 s.
- Paavilainen, E. 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasvibiomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. Communicationes Institutii Forestalis Fenniae 98.5. 71 s.

- Puustjärvi, V. 1965. Neulasanalyysi männyn lannoitustarpeen ilmentäjänä. Summary: The analysis of needles as an exponent for the need of fertilization of Scotch pine. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 1/1965: 26-28.
- Saarinen, M. 1993. Männyn ja koivun viljely turvetuotannosta poistetuilla suonpohjilla. MML-tutkinnon sivuainetutkielma metsänhoitotieteissä. Helsingin yliopisto, Metsäekologian laitos. 57 + 7 liites.
- Sarjala, T. & Kaunisto, S. 1993. Needle polyamine concentrations and potassium nutrition in Scots pine. *Tree Physiology* 13: 87-96.
- Sillanpää, M. 1985. Biotiitti - lannoite vai maanparannusaine? *Leipä leveämmäksi* 1/1985: 16-17.
- Urvas, L. & Erviö, R. 1974. Metsätyypin määräytyminen maalajin ja maaperän kemiallisten ominaisuuksien perusteella. Abstract: Influence of the soil type and the chemical properties of soil on the determining of the forest type. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 46(3): 307-319.
- Westman, C.J. 1981. Fertility of surface peat in relation to the site type and potential stand growth. Seloste: Pintaturpeen viljavuustunnukset suhteessa kasvupaikkatyyppiin ja puuston kasvupotentiaaliin. *Acta Forestalia Fennica* 172. 77 s.

Alikasvosten ravinnetalous ojitusalueilla

Markku Saarinen

Alikasvoksessa on uuden metsän alku

Luonnonläheisyyden on sanottu olevan eräs nykymetsänhoidon tärkeimmistä kysymyksistä. Tavoitteeksi on asetettu luonnonmetsien kehitysvaiheiden jäljittely talouden ja tekniikan määrittelemissä rajoissa. Metsien uudistamisessa se voisi tarkoittaa viljavilla kasvupaikoilla mm. lehtipuuvältaisten metsien ja niiden alikasvoksiksi syntyvien kuusitaimikoiden suosimista. Ojitusalueilla kyseisiä metsikkörakenteita esiintyy melko usein erityisesti alunperin nevaisilla soilla (ruohoiset ja varsinaiset sararämeet ja -nevat). Koivun osuus on ojituksen jälkeen suuri ja kuusi taimettuu herkästi rahkasammalvaltaisille kasvualustoille muodostaen alikasvoksia. Koivun kasvattaminen ja kuusen samanaikainen uudistaminen seuraavaksi puusukupolveksi on mielekäs ratkaisu erityisesti viljavilla sararämeillä ja korvissa, joilla avohakkuun jälkeen on vaikea saada metsää uudistetuksi muuten kuin hieskoivikoksi.

Milloin on syytä seurata ravinnetaloutta ?

Paksurpeisten nevaisten soiden metsänkasvatuksessa on otettava huomioon kasvupaikan ravinnetalouden erityispiirteet. Suon ojitusta edeltäneestä vesitaloudesta, turpeen ominaisuuksista sekä hakkuista ja lannoituksista riippuen käytettävissä olevien mineraaliravinteiden määrät voivat olla tyypeen nähden pienet. Helposti huuhtoutuvana turpeen kalium saattaa aiheuttaa nopeasti ilmeneviä puutosoireita. Ojituksen jälkeen kehittyvä puusto sitoo osan käytettävissä olevasta kaliumista metsäekosysteemin ravinnekiertoon, eivätkä hakkaamattomat ojitusaluepuustot näytä kärsivän kaliumin niukkuudesta (Laiho & Laine 1992). Hakkuin käsiteltyjen vanhojen ojitusalueiden ravinnekierrosta kaliumia poistuu runkokuun mukana. Suhteessa puuston sitomiin ravinnemääriin, saattavat säännöllisesti hoidettujen ojitusalueiden turpeiden kaliumvarat olla niin vähäiset, että ne teoriassa rajoittavat seuraavan puusukupolven kasvua (Kaunisto & Paavilainen 1988). Entisillä rimpipinnoilla ja muilla huuhtoutuneilla ojitusalueen osilla puutosoireet voivat tulla hyvinkin voimakkaina näkyviin jo ensimmäisen puusukupolven aikana.

Mitä tapahtuu kun alikasvosta vallitseva puusto hakataan ?

Kuusen sopeutumisesta ylispuuhakkuun jälkeiseen valaistusolojen muutokseen on julkaistu toisistaan poikkeavia tutkimustuloksia etupäässä kangasmaiden alikasvotaimikoista. Kuusten on todettu kärsineen vakavista neulasvaurioista ja monet ovat myös kuolleet (Andersson 1984, Stålfelt 1935). Toisaalta on havaittu kuusen kasvun 2-5 vuoden taantumaa jälkeen menestyneen hyvin valaistusolojen nopeankin muutoksen jälkeen (Andersson 1988, Bergan 1971, Cajander 1934, Katrusenko 1965, Koistinen & Valkonen 1993, Skoklefeld 1967). Tuloksia vertailtaessa on huomattava, että kuusen menestymiseen vaikuttavat myös

hakuun aiheuttamat vesitalouden muutokset (Heikurainen & Päivänen 1970, Orlov 1983, Päivänen 1974, 1980, 1982), ilman suhteellisen kosteuden lasku, lämpöolojen äärevöityminen ja hallariskin lisääntyminen (Leikola 1975, Leikola & Rikala 1983, Multamäki 1942, Perttu 1974). On mahdollista, että taimien kuolemiseen ja voimakkaaseen neulaskatoon liittyvät havainnot ovatkin selitettävissä etupäässä em. muiden ympäristötekijöiden kuin valo-olojen muutoksen perustella (esim. Katrusenko 1965, Seryakov 1994, Robertsdotter-Gnojek 1992). Myös erot alikasvoskuusten koossa, kunnossa ja aikaisemmassa kasvussa selittävät niiden sopeutumista uusiin ympäristöoloihin (Cajander 1934, Koistinen & Valkonen 1993). Pitkään "kitunut" huonokuntoinen alikasvos tuhoutuu kertahakkuulla tapahtuvan vapauttamisen jälkeen helposti ja on siitä syystä vapautettava kahdessa vaiheessa (Vuokila 1980).

Auringon säteilyn äkillinen ja voimakas lisääntyminen aiheuttaa joka tapauksessa muutoksia alikasvoskuusten fysiologiassa. Ruotsalaisissa tutkimuksissa yhteyttämistehokkuuden ja osittain myös klorofyllin eli viherhiukkaspigmenttien pitoisuuden on todettu laskevan ylispuuhakuun seurauksena (Robertsdotter-Gnojek 1992). Kuuset kuitenkin sopeutuivat uusiin valo-oloihin varsin nopeasti. Jo seuraavan kasvukauteen mennessä tiettyjen klorofyllipigmenttien suhteen (Chl a/Chl b) nousu osoitti valosopeutuneisuutta edelleen alhaisesta yhteyttämistehokkuudesta huolimatta. Kyseisen yhteyttämiskapasiteetin laskun (fotoinhibitio) todettiin olevan voimakkainta mikäli valomuutokseen liittyy myös muita stressitekijöitä kuten pohjavesitasen muutoksia (myös Björkman & Powles 1984). Lisäksi tiettyjen kivennäisravinteiden puute voi vaikuttaa sopeutumiseen, sillä viherhiukkasten tuhoutuminen valaistuksen lisääntyessä on voimakkaampaa kaliumin, magnesiumin ja sinkin puutteesta kärsivillä kasveilla (Marschner & Cakmak 1988, kts. myös Laatsch & Zech 1967).

Ylispuuston poistamisen aiheuttamat fysiologiset muutokset ilmenevät myös alikasvoksen neulasten ravinnepitoisuuksissa. Venäläisissä tutkimuksissa on todettu kuusten neulasten typpi- ja fosforipitoisuuksien nousseen heti hakuun jälkeisen kasvukauden aikana (Katrusenko 1967, Koshelkov 1982, Koshelkov ym. 1980, Vomperskaja 1980). Samalla kuitenkin kaliumpitoisuudet laskivat (Koshelkov 1982). Kuusten pääravinnetasapaino siis horjui ylispuuhakuun jälkeen. Toisen ja kolmannen kasvukauden jälkeen typen pitoisuudet laskivat entiselle tasolle, mutta fosforipitoisuudet puolestaan alemmas kuin hakuuta edeltäneessä vaiheessa. Kaliumpitoisuudet jatkoivat laskuaan aina puutosrajalle asti. Suomessa ei vastaavia koejärjestelyjä ole tehty, mutta alikasvoskuusten ravinnepitoisuuksia on vertailtu kuusiin, jotka ovat syntymästään lähtien varttuneet avoimessa kasvutilassa (Koistinen 1991). Varjostamattomilla kuusilla pitoisuudet olivat magnesiumia, kuparia ja booria lukuunottamatta korkeampia kuin alikasvosasemassa. Sen sopeutumisajan pituudesta, jonka kuluessa alikasvosasemasta vapautettu kuusi saavuttaa vastaavat ravinnepitoisuudet ja ravinnesuhteet kuin valossa kasvaneet kuusetkin, ei toistaiseksi ole tutkittua tietoa.

Tutkimus alikasvoksen ravinne muutoksista vanhalla ojitusalueella.

Tutkimuksen tarkoitus

Erilaisilla sararämeillä ja -nevoilla kasvaviin alikasvoksiin voi kohdistua sekä vesi- että ravinnetalouteen liittyviä stressitekijöitä. Ojaverkoston kunnosta riippuen pohjavesitaso saattaa olla liian korkealla erityisesti ylispuuhakuun jälkeen. Samalla turpeen pienet kivennäisravinnepitoisuudet voivat johtaa alikasvosten ravinne-epätasapainoon. Huolimatta hakuutähteistä melko nopeasti vapautuvista ravinteista (Paavilainen 1980, Berg ym. 1987), ylispuiden poisto saattaa kärjistä ravinnesuhteita entisestäänkin. Kyseistä ennako-oletusta

testattiin perustamalla koe syksyllä 1989 Kiikoisissa sijaitsevalle vanhalle ojitusalueelle, jossa hakkuukypsän hieskoivikon alle oli kehittynyt kasvatuskelpoinen kuusialikasvos. Samalla testattiin magnesiumlannoituksen vaikutusta ylispuuhakkuun jälkeen mahdollisesti ilmenevien neulasten valoreaktioiden (foto-oksidaation) voimakkuuteen. Seuraavassa esitellään ennakkotuloksia typpi-, fosfori- ja kaliumpitoisuuksien vaihteluista koekentän nelivuotisen seurantajakson ajalta.

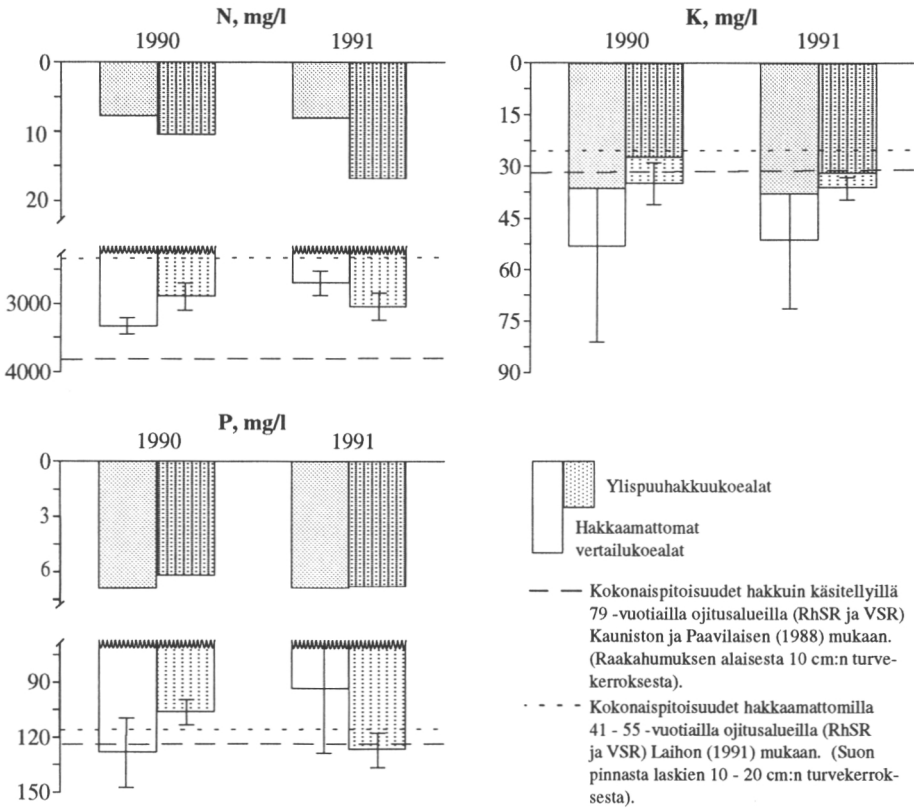
Aineisto

Koekohteeksi valittiin mustikkaturvekankaaksi luokiteltavan kasvupaikan hieskoivuvaltainen puusto (n. 180 m³/ha), jolla oli alikasvoksena kehityskelpoinen kuusikko. Suo oli ojitettu 1964, mutta se on ollut läheisen viljelysmaan valtaojan kuivatusvaikutuksen alaisena jo pitkään sitä ennen. Turpeen paksuus oli kaikkialla yli metrin ja arvio koekohteen alkuperäisestä suotyypistä oli ruohoinen sararäme (RhSR). Ylispuusto poistettiin kevättalven 1990 aikana alikasvoksen vapautukseen valituilta koeruuduilta. Puolet koekentästä jätettiin käsittelemättömäksi vertailuksi. Kumpaankin hakkuukäsittelyyn arvottiin kaksi lannoitettua ja kaksi lannoittamatonta koealaa, joista alikasvoskoepuut valittiin. Lannoitteena käytettiin kiseriittiä (MgSO₄, Mg 19 %, S 25 %) 500 kg hehtaarille. Välittömästi hakkuun jälkeen alueen huonokuntoinen ja umpeutunut ojasto perattiin. Koska kunnostusojituksen aiheuttaman pohjavesitason laskun ja samanaikaisen ylispuuhakkuun vaikutuksia ei ole eroteltavissa, tarkoitetaan seuraavassa hakkuuvaikutuksista puhuttaessa näiden kummankin tekijän yhdysvaikutusta.

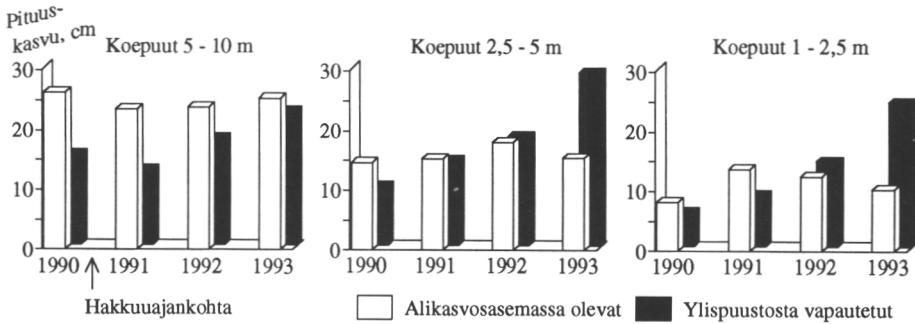
Huolimatta poistettavan ylispuuston suuresta määrästä, metsurityönä huolellisesti toteutettu hakkuu ja kevyen telatraktorin varovainen maastokuljetus mahdollistivat korjuutyön hyvin vähäisin vaurioin. Erikokoisrakenteisesta alikasvoskuusikosta valittiin neulasnäytteitä varten jokaiselta koealalta kuusi koepuuta alimmalta latvustasolta (1.3-2.5 m), neljä keskimmaiselta (2.5-5 m) ja kaksi koepuuta lähinnä välipuiksi luonnehdittavista alikasvoskuusista (5-10 m). Jokaisen koeruudun näytteet yhdistettiin latvustasoittain ja latvasta lukien kolmannelta oksakiehkurasta otetuista näyteoksista eroteltiin kolme viimeisintä vuosikasvua neulasanalyysijä varten. Neulasanalyysit toistettiin samoista puista otetuilla näytteillä hakkuuta edeltävän ajankohdan lisäksi kolmena seuraavana talvena (1991-1993). Typen (N), fosforin (P) ja kaliumin (K) analyysien lisäksi määritettiin sadan neulasen kuivamassa. Lisäksi mitattiin koepuiden pituudet ja mittausjakson vuotuiset pituuskasvut. Turvenäytteet kerättiin koepuiden vierestä typen, fosforin ja kaliumin kokonaismäärien ja vastaavien puille käyttökelpoisessa muodossa olevien ravinnemäärien analysoimiseksi. Näytteet otettiin ojituksen jälkeen syntyneen raakahumuskerroksen ja varsinaisen suoturpeen rajasta lukien turpeen kymmenen sentin pintakerroksesta hakkuuta edeltäneenä (1990) ja sen jälkeisenä kasvukautena (1991).

Tulokset

Kuvassa 1 on esitetty koekentän turpeen tilavuusnäytteistä analysoitujen pääravinteiden (N, P ja K) kokonaispitoisuudet ja kasveille käyttökelpoisen ravinneosan pitoisuudet (mg/l) ennen hakkuu- ja ojitustoimenpiteitä sekä niiden jälkeisen kasvukauden päättyessä. Verrattaessa kokonaispitoisuuksia vanhojen ojitusalueiden analyysiaineistoihin (Laiho 1991, Kaunisto & Paavilainen 1988), voitiin todeta, etteivät typen ja fosforin pitoisuudet poikkea vastaavien



Kuva 1. Turpeen pääravinteiden kokonaispitoisuudet (□) sekä niistä kasveille käyttökelpoisessa muodossa olevat osuudet (▨) ennen ylispuuhakkuuta (1990) sekä hakkuun jälkeisen kasvukauden päätyttyä (1991).



Kuva 2. Alikasvospuiden vuotuinen pituuskasvu.

kasvupaikkojen tyypillisestä tasosta. Kaliumin pitoisuudet olivat puolestaan keskitasoa korkeammat, eikä alikasvoksessa esiintynyt näkyviä puutosoireita. Hakkuukäsittelyn vertailuksi jätetyillä käsittelemättömillä koeruuduilla kokonaispitoisuudet olivat kaikilla em. ravinteilla korkeammat kuin koaloilla, joista ylispuusto poistettiin.

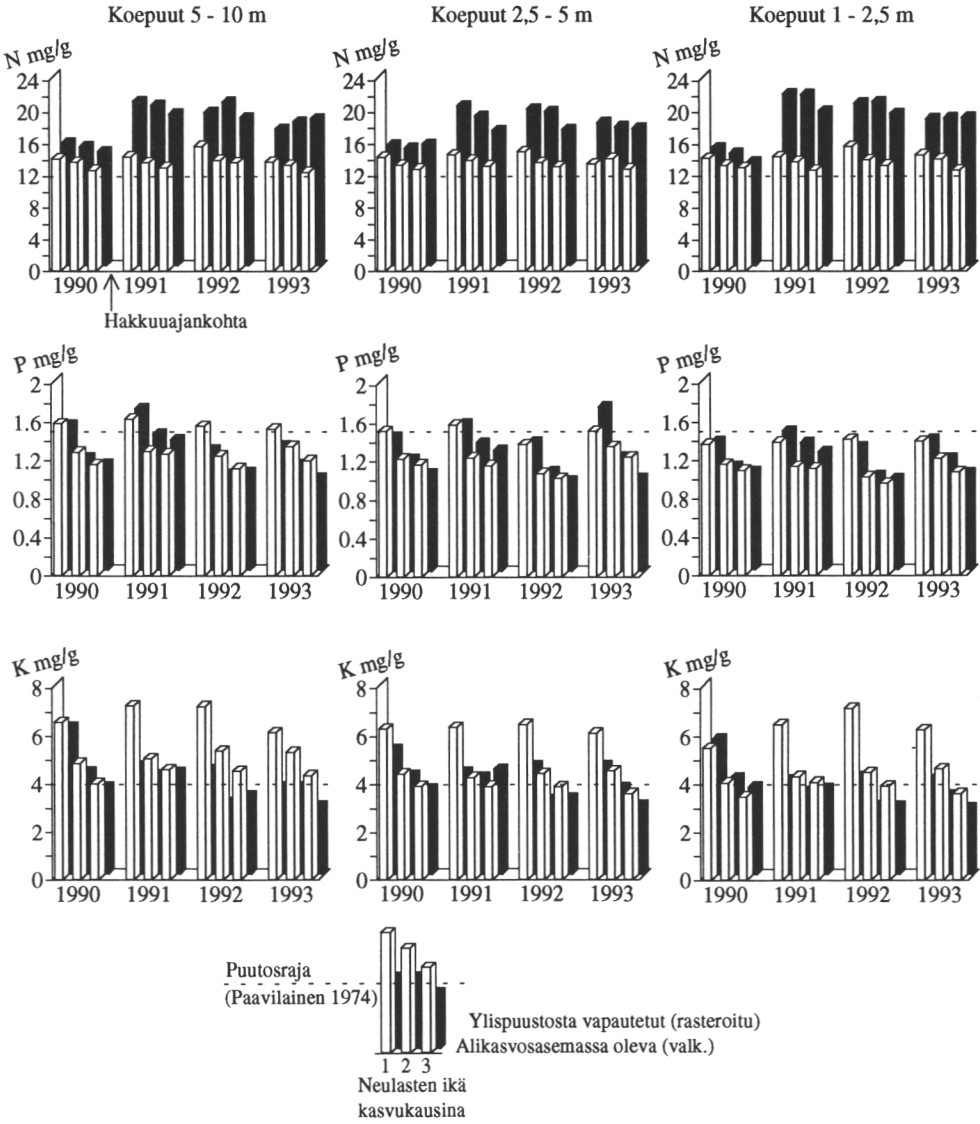
Eroja kokeen aloitustilanteessa ilmeni myös alikasvoskuusten pituuskasvussa, joka vertailukäsittelyssä oli parempi erityisesti kookkaimmilla koepuilla (kuva 2). Niillä kasvuerot tasaantui vain osittain hakkuun jälkeisen heikon elpymisen vuoksi. Sitävastoin pienimpien alikasvoskuusten kasvu lisääntyi selvästi erityisesti kolmantena hakkuun jälkeisenä kasvukautena (taulukko 1).

Taulukko 1. Pituuskasvun sekä neulasten ravinnepitoisuuksien ja kuivapainon vuotuisten muutosten tilastolliset testit (hakkuukäsittelyn aikakontrastit) ennen hakkuuta vallinneeseen tilanteeseen verrattuna. F-testisuure testaa, onko kyseisen vuoden poikkeama hakkuukäsittelystä johtuva.

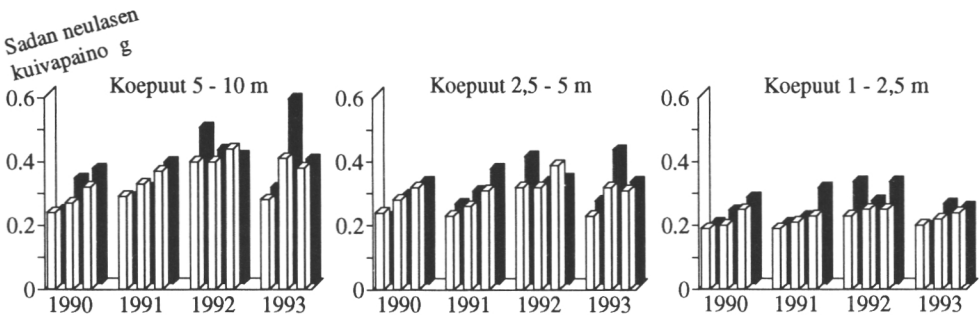
Muuttuja	Ylispuuhakkuun jälkeiset vuodet									
	1991			1992			1993			
	F	p	df	F	p	df	F	p	df	
Pituuskasvu	0.01	0.925	1	2.0	0.231	1	15.4*	0.017	1	
Nuorimpien neulasten	N	32.8**	0.005	1	14.5*	0.019	1	20.0*	0.022	1
	P	0.5	0.510	1	0.4	0.544	1	0.5	0.504	1
	K	21.9**	0.009	1	25.8**	0.007	1	31.3**	0.005	1
Neulasten kuivapaino	0.9	0.396	1	6.2 ^o	0.067	1	0.8	0.414	1	

Mikäli alikasvoskuusten ravinnetilaa ennen ylispuuhakkuuta verrataan korpikuusikoiden lannoituskokeissa (Paavilainen 1974) määriteltyihin neulaspitoisuuksien puutosrajoihin (N 12 mg/g, P 1.5 mg/g ja K 4.0 mg/g), voitiin lähinnä fosforin pitoisuuksia pitää suhteellisen alhaisina (kuva 3). Ne olivat lähellä puutosrajaa, suurimmilla koepuilla hieman sen alapuolella. Typestä ja kaliumista ei ollut puutetta.

Typipitoisuudet kasvoivat erittäin voimakkaasti ensimmäisen hakkuun jälkeisen kasvukauden aikana (kuva 3 ja taulukko 1). Pitoisuudet laskivat tästä vain hieman seuraavina vuosina. Fosforipitoisuuksissa oli hyvin pieni nousu, mutta ne laskivat heti toisen hakkuun jälkeisen kasvukauden aikana takaisin puutosrajalle tai osittain jopa sen alapuolelle. Tärkein hakkuun aiheuttama muutos oli kaliumpitoisuuksien lasku heti hakkuuta seuraavana kasvukautena. Pitoisuudet laskivat lähelle puutosrajaa (4.0) ja pysyivät siellä koko tarkastelujakson ajan. Hakkuukäsittelystä johtuvat muutokset eri vuosien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä vain typpi- ja kaliumpitoisuuksien osalta. Tämän ohella on tärkeää huomioida, että vastaavat neulasten kuivamassan muutokset eivät olleet merkitseviä (kuva 4 ja taulukko 1). Pitoisuuksien ja kuivamassan hakkuusta johtuvissa ajallisissa muutoksissa ei ollut tilastollisia eroja koepuiden eri kokoluokkien välillä.



Kuva 3. Alikasvospuiden neulasten typpi- (N), fosfori- (P) ja kaliumpitoisuudet (K).



Kuva 4. Alikasvoskoepuiden sadan neulaseen näyte-erän kuivapaino. Merkkien selitykset kuten kuvassa 3.

Tulosten tarkastelu

Hakkuun jälkeisen voimakkaan neulasten typpipitoisuuden nousun voidaan ajatella johtuvan turpeen lisääntyneestä mikrobitoiminnasta ja päällyskuuston aiemmin käyttämän liukaisen typen vapautumisesta alikasvoksen käyttöön. Turpeen liukaisen typen pitoisuudet nousivatkin hakkuun jälkeen n. 60%. Oma osuutensa neulasten typpipitoisuuksiin on myös fotosynteesin muutoksilla. Ilmeisesti tässä tapauksessa ei valon lisääntymisellä ole ollut olennaista yhteyttämis kapasiteettia heikentävää vaikutusta. Venäläisten tutkimusten mukaan vastaava typpipitoisuuden nousu liittyi paitsi saatavilla olevan "vapaan" typen lisääntymiseen, myös vapautettujen alikasvoskuusten juurten voimakkaaseen kehittymiseen ja ravinteiden otton tehostumiseen (Koshelkov 1982). Samoissa tutkimuksissa oletettiin typen ja fosforin pitoisuuksien tilapäisen hakkuun jälkeisen kohoamisen voivan johtua myös puun sisäisistä ravinnesiirroista. Vastaavaa ravinteiden kulkeutumista vanhoista neulasista uusiin ei tässä kokeessa voitu osoittaa, sillä typen ja osittain myös fosforin osalta nuorten ja vanhojen neulasvuosikertojen erot tasoittuivat seurantajakson loppua kohti.

Kaliumpitoisuuksien lasku yhdessä kasvaneiden typpipitoisuuksien kanssa voi liittyä mineraaliravinteiden ns. ohentumisilmiöön (Veijalainen 1979). Tämä edellyttää kuitenkin samanaikaista neulasten kuiva-ainepainon lisääntymistä, mitä tässä tutkimuksessa ei havaittu. Käyttökelpoisen kaliumin saatavuuteen turpeesta ovat periaatteessa vaikuttaneet sekä ojituksen kunnostus (ravinteiden huuhtoutuminen), että ylispuuhakkuussa vapautuvat ravinnevarat. Turpeen kaliumpitoisuuksissa ei kuitenkaan tapahtunut muutoksia, jotka olisivat selittäneet ainakaan neulasten kaliumpitoisuuksien laskua. Koska neulasnäytteet kerättiin koepuiden kolmannelta oksakiehkurasta, voidaan yhtenä kaliumpitoisuuksien laskuun johtaneena syynä ajatella puun sisäisiä ravinnesiirtoja voimakkaan kasvun aloittaneisiin latvakasvaimiin. Toisaalta pituuskasvu alkoi lisääntyä selvästi vasta tarkastelujakson viimeisen vuoden aikana, kolmannelle hakkuun jälkeisellä kasvukaudella.

Alikasvoksen käytettävissä ollut vapaa juuristotila oli huomattavasti lisääntynyt ylispuuston juuristikilpailun poistuttua ja ojituksen laskettua pohjaveden korkeutta. Tämän vuoksi on todennäköistä, että kuusten juuriston kasvu on lisääntynyt voimakkaasti. Kaliumin käytön keskittyminen juuriston kasvupisteisiin saattaakin olla tärkein syy neulasten kaliumpitoisuuksien laskuun. Myös hapan laskeuma on voinut vaikuttaa ylispuuston suojan puuttuessa.

Päätelmiä

Koejärjestelyn ja ravinneseurannan tärkeimpänä tuloksena voitiin todeta, että pääravinnesuhteet muuttuvat hakkuun jälkeen nopeasti puiden kannalta epäedulliseen suuntaan huolimatta hakkuutähteisiin sitoutuneiden ja ylispuuston aiemmin käyttämien ravinteiden vapautumisesta. Syntyvän ravinne-epätasapainon seuraukset riippunevat ennen hakkuuta vallinneesta tilasta. Ainakin tässä tapauksessa se oli ravinnepitoisuuksien ja puuston kunnan suhteen hyvä, jolloin kuuset toipuivat hakkuusta tyydyttävästi. Koekentän kaltaisilla kasvupaikoilla ravinne-epäsuhteet ovat kuitenkin tyypillisiä ja varsinkin kaliumin puutoksia esiintyy yleisemmin kuin muilla ojitusalueiden kasvupaikoilla. Tällaisissa tapauksissa huonossa ravinnetilassa olevien alikasvoskuusten vapauttaminen voi tässä kokeessa havaittujen ravinnemuutosten perusteella olla seurauksiltaan kohtalokas. Hakkuun jälkeen yhä kärjistyneemmän typen ja kaliumin epätasapainon vuoksi kuuset eivät ehkä kestäkkään aiheutettua ympäristöolojen muutosta. Lisäksi runsastypillisillä soilla neulasten matalat kaliumpitoisuudet edistävät ainakin männyllä typen varastoyhdisteiden (arginiini) kertymistä

neulasiin, aiheuttaen muutoksia valkuaisaineissa ja alentaen samalla puiden pakkaskestokykyä (Pietiläinen 1994). Jatkotutkimuksilla on tarkoitus selvittää, voidaanko hakkuun jälkeisiin ravinne muutoksiin vaikuttaa hakkuiden ja kunnostusojitusten yhteyteen ajoitetuilla fosfori- ja kaliumlannoituksilla, vai onko ne tehtävä jo hyvissä ajoin ennen ylispuuston poistamista.

Kirjallisuus

- Anderson, J. M. & Osmond, C. B. 1987. Shade-sun responses: compromises between acclimation and photoinhibition. In: Kyle, D. J., Osmond, C. B. & Arntzen, C. J. (eds.). *Photoinhibition*. Elsevier, Amsterdam. pp. 2-37.
- Andersson, S.-O. 1984. Removal of broadleaves in cleanings and precommercial thinnings (in Swedish). *Sver Skogsvårdsfoerb Tidskr* 82: 69-95.
- Andersson, O. 1988. Severely suppressed trees of *Picea abies* as complement at forest regeneration (in Swedish) *Swed. Univ. Agric. Sci Dept. for Yield Res Rep No. 24*, Garpenberg.
- Berg, B., Staaf, H. & Wessén, B. 1987. Decomposition and nutrient release in needle litter from nitrogen-fertilized Scots pine (*Pinus sylvestris*) stands. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2(4):399-415.
- Bergan, J. 1971. Skjermforyngelse av gran samenligner med plantning i Grane i Nodland. Summary: Natural Norway spruce regeneration under shelterwood compared with plantations at Grane in Nordland. *Meddelser fra det Norske skogforsöksvesen* 28(104):194-211.
- Cajander, E.K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 19(5):1-59.
- Heikurainen, L. & Päivänen, J. 1970. The effect of thinning, clear-cutting, and fertilization on the hydrology of peatland drained for forestry. *Seloste: Harvennuksen, avohakkuun ja lannoituksen vaikutus ojitetun suon vesioloihin*. *Acta Forestalia Fennica* 104. 23 s.
- Katrusenko, I.V. 1965. The photosynthetic adaptation to light of old needles of *Picea abies* underwood. *Botanicheskii Zhurnal* 50(8):1119-1121.
- Katrusenko, I.V. 1967. The effect of a Birch stand on the C metabolism and P nutrition of Spruce underwood. *Lesovedenie* 1:73-75.
- Kaunisto, S. & Paavilainen, E. 1988. Nutrient stores in old drainage areas and growth of stands. *Seloste: Turpeen ravinnevarat vanhoilla ojitusalueilla ja puuston kasvu*. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 145. 39 s.
- Koistinen, E. 1991. The effect of canopy shading on Scots pine and Norway spruce needle element contents and its acclimative significance. *Käsikirjoitus*.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. *Tiivistelmä: Mallit kuusen ja männyn vapautettujen alikasvostaimien pituuskehitykselle Etelä-Suomessa*. *Silva Fennica* 27(3):179-194.
- Koshelkov, S. P. 1982. The nutrient regime of spruce regeneration in birch forests and felled areas in the southern taiga. *Lesovedenie* 6:26-34.
- Koshelkov, S. P., Ilyushenko, A. F., Ivanitskaya, E. F. & Ilin, V.A. 1980. Response of spruce regeneration to the removal of a birch cover and the application of fertilizers. *Lesovedenie* 2:10-20.
- Laatsch, W. & Zech, W. 1967. The importance of shade for conifers suffering from nutritional deficiencies. *An Edafol. Agrobiol.* 26(1/4): 691-702.
- Laiho, O. 1983. Kuusen luontaisesta uudistamisesta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 94:32-41.
- Laiho, R. 1991. Metsäojituksen vaikutus nevanmaisten rämeiden turpeen ravinnevaroihin. *Lisensiaatintutkimus, Helsingin yliopisto, Suometsätieteen laitos*. 90 s. + liitteet.
- Laiho, R. & Laine, J. 1992. Potassium stores in peatlands drained for forestry, *Proceedings of the 9th International Peat Congress*. June 22-26, 1992. Uppsala, Sweden, 1(3): 158-169.
- Leikola, M. 1975. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin Pohjois-Suomessa. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions in northern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 85(7):1-33.
- Leikola, M. & Rikala, R. 1983. Verhopuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusen taimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 559. 33 s.

- Marschner, H. & Cakmak, I. 1989. High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc, potassium, and magnesium deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Journal of Plant Physiology*. Vol 134. pp. 308-315.
- Multamäki, S. E. 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittämiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. *Acta Forestalia Fennica* 51(1):1-353.
- Orlov, A. 1983. Effects of soil over-moistering on spruce regrowth in clear felled areas. *Lesovedenie* 1983:11-20.
- Paavilainen, E. 1974. Koetuloksia lannoituksen vaikutuksesta korpikuusikoissa. Summary: On the response to fertilizer applicator of Norway Spruce growing on peat. *Folia Forestalia* 239. 10 s.
- Paavilainen, E. 1980. Effect of fertilization on plant biomass and nutrient cycle on a drained dwarf shrub pine swamp. Seloste: Lannoituksen vaikutus kasviomassaan ja ravinteiden kiertoon ojitetulla isovarpuisella rämeellä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 98(5). 71 s.
- Perttu, K. 1974. The radiation balance before and after clear cutting (in Swedish) *Sver Skogsvårdsfoerb Tidskr* 72:53-59.
- Pietiläinen, P. 1994. Seasonal fluctuations in the nitrogen assimilation of scots pine. *Acta Universitatis Ouluensis A* 256:1-28.
- Päivänen, J. 1974. Hydrological effects of clear cutting in peatland forest. *Proceedings of the International Symposium Forest Drainage, 2nd-6th Sept. 1974, Jyväskylä-Oulu, Finland.* s. 219-228.
- Päivänen, J. 1980. Metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutus vanhojen metsäojitusalueiden vesitalouteen. *Silva Fennica* 14(2):214-217.
- Päivänen, J. 1982. Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen. Summary: The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area. *Folia Forestalia* 516:1-19.
- Robertsdotter-Gnojek, A. 1992. Changes in chlorophyll fluorescence and chlorophyll content in suppressed Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in response to release cutting. *Trees* 6:41-47.
- Skoklefeld, S. 1976. Release of natural Norway spruce regeneration (in Norwegian). *Medd Nor Skogforsöksves* 23:381-409.
- Stålfelt, M. G. 1935. Der Einfluss der Durchforstung auf die Funktion der Nadeln und auf die Ausbildung der Baumkrone bei der Fichte. *Sver Skogsvårdsfoerb Tidskr* 33:149-176.
- Seryakov, A. D. 1994. Survival and adaptation of thin spruce trees after cutting of small-leaved tree layer. *Lesovedenie* 4: 11-18.
- Vejjalainen, H. 1979. Use of needle analysis for diagnosing micronutrient deficiencies of Scots pine on drained peatlands. Seloste: Neulasanalyysi männyn mikroravinnetilanteen määrittämisessä turvemilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 92 (4):1-32.
- Vomperskaja, M. I. 1980. Influence of shallow drainage network on nutrient regime and growth of Norway spruce on paludified soils. *Lesovedenie* 5:52-61.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. Werner Söderström Osakeyhtiö. Porvoo.

Alikasvoksen säilyttämisen hinta

Juha Suni

Yleisiä näkökohtia

Puunkorjuun suunnittelussa alikasvokseen on suhtauduttu alati läsnä olevana, vähämerkityksellisenä, joskus mielenkiintoisena, mutta yleensä vaivaa ja haittaa aiheuttavana metsäluonnon ilmiönä. Ellei itsekseen ilmestyneitä taimia haluta hyödyntää seuraavassa puusukupolvessa, niiden olemassaolosta aiheutuu puunkorjuussa silti kustannuksia työn hidastumisen ja vaikeutumisen kautta. Koneellistumisen myötä alikasvoksen suhteellinen haitta korjuulle on kasvanut. Aikoinaan muokatuissa viljelymänniköissä vahva kuusialikasvos on yleinen. Haitan kasvu liittyy myös rationaalisimpiin moottorisahahakkuumenetelmiin kasvaneen kasaustilan tarpeen vuoksi. Jos puun myyjä haluaa alikasvoksen säilyvän korjuussa, hänen tulee ajaa taitavasti asiansa, sillä ostaja saattaa päin vastoin tarjota hänelle korkeampaa kantohintaa, jos alikasvos poistetaan kauttaaltaan.

Alikasvoksen haitta koneelliselle harvennushakkuulle

Alikasvoksia esiintyy sekä uudistus- että kasvatushakuilla. Uudistushakkuissa valinnat ovat selkeitä verrattuna harvennushakkuuseen, mutta valintaperiaate on sama. Harvennushakkuussa alikasvoksen säilyttäminen on korjattua puukuutiometriä kohden paljon kalliimpaa kuin uudistushakkuussa. Hehtaaria kohden laskettu kustannus on suunnilleen sama molemmissa hakkuutavoissa, mutta on muistettava, että harvennusvaiheessa tehty valinta säilyttää alikasvos kertautuu kustannuksia aiheuttavana kaikissa seuraavissa hakkuissa.

Alikasvokseen suhtautumisessa on tehtävä valinta kolmen seuraavan vaihtoehdon kesken:

1. Alikasvos säilytetään jopa ensiharvennushakkuusta lähtien puuntuotoskyvyltään mahdollisimman hyvänä. Raivaussahan käyttäjä, hakkuumies tai hakkuukoneen käyttäjä poistaa alikasvostaimia vain ajouralta ja kasojen paikalta. Tällöin poistetaan muutamia pisimpiä taimia, jotka haittaavat korjuutöitä eniten. Alikasvoksen säilyttämisen annetaan tietoisesti vaikuttaa harvennushakkuun puuvalintaan.
2. Alikasvokseen suhtaudutaan passiivisesti. Jos alikasvosta on vähän, eikä se muodosta usein toistuvaa teknistä estettä harvennushakkuun puuvalinnalle, esitoimenpiteitä ei tehdä eikä puukaupan ja puunkorjuun asiakirjoihin merkitä mitään alikasvoksen säilyttämiseen tai poistoon viittaavaa. Hakkuukoneen kuljettajalle annetaan tällöin vapaat kädet ajaa taimia yli, sahata niitä pois tai riipiä juurineen kaatosahauksien tieltä.
3. Alikasvos poistetaan järjestelmällisesti taloudellisimmalla tavalla. Rajamäen ym. (1994) mukaan alikasvoksen poisto lisää koneellisen hakkuun tuottavuutta keskimäärin 2,3 %, mutta joka viidennessä kohteessa tehostava vaikutus on vähintään 5 %. Suurin alikasvoksen haitta tai korjuun tehostamisvara oli 11 %. Kannattavat etukäteisraivauksen kohteet ovat useammin harvennushakkuuta kuin uudistusta. Jos raivauksen kustannuksia

halutaan minimoida ja kohdistaa resurssit tarkasti oikein, voidaan puomiulottuman äärialueella tyytyä pahiten kaatoa haittaavien puiden poistoon ja suorittaa raivaus perusteellisemmin ajouralla ja kasausvyöhykkeellä. Metsänomistajat kokevat saavansa raivauksesta puuntuotannollista hyötyä koneellisen harvennushakkuun helpottuneen puuvallinnan vaikutuksesta parantuneena työn laatuna.

Aiemmat tutkimukset (Suni 1990) antoivat noin 5 metriä korkean kuusialikasvoksen tai taimikon säästämisen aiheuttamaksi kustannuslisäksi koneellisen hakkuun osalta 20–30 %, kun suoritettiin avohakkuun sijasta ylispuuhakkuu. Tulos vastaa koneellisen harvennushakkuun yleisesti sovellettua kustannuslisää.

Vastaavaa työajanmenekin mittausta koneellisilla harvennushakkuilla ei ole tehty. Poistettavat ja varottavat puut ovat esim. ensiharvennusvaiheessa selvästi pienempiä kuin ylispuuhakkuussa, joten väistettäviä on helpompi väistää ja poistettavan liikerataa on helpompi muuttaa. Kappalepaljouden laki johtaa toisaalta päätelmää päinvastaiseen suuntaan; monta pientä työteknistä hankaluutta maksaa usein enemmän kuin yksi suuri. Tutkimussuunnittelun lähtökohtana voitaisiin pitää alle $0,1 \text{ m}^3$ runkoja korjattaessa hehtaarikustannusta $50 \text{ mk/m}^3 \times 40 \text{ m}^3/\text{ha} = 2000 \text{ mk}$. Onko tämän päälle lisään 20 vai 30 %?

Alikasvoksen haitta osapuu- ja rankamenetelmälle

Moottorisahahakkuussa alikasvoksen haitta voidaan hinnoittaa 5–10 % kustannuslisällä. Alikasvoksesta koituu suurin suhteellinen haitta osapuumenetelmässä, pienin haitta noin kolmen metrin kuitupuuta hakattaessa. Haitta hakattaessa 3–5 m pituisia rankaa on pienempi kuin haitta osapuumenetelmälle ja suurempi kuin haitta lyhyemmän kuitupuun hakkuulle.

Tiheä ja pitkä alikasvos voi kuitenkin suoranaisesti estää edullisimman moottorisahaan perustuvan hakkuumenetelmän käytön. Oksaisesta puusta on joissakin tapauksissa siirryttävä oksattomiin pitkän kuitupuun menetelmiin huonon näkyvyyden, kasaustilan puutteen ja vapaan kaadon suuntaamisen mahdottomuuden vuoksi. Kasaustilan puute voi tiheissä säästettävissä taimikoissa edelleen johtaa jopa siirtymiseen rankamenetelmästä noin kolmimetrisen kuitupuun hakkuuseen. Osapuumenetelmästä luopuminen alentaa hakkuun kertymiä ja nostaa voimakkaasti hakkuukustannuksia, mutta alentaa lievästi kuljetuskustannuksia. Rankamenetelmästä luopuminen alentaa hieman hakkuukertymää ja kohottaa sekä hakkuu- että kuljetuskustannuksia.

Osapuun korjuukokeita

Kankaanpäähän rakennettavan massahakelaitoksen puunhankinta-alueella suoritettiin ensiharvennuskokeita ja koulutusta elokuusta lokakuuhun v. 1994. Alueen metsäorganisaatioiden väkeä perehdytettiin osapuumenetelmän käyttöön. Metsänhoitoyhdistykset hankkivat eri paikkakunnilta tyypillisiä, koivuvaltaisia ensiharvennushakkuun tarpeessa olevia työmaita kymmenen leimikkoa. Työmailta rajattiin niukkapuustoinen ja runsaspuustoinen relaskooppikoeala. Kahdestakymmenestä koealasta kahdeksan niukkapuustoista olisi tuottanut vallinnein hinnoin tavaralajimenetelmällä korjattuina alle 1000 mk kantorahatuloa, joten niillä olisi ilman hakkuukeskitystä ollut yhtä perusteltua suorittaa myöhästynyt taimikonhoito ja siirtää kaupallista harvennushakkuuta myöhemmäksi.

Perusotoksena oli 12 ensiharvennuskoivikkoa Pirkanmaalla ja Satakunnassa. Niistä 11 (92 %) sisälsi varottavaa kuusentaimikkoa. Tulkinnasta riippuen 1–3 koealaa ei ollut ojitusalueella. Jos hietamultaista entistä viettävää peltoa ei pidetä ojitusalueena, jäljellejäävät 9 (75 %) olivat ojitusalueita. Yksi ojitusalueen koeala oli joka suhteessa aito ensiharvennuskohte, siis vapaa kehityskelpoisena pidetystä taimikosta. Taimikon kehityskelpoisuus oli lähinnä metsänomistajan tulkinta, ja alle 1000 kuusentaimen tiheyttäkin pidettiin säilyttämisen arvoisena. Aineistosta hylättiin yksi koeala puuttuvan taimikon vuoksi ja kaksi koealaa poikkeuksellisen poistuman vuoksi, minkä toisella koealalla aiheutti leppien lähes 50 % osuus ja toisella laadusta johtuva valtapuiden poisto.

Jos ensiharvennuksen sijasta metsänomistajan toivomuksesta tehdyssä verhopuuasentoon- tai suojuuspuuhakuussa olisi luovuttu osapuumenetelmän käytöstä ja siirrytty alikasvoksen varomisen vuoksi tavaralajimenetelmään, mutta hakkuu olisi kohdistunut samoihin poistettaviin runkoihin, koealaa vastaavassa metsikössä olisi syntynyt taulukon 1 osoittamat tappiot metsänomistajalle:

Taulukko 1. Metsänomistajan kantorahatulon menetys yhdeksän työmaan keskiarvona. Taimikon varomisen oletetaan aiheuttavan osapuuhakuusta luopumisen. Kaikki esitetyt luvut ovat hehtaarikohtaisia.

	alkupuusto	jäävä puusto	kantoraha	kantorahan alenema
keskiarvo	154 m ³	73 m ³	1960 mk	1670 mk
vaihteluväli	90-199 m ³	41-95 m ³	1237–3302 mk	893–2936 mk

Todellisuudessa hakkuukohteilla ei käynyt mahdolliseksi soveltaa osapuumenetelmää, vaan joitakin yksittäisiä kookkaita taimia poistettiin osapuun siirtelykaadon suorittamisen tieltä pois. Hakkuun suorittaja käytti työmenetelmää joustavasti ja ohjasi vastaavasti joissakin tapauksissa kaatuvat puut kohtaan, josta hänen oli siirrettävä niitä edelleen paikkaan, johon kuormatraktorin kouralla on esteetön pääsy ja kuljettajalla on näkyvyyttä.

Mitä kookkaampia taimet ovat, sen hankalammaksi käy joustava menettely työmaalla. Alikasvotaimikon tiheyskin tuo haittaa, mutta riittävä tiheys mahdollistaa toisaalta kasan paikkojen raivaamisen taimia poistamalla alitiheyttä aiheuttamatta.

Päätelmiä

Alikasvoksen säilyttämisspätös tuo hyötyjä metsänomistajalle ja kustannuksia korjuun suorittajalle. Mikäli metsänomistaja teettää työn vieraalla joko hankintapalvelun tai pystykaupan tapaan, hänen on neuvoteltava toimenpiteistä työn suorittajan kanssa. Ellei se ole mahdollista, hänen viestinsä kulkeutuu usein metsänhoitoyhdistyksen ja osto- ja korjuuorganisaation välityksellä hakkuukoneen kuljettajalle tai metsurille. Hyvien taimikoiden arvo ymmärretään yleisesti ja korjuun suorittaja ymmärtää varmasti kysyäkkin ohjeita. Hankaluutta tuottavat laadultaan ja tiheydeltään epämääräiset taimikot. Metsänomistajalle tulisi puukaupan yhteydessä laskelmin osoittaa saavutettavissa olevat hyödyt ja syntyvät lisäkustannukset.

Koneellisessa hakkuussa alikasvoksen varomisen lisäkustannus on sadoissa markoissa hehtaarilla, vastaten yhden - kahden työtunnin hintaa. Yksi ratkaisu ongelmaan on palaaminen moottorisahalla hakkuuseen. Siirtyminen koneellisesta hakkuusta ihmistyöhön tapahtuu ilman lisäkustannuksia vain hyvin pienirunkoisilla harvennuskohteilla. Taimikon varomisesta on korvattava myös ihmistyövaltaisissa hakkuumenetelmissä, mutta prosentuaalinen lisäkustannus on koneellista hakkuuta alhaisempi.

Hakkuukustannusten suhteen edullista osapuumenetelmää käytettäessä kookas taimikko voi aiheuttaa työmaalla erikseen sovittavia työaika- tai urakan hinnoittelukorvauksia. Osin näistä syistä yksi yhdistys soveltaa aikapalkkausta taimistoisilla osapuukohteilla. Metsänomistajan kannalta kallein vaihtoehto olisi osapuuhakkuun vaihtaminen tavaralajimenetelmään. Yhdeksän työmaan keskiarvona haitta oli tässä tutkimuksessa 1 670 mk hehtaarilla. Summa koostui sekä kohonneista korjuukustannuksista että alentuneesta kertymästä.

Toisaalta metsänomistajaa palvelevien tahojen tulisi myös esittää todelliset kustannukset heikkojen alikasvotaimikoiden säästämisestä. Alle tuhannen jäävän taimen tiheydellä säästämisen kustannukset voivat olla liki markan kappaleelta. Jos sama kustannuserä toistuu myöhemmissä hakkuissa, valittu menettely ei ole läheskään aina edullisin uudistamistapa.

Kirjallisuus

- Rajamäki, J., Terävä, J. & Örn, J. 1994. Metsurityöt koneellisen korjuun yhteydessä. Metsätehon katsaus 11/1994.
- Suni, J. 1990. Korjuu-uramenetelmä ylispuiden poistossa. Metsäteknologian opinnäytetyö. Helsingin yliopisto. Moniste.

Metsien runkolukujakauma 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa

Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa

Johdanto

Ensimmäinen valtakunnallinen metsien inventointi tehtiin vuosina 1921–1924. Tällä hetkellä on valmistumassa kahdeksas inventointi. Inventointijulkaisuissa (Ilvessalo 1927, 1942, 1956, 1962, Kuusela 1972, 1978, Kuusela & Salminen 1991) on runsaasti tietoa mm. puuston tilavuudesta ja kasvusta sekä puulajisuhteista ja ikäluokista. Puulajisuhteet perustuvat puuston tilavuuteen ja ikäluokat edustavien valtapuiden ikään. Julkaisuissa on keskitytty käytännön metsätalouden ensisijaisesti tarvitsemiin tuloksiin.

Runkolukujakaumaa inventointijulkaisuissa on käsitelty vain kokonais- tai suuralueittaisina keskiarvoina. Tällöin on pienien puiden lukumäärä todettu moninkertaiseksi isoihin verrattuna (Ilvessalo 1927, 1942, 1956, Salminen 1993). Neljännen inventoinnin runkolukujakauma oli metsikön iästä lähes riippumatta toispuoleinen ja nopeasti suurempiin läpimittaluokkiin päin vähenevä. Ilvessalon (1965) mukaan kehitys ei ollut luontaisen itseharvenemisen ja vielä vähemmän kasvatushakkuin käsitellyn metsikön kehityksen kaltaista. Itse asiassa runkolukujakaumat olivat eri-ikäisrakenteista muistuttavia. Tämä oli yllättävää, sillä suomalaisen metsän rakennetta oli totuttu pitämään tasaikäisenä (Ilvessalo 1920a, b, Lönnroth 1925, Nyyssönen 1954, 1957) jos kohta etenkin kuusella oli havaittu huomattavaa metsiköittäistä ikävaihtelua (Vuokila 1956).

Neljä ensimmäistä inventointia toteutettiin kiinteärajaisiin koealoin. Se mahdollistaa koealakohtaisen tarkastelun ja koealojen metsikkökohtaisuus tarkentaa tulosten tulkintaa. Koealojen systemaattinen otanta puolestaan takaa saatavan tiedon edustavuuden ja niiden runsaus kattavuuden. Näiden koealojen runkolukujakaumia työstäen onkin viime aikoina julkaistu joukko metsiköiden rakennetta koskevia tutkimuksia (Lähde ym. 1991, 1992, Laiho 1992a, 1994a, b, c, Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994). Myös metsiköiden rakenneluokitusta on pyritty tässä yhteydessä kehittämään (Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994, Laiho ym. 1995b). Erityistä huomiota on kiinnitetty metsien luontaisen uudistumisen ja monimuotoisuuden kannalta tärkeään alikasvokseen ja sen esiintymiseen erilaisilla kasvupaikoilla (Laiho 1992b, Laiho ym. 1994, 1995a). Kasvun ja tuotoksen osalta on selvitetty puuston kokojakauman ja lehtipuusekoituksen vaikutusta (Lähde ym. 1994a, b, c). Myös metsiköiden sisäisestä ja vaihtelusta (Laiho 1994b) ja monimuotoisuudesta (Lähde ym. 1995) inventointi tarjoaa tietoa.

Kaikkien mainittujen tutkimusten aineistona olleet inventointien koealakohtaiset runkolukujakaumat ovat olleet tähän asti julkaisematta. Myöskään niiden kasvupaikoittaisia, kehitysluokittaisia ja metsänhoidollisen tilan mukaisia keskiarvojakauksia ei ole julkaistu. Tässä tutkimuksessa esitellään tärkeimmät runkolukutiedot Etelä-Suomen osalta. Esittelyssä rajoitutaan valtakunnan metsien kolmanteen inventointiin.

Aineisto ja menetelmät

Kuviokohtaisen linja-arvioinnin ohella valtakunnan metsien kolmannessa inventoinnissa vuosina 1951–1953 otettiin linjoilta kilometrin välein ns. täyskoeala 0,1 ha ympyräkoelana. Siltä luettiin läpimitaltaan yli 10 cm:n puusto. Kymmentä senttimetriä pienempi puusto mitattiin samankeskiseltä 0,01 ha ympyräkoelalta (Ilvessalo 1951). 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 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.

Koelatiedoista tallennettiin tätä tutkimusta varten mm. metsätyyppi, runkolukujakauma puulajeittain, tilavuus, kehitysluokka, metsänhoidollinen tila ja koealan sijaintitiedot. Etelä- ja Pohjois-Suomen rajausta noudattiin Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan metsälautakuntien etelärajaa. Kasvupaikat ryhmiteltiin metsä- tai suotyypin mukaan. Tutkittavaksi otettiin kaikki metsä- ja kitumaan kasvupaikkatyypit eli silloiset kasvulliset ja huonokasvuiset metsämaat. Kivennäismaat jaettiin seitsemän luokan viljavuussarjaksi. Turvemaista muodostettiin niin ikään seitsemän luokkaa osittain viljavuuden ja osittain kuivatustason mukaan.

Metsikön kehitysvaiheen tunnuksena käytettiin valtapuuston iän asemesta kehitysluokkaa. Luokitus oli inventoinnissa ensimmäistä kertaa käytössä. Kehitysluokkia erotettiin seitsemän. Varttuneeseen metsään luettiin harvennus-, väljennys- ja uudistusmetsiköt sekä metsiköt, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty. Metsänhoidollisen tilan mukaan metsiköt oli jaettu kahdeksaan luokkaan. Luokitusta käytettiin lähes sellaisenaan, mutta pieni yli-ikäismetsiköiden luokka yhdistettiin hoitoa vaille olevien luokkaan.

Täyskoealojen kokonaismäärä ilman kitumaata oli 9 449 kpl (Ilvessalo 1956). Aineistoa käsiteltäessä poistettiin tunnuksiltaan vajaat tai ristiriitaisesti koodatut koealat sekä puuttomat koealat (Laiho ym. 1984). Koealojen puusto oli luettu puulajeittain. Rinnankorkeuden lähtökohtana oli ylin katkaisua häiritsevä juurensaaran niska ja sen puuttuessa alin mahdollinen katkaisukohta tai maan pinta (Ilvessalo 1951). Kahden senttimetrin luokkaväliä käyttäen mitatut läpimitat yhdistettiin yhdeksään 4 cm:n laajuiseen läpimittaluokkaan (1 = 2–6, ... , 9 = > 34 cm). Tuloksia esiteltäessä käytetään myös kolmeen osaan jaettua runkolukujakaumaa: pienikokoinen (2–10 cm), keskikokoinen (10–22 cm) ja isokokoinen puusto (> 22 cm).

Koelatulokset yhdistettiin puulajeittain kasvupaikoittaisiksi, kehitysluokittaisiksi ja metsänhoidollisen tilan mukaisiksi keskimääräisiksi runkolukujakaumiksi (taulukot 2 ja 3). Lisäksi taulukoitiin niiden yhdistelmät (yhteismäärä 224, joista näyte taulukossa 4). Yhdistelmäositteilla pyrittiin mahdollisimman samankaltaisiin ryhmiin, jotta voimakkaasti poikkeavat, esimerkiksi runsaasti alikasvosta sisältävät koealat eivät päässeet vaikuttamaan muihin koealoihin. Se merkitsi keskimäärin 35 koealan ositteita. Suurin osite (kehitysluokaltaan määrittämätön harsien harvennettu tuore kangas) sisälsi yhteensä 599 koealaa. Toisaalta kolmannes ositteista jäi vaille koealaa. Yhden koealan ositteita oli 13 %, 2–4 koealan ositteita 16 %, 5–19 koealan ositteita 20 % ja sitä suurempia ositteita 18 %.

Tulokset

Runkoluku oli koealoilla keskimäärin 1693 kpl/ha (D1,3 > 2 cm; taulukko 2). Kivennäismaalla keskimääräinen runkoluku oli 16 % turvemaata alempi. Runkoluku aleni viljavuuden heiketessä. Karukkokankaalla puuston tiheys oli vain 40 % lehtojen runkoluvusta. Turvemaan ositteista huonokasvuisten rämeiden metsiköissä runkoluku oli alhaisin ja turvekankailla korkein.

Kehitysluokista taimikot olivat puustoltaan tiheintä. Runkoluku aleni johdonmukaisesti metsiköiden varttuessa uudistuskypsiksi. Metsänhoidolliselta tilaltaan hyvä–tydyttävässä metsiköissä runkoluku oli keskimäärin 1689 kpl/ha. Hakkuun viivästyminen hoitoa vaille olevissa metsiköissä ilmeni 27 % suurempana ja lepoa tarvitsevista metsissä 20 % pienempänä tiheytenä. Harsien harvennettu ja jätemetsä olivat harvapuustoisimmat.

Mäntyä oli runkoluvusta keskimäärin 27, kuusta 40 ja lehtipuustoa 34 % ja vastaavasti pohjapinta-alasta 37, 40 ja 23 %. Mänty oli siten selvästi keskimäärää järeämpää ja lehtipuusto pienikokoisinta. Puulajisuhteet vaihtelivat kasvupaikoittain. Kivennäismaista lehtipuusto oli runkoluvulla mitaten yleisin lehtomaisella ja sitä viljavammalla maalla, kuusi tuoreella kankaalla ja mänty sitä karummilla mailla. Turvemaalla lehtipuusto oli vallitseva lukuunottamatta kasvullista korpea (kuusi) ja rämeitä (mänty). Erityisen runsaasti lehtipuustoa oli huonokasvuisessa korvessa ja turvekankaalla. Useimmissa metsänhoidollisen tilan ja kehitysluokan ositteissa kuusi oli yleisin.

Pienimpiä puita, läpimittaluokkaa 2–6 cm, aineistossa oli selvästi eniten, keskimäärin 53 % runkoluvusta. Läpimitan suuressa puiden lukumäärä väheni hyvin johdonmukaisesti siten, että aineiston keskimääräinen runkolukujakauma noudatti käännetyn J:n muotoa. Ositteittainkin tarkastellen runkolukujakauman muoto säilytti poikkeuksetta säännöllisen käännetyn J:n muodon. Kasvupaikka ja metsänhoidollinen tila vaikuttivat jakauman muotoon verrattain vähän. Kehitysluokan vaikutus oli selvästi suurempi. Taimikoita ja ylispuustoisia taimikoita luonnehti pienimpien puiden runsaus ja runkoluvun jyrkkä lasku läpimitan suuressa, väljennys- ja uudistusmetsiä vastaavan kokoluokan niukkuus ja laskun loivuus. Kehitysluokkien sisäistä vaihtelua havainnollistaa taulukko 1. Turvemaalla runkoluku aleni kivennäismaata huomattavasti jyrkemmin läpimitan suuressa. Isokokoista puustoa turvemaalla oli vain niukasti ja pienikokoista oli vastaavasti hyvin runsaasti.

Puustominimin asettaminen tasolle 40 m³/ha (taulukko 3) alensi varttuneiden metsien koealamäärää 22 %. Rajaus nosti runkolukua 6 %. Kuusen osuus lisääntyi ja männyn vastaavasti aleni. Pienimmän (2–6 cm) läpimittaluokan puiden osuus aleni 4 %-yksikköä. Se johtui lähinnä männystä, jolla tämä alenema oli 11 %-yksikköä. Myös taulukoita 2 ja 3 kokonaisuutena tarkastellen merkittävin ero on männyn runkolukujakaumien muodossa. Pientä mäntyä oli erityisen runsaasti taimikoissa ja ylispuustoisissa taimikoissa.

Kun koeala-aineisto luokiteltiin kasvupaikan, kehitysluokan ja metsänhoidollisen tilan yhdistelmäositteisiin (taulukko 4), se aiheutti poikkeamia taulukoiden 2 ja 3 esittelemästä runkolukujakauman vakaasta käännetyn J:n muodosta. Yhden koealan sisältävistä ositteista huomattava osa oli sellaisia, joissa pienin (2–6 cm) läpimittaluokka ei ollut runkoluvultaan suurin. Tämä on nähtävissä myös taulukosta 1. Ositteen koostuessa 5–19 koealasta vastaavaa poikkeavuutta esiintyi kolmella prosentilla. Sitä suuremmissa ositteissa runkoluku aleni pienemmästä läpimittaluokasta seuraavaksi suurempaan siirryttäessä poikkeuksetta.

Taulukko 1. Systemaattinen näyte eri kehitysluokkien koealojen runkolukujakaumasta (D1,3, cm; kpl/ha). V = puuston tilavuus, m³/ha, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha. K = kehitysluokka, jossa: A = uudistusala, B = taimikko, C = ylispuustoinen taimikko, D = harvennusmetsä, E = väljennysmetsä, F = uudistuskypsä metsä, G = määrättämätön. M = kasvupaikkatyyppi, jossa: 2 = lehtomainen kangas, 3 = tuore kangas, 4 = kuivahko kangas, 5 = kuiva kangas, 8 = kasvullinen korpi, 10 = kasvullinen räme, 11 = huonokasvuinen räme. T = metsänhoidollinen tila, jossa: a = hyvä - tyydyttävä, b = hoitoa vailla - yll-ikäinen, d = harsien harvennettu, e = jättemetsä.

K	M	T	V	W	Mänty					Kuusi					Lehtipuusto					Kokko puusto																								
					2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34	Yht.	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34	Yht.	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	34	Yht.										
A	3	b	12b	16,6	0	0	30	60	140	20	0	0	0	250	200	400	110	130	100	10	0	0	0	950	0	0	0	0	0	0	0	0	200	400	140	190	240	30	0	0	0	1200		
A	5	b	49	7,6	200	0	20	50	50	30	30	0	10	350	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	20	0	0	0	0	120	300	0	40	50	50	30	0	10	510			
A	4	b	18	3,3	100	100	0	0	20	10	10	0	0	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	100	100	0	0	20	10	10	0	10	250		
A	4	a	31	3,7	0	0	0	0	20	40	20	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	40	20	0	0	80		
A	8	a	3	0,3	0	0	0	0	10	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	10	0		
B	2	b	48	16,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11400	500	0	0	0	0	0	0	11900	11400	500	0	0	0	0	0	0	0	11900	
B	4	a	27	7,4	800	300	80	0	0	0	0	0	0	1180	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	20	0	0	0	1020	3800	300	100	0	0	0	0	0	0	4200		
B	4	a	33	9,0	1100	1100	180	0	0	0	0	0	0	2380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1100	1100	180	0	0	0	0	0	2380			
B	4	a	3	1,4	300	0	0	0	0	0	0	0	0	300	700	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	100	1100	0	0	0	0	0	0	0	0	1100			
B	4	b	2	0,9	300	100	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	100	0	0	0	0	0	0	400				
C	3	b	90	18,7	400	100	20	30	30	10	20	0	0	630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7700	400	0	10	0	0	8110	8100	500	20	30	40	10	30	20	0	8750		
C	3	b	84	16,6	100	0	10	10	10	0	10	0	0	140	1200	0	10	20	0	0	0	0	0	0	1230	300	500	60	70	40	10	30	20	30	1060	1600	500	80	100	50	10	40	20	2430
C	11	b	15	4,7	200	200	90	40	10	0	0	0	540	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	1000	1200	200	90	40	10	0	0	0	1540			
C	4	a	22	4,0	200	0	40	20	0	30	0	0	0	290	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	200	100	30	10	0	0	340	600	100	70	30	0	30	0	0	830			
C	11	b	5	1,0	300	0	10	0	10	0	0	0	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300	100	0	10	0	10	0	0	320				
D	3	a	87	23,1	300	200	80	0	0	0	0	0	0	580	6500	800	260	0	0	0	0	0	0	0	7560	1400	100	160	80	0	0	1740	8200	1100	500	80	0	0	0	0	0	9880		
D	10	b	60	14,3	0	0	160	90	20	0	0	0	270	0	1100	1100	60	10	0	0	0	0	0	0	2270	100	400	10	0	0	0	510	1200	1500	230	100	20	0	0	0	3050			
D	2	a	144	23,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	700	160	240	60	40	20	40	1800	200	0	20	0	0	0	0	220	700	180	240	60	40	20	40	20	2070				
D	11	b	14	4,4	0	0	40	0	0	0	0	0	40	0	200	100	0	0	0	0	0	0	0	300	600	400	40	0	0	0	1040	800	500	80	0	0	0	0	0	1380				
D	11	a	7	2,4	400	200	40	10	0	0	0	0	0	650	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	200	600	200	40	10	0	0	0	850				
E	11	a	37	13,7	3400	800	190	50	10	0	0	0	0	4450	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1300	0	30	0	0	0	1330	4700	800	220	50	10	0	0	0	5780				
E	4	b	186	24,7	200	800	270	140	120	60	30	20	40	1680	0	0	10	0	0	0	0	0	0	10	100	0	20	0	0	0	120	300	800	290	150	120	60	30	20	40	1810			
E	10	a	60	11,6	0	0	90	60	50	0	0	0	200	0	400	300	100	30	50	40	70	20	1010	100	0	0	0	0	0	0	100	500	200	240	230	70	10	0	0	1250				
E	3	a	172	18,0	0	100	40	130	70	40	40	0	10	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	40	100	80	30	0	450	100	200	80	230	150	70	40	10	880			
E	3	a	237	20,7	100	0	0	0	60	30	70	100	10	370	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	190	200	0	0	0	0	90	80	100	10	560			
F	2	a	97	19,2	100	100	20	0	0	0	0	0	0	230	2000	600	40	50	40	30	20	20	2820	2400	0	0	0	0	0	0	2400	4500	700	60	50	40	30	20	30	20	5450			
F	4	b	107	17,1	0	0	20	10	40	20	0	0	110	0	300	700	210	180	70	0	0	0	1460	0	0	30	20	10	0	0	60	300	700	260	210	110	30	20	0	0	1630			
F	3	b	98	13,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400	300	100	30	50	40	70	20	1010	100	0	0	0	0	0	100	500	300	100	30	50	40	70	20	1110					
F	4	a	73	7,9	0	0	0	0	0	0	0	0	90	0	500	100	30	10	0	10	0	0	650	0	0	0	0	0	0	0	500	100	30	10	0	30	40	30	0	740				
F	2	a	109	13,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	120	50	80	60	10	430	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	120	50	80	60	10	0	430					
G	3	d	109	17,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	800	110	110	70	50	30	0	4170	0	0	10	0	0	0	0	3000	800	120	110	70	50	30	0	0	4180				
G	2	d	87	14,3	0	0	20	30	20	50	30	0	150	0	700	100	110	130	40	10	0	0	1090	700	0	10	0	10	0	0	730	1400	100	140	160	70	70	30	0	1970				
G	4	e	67	12,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500	100	540	90	0	0	0	0	1240	0	0	120	30	20	0	0	170	500	100	660	120	30	0	0	0	1410				
G	3	d	118	14,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	190	220	140	60	0	0	710	200	0	0	0	0	0	200	200	100	190	220	140	60	0	0	910					
G	3	d	82	11,6	0	0	50	50	70	40	0	0	210	0	0	0	30	60	40	10	0	0	140	0	0	10	40	0	40	0	0	90	150	110	90	0	0	0	440					

Taulukko 2. Runkoluuvun (kpl/ha) jakautuminen läpimittaluokkiin (D1,3, cm) kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m³/ha, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha. O = kasvupaikkaluokan, kehitysluokan ja metsänhoidollisen tilan yhteisositte, jossa: 1 = lehto, 2 = lehtomainen kangas, 3 = tuore kangas, 4 = kuivahko kangas, 5 = kuiva kangas, 6 = karukokkangas, 7 = kalliomaa, 8 = kasvullinen korpi, 9 = huonokasvuinen korpi, 10 = kasvullinen räme, 11 = huonokasvuinen räme, 12 = ojikko tai muuttuma, 13 = mustikkaturvekangas tai viljavampi, 14 = puolukkaturvekangas tai karumpi, 15 = kivennäismaat, 16 = turvemaat, 17 = yhteensä, A = uudistusala, B = taimikko, C = ylispuustoinen taimikko, D = harvennusmetsä, E = väljennysmetsä, F = uudistuskypsä metsä, G = määrättämätön, a = hyvä - tyydyttävä, b = hoitoa vailla - yli-ikäinen, c = lepoa tarvitseva, d = harsien harvennettu, e = jätemetsä, f = väärä puulaji, g = muu uusittava.

O	N	V	Mänly																	Kuusi																	Lehtipuusto																	Koko puusto																	Yhl.
			2-6	10	14	18	22	26	30	34	>34	Yhl.	2-6	10	14	18	22	26	30	34	>34	Yhl.	2-6	10	14	18	22	26	30	34	>34	Yhl.	2-6	10	14	18	22	26	30	34	>34	Yhl.																													
1	109	90	14,6	24	19	11	10	7	6	3	2	88	334	138	52	37	29	17	10	4	2	624	1373	358	88	46	29	12	5	1	2	1916	1730	515	151	96	65	36	21	8	6	2628																													
2	1199	118	16,3	31	19	16	17	16	14	9	4	2	128	337	159	97	70	48	30	14	6	2	763	598	168	72	46	29	14	5	2	1	934	967	346	185	132	92	59	28	11	5	1825																												
3	2495	111	15,9	57	35	32	30	27	21	10	4	2	218	406	202	121	82	48	24	9	3	1	894	314	110	59	39	22	9	3	1	0	557	777	346	213	151	96	54	22	7	3	1670																												
4	2064	89	13,3	253	128	82	65	51	35	15	5	2	635	318	147	77	40	18	7	2	1	0	610	160	52	27	16	7	3	1	0	0	267	731	327	186	121	77	45	17	5	2	1512																												
5	241	54	9,5	706	249	125	68	41	24	10	4	1	1228	76	27	13	6	3	1	0	0	0	126	71	21	8	5	2	1	0	0	0	108	852	296	147	79	46	26	11	4	1	1462																												
6	7	17	41	657	230	46	21	4	0	9	0	0	967	14	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	700	259	59	27	6	0	9	0	0	1059																												
7	417	42	8,1	251	141	84	59	38	22	7	2	1	604	106	52	24	12	6	2	0	0	0	202	152	33	18	8	3	1	0	0	0	215	509	226	125	78	47	25	8	2	1	1021																												
8	642	73	13,2	95	52	29	20	11	6	2	1	0	215	662	314	158	72	31	12	4	1	0	1253	619	185	73	31	11	4	1	0	0	925	1376	551	260	123	52	22	7	2	1	2393																												
9	109	39	8,5	104	48	22	7	3	1	0	0	0	186	294	107	41	19	7	3	0	1	0	471	1143	315	93	36	12	3	1	0	0	1603	1540	469	156	62	22	7	2	1	0	2760																												
10	341	43	8,9	411	172	81	44	22	11	4	1	1	747	296	109	46	16	5	2	0	0	0	475	465	122	41	12	2	1	0	0	0	644	1173	403	168	72	30	14	5	1	1	1865																												
11	761	17	4,5	601	215	74	25	10	3	1	0	0	930	64	14	4	1	0	0	0	0	0	84	173	38	8	1	0	0	0	0	221	839	267	86	28	10	3	1	0	0	1235																													
12	370	48	10,1	454	185	84	35	16	6	2	0	0	782	327	134	48	21	7	3	1	0	0	542	702	193	77	25	6	2	0	0	0	1005	1483	512	210	81	29	10	3	1	0	2328																												
13	40	96	17,3	73	75	60	33	22	8	8	0	0	279	360	240	89	50	27	14	4	1	0	785	988	438	184	81	29	7	1	0	0	1276	1420	753	332	163	79	29	13	1	1	2790																												
14	16	81	15,1	231	225	118	62	37	18	4	2	0	697	313	50	41	18	5	0	0	0	0	426	956	494	149	47	16	5	0	1	0	1668	1500	769	308	126	58	23	4	3	0	2790																												
15	6552	96	14,4	151	76	52	42	34	24	11	4	2	394	333	159	91	58	33	17	8	2	1	702	315	98	47	30	17	8	2	1	0	518	798	333	190	130	84	49	20	7	3	1614																												
16	2279	45	9,0	371	148	62	28	13	6	2	0	0	629	328	141	64	28	11	5	2	0	0	579	495	140	51	19	6	2	0	0	0	713	1193	429	177	75	30	12	4	1	0	1920																												
17	8831	84	13,0	208	95	54	28	18	9	3	1	455	331	155	84	51	28	14	5	2	1	0	670	361	109	48	27	14	6	2	1	0	568	900	358	187	116	70	39	16	5	2	1693																												
A	162	35	5,0	66	23	11	11	13	13	8	4	2	151	123	49	23	11	7	5	2	1	0	220	114	17	10	7	5	2	1	0	0	157	303	88	44	28	26	20	11	5	3	528																												
B	381	20	5,9	892	221	33	6	1	0	0	0	0	1153	394	71	12	4	1	0	0	0	0	482	952	120	12	3	0	0	0	0	0	1087	2238	411	57	12	3	1	0	0	0	2722																												
C	383	38	7,0	586	100	33	15	10	8	6	3	2	762	296	69	25	11	6	4	2	1	0	415	372	66	21	9	6	3	1	1	0	479	1253	235	79	34	22	15	10	5	3	1657																												
D	2948	83	13,9	889	164	92	53	30	16	5	1	0	651	386	182	94	51	24	9	3	1	0	751	414	158	69	32	13	5	1	0	0	693	1093	504	255	137	66	30	10	3	1	2095																												
E	1212	126	16,6	85	59	53	55	52	40	20	6	2	372	223	125	82	60	38	21	8	3	1	561	173	72	45	34	21	10	3	1	0	359	482	256	179	149	111	71	31	10	3	1292																												
F	885	117	15,2	61	36	28	24	27	26	17	6	3	228	284	139	88	65	46	31	15	6	2	677	154	48	30	23	15	8	3	1	1	283	498	224	146	113	88	65	35	13	6	1188																												
G	2630	77	12,1	85	42	33	28	24	17	7	2	1	239	345	174	96	56	30	14	5	1	1	722	387	102	45	26	15	7	2	1	0	586	818	318	173	110	69	38	14	4	2	1546																												
a	4103	90	13,5	276	128	67	44	32	22	11	3	1	583	285	131	75	48	29	15	6	2	1	592	323	100	45	25	13	6	2	1	0	514	883	359	187	117	73	43	18	6	2	1689																												
b	1448	94	14,7	161	107	61	41	28	19	9	4	2	532	488	202	96	53	25	12	5	2	1	885	447	167	35	16	7	2	1	0	0	722	1190	462	226	128	69	38	17	6	4	2139																												
c	585	60	10,0	181	79	51	37	24	16	6	2	1	396	223	110	62	38	20	9	3	1	0	467	322	96	39	21	10	4	1	0	0	494	725	285	152	96	54	29	10	3	1	1357																												
d	1688	86	13,0	81	49	40	36	31	22	8	2	1	270	352	176	101	60	34	16	5	2	1	747	238	74	43	28	16	7	2	1	0	409	670	299	184	124	81	45	16	5	2	1427																												
e	411	37	6,9	90	25	17	12	10	6	2	1	0	163	293	142	66	30	12	6	2	1	0	553	386	90	33	15	7	3	1	0	0	536	769	257	117	58	29	15	5	2	1	1252																												
f	368	80	13,3	57	17	12	10	8	4	2	1	0	128	462	266	146	85	41	20	5	1	0	1027	613	164	46	25	13	6	2	1	0	870	1132	446	209	121	64	33	12	4	2	2025																												
g	226	57	10,7	105	37	27	20	16	10	6	2	1	224	158	69	39	23	11	5	2	1	1	310	1117	224	71	39	24	10	3	1	1	1490	1380	330	137	82	51	26	12	5	3	2024																												

Taulukko 3. Runkoluvun (kp/ha) jakautuminen läpimittaluokkiin (D1,3, cm) varttuneissa metsissä (puuston tilavuus vähintään 40 m³/ha) kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja metsänhoidollisen tilan mukaan. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m³/ha, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha. O = kasvupaikkaluokan, kehitystuokan ja metsänhoidollisen tilan yhteisositte, jossa: 1 = lehto, 2 = lehtomainen kangas, 3 = tuore kangas, 4 = kuivahko kangas, 5 = kuiva kangas, 6 = karukko kangas, 7 = kalliomaa, 8 = kasvuinen korpi, 9 = huonokasvuinen korpi, 10 = kasvuinen räme, 11 = huonokasvuinen räme, 12 = ojikko tai muuttuma, 13 = mustikkaturvekangas tai viljavampi, 14 = puolukkaturviekangas tai karumpi, 15 = kivemäismaat, 16 = turvemaat, 17 = yhteensä, D = harvennusmetsä, E = väljennysmetsä, F = uudistuskyypä metsä, G = määrättämätön, a = hyvä - tyydyttävä, b = hoitoa vailla - yli-ikäinen, c = lepoa tarvitseva, d = harsien harvennettu, e = jätemetsä, f = väärä puulaji, g = muu uusittava.

Läpimittaluokat

O	N	V	W	Lehtipuusto													Yht	2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	Yht																	
				2-6	-10	-14	-18	-22	-26	-30	-34	>34	Koko puusto																															
1	86	102	156	29	19	13	12	8	8	7	3	2	101	233	120	58	42	33	21	13	5	2	527	1021	352	105	59	36	14	6	1	2	1597	1283	491	176	113	78	43	25	10	5	2274	
2	1050	129	176	20	16	16	18	17	16	10	4	2	119	321	170	106	77	53	34	16	6	3	786	527	167	77	50	31	16	5	2	1	875	868	352	199	145	102	65	31	12	5	1780	
3	2178	121	171	41	33	34	33	30	23	11	4	2	212	413	215	133	91	53	26	9	3	1	944	261	109	64	43	34	10	3	1	1	516	715	357	231	167	107	60	24	8	3	1672	
4	1608	106	155	172	126	96	80	64	42	18	5	2	605	348	170	90	49	22	9	2	1	0	691	137	55	32	19	9	4	1	0	0	256	657	351	218	147	94	55	21	6	2	1551	
5	136	77	12,7	471	297	174	100	64	37	15	5	1	1163	102	39	17	8	4	2	0	0	0	173	51	21	11	7	2	1	0	0	0	94	624	357	201	115	71	40	15	5	1	1429	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	194	64	11,2	195	165	102	82	58	34	11	3	1	651	147	78	31	18	10	3	1	0	0	287	120	38	25	14	5	2	0	0	0	203	461	282	158	113	73	39	12	3	1	1142	
8	463	90	15,6	53	48	32	25	14	8	3	1	0	184	681	359	191	91	40	16	5	1	0	1384	554	208	91	39	14	5	1	0	0	912	1288	614	314	155	68	29	9	2	1	2480	
9	38	76	14,9	55	34	18	10	6	1	1	1	0	126	347	171	78	42	17	7	1	2	1	665	1555	542	174	83	29	8	3	0	1	2395	1958	748	269	135	52	16	4	2	1	3186	
10	140	70	13,1	269	201	116	76	41	20	7	2	1	731	362	143	69	29	10	4	1	0	0	618	327	179	66	22	4	1	0	0	0	799	1158	522	251	127	54	25	8	2	1	2148	
11	64	62	12,3	542	348	191	101	51	18	5	1	0	1258	169	70	17	7	4	1	0	0	0	265	341	147	47	9	1	0	0	0	545	1052	566	255	117	53	19	5	1	0	2067		
12	162	84	15,7	212	152	104	57	30	12	3	1	0	571	505	241	96	43	15	7	2	1	0	909	801	334	145	50	13	3	1	0	0	1345	1518	727	344	150	58	21	6	1	0	2826	
13	34	107	18,4	65	79	66	37	25	8	9	0	0	289	409	282	101	56	29	17	4	1	0	899	726	415	200	91	32	7	1	0	0	1472	1200	776	367	183	86	32	14	1	0	2861	
14	10	111	19,7	200	260	145	75	49	24	7	2	0	762	350	80	45	12	6	0	0	0	0	493	1140	720	212	67	26	8	0	1	0	2174	1690	1060	402	154	81	32	7	3	0	3429	
15	5252	115	16,4	94	70	55	48	39	28	13	4	2	353	354	181	106	70	40	21	8	3	1	784	278	103	54	35	24	9	3	1	0	503	726	354	216	152	99	58	24	8	3	1640	
16	911	84	15,1	151	114	71	44	24	11	4	1	0	470	537	271	133	63	26	11	3	1	0	1045	633	249	102	40	13	4	1	0	0	1043	1321	633	306	147	63	26	8	2	1	2508	
17	6163	110	16,2	102	76	58	47	37	26	12	4	2	363	381	194	110	69	38	19	7	2	1	822	331	125	61	36	19	8	2	1	0	583	814	395	229	152	94	53	21	7	3	1768	
D	2124	107	17,2	187	148	98	65	39	21	7	2	1	568	485	236	125	69	32	13	4	1	0	966	442	193	89	43	18	6	2	0	0	793	1115	576	313	178	89	40	13	4	1	2328	
E	1067	140	18,2	45	45	49	57	57	44	22	7	2	379	246	139	91	68	43	24	9	3	1	624	182	78	50	39	24	12	3	1	0	388	473	261	190	163	124	79	35	11	4	1341	
F	780	129	16,5	40	26	24	24	28	28	18	7	4	199	302	150	96	73	52	35	17	6	3	734	150	51	32	26	16	9	4	1	1	289	491	227	153	123	97	72	39	15	7	1233	
G	2192	92	14,1	69	40	34	32	29	20	8	3	1	238	374	197	110	67	37	18	6	2	1	811	359	108	51	31	18	8	2	1	1	579	802	344	195	131	84	46	17	5	3	1628	
a	2752	125	17,5	117	98	72	56	44	30	15	5	2	439	343	176	106	70	42	22	9	3	1	772	294	117	61	36	18	8	2	1	0	539	755	392	238	162	105	61	26	8	3	1539	
b	980	123	18,4	142	102	70	52	36	24	12	4	3	447	548	259	132	73	34	17	6	3	1	1072	371	184	90	47	21	9	3	1	1	777	1061	545	282	172	92	50	21	8	4	2028	
c	370	85	13,4	68	61	56	47	34	23	9	2	1	321	274	144	85	56	31	14	5	2	1	611	332	118	53	31	17	2	1	0	459	694	323	193	135	80	44	15	5	2	2288		
d	1488	94	14,0	68	44	40	38	34	24	9	3	1	261	367	189	107	65	37	18	6	2	1	792	243	77	46	30	18	8	2	1	0	425	678	310	192	134	90	50	17	5	2	0	
e	161	61	10,4	60	25	18	19	19	11	4	1	1	158	314	162	87	49	23	12	5	1	1	654	506	125	48	26	13	6	2	0	1	727	881	312	153	94	55	29	10	3	2	0	
f	291	96	15,2	45	15	17	14	12	9	5	2	1	1196	523	315	172	102	51	24	6	2	1	1196	435	170	52	29	15	7	3	1	1	712	1003	500	241	144	78	40	14	5	3	0	
g	147	76	13,7	93	29	29	25	22	14	9	3	1	225	176	91	51	30	14	8	4	2	1	378	1226	264	90	51	31	15	4	2	2	1686	1496	384	170	107	67	37	17	6	5	0	

Taulukko 4. Runkoluvun (kpl/ha) jakautuminen läpimittaluokkin (D1,3; cm) vartuuneissa metsissä (puuston tilavuus vähintään 40 m³/ha) kehitysluokan ja metsänhoitollisen tilan yhdistelmäosittain. N = koealojen lukumäärä, V = puuston tilavuus, m³/ha, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha, O = yhdistelmäosite, jossa: D = harvennusmetsä, E = väljennysmetsä, F = uudistuskypsä metsä, G = määrittämätön, a = hyvä - tyydyttävä, b = hoitoa vailla - ylikäinen, c = lepoa tarvitseva, d = harsien harvennettu, e = jätemetsä, f = väärä puulaji, g = muu uusittava.

0	N	V	W	Läpimittaluokat										Lehtipuusto										Kokopuusto																			
				2-6	10-14	18-22	26-30	34 >34	Yht	2-6	10-14	18-22	26-30	34 >34	Yht	2-6	10-14	18-22	26-30	34 >34	Yht	2-6	10-14	18-22	26-30	34 >34	Yht																
				Mänty										Kuusi																													
				Lehtomaiset kankeat										Kuivat kankeat																													
Da	221	138	194	25	24	23	26	21	16	8	3	0	146	390	237	152	106	62	31	12	4	1	986	502	210	109	63	35	14	4	1	937	917	471	284	195	118	61	24	8	2	2079	
Db	78	130	200	55	62	48	36	27	14	6	3	1	250	728	335	156	87	39	19	6	2	1	1373	636	287	149	76	31	11	3	1	1195	1417	683	353	199	97	44	16	6	3	2818	
Dc	23	89	145	26	22	27	19	12	10	2	0	144	252	183	86	59	34	15	7	3	1	639	783	152	100	62	29	11	3	0	0	1140	1061	357	212	147	82	37	20	5	1	1922	
Ea	138	175	207	4	7	16	24	27	19	8	3	109	286	127	105	98	77	51	25	8	3	779	233	67	53	50	34	20	6	2	1	466	520	198	165	163	135	98	50	18	7	1354	
Eb	26	188	239	4	4	10	16	12	14	12	6	4	82	231	177	153	114	72	33	12	7	2	800	200	138	112	113	83	41	17	4	1	709	435	319	275	243	167	88	40	17	7	1590
Ec	23	115	157	35	13	11	13	16	14	8	3	131	174	122	57	48	41	31	16	7	3	498	230	130	63	41	38	24	5	2	0	533	439	265	138	100	93	71	35	16	6	1163	
Fa	108	165	191	6	4	6	7	11	10	5	3	55	299	122	90	83	75	65	40	17	6	798	225	40	24	29	25	16	5	2	1	368	531	166	118	118	108	92	55	25	10	1271	
Fb	29	167	197	3	10	9	11	13	14	14	6	5	88	217	128	84	61	48	48	30	19	12	647	299	90	48	38	21	16	8	6	6	531	519	278	142	110	83	78	52	30	23	1265
Fc	4	113	139	0	0	0	0	0	0	0	0	3	175	100	40	28	55	60	48	13	3	520	475	175	38	8	13	0	8	0	723	650	275	78	35	63	75	48	20	3	1245		
Ga	10	138	190	0	30	27	25	41	37	18	7	0	185	340	100	62	61	57	19	11	3	1	654	740	240	100	47	46	21	5	0	1199	1080	370	189	133	144	77	34	10	1	2038	
Gb	9	182	224	0	0	7	3	6	2	0	4	29	611	211	110	94	71	47	24	14	17	1200	400	289	98	59	50	24	6	2	1	929	1011	500	214	160	124	77	32	17	22	2158	
Gc	2	88	123	0	0	10	15	20	15	10	0	70	400	150	10	5	5	5	5	0	5	585	550	400	55	20	55	35	5	0	0	1120	950	550	75	40	80	55	20	0	5	1775	
Gd	256	103	145	12	8	11	13	15	14	8	3	1	84	289	161	102	69	49	32	11	4	2	718	344	89	55	41	29	13	5	1	578	648	258	168	123	92	59	23	8	4	1380	
Ge	31	64	105	68	19	10	12	11	9	5	3	1	137	219	123	53	37	19	11	7	4	2	475	910	139	48	34	15	12	4	0	1162	1197	281	111	83	45	32	16	6	3	1774	
Gf	33	79	139	12	3	10	9	12	15	11	5	6	83	112	36	10	3	4	3	1	0	0	169	1767	667	106	35	24	18	8	4	2	2631	1891	706	126	48	40	35	20	9	8	2883
Gg	59	71	139	59	19	27	22	18	13	9	2	2	170	88	73	34	22	12	7	5	2	1	245	1873	417	99	41	24	11	5	2	3	2475	2020	509	160	85	54	31	19	6	5	2889
Kesk.	1050	129	17,6	20	16	16	18	17	16	10	4	2	119	321	170	106	78	53	34	16	6	3	786	527	167	77	50	31	16	5	2	1	875	868	353	199	145	102	65	31	12	5	1780
Da	33	69	129	733	630	278	105	54	17	3	2	0	1822	39	6	8	4	1	1	0	0	0	59	52	15	9	6	1	0	0	0	0	83	824	652	295	115	56	18	4	2	0	1964
Db	16	64	123	1169	600	249	78	26	14	8	6	3	2151	25	13	7	5	1	1	0	0	0	51	75	13	10	4	2	1	0	0	0	104	1269	625	266	87	28	15	8	6	3	2306
Dc	7	68	112	314	171	251	159	61	17	10	1	0	986	43	0	9	0	1	1	0	0	0	54	29	0	4	6	0	0	0	0	0	39	386	171	264	164	63	19	10	1	0	1079
Ea	19	108	154	174	116	122	132	108	83	27	8	2	771	11	11	6	3	3	0	1	0	37	16	37	7	6	1	0	0	0	0	66	200	163	135	141	112	86	27	9	2	874	
Eb	4	101	160	225	300	305	163	88	48	25	3	0	1155	0	0	8	5	3	0	0	0	20	0	0	3	8	3	0	0	0	0	13	225	300	315	175	93	48	30	0	0	1188	
Ec	3	53	105	633	367	183	113	47	20	7	0	0	1370	0	0	7	0	0	0	0	0	7	200	33	10	7	0	0	0	0	0	0	290	833	400	200	120	47	20	7	0	0	1627
Fa	8	88	128	100	75	79	88	71	68	33	16	1	530	13	10	15	8	4	0	0	0	61	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	113	88	89	103	79	71	33	16	1	591	
Fb	6	76	104	167	117	82	50	53	50	37	2	0	557	0	17	25	2	2	0	0	0	45	0	0	18	7	10	5	0	0	0	40	167	133	125	58	65	55	37	0	0	642	
Gb	4	111	153	350	75	90	75	55	68	30	33	15	790	50	25	0	3	3	0	0	0	80	50	0	15	13	8	3	0	0	0	88	450	100	105	90	65	70	30	33	15	958	
Gd	26	66	103	208	69	98	100	83	38	15	2	0	614	77	12	8	2	0	0	0	0	127	12	0	0	11	8	3	2	0	0	36	296	96	121	116	89	40	15	2	1	776	
Ge	3	62	124	167	133	57	57	33	13	3	0	0	463	833	300	57	20	43	70	0	0	0	1280	133	233	27	0	0	0	0	0	0	393	1133	667	140	77	77	33	10	0	2137	
Gf	6	77	153	417	50	62	28	27	13	12	3	0	612	1150	467	162	58	25	15	0	0	3	1880	350	83	33	27	5	2	3	0	0	503	1917	600	257	113	57	30	15	3	2995	
Gg	1	67	118	1200	200	60	70	60	20	0	0	0	1610	0	0	10	0	0	0	0	0	100	70	80	30	10	0	0	0	0	0	290	1200	300	140	150	90	30	0	0	1910		
Kesk.	136	77	12,7	471	297	174	100	64	35	15	5	1	1163	102	39	17	8	4	2	0	0	0	173	51	21	11	7	2	1	0	0	94	624	357	201	115	71	40	15	5	1	1429	

Tulosten tarkastelu

Pienien puiden pohjapinta-ala ja tilavuus ovat niin vähäiset, ettei suurikaan yksilömäärä merkitse näitä tunnuksia käytettäessä juuri mitään (Salminen 1993). Kuitenkin pienillä puilla on suuri merkitys esimerkiksi luontaisen uudistamisen ja metsien monimuotoisuuden kannalta (Laiho ym. 1995a, Lähde ym. 1995). Siksi inventointitulosten raportointi edellyttää myös runkolukujakaumien tarkastelua.

Suurella metsäalueella pieniä puita on aina enemmän kuin kookkaita, jos taimikon osuus metsäalasta on läheskään varttuneen metsän suuruinen (Smith 1962). Suomessa oli valtakunnan metsien ensimmäisen inventoinnin aikaan vuosina 1921–24 läpimitaltaan 0–5 cm olevia puita 53 % runkoluvusta (Ilvessalo 1927), vuosina 1960–62 Etelä-Suomessa 56 % (Ilvessalo 1962) ja Ruotsissa 57 % vuosina 1938–1952 (Nilsson & Östlin 1961). Tilanne oli sama puulajeittain, joskin pienien puiden osuus männyllä oli kuusta ja etenkin lehtipuustoa pienempi.

Tässä tutkimuksessa laskettu kolmannen inventoinnin (vuosina 1951–1953) tulos läpimittaluokassa 2–6 cm oli Etelä-Suomen varttuneissa metsissä 46 %, puuston tilavuuden ollessa vähintään 40 m³/ha. Ilman puustorajoitusta vastaava osuus oli 50 % ja ilman kehitysluokkarajoitusta eli koko aineistolle 53 %. Se vastaa edellä esitettyjä osuuksia, sillä aineistosta puuttuivat 2 cm pienemmät puut. Sittemmin on hehtaarikohtainen runkoluku noussut yli 3000:n ja läpimittaluokan 0–4,5 cm osuus yli 62 %:in (Salminen 1993). Runkolukusarjojen laskeminen pienemmille ositteille, esimerkiksi kasvupaikoittain, kehitysluokittain ja niiden tärkeimmille yhdistelmille, antaisi arvokasta tietoa metsissämme tällä vuosisadalla tapahtuneista muutoksista. Näin tultaneen raportoinnissa jatkossa tekemäänkin. Erityisen mielenkiintoista olisi tuntea esimerkiksi nuorennoksen esiintyminen ja kehitys varttuneissa metsissä.

Ensimmäisissä neljässä inventoinnissa käytettiin kiinteäläisiä, joskin vaihtelevan kokoisia koaloja, kolmannessa inventoinnissa vieläpä metsikkökohtaisina. Ne ovat mahdollistaneet runkolukujakaumien ja metsikkörakenteiden koalakohtaisen tarkastelun ja siten inventointiaineiston tehokkaan hyödyntämisen. Neljässä viimeisessä inventoinnissa on puiden rajoituksessa käytetty relaskooppiotantaa. Pysyvien koalojen myötä yhdeksännessä inventoinnissa palataan koalojen kiinteäläisyyden myötä juurille ja astutaan koalojen pysyvyyden mukana harppaus eteenpäin.

Kirjallisuus

- Ilvessalo, Y. 1920a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. Acta Forestalia Fennica 15:1–157.
- Ilvessalo, Y. 1920b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. Acta Forestalia Fennica 15:1–94.
- Ilvessalo, Y. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921–1924. Communicationes Instituti Forestalis Fennicae 11. 613 s.

- Ilvessalo, Y. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II Valtakunnan metsien arviointi. Summary: The forest resources and the condition of forests of Finland. The second national forest survey. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 30. 446 s.
- Ilvessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third national forest survey in Finland. Plan and instructions for field work. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(3):1–67.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921–24 vuosiin 1951–53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921–24 to 1951–53. The survey based on three national forest inventories. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(1): 1–227.
- Ilvessalo, Y. 1962. IV. Valtakunnan metsien inventointi. I. Maan eteläpuoliskon vesistöalueyryhmät. Summary: The Fourth national forest inventory. I. Southern water area. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 56(1):1–112.
- Ilvessalo, Y. 1965. Metsänarvioiminen. WSOY. 400 s.
- Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964–70 and their development in 1920–70. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 76(5):1–126.
- Kuusela, K. 1978. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1971–1976. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1971–1976. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 93(6):1–107.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1991. Suomen metsävarat 1977–1984 ja niiden kehittyminen 1952–1980. Summary: Forest resources of Finland in 1977–1984 and their development in 1952–1980. *Acta Forestalia Fennica* 220. 84 s.
- Laiho, O. 1992a. 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.
- Laiho, O. 1992b. Understoreys in the forests of Finland. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). *Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992.* Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:100–103.
- Laiho, O. 1994a. Runkolukujakauman ja puulajisuhteiden kehitys 1950-luvulta 1980-luvulle Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:129–139.
- Laiho, O. 1994b. Varttuneiden metsiköiden erakenteisuus Etelä-Suomessa 1950-luvun alussa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:129–139.
- Laiho, O. 1994c. Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:148–154.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:90–128.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995a. Alikasvos metsien uudistumispotentialina. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:70–76.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995b. Metsikön rakenne ja terminologiaa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:59–69.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scand. J. For. Res.* 6:527–537.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. Julkaisussa: *Silvicultural alternatives, (Hagner, M. toim.). Proceedings from an internordic workshop June 22–25 1992.* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35:58–65.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994a. Structure and yield of all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites. *Annales des Sciences Forestières*, 51(2):97–109.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. *Annales des Sciences Forestières*, 51(2):111–120.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994c. Tree and stand increment in all- and even-sized mixed stands. Julkaisussa: *Mixed stands. Proceedings from the symposium of the IUFRO working groups (M. E. Pinto da Costa & T. Preuhler, toim.). April 25–29, 1994 in Lousa/Coimbra Portugal.* ss. 147–157.

- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995. Metsikön ja metsiköiden välisen monimuotoisuuden määrittely. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:86–94.
- Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 30(1):1–269.
- Nilsson, N.-E. & Östlin, E. 1961. Rikskogstaxeringen 1938–1952. Statens skogsforskningsinstitut, avdelningen för skogstaxering. Rapport 2.
- Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:54–89.
- Nyyssönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 60(4):1–194.
- Nyyssönen, A. 1957. Kasvu- ja rakenneoppia. *Metsäkäsikirja* 2: 170–178. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusiköiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. *Communicationes Instituti forestalis Fenniae* 48(1):1–38.

Metsikön rakenne ja terminologiaa

Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa

Tarvitaanko rakenneluokitusta

Ensimmäiset suomalaiset rakennetutkimukset kohdistettiin puhtaisiin, mahdollisimman tasaikäisiin metsiköihin (Ilvessalo 1920a, b, Lönnroth 1925). Näiden ns. luonnnonnormaalien metsiköiden runkolukusarja muistutti etenkin varttuneessa ikävaiheessa normaalijakaumaa. Käytännössä luonnnonnormaalille on tullut lisävaihteeksi normaali luonnossa. Tämäkin lienee osaltaan vaikuttanut siihen, että suomalaista metsää on alettu pitää tasaikäisenä (Nyyssönen 1957). Tätä käsitystä on vahvistanut käytäntö metsikön iän määrittämiseksi lähinnä valtapuuston (Ilvessalo 1951) tai pohjapinta-alan mediaanipuun (Tapion taskukirja 1994) ikänä. Tasaikäismetsän iälle on sallittu huomattava vaihteluväli (Vuokila 1956, Valtakunnan metsien... 1987). Taimikkovaiheen kehityserojen eliminoimiseksi on jouduttu käyttämään taloudellista ikää (Sarvas 1951, Vuokila 1956). Mahdollinen eri-ikäismetsä on kehoitettu kirjaamaan siihen ikäluokkaan, johon pääosa pinta-alasta kuuluu (Ilvessalo 1951, Etelälähti 1957). Taimikot on pyritty muuttamaan tasaikäisiksi ja -kokoisiksi raivauksilla, perkauksilla ja harvennuksilla. Hakkuissa on ollut sotien jälkeisestä ajasta lähtien virallisena käytäntönä alaharvennus (Appelroth ym. 1948) ja lähes yksinomaisena tavoitteena tasaikäinen metsikkörakenne.

Puhtaisiin metsiköihin, niiden vallitsevaan jaksoon, on tutkimuksessa jouduttu hyväksymään sekapuustoa ylärajana esimerkiksi 10–20 % tilavuudesta (Ilvessalo 1920a, Sarvas 1944, Nyyssönen 1954, Vuokila 1956). Sen lisäksi sekapuustona voi olla alikasvosta (Daniel ym. 1979). Alikasvosta on ollut sekä yhden puulajin metsiköissä (Lönnroth 1925, Nyyssönen 1954, Vuokila 1956) että sekametsiköissä (Lappi-Seppälä 1930, Mielikäinen 1980, 1985). Tarkoin valituissa aineistoissakin sitä on ollut lähes puolella koealoista (Ilvessalo 1920a).

Vähättelevä suhtautuminen ikävaihteluun ja huomion kohdistaminen lähes pelkästään valtapuustoon on vähentänyt suuresti tarvetta rakenteen analysointiin. Keskeisten rakennetunnusten kuten puujaksojen ja latvuserrosten määritelmätkin (Ilvessalo 1929) näyttävät unohtuneen. Tapion taskukirjoissa ei ole juuri mainittu puujaksoja. Valtakunnan metsien inventointiohjeissa ne kylläkin on toistuvasti määritelty (Ilvessalo 1951, Valtakunnan metsien... 1987). Mittauksen asemesta metsiköiden runkolukusarjatkin luodaan matemaattisesti pohjapinta-alan ja keskiläpimitan avulla (Kilkki & Päivinen 1986).

Varttuneissa metsissä kaikki puut huomioonottaen runkolukusarjaltaan normaalijakaumaa muistuttavat metsiköt ovat kuitenkin vähemmistönä (Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994, Laiho ym. 1994). Useimmissa varttuneissa metsiköissä pienikokoista puustoa on lukumääräisesti eniten, usein erittäin runsaasti. Lähivuosina joudutaan kiinnittämään metsiköiden kokonaisrakenteeseen nykikäytäntöä enemmän huomiota. Sen mahdollistamiseksi on tarpeen tarkentaa useita nykyisiä metsikkörakenteen tunnuksia ja määritellä uusia. Runkolukujakauma ja puulajikoostumus ovat puuston rakenteen

perustekijöitä (Adams & Ek 1974, Foiles 1978, Päivinen 1980, Buongiorno ym. 1994). Ne ratkaisevat myös metsäekosysteemin monimuotoisuustason (Stage 1973, Angelstam ym. 1990, Buongiorno ym. 1994). Sellainen puusto, jossa on useita puulajeja ja jossa puita esiintyy mahdollisimman laajalla läpimitta-alueella täyttää metsikön sisäisen korkean monimuotoisuuden edellytykset (Lähde ym. 1995). Metsikkörakenteen tarkka tuntemus auttaa myös hyödyntämään metsien uudistumispotentiaalia ja luontaista puulajikehitystä.

Ikä vai koko

Rakenteeltaan metsät jaetaan perinteisesti kahteen ryhmään: tasaikäiset ja eri-ikäiset. Iän määrittäminen on kuitenkin työlästä ja rungon kairaaminen vaurioittaa puuta. Näin ollen iän määrittämisessä tyydytään yleensä puun koon eli joko pituuden tai yleisimmin rinnankorkeusläpimitan mittaamiseen (Daniel ym. 1979). Ikään perustuvan termin käyttö edellyttää tällöin, että ikä ja koko olisivat kiinteästi riippuvaisia toisistaan. Tutkimukset kuitenkin osoittavat, että puiden kasvu riippuu enemmän koosta kuin iästä (Cajander 1934, Vaartaja 1951, Hatcher 1967, Schütz 1969, Indermühle 1978). Varsinkin erikokoisia puita sisältävässä metsässä varjopuiden koko korreloi heikosti iän kanssa (Andreassen 1992). Vapautettuna alla olleet puut kasvavat tavallisesti yhtä suuriksi kuin niitä varjostaneet puut, vaikka saman koon saavuttamiseen kuluu selvästi enemmän aikaa kuin alusta alkaen vapaassa tilassa kasvaneilla puilla (Näslund 1944, Hawley 1946, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984).

Tasaikäinen yhden puulajinkaan metsä ei säily puustoltaan tasakokoisena (Lyly & Saksa 1982). Pienikin ikäero, kasvupaikan pienvaihtelu ym. tekijät saattavat puut eriarvoiseen asemaan. Puuston varttuessa kokovaihtelu kasvaa. Samalla runkolukujakauman muoto voi muuttua, mutta normaalijakaumaa muistuttava perusrakenne kuitenkin säilyy (Cajanus 1914, Ilvessalo 1920a, b, Lönnroth 1925). Sekapuuston rakenteesta metsikön ikä ei kerro mitään. Niissä eri puulajien kehitysrytmi aiheuttaa huomattavan kokoeron (Laiho 1986, Laiho ym. 1994). Esimerkkeinä tällaisesta voidaan esittää samana vuonna luontaisesti syntynyt kuusi-koivusekametsä tai yksivuotisilla taimilla istutettu koivikko tai männikkö, johon on edellisenä vuonna syntynyt runsas luontainen kuusen taimiaines. Tällainen metsä voi varttuneena olla säännöllisen erirakenteisuuden malliesimerkki (Pöntynen 1929).

Tasaikäistä metsää on syntynyt kaskiin ja perusteellisesti palaneisiin metsiköihin (Heikinheimo 1915, Pöntynen 1929). Nykyään sitä syntyy avohakatuille hyvin raivatuille metsänviljelyaloille. Tilanne ei kuitenkaan säily muuttumattomana vaan metsään syntyy lähes jatkuvasti nuorennosta. Varttuneessa metsässä oli 1950-luvun alussa runsaasti pienikokoista puustoa (Laiho ym. 1994), joka oli selvästi isokokoista puustoa nuorempaa (Laiho 1994c). Valtapuuston ikävaihtelu voi olla monesti vähäinen mutta pienikokoinen puusto on iältään vaihtelevaa.

Eri-ikäisestä (uneven-aged) rakenteesta käytetään tieteellisessä kirjallisuudessa monia englanninkielisiä synonyymikäsitteitä. Niitä ovat esimerkiksi: all- (Mocur 1993), any- (Haight & Monserud 1990a, b, Haight 1991), many- (Herrick 1944, Myers 1974), mixed- (Prentice & Leemans 1990) tai multi- (Marquis 1992) aged. Eri-ikäisen metsikön ikärakenne voi siten olla hyvin monikirjava. Sen määrittäminen on käytännön metsätaloudessa epätarkoituksenmukaista ja tutkimuskoealoillakin harvinaista. Termejä tasaikäinen ja eri-ikäinen käytetäänkin rakennimenimityksinä ilman että puuston ikäjakaumaa on määritetty.

Vaikka se olisikin määritetty, olisi metsikkörakenteen päättelemisen siltä pohjalta epävarmaa. Lisätietona tarvitaan puiden kokojakauma. Puiden koko on yksiselitteisen näkyvä ja kokojakauma on helppo mitata (Fischer 1980, Lähde ym. 1991). Näin ollen pääjako tasa- ja erikokoinen tai tasa- ja erirakenteinen (Lähde ym. 1991) soveltuu paremmin käytäntöön. Sanalla koko ymmärretään tieteellisessä metsäterminologiassa yleensä nimenomaan läpimittaa. Lisämääränä voidaan tarvittaessa käyttää myös ikätietoa.

Kokoluokitus

Rajan vetäminen tasa- ja erirakenteisen (vastaavasti tasa- ja eri-ikäisen) puuston välille on sopimusvarainen. Oppikirjoissa (esim. Daniel ym. 1979) käytetään tasaikäisyyden kriteerinä tiettyä ikävaihtelun ylärajaa (20 %) suhteutettuna puuston ohjeelliseen kasvatusikään eli kiertoaikaan. Kiertoaikakäsite sopii kuitenkin huonosti erirakenteisille puustoille (Ammon 1937, Köstler 1956). Sama rajoitus koskee puuston keski-ikää. Mainitusta ikävaihtelusta vastaavuusperiaatteella johdetun läpimittavaihtelun (Lähde ym. 1991) käyttökelpoisuus ei ole kovin hyvä. Sitä käytettäessä yleensä vain tasaisimmat viljelymetsät tai tasaavilla hakkuilla perusteellisesti äskettäin käsitellyt puustot täyttävät tasarakenteisen kriteerit. Toinen menettelytapa on hyväksyä tasarakenteiseksi puusto, jonka runkolukujakauma muistuttaa normaalijakaumaa (Gingrich 1967, Gibbs 1978). Jakauma on tällöin käytännössä kuitenkin usein niin laaja (Ilvessalo 1920a, b), että koko tasakokoisuusajatus hämärtyy. Niinpä tasarakenteisuusrajana tulisi kuitenkin pitää suhteellisen kapeata vaihteluväliä (Smith 1962, Daniel ym. 1979, Lähde ym. 1991, 1992). Oma ongelmansa on se, hyväksytäänkö tasarakenteiseksi puusto, jossa on suhteellisen kapea-alaisen perusjoukon lisäksi yksittäisiä sovitun vaihteluvälin ylittäviä tai/ja alittavia puita ja kuinka paljon niitä saa esiintyä. Poikkeamia voitaneen hyväksyä, mutta määrän tulisi olla tiukasti rajoitettu vain yksittäisiin puihin. Rajatapaukset muistuttavat silti aina toisiaan, vaikka olisivatkin luokiteltuja eri ryhmiin.

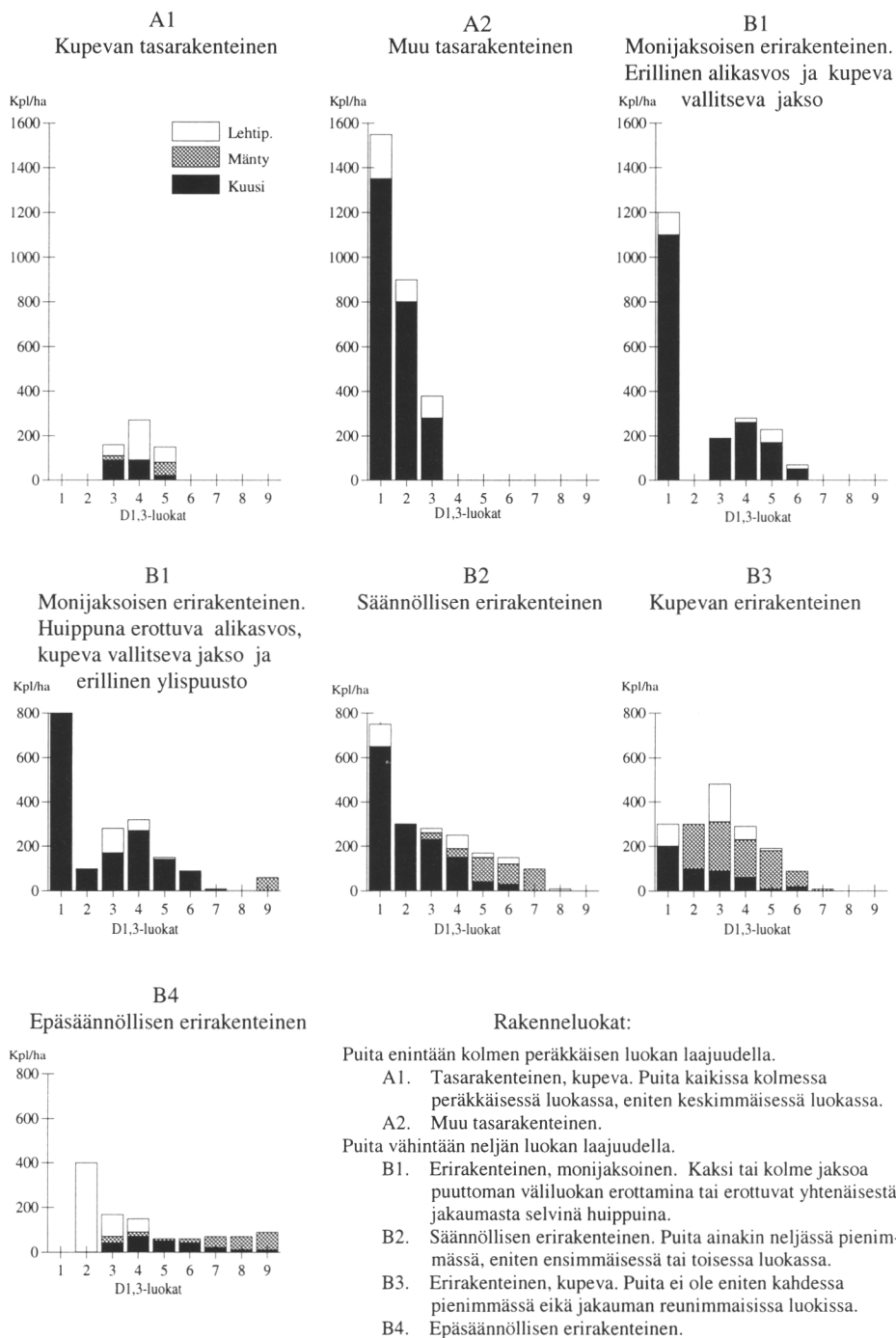
Tasarakenteinen puusto ei edellytä lisämäärityä eli alaryhmittelyä, jos pitäydytään tiukassa luokituksessa. Ikä- ja kehitysluokkiin ryhmittely on tietenkin tarpeellista. Erirakenteinen puusto sitä vastoin edellyttää lisämäärityä. Kun runkolukujakaumassa on eroteltavissa puuttoman välihuokan erottamia osia puhutaan jaksollisista puustoista. Kaksijaksoisuus, joka on yleisintä, voidaan eritellä monijaksoisuudesta. Yleensä jaksoja on enintään kolme. Tarkoituksenmukaista on hyväksyä jaksot silloinkin, kun täysin tyhjiä välihuokkia ei esiinny. Jakson tulee kuitenkin olla merkittävä ja pääosan siitä erottua selvästi muista jaksoista. Jos kyse on suurien puiden jaksosta, pienikin lukumäärä on riittävä jakson erittelemiseksi, kun taas pienten puiden erottaminen edellyttää huomattavasti suurempaa lukumäärää voidakseen tulla luokitelluksi. Perinteisesti jaksoista käytetään seuraavia nimityksiä: alikasvos, vallitseva puusto ja ylispuusto (Ilvessalo 1929). Varttuneissa metsissä oli 1950-luvun alussa erillistä alikasvosta 11 % (Laiho ym. 1994). Monijaksoisten metsien kokonaisuus olisi tässä määritellyllä tavalla luonnollisesti ollut huomattavasti sitä suurempi.

Jaksollisuuden lisäksi eritellään jakauman muodon mukaan kaksi muuta erirakenteisten ryhmää: käännettyä J-kirjainta ja normaalijakaumaa muistuttavat. Ensin mainitun ryhmän runkolukujakaumaa kuvaa hyvin käännetyn J-kirjaimen muoto (de Liocourt 1898) mutta se ei ole terminä käytännöllinen. Sen sijasta voidaan käyttää termiä säännöllisen (regular; Lähde ym. 1994a, b) tai tasapainoisen (balanced; Meyer 1952, Walker 1956, Farrar 1980, Chapman & Weatherhead 1984) erirakenteinen, sillä se samalla antaa viitteen rakenteen jatkuvuudesta.

Meillä on suositeltu käytettäväksi ensinmainittua (Lähde ym. 1991, Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994). Säännöllisen erirakenteinen puusto tavataan runkolukujakaumaltaan jatkuvana jakaa seuraaviin latvuserroksiin: alispuusto, välipuusto ja valtapuusto. Vailla luontaista rajaa olevina nämä kerrokset tavataan erottaa joko läpimitan tai pituuden perusteella. Kernin (1966) pituusasteikko on kiinteä ja tasavälinen (< 10 , $10-20$ ja > 20 m). Assmannin (1970) valtapituuteen perustuva suhteellinen asteikko on epätasainen (0–50 %, 50–80 % ja yli 80 %). Meidän oloissamme jako tasakorkuisiin kerroksiin näyttää perustellulta. Tasakerrokset korostavat metsikön tasapainoista kokonaisuutta asettamatta mitään toinen toisensa edelle. Jakoa valtaläpimitan kolmanneksiin tukee mittauksen helppous ja läpimitan käyttö puukohtaisena perustunnuksena. Kummallakin tavalla menetellen noin kolme neljänestä runkoluvusta sijoittui 1950-luvun alun säännöllisen erirakenteisissa varttuneissa metsissä alispuustoon (Laiho ym. 1994), vaikkei läpimitaltaan alle 2 cm:n puita oteta lukuun. Tämä alispuusto oli alikasvoksen kaltaista (Laiho ym. 1995a). Luokitusta voidaan haluttaessa tarkentaa jakamalla valtapuusto pää- ja lisävaltapuihin ja alispuusto esim. varttuneisiin taimiin (pituus $> 1,3$ m), pieniin taimiin (0,1–1,3 m) ja taimiainekseen (alle 0,1 m). Säännöllisen erirakenteisille metsille on ominaista puiden eri-ikäisyys, joskin esimerkiksi kuusi alispuustona voi olla mänty- ja koivuvaltapuuston kanssa samaa ikäluokkaa (Pöntynen 1929). Tämän rakenteen osuus oli varttuneissa metsissä 1950-luvun alussa kaksi kolmannesta (Laiho ym. 1994).

Edellämainittu termi normaalijakaumaa muistuttava ei ole yksiselitteinen eikä myöskään käytännöllinen. Normaali (Ilvessalo 1920a, b) sanan käyttö tämän jakauman lisämääritteenä aiheuttaa sekaannusta, sillä se ei välttämättä ole kuitenkaan yleisin luonnossa eli sillä tavoin normaali eikä toisaalta aina täytä normaalijakauman matemaattista muotoa. Ehkä lisämääre kupeva (moundy; Baker 1923) olisi riittävän kuvaava. Tämä jakauma jaotellaan perinteistä Ilvessalon (1929) luokitusta käyttäen niin ikään alispuustoon, välipuustoon ja valtapuustoon. Kerrosrajat ovat 60 ja 80 %:n korkeudella osuutena valtapituudesta. Valtapuusto tavataan jakaa lisäksi päävaltapuihin ja lisävaltapuihin. Tällä jaolla varttuneen luonnonnormaalin metsän (Ilvessalo 1920b) kupevan jakauman latvuserrokset muodostuvat runkoluvultaan tyydyttävän samansuuruisiksi. Kolmanneskorkeutta käytettäessä ei varttuneessa luonnonnormaalissa männikössä ja koivikossa olisi alispuustoa lainkaan ja kuusikossakin vain vähän. Sen sijaan valtaläpimitan ositus antaisi kummallakin jaolla käyttökelpoisen jaotelman. Kupevan erirakenteiseen ryhmään luokituvat varttuneet, tasaikäiset, yhden puulajin metsiköt. Luonnonnormaalien metsiköiden tapaan niissä on vähän aitoa alispuustoa ja se on pahoin kituvaa (Daniel ym. 1979). Luonnonnormaaleissa metsissä oli kuitenkin yleisesti muutakin alispuustoa (Ilvessalo 1920a), joko nuorempaa tai eri puulajia. Tällöin metsikkö luokituu joko monijaksoisiin (alispuusto erottuu jaksoksi), kupeviin (alispuustoa niukasti suhteessa väli- ja valtapuustoon; luokittelun yksityiskohdat ks. kuva 1) tai säännöllisen erirakenteisiin (alispuustoa runsaasti suhteessa väli- ja valtapuustoon). Toisaalta viimemainitun rakenteen on mahdollista, esimerkiksi kuusikon pitkään ylitiheänä kasvaessaan, kehittyä tasarakenteiseen ja samalla myös tasaikäiseen suuntaan. Erirakenteisen kupevaa puustoa oli 1950-luvun alun varttuneissa metsissä 17 % (Laiho ym. 1994).

Näin luokiteltaessa saattaa kuitenkin jäädä vielä ryhmä muut erirakenteiset (Lähde ym. 1994a, b). Se on luokittelussa heikkous, vaikka sen osuus jäisi vähäiseksi. Tällöin voidaan käyttää termiä epäsäännöllisen erirakenteinen erotuksena edellä luokitelluista rakenteista. Tämän taustaltaan ilmeisen vaihtelevan rakenteen osuus oli varttuneissa metsissä 1950-luvun alussa 6 % (Laiho ym. 1994). Pienimmän läpimittaluokan täydellinen puuttuminen siitä viitannee raivaukseen.



Kuva 1. Esimerkkejä koelakohtaisista metsikkörakenteista. Koealat poimittu valtakunnan metsien kolmannen (1951-1953) inventoinnin aineistosta. D1,3 -luokat: 1 = 2-6, ... 9 => 34 cm.

Tasarakenteisen puuston kriteerinä on meillä tehdyissä tutkimuksissa käytetty enintään kolmen läpimittaluokan (luokkaväli 4 tai 5 cm) vaihteluväliä. Varttuneissa metsissä tätä rakennetta oli 1950-luvulla vajaa prosentti (Laiho ym. 1994). Niistä kolmannes oli kupevia ja pääosa lopuista kahdesta kolmanneksesta muodoltaan isompiin puihin päin laskevia eli säännöllisen erirakenteisen tyyppisiä. Tämä viittaa siihen, että varttuneita nuoremmissakin metsiköissä olisi eroteltavissa erilaisia puustorakenteita. Se edellyttäisi kuitenkin neljää senttimetriä pienempää luokkaväliä ja tarkastelun ulottamista taimiin ja taimiaineekseenkin.

Puuston rakenneluokituksen perimmäisenä tavoitteena on kaikkien puulajien kaikenkokoisten yksilöiden mukaanotto niiden kehityskelpoisuudesta riippumatta. Vain tällä tavalla voidaan saada tarkka kokonaiskuva metsästä. Aina ei kuitenkaan ole mahdollista eikä tarpeellistakaan toimia näin perusteellisesti. Rajoittuminen 2 cm läpimittaa suurempaan puustoon antaa jo hyvän kuvan metsikkörakenteista, joskin suuri osa alikasvosta ja alispuustoa jää tällöin ulkopuolelle (Laiho ym. 1995a). Myös 4–5 cm luokkaväli lienee sopivan yleiskatsauksellinen. Rakennetta voidaan tarkastella myös ositteittain kuten puulajeittain. Tarkastelutapa tulee tällöin aina ilmoittaa. Puulajeittaiset osarakenteet poikkeavat huomattavasti sekametsän kokonaisrakenteesta (Laiho ym. 1994, 1995b). Kuusi esiintyy muita puulajeja yleisemmin säännöllisen erirakenteisena ja lehtipuusto erillisen alikasvosjakson muodostajana. Männylle puolestaan on ominaista alispuuston niukkuus, valtapuuston suhteellinen runsaus ja kupevan rakenteen yleisyys.

Sekametsä

Sekametsissä on rajanveto puhtaisiin metsiköihin ongelmallista. Jo muutama iso puu toista puulajia aiheuttaa harvassa puustossa siirtymisen monokulttuurista sekapuustoon. Pienikokoisessa lukumäärältään runsaassa puustossa samalla määrällä ei ole yhtä suurta ekologista vaikutusta. Puulajisekoituksen luokituksessa joudutaan samantapaisiin ongelmiin kuin ikävaihtelun ja kokovaihtelun suhteen. Selkeyden vuoksi rajauksen tulee olla samantasoinen kussakin tapauksessa. Onhan sekä sekapuustoisuudella (Kennel 1965, Chadwick 1980, Frivold 1982, Agestam 1985, Kely 1989) että erirakenteisuudella (Eckhart ym. 1961, Hasse & Ek 1981, Lähde ym. 1994a, b) usein huomattavan samansuuntainen positiivinen vaikutus esimerkiksi puun tuotokseen ja metsikön monimuotoisuuteen (Lähde ym. 1995). Olisi tärkeää löytää rajakohta, jolloin sekapuulaji alkaa vaikuttaa metsikön kasvuun. Sekoituksen mittarina voisi olla esimerkiksi hienojuuriston määrä, lehtipinta-ala tai lehtivihreän määrä.

Rakenteen säätely

Rakennetta säädellään hakkuilla. Niiden luokittelu tulee siksi kytkeä rakenteen säätelytapaan. Tällöin voidaan käyttää kahta pääryhmitystä: rakennetta tasaavat ja rakennetta monimuotoistavat. Edelliseen ryhmään kuuluvat ala- ja yläharvennukset sekä määrämittahakkuut (Vuokila 1984). Niillä tasataan puuston rakennetta joko alta- tai päältäpäin. Tosin yläharvennuksessa ja sen sovellutuksissa, kuten harsinta- ja laatuharvennuksissa, käytetään usein niiden yhdistelmää.

Rakennetta monimuotoistavat hakkuut tehdään joko puittain tai ryhmittäin poimintahakkuilla. Kun kaikki harvennushakkuut ovat myös poimintahakkuita, tarvitaan termiä kuvaamaan

nimenomaan rakennetta jatkuvasti erikokoisena säilyttävälle hakkuulle. Kun metsä tällöin pidetään jatkuvasti puustoisena eli peitteellisenä, sopii termiksi jatkuva kasvatusta. Termi on jo ollut käytössä Suomessa yli kymmenen vuotta (Norokorpi 1982, Lähde ym. 1985). Monimerkityksinen harsintahakkuutermin aiheuttaa helposti sekaannusta (Vuokila 1984).

Termien määrittelyä

Tasaikäinen	Puut vuodelleen samanikäisiä tai ikävaihtelu muutamia vuosia. Yleisesti on hyväksytty myös 10–20 vuoden ikävaihtelu tai enintään 20 % kiertoajasta. Termin käyttö edellyttää, että puiden todellinen ikä on tiedossa. Ikävaihtelun tulee olla niin pieni, että puilla on mahdollisuus kasvaa samana jaksena. Termi ei kuvaa yksikäsitteisesti puuston rakennetta.
Eri-ikäinen	Puiden ikävaihtelu suurempi kuin 20 % kiertoajasta. Termin käyttö edellyttää, että puiden todellinen ikä on tiedossa. Termi ei kuvaa yksikäsitteisesti puuston rakennetta.
Tasarakenteinen (tasakokoinen)	Puut samankokoisia tai suppeaan (esim. 10–15 cm) vaihteluväliin mahtuvia. Varttuneissa metsissä tätä rakennetta esiintyy vain tasaisimmissa viljelymetsiköissä ja alaharvennetuissa metsiköissä. Viimemainituissa voi olla silti huomattavaa ikävaihtelua.
Erirakenteinen (erikokoinen)	Puiden kokovaihtelu ylittää tasarakenteisuudelle määritellyn vaihteluvälin. Runkolukujakauman muodon perusteella nämä puustot jaetaan monijaksoisiin, kupeviin (normaalijakaumaa muistuttaviin), säännöllisen erirakenteisiin (käännettyä J-kirjainta muistuttaviin) ja epäsäännöllisen erirakenteisiin.
Puujakso	Erillinen tai erillisenä huippuna erottuva osa runkolukujakaumaa. Puujaksoja on kolme (alikasvos, vallitseva puusto ja ylispuusto) ja ne voivat esiintyä yksittäin ja kaikkina yhdistelminä. Jaksojen välillä on ikäero tai ne ovat eri puulajia.
Latvuserkos	Yhtenäisestä runkolukujakaumasta tai puujaksosta erotettu osite. Latvuserkosia erotetaan kolme (alispuusto, välipuusto ja valtapuusto). Erottavana tekijänä on osuus valtapituudesta tai valtaläpimitasta. Säännöllisen erirakenteisen puuston latvuserrokset esitetään erotettavaksi tasakolmanneksina. Muille rakenteille rajakohdat ovat alispuustosta lähtien 60 ja 80 % tai valtaläpimitan tasakolmanneksia.

Kirjallisuus

- Adams, D. M. & Ek, A. R. 1974. Optimizing the management of uneven-aged forest stands. *Can. J. For. Res.* 4:274-287.
- Agestam, E. 1985. En produktionsmodell för blandbestånd av tall, gran och björk i Sverige. Summary: A growth simulator for mixed stands of pine, spruce and birch in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research, Rapport 15, 150 s.
- Ammon, W. 1937. Das Plenterprinzip in der schweizerischen Forstwirtschaft. Büchler, Bern. 108 s.
- Andreassen, K. 1992. Volume production and problem with the stability of the stand structure in uneven-aged and multi-layered spruce (*Picea abies* Karst.) forest in Norway. *Julkaisussa: Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992.* (M. Hagner, toim.). Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture, Reports, no. 35: 23-28.
- Angelstam, P., Welander, J., Andren, H. & Rosenberd, P. 1990. Ekologisk planering av skogsbruk. Miljöprojekt Sundsvall-Timrå, Delrapport 8, Sundsvall.
- Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E.-K., Laitakari, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. *Julkilausuma. Metsätaloudellinen aikakauslehti* 11:315-316.
- Assmann, E. 1970. Principles of forest yield study. McGraw-Hill Book Company. 502 s.
- Baker, F. S. 1923. Notes on the composition of even aged stands. *J. For.* 7:712-717.
- Buongiorno, J., Dahr, S., Lu, H-C. & Liu, C-R. 1994. Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stands. *Forest Science* 40(1):83-103.
- Cajander, E. K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 19(5):1-59.
- Cajanus, W. 1914. Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. *Acta Forestalia Fennica* 3(1):1-154.
- Chadwick, D. O. 1980. Even-aged development of mixed-species stands. *Journal of Forestry* 78(4):201-203.
- Chapman, R. C. & Weatherhead, D. J. 1984. Some mensurational formulas associated with balanced diameter distribution. *Forest Science* 30(3):682-684.
- Daniel, V., Helms, J.A. & Baker, F.S. 1979. Principles of silviculture. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company. 500 s.
- Eckhart, G., Frauendorfer, R. & Nather, J. 1961. Die Wälder der Gemeinde Julbach, under besonderer Berücksichtigung der stufig aufgebauten Mischwälder. *Mitt. Forstl. Bundes-Vers. Anst. Mariabrunn* 58, 1-93.
- Etelälähti, A. 1957. Metsikön mittaus ja arviointi. *Metsäkäsikirja* 2:72-128. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.
- Farrar, R. M. 1980. Regulation of uneven-aged loblolly-shortleaf pine forests. *Julkaisussa: Proceedings of the first Biennial Southern Silvicultural Research Conference.* (Barnett, J. B. toim.). USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. SO-34:294-304.
- Fischer, B. C. 1980. Designing forest openings for the group selection method. 3. *Julkaisussa: Proceedings of the first Biennial Southern Silvicultural Research Conference* (Barnett, J. B. toim.). USDA, Forest Service, General Technical Report 30-34:274-277.
- Foiles, M. W. 1978. Stand structure. *Julkaisussa: Uneven-ages silviculture & management in the United States.* USDA. For. Serv. Timber management research. Washington, D.C. Gen. Tech. Rep. WO-24. ss. 176-185.
- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandningskog av bjørk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Sydøst-Norge. Summary: Stand structure and yield of mixed stands of birch (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in South East Norway. *Meldinger fra Norges landbrukshøgskole* 61(18):1-108.
- Gibbs, C. B. 1978. Uneven-aged silviculture and management? Even aged silviculture and management? Definitions and differences. *Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States.* USDA Forest Service. Timber management research. Washington, D.C. General Technical Report. WO-24. s. 18-24.
- Gingrich, S. F. 1967. Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central stands. *For. Sci.* 13:38-53.
- Haight, R. G. 1991. Stochastic log price, land value, and adaptive stand management: Numerical results for California white fir. *Forest Science* 37(5):1224-1238.

- Haight, R. G. & Monserud, R. A. 1990a. Optimizing any-aged management of mixed-species stands. I. Performance of a coordinate-search process. *Canadian Journal of Forest Research* 20:15-25.
- Haight, R. G. & Monserud, R. A. 1990b. Optimizing any-aged management of mixed-species stands: II. Effects of decision criteria. *Forest Science* 36(1):125-144.
- Hasse, W. D. & Ek, A. R. 1981. A simulated comparison of yield for even- versus uneven-aged management of northern hardwood stands. *J. Env. Manag.* 12:236-246.
- Hatcher, R. J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. *Forestry Chronicle* 40(1).
- Hawley, R. C. 1946. *The practice of silviculture*. 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc New York, 354 s.
- Heikinheimo, O. 1915. Kaskiviljelyn vaikutus Suomen metsiin. Referat: Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 4(2):1-472.
- Herrick, A. M. 1944. Multiple correlation in predicting one growth of many-aged oak-hickory stands. *Journal of Forestry* 42(11):812-817.
- Iivessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree classification and thinning system. *Acta Forestalia Fennica* 34(38):1-15.
- Iivessalo, Y. 1920a. Tutkimuksia metsätyypin taksatorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. *Acta Forestalia Fennica* 15:1-157.
- Iivessalo, Y. 1920b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. *Acta Forestalia Fennica* 15:1-94.
- Iivessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third national forest survey in Finland. Plan and instructions for field work. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(3):1-67.
- Indermühle, M. P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins 60:1-98.
- Kelty, M. J. 1989. Productivity of New England hemlock/hardwood stands as affected by species composition and canopy structure. *Forest Ecology and Management* 28:237-257.
- Kennel, R. 1965. Untersuchungen über die Leistung von Fichte und Buche im Rein- und Mischbestand. Teil 1 und 2. Summary: A study of the production of Norway spruce and birch in pure and mixed stands. Part 1 and 2. *Allgemeine For- und Jagszeitung* 136(7):149-161 ja (8):175-189.
- Kern, K. G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Vergleichende ertragskundlich-ökologische Untersuchungen in zwei Ta-Fi-(Bu)-Plenterwaldbeständen und zwei benachbarten Fi-Schlagwäldern des Hochschwarzwaldes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien. 232 s.
- Kilki, P. & Päivinen, R. 1986. Weibull-function in the estimation of the basal area DBH-distribution. *Silva Fennica* 20(2):149-156.
- Klensmeden, V. 1984. Stamvis blädning — Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984-86, Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 38 s.
- Köstler, J. N. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. *Forstwiss. Centralbl.* 75 (9/10):423-458.
- Laiho, O. 1986. Puuston rakenteen vaikutus metsikön kasvatusihyeyteen. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 219:121-142.
- Laiho, O. 1994a. Runkolukujakauman ja puulajisuhteiden kehitys 1950-luvulta 1980-luvulle Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 140-147.
- Laiho, O. 1994b. Varttuneiden metsiköiden erirakenteisuus Etelä-Suomessa 1950-luvun alussa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 129-139.
- Laiho, O. 1994c. Varttuneiden metsiköiden ikävaihtelu 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:148-154.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495: 90-128.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995a. Alikasvos metsän uudistuspotentiaalina. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:70-76.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995b. Metsien runkolukujakauma 1950-luvun alussa Etelä-Suomessa. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 538:49-58.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke. Seloste: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 15(2):1-241.

- Liocourt, F. de 1898. De l'aménagement des sapinieres. Bulletin de la Societe Forestiere de Franche-Comte et Belfort 6:396-405.
- Lyly, O. & Saksala, T. 1982. Pituuskasvun vaihtelu ja puuluokkien eriytyminen nuorena istutusmännikkössä. Abstract: Variation in height growth and differentiation of tree classes in a young Scots pine plantation. *Folia Forestalia* 532. 11 s.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksala, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research* 6(2):527-537.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksala, 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.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksala, T. 1994a. Structure and yield of all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites. *Annales des Sciences Forestieres* 51: 97-109.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksala, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. *Annales des Sciences Forestieres* 51: 111-120.
- Lähde, E., Norokorpi, Y. & Oikarinen, M. 1985. Mikkelin ekoläänin metsien vaihtoehtoiset käsittelymallit. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 180. 67 s.
- Lönnroth, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. *Acta Forestalia Fennica* 30(1):1-269.
- Marquis, D. A. 1992. Stand development patterns in Alleghany hardwood forests, and their influence on silviculture and management practices. Julkaisussa: *The ecology and silviculture of mixed-species forests* (M. J. Kelty, toim.). Kluwer Academic Publishers, ss. 165-181.
- Meyer, H. A. 1952. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry* 50(2):85-92.
- Mocur, M. 1993. Characterizing spatial patterns of trees stem-mapped data. *For. Sci.* 39(4):756-775.
- Myers, C. A. 1974. Multipurpose silviculture in Ponderosa pine stands of the Montane Zone of Central Colorado. USDA. Forest Service. Research Paper. RM-132, 15 s.
- Nilsen, P. and Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter høgst i eldre granskog. Rapport fra Norsk Institutt for skogforskning 9:1-16.
- Norokorpi, Y. 1982. Ekologiset erityispiirteet Pohjois-Lapin metsien uudistamisessa ja käsittelyssä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 77:14-23.
- Norokorpi, Y., Laiho, O. & Saksala, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja puulajien monimuotoisuus. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:54-89.
- Nyysönen, A. 1957. Kasvu- ja rakenneoppia. Metsäkäsikirja 2: 170-178. Kustannusosakeyhtiö Kivi, Helsinki.
- Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhygning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhaueung. Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt 33:1-194.
- Prentice, I. C. & Leemans, R. 1990. Pattern and process and the dynamics of forest structure: A simulation approach. *J. Ecol.* 78:340-355.
- Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. Summary: On the estimation of the stem-diameter distribution and stand characteristics. *Folia Forestalia* 442. 28 s.
- Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über des Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. *Acta Forestalia Fennica* 35(1):1-235.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1):1-268.
- Sarvas, R. 1951. Tutkimuksia puolukatyyppin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of *Vaccinium* type. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(1):1-82.
- Schütz, J.-Ph. 1969. Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. Supplément aux organes de la Société forestière suisse 44:1-114.
- Smith, D. M. 1962. *The practice of silviculture.* John Wiley & Sons. New York. 578 s.
- Stage, A. R. 1973. Prognosis model for stand development. USDA. For. Serv. Res. Pap. INT-137.
- Tapion taskukirja. 1994. Metsäkeskus Tapion julkaisu. 21. painos. Gummerus Kirjapaino Oy. 489 s.

- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(3):1-133.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. Kenttätyön ohjeet, 2. vuoden versio. Metsäntutkimuslaitos, metsäinventoinnin tutkimussuunta. Helsinki 1987. 106 s.
- Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. *Communicationes Instituti forestalis Fenniae* 48(1):1-138.
- Vuokila, Y. 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.
- Walker, N. 1956. Growing stock volumes in unmanaged forests. *Journal of Forestry*, 54(6):378-383.

Alikasvos metsän uudistumispotentialina

Olavi Laiho, Erkki Lähde, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa

Johdanto

Maamme metsät on vuodesta 1921 lähtien inventoitu kahdeksan kertaa. Inventointien yhteydessä on selvitetty myös alikasvoksen esiintymistä. Viimeistä inventointia lukuunottamatta niissä on keskitytty ns. kehityskelpoisen alikasvoksen silmävaraiseen arviointiin. Hyväksyttävälle alikasvokselle on asetettu runsaasti vaatimuksia, kuten riittävä tiheys, kaupallisesti arvokas puulaji, metsikön tietty kehitysluokka ja kaksijaksoinen metsikkörakenne (Ilvessalo 1929, 1951, Kuusela & Salminen 1969, Laiho 1992, Salminen 1993). Niinpä alikasvoksen määrä on koko inventointiajan arvioitu hyvin pieneksi eli 2–3 % metsämaan alasta (Ilvessalo 1942, 1956, Kuusela & Salminen 1983, Salminen 1993).

Alikasvosta ei ole aktiivisesti pyritty hyödyntämään. Sen käyttöarvoa on yleisesti pidetty vähäisenä ja korjuussatuhoutumisriskin takia epävarmana. Koko luontainen uudistaminen asetettiin jopa kyseenalaiseksi 1960-luvulla. Koneellinen maanmuokkaus, tehokas taimituotanto muovihuoneissa ja runsas työvoima mahdollistivat laaja-alaisen metsänviljelyn. Metsänjalostajat lupasivat kymmenien prosenttien jalostushyötyä.

Jalostushyöty on kuitenkin jäänyt vähäiseksi. Etenkin männyn istutustaimet ovat kehittyneet huonolaatuiseksi eli suurioksaiksi, tyvilengoiksi ja paksulustoiksi. Kun samanaikaisesti ihmistyö on kallistunut, kantohinta on vaihdellut ja viljelyaloille on syntynyt runsaasti luontaista nuorennosta, on uudistamisen painopiste siirtynyt takaisin luontaiseen uudistamiseen. Vähäisetkin luontaiset taimiryhmät hyväksytään nyt kiinnittämättä huomiota epätasaisuuteen ja kuvion pienuuteen.

Muuttunut tilanne on lisäämässä mielenkiintoa alikasvokseen. Tutkimukset tukevat yksiselitteisesti sen edullisuutta uuden metsän lähtökohtana (Seppälä & Keltikangas 1978, Isomäki 1979). Niinpä alikasvoksista tarvitaan lisää yksityiskohtaista tietoa.

Aineisto ja menetelmät

Tämä tutkimus pohjautuu valtakunnanmetsien laajaan ja edustavaan aineistoon. Se koostuu vuosina 1951–53 suoritetun valtakunnanmetsien kolmannen inventoinnin koealoista. Tuolloin käytettiin vielä kiinteäalasta koealaa ja jokainen koeala edusti metsikköä. Nämä seikat mahdollistavat runkolukusarjojen koealakohtaisen tarkastelun (Kuusela & Salminen 1969, Laiho ym. 1994a). Kolmas inventointi oli viimeinen, jonka aikana metsä oli vielä, ennen mittavia uudistushakkuita ja raivauksen yleistymistä, alikasvoksen suhteen lähellä luonnontilaa.

Koalat oli arviointilinjoilta otettu kilometrin välein (Ilvessalo 1951). Tässä yhteydessä tarkastelu rajoitetaan varttuneisiin metsiköihin (harvennusmetsät, väljennysmetsät, uudistuskypsät metsät sekä ne, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty). Puuston määrän tuli olla vähintään 40 m³/ha. Kasvupaikat ryhmiteltiin metsä- tai suotyypin mukaan. Kivennäismaat jaettiin seitsemän luokan viljavuussarjaksi. Turvemaista muodostettiin niin ikään seitsemän luokkaa osittain viljavuuden ja osittain kuivatustason mukaan.

Koalan koko oli 0,1 ha. Siltä luettiin yli 10 cm:n puusto kahden cm tasaavaa luokitusta käyttäen. Samankeskiseltä 0,01 ha:n ympyräkoevalta luettiin 10 cm pienempi puusto. Pienin luettu puu oli 2 cm. Sitä pienempiä puita ei luettu, ei myöskään sellaisia lehtipuuviesoja, joista ei katsottu kehittyvän kunnollista puuta. Aineiston käsittelyn yhteydessä puut yhdistettiin 4 cm läpimittaluokkiin. Puut oli luettu puulajeittain. Puujaksoja ei ollut määritetty.

Jokaiselle koalametsikölle määritettiin yksikäsitteinen rakenneluokka. Luokitus tehtiin samalla tavalla kuin vastaavissa aikaisemmissa tutkimuksissa (Lähde ym. 1991, 1992, Laiho ym. 1994b) joskin nimityksiä hieman uusien (Laiho ym. 1995). Se perustuu runkolukujakauman laajuuteen ja muotoon sekä korostaa pienten puiden merkitystä. Jaksollisten metsiköiden luokkaan pyrittiin saamaan tyypilliset alikasvokset. Yksityiskohtaisesti luokitus oli seuraava:

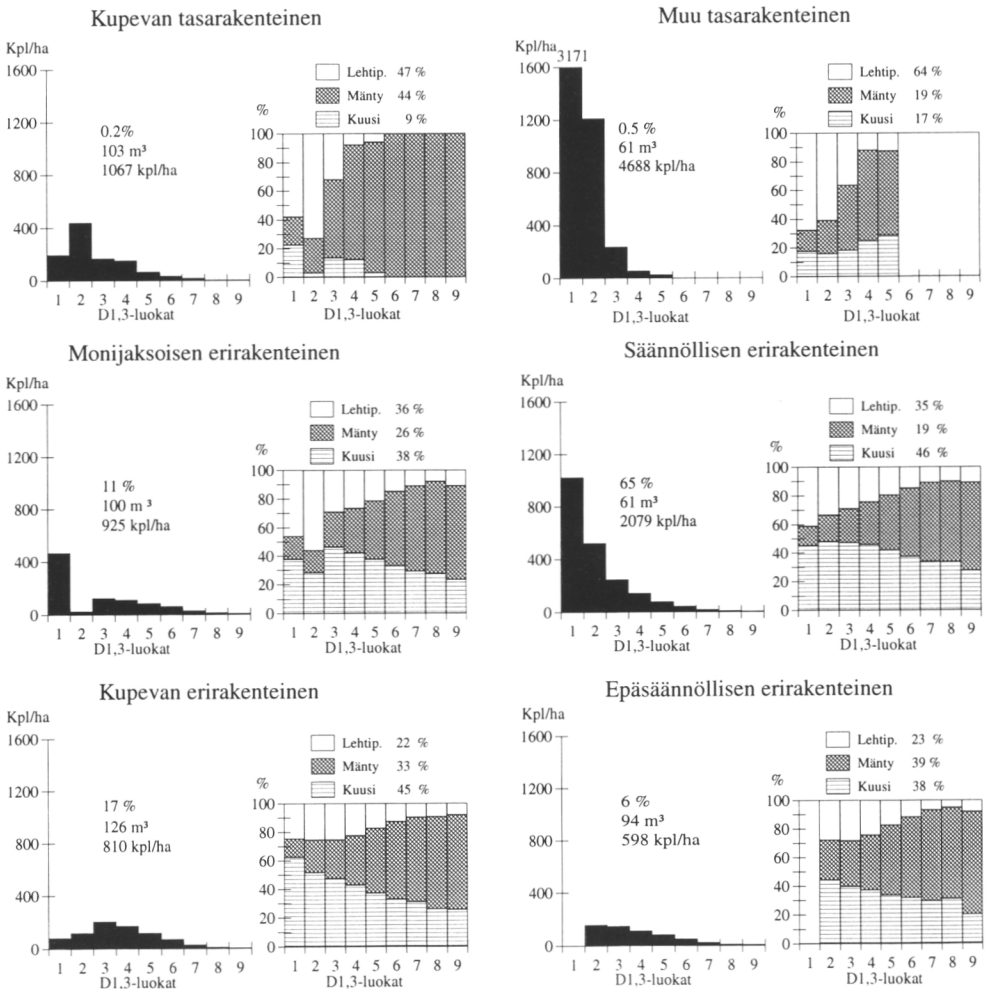
- A. Tasarakenteiset: puita enintään kolmen peräkkäisen luokan laajuudella.
 - A1. Tasarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava (kupeva). Puita kaikissa kolmessa peräkkäisessä luokassa, eniten keskimmaisessä luokassa.
 - A2. Muu tasarakenteinen.
- B. Eirarakenteiset: puita vähintään neljän luokan laajuudella.
 - B1. Eirarakenteinen, monijaksoinen. Puuttomana väli luokkana ainakin toinen (6–10), kolmas (10–14) tai neljäs (14–18 cm) läpimittaluokka.
 - B2. Säännöllisen erirakenteinen, käännetyt J:n muotoa muistuttava. Puita ainakin neljässä pienimmässä, eniten ensimmäisessä tai toisessa luokassa.
 - B3. Eirarakenteinen, normaalijakaumaa muistuttava (kupeva). Puita ei ole eniten kahdessa pienimmässä eikä jakauman reunimmaisissa luokissa.
 - B4. Epäsäännöllisen erirakenteinen.

Tasarakenteisen metsän ei runkolukujakauman suppeuden takia katsottu sisältävän alikasvosta. Puuttoman väli luokan erottaman erillisen alikasvosjakson (B1) lisäksi alikasvosta sisältävinä koaloina voidaan pitää myös niitä, joissa vastaavat jaksot lähes koskettavat toisiaan tai menevät hieman limittäin (Laiho ym. 1995). Tässä työssä nämä runkolukusarjaltaan kaksihuippuiset metsiköt luokitettiin muihin erirakenteisiin metsiköihin (B2–B4). Muilta osin ei näissä rakenteissa ole vastaavaa jaksorajaa. Siksi niissä käytetään alikasvoksen määrittelyssä mm. pituusluokitusta. Alikasvosta vastaava latvuserros (alispuusto) rajataan yleensä joko valtapituuden suhteen (alle 50 %; Assmann 1970) tai absoluuttisesti (alle 10 m; Kern 1966). Tässä työssä käytettiin pituuden sijasta rinnankorkeusläpimittaa. Alikasvokseksi tulkittiin läpimittaluokka 2–6 cm lukuunottamatta rakennetta B1, jossa siihen luettiin koko puutonta läpimittaluokkaa pienikokoisempi puusto. Ottaen huomioon että aineistosta puuttuu merkittävä osa alikasvosta (2 cm pieniläpimittaisemmat puut, rinnankorkeutta pienemmät taimet ja taimiaines) alikasvoksen täysitiheysrajana pidettiin 1 000 kpl/ha.

Tulokset

Puuttoman väliluokan erottamia monijaksoisia metsiköitä oli 11 % (kuva 1). Pienikokoisinta (2–6 cm) puustoa oli niissä yli puolet (469 kpl/ha) runkoluvusta. Puuttomana väliluokkana oli useimmiten toinen. Puutonta väliluokkaa pieniläpimittaisempaa puustoa oli keskimäärin 496 kpl/ha ja 12 %:lla metsiköistä sitä oli vähintään 1 000 kpl/ha.

Säännöllisen erirakenteisia metsiköitä aineistossa oli enemmän kuin muita rakenteita yhteensä, 65 %. Tälle rakenteelle oli ominaista korkea runkoluku, keskimäärin 2 079 kpl/ha. Se oli yli kaksinkertainen monijaksoisiin metsiköihin verrattuna. Kuten pienimmän läpimittaluokan (2–6 cm) puiden tiheyskin. Kun säännöllisen erirakenteisten metsiköiden lukumäärä suhteessa monijaksoisiin oli lähes kuusinkertainen, oli pienimmän läpimittaluokan puiden lukumäärä vastaavasti 12-kertainen. Keskimäärin tätä kokoluokkaa oli 1 021 kpl/ha ja 38 %:lla näistä koaloista sen määrä ylitti 1 000 kpl/ha.



Kuva 1. Eri metsikkörakenteiden yleisyys, keskitilavuus, runkoluku ja keskimääräinen runkolukujakauma varttuneissa metsissä vuosina 1951-1953. Koalojen määrä 8 698. D 1,3-luokat: 1 = 2-6, ... 9 => 34 cm.

Tasarakenteisia metsiköitä oli vajaa prosentti. Runkolukujakaumaltaan kupevan erirakenteisia metsiköitä oli 17 % koealoista. Pienintä läpimittaluokkaa niillä oli keskimäärin vain 80 kpl/ha. Epäsäännöllisen erirakenteisissa metsiköissä sitä ei ollut lainkaan.

Pohjois-Suomi erosi Etelä-Suomesta lähinnä siinä, että runkoluku ja puuston tilavuus olivat pienemmät ja männyn osuus oli suurempi. Alikasvoksen esiintymisessä ei kuitenkaan ollut eroa. Turvemaita puolestaan luonnehti kivennäismaihin verrattuna korkeampi runkoluku ja alhaisempi puuston tilavuus. Säännöllisen erirakenteinen metsikkömuoto oli turvemailla kivennäismaita selvästi yleisempi ja monijaksoiset metsät vastaavasti niukemmin esiintyviä.

Tulosten tarkastelu

Kolmannen inventoinnin mukaan vuosina 1951–53 mäntyalikasvosta oli 1,1 % ja kuusialikasvosta 1,7 % (Ilvessalo 1956). Lehtipuuston alikasvosta ei tuolloin pidetty kehityskelpoisena. Määrittäminen perustui metsikkökuvioiden silmävaraiseen tarkasteluun. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin samoilla kuvioilla olevien koealojen runkolukujakaumia. Niissä oli erillistä alikasvosta sisältävien koealojen osuus 11 %. Jos näihin koealoihin sovellettaisiin kuvioittaisessa määrittäyksessä käytettyjä alikasvoksen tiukkoja tiheys- ym. kriteerejä, kyseinen osuus putoaisi kymmenenteen osaansa.

Alikasvoksen luonteisten pienten puiden valtaosa oli kuitenkin muissa kuin monijaksoisissa metsiköissä. Säännöllisen erirakenteisia metsiköitä oli aineistosta 65 %. Kaikki nämä metsiköt sisälsivät alikasvosta, useimmiten hyvin runsaasti. Kun tähän lisätään kupevan erirakenteisten metsiköiden sisältämä alikasvos, alikasvosta sisältävien metsiköiden osuus aineistossa nousee yli 90 %:iin. Kaikki nämä eivät täyttäneet erillisenä kasvatettavan metsikön kriteereitä, sillä vain neljännes koealoista yliti alikasvoksen täysitiheysrajan (vähintään 1 000 kpl/ha), mutta silti inventoinneissa esitetty 2–3 %:n osuus pinta-alasta on ilmeinen aliarvio.

Alikasvosten runsautta Suomen metsissä kuvaa myös ns. luonnonnormaalien metsiköiden tutkimus (Ilvessalo 1920a, b). Vaikka aineistoksi etsittiin puhtaita metsiköitä, jouduttiin 39 %:lla koealoista hyväksymään selvää alikasvosta. Alikasvos on sekoittanut myös metsiemme ikäluokkajakaumaa. Niinpä vuosina 1921–24 oli kymmenvuotiaista metsää 4,8 %, mutta 40 vuotta myöhemmin 50–vuotiaista metsää 19 % metsämaan alasta (Kuusela 1972). Syynä tähän lisäykseen oli alikasvoksen vapautuminen päällyspuuston hakkuun seurauksena. Monesti alikasvos on vapautuessaan jo nuorta harvennusemetsää. Jotta näin suuri ikäluokkamuutos olisi ollut mahdollinen, alikasvoksen osuuden on täytynyt olla korkea.

Alikasvoksen kehityskelpoisuus on osoittautunut vaikeaksi arvoida. Alikasvoksen kehittyminen täysitiheässä metsässä on hyvin hidasta. Iältään 50–vuotias alikasvostaime ei aina yllä rinnantasalle (Pöntynen 1929, Sirén 1951). Huonokin alikasvos kuitenkin toipuu, jos se osataan vapauttaa oikealla tavalla (Vuokila 1982). Useimmiten toipuminen tapahtuu muutamassa vuodessa (Cajander 1934, Koistinen & Valkonen 1993). Vakava kituminen, korkea ikä ja suuri koko kuitenkin hidastavat elpymistä (Vaartaja 1951). Toivuttuaan alikasvostaimet kasvavat samaa vauhtia kuin vastaavankokoiset vapaana kasvavat taimet (Näslund 1944, Sarvas 1951, Hatcher 1967, Vuokila 1970, Indermühle 1978, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984).

Varttuneessa metsässä pienikokoinen puusto on luonteeltaan alikasvosta. Sen määrä tässä aineistossa oli keskimäärin yli 1 000 kpl/ha. Alikasvokseen kuuluu myös rinnankorkeudelta alle 2 cm puut ja rinnankorkeutta pienemmät taimet. Lämpimitaluokan 0–2 cm, jota ei tässä inventoinnissa määritetty, voidaan olettaa olleen neljännen valtakunnanmetsien inventoinnin tasoinen eli noin 500 kpl/ha (Ilvessalo 1962). Sen lisänä olivat taimet ja taimiaines, joiden määrä vaihtelee metsiköittäin mutta on keskimäärin suuri (Sarvas 1944, Räsänen ym. 1985, Hagner 1992, Lähde 1992a, b). Luontaisesti kehittyneiden metsien uudistumispotentiaali on siten hyvin suuri. Sen käyttökelpoisuutta edesauttaa se, että vajaakaan runkoluku ei merkitse suurta tuotostappiota (Gustavsen 1992), samoin kuin raudus- ja jopa hieskoivun hyväksyminen kasvatettavaksi puulajiksi. Alikasvoksen täysimääräinen käyttö vähentää viljelytarvetta, lyhentää kiertoaikaa, parantaa tuottoa ja lisää metsiköiden sisäistä monimuotoisuutta.

Kirjallisuus

- Assmann, E. 1970. Principles of forest yield study. McGraw-Hill Book Company. 502 s.
- Cajander, E.K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 19(5):1–59.
- Gustavsen, H.G. 1992. Vähäpuustoisten männiköiden ja kuusiköiden kehitys. Summary: The development of understocked pine and spruce stands. *Folia Forestalia* 796:1–29.
- Hagner, M. 1992. Biologiskt och ekonomiskt resultat i fältförsök med plockhuggning kombinerad med plantering. Summary: Biological and economical results from experiments with selective felling combined with enrichment planting. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogskötsel. *Arbetsrapporter* 63:1–129
- Hatcher, R.J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. *Forestry Chronicle* 40(1):86–92.
- Ilvessalo, L. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A tree classification and thinning system. *Acta Forestalia Fennica* 34(38):1–15.
- Ilvessalo, Y. 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend. *Acta Forestalia Fennica* 15:1–157.
- Ilvessalo, Y. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II Valtakunnan metsien arviointi. Summary: The forest resources and the condition of forests of Finland. The second national forest survey. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 30:1–446.
- Ilvessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third national forest survey in Finland. Plan and instructions for field work. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 39(3):1–67.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921–24 vuosiin 1951–53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921–24 to 1951–53. The survey based on three national forest inventories. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 47(1):1–227.
- Ilvessalo, Y. 1962. IV. Valtakunnan metsien inventointi. I. Maan eteläpuoliskon vesistöalueyhmät. Summary: The Fourth national forest inventory. I. Southern water area. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 56(1):1–112.
- Indermühle, M.P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen Stufe. Beiheft zu den Zeitschriften des schweizerischen Forstvereins 60:1–98.
- Isomäki, A. 1979. Kuusialikasvoksen vaikutus männikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. Summary: The effect of spruce undergrowth on the increment, yield and returns of a pine stand. *Folia Forestalia* 392:1–13.
- Kern, K.G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Vergleichende ertragskundlich-ökologische Untersuchungen in zwei Ta-Fi-(Bu)-Plenterwaldbeständen und zwei benachbar-

- ten Fi-Schlagwäldern des Hochschwarzwaldes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien. 232 s.
- Klensmeden, V. 1984. Stamvis blädning — Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984–86. Institutionen för skogsskötsel, Sveriges lantbruksuniversitet. Umeå. 38 s.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. Tiivistelmä: Mallit kuusen ja männyn vapautettujen alikasvostaimien pituuskehitykselle Etelä-Suomessa. *Silva Fennica* 27(3):179–194.
- Kuusela, K. 1972. Suomen metsävarat ja metsien omistus 1964–70 sekä niiden kehittyminen 1920–70. Summary: Forest resources and ownership in Finland 1964–70 and their development in 1920–70. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 76(5):1–126.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1969. The 5th national forest inventory in Finland. General design, instructions for field work and data processing. *Communications Instituti Forestalis Fenniae* 69(3):1–72.
- Kuusela, K. & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman piirimetsälautakunnan alueella 1979–1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977–1982. Summary: Forest resources in the six northernmost Forestry Board Districts of South Finland, 1979–1982, and in the whole of South Finland, 1977–1982. *Folia Forestalia* 568:1–79.
- Laiho, O. 1992. Understoreys in the forests of Finland. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, Umeå, June 22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35: 100–103.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994a. Determining stem distribution by relascope and fixed sample plots in diverse stands. Forests, environment and new technology in northern Europe. Proceedings of the international conference, held in Petrozavodsk, the Republic of Karelia, Russia, September 1993. University of Joensuu, Research Notes 17:70–72.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Vartuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90–128.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1995. Metsikön rakenne ja terminologiaa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538:59–69.
- Lähde, E. 1992a. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, Umeå, June 22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:117–123.
- Lähde, E. 1992b. Regeneration potential of all-sized spruce-dominated stands. Julkaisussa: Hagner, M. (toim.). Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop, Umeå, June 22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:111–116.
- 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.
- Lähde, E., 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, Umeå, June 22–25, 1992. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:58–65.
- Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhygning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhaung. Meddelanden från statens skogsförsöksanstalt 33:1–194.
- Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter hogst i eldre granskog. Norsk institutt for skogforskning. Rapport 9:1–16.
- Pöntyne, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksena Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. *Acta Forestalia Fennica* 35(1):1–235.
- Räsänen, P.K., Pohtila, E., Laitinen, E., Peltonen, A. & Rautiainen, O. 1985. Metsien uudistaminen kuuden eteläisimmän piirimetsälautakunnan alueella. Vuosien 1978–1979 inventointitulokset. Summary: Forest regeneration in the six southernmost forestry board districts of Finland. Results from the inventories 1978–1979. *Folia Forestalia* 637:1–30.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825:1–111.

- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 33(1):1–268.
- Sarvas, R. 1951. Tutkimuksia puolukkatyyppin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 39(1):1–82.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimikot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29(1):11–16.
- Sirén, G. 1951. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the biology of undergrown spruce. *Acta Forestalia Fennica* 58(2):1–82.
- Vaartaja, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyntaimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advanced growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(3):1–133.
- Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 110:1–45.
- Vuokila, Y. 1982. Antakaa luonnon auttaa. *Metsä ja Puu* 99(12):6–8.

Monimuotoisuuden kriteerit

Sari Pitkänen

Johdanto

Suomi on ratifioinut kesällä 1994 kansainväliset biodiversiteetisopimukset. Tätä kautta metsien biologisen monimuotoisuuden säilyttäminen on tullut myös metsänhoidon ja metsätalouden tehtäväksi. Sopimusten mukaan Suomen on selvitettävä metsiemme monimuotoisuuden nykytila ja huolehdittava sen ylläpitämisestä, edistämisestä ja jatkuvasta seurannasta (YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi... 1993). Lisäksi kansainväliset sertifiointit tulevat käytännössä vaikuttamaan metsäteollisuuden markkinanäkymiin ja vaikuttavat siten myös käytännön metsätalouteen. Kansainvälisillä sertifiointeilla vaikutetaan siihen, miten metsiä olisi käsiteltävä monimuotoisuuden ylläpitämiseksi; miten teollisuuden käyttämä puu tuotetaan ja hankitaan.

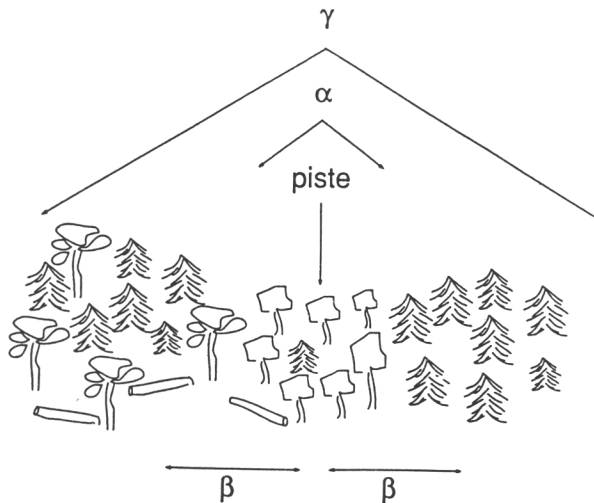
Biologinen monimuotoisuus eli biodiversiteetti (diversiteetti) tarkoittaa elämän monimuotoisuutta sen kaikissa muodoissa ja kaikilla hierarkian tasoilla. Monimuotoisuus on siis paljon muutakin kuin pelkkä alueellinen lajirunsaus, johon monimuotoisuus yleisimmin yhdistetään. Monimuotoisuudessa voidaan erottaa ainakin kolme eri hierarkian tasoa (Hunter 1990, Kouki 1993). Ensimmäinen taso on lajirunsaus ja siihen liittyvä yksilöiden runsaus. Kullakin alueella on edustettuina omanlaisensa elinympäristöt, jotka tarjoavat elinmahdollisuudet tietynlaisille eliölajeille. Toisena tasona on geneettinen monimuotoisuus, johon kuuluu lajien sisäinen ja välinen vaihtelu. Tähän monimuotoisuuden tasoon liittyvät kysymykset jalostamisen eduista ja haitoista sekä vaatimus alkuperäisten rotujen säilyttämisestä. Tämä monimuotoisuuden osa on toistaiseksi ollut vähän tutkittu alue, koska ei ole ollut sopivia menetelmiä perimän tutkimiseen. Nykyinen geeniteknologia on osaltaan vastaus tähän ongelmaan. Kolmanneksi erotetaan populaatioiden, yhteisöjen ja ekosysteemien monimuotoisuus. Ekosysteemien monimuotoisuuden tutkiminen on geneettisen monimuotoisuuden tavoin koettu hankalaksi, sillä ei ole olemassa yhtenäistä luokittelujärjestelmää ekosysteemeille (Suomen metsäluonnon ... 1994). Tämä vaikeuttaa niiden vertailua toisiinsa eri alueilla. Lisäksi vertailua vaikeuttaa se, että on hankalaa erottaa mikä osa ekosysteemien vaihtelusta on luonnon omaa ja mikä taas ihmisen aiheuttamaa vaihtelua.

Koukin (1993) mukaan alueellisella tasolla erotetaan monimuotoisuudessa seuraavat eri tasot (kuva 1). Yhden elinympäristön eli habitaaatin monimuotoisuutta kuvataan α -diversiteetillä. Se kuvaa niiden lajien monimuotoisuutta, jotka elävät samalla paikalla ja käyttävät mahdollisesti samoja resursseja. Lajiston muuttumista ympäristön muuttuessa kuvataan puolestaan β -diversiteetin avulla. Laajimman tason eli maisemaekologian monimuotoisuutta kuvataan γ -diversiteetillä (Kouki 1993, Forman & Godron 1986). Vastaavasti suppeimman tason eli yhdessä pisteessä, esimerkiksi yhdessä puussa, vallitsevaa monimuotoisuutta kuvataan pistediversiteetillä. Näistä mittareista luonnonsuojelun kannalta tärkeimmät ovat α - ja β -diversiteetit (Kouki 1993). Monimuotoisuutta kuvaavista indekseistä yleisimmin on

käytetty Shannonin- Wienerin H' - indeksiä (Kouki 1993, Swindel ym. 1984). Diversiteetti-indeksien käyttöä monimuotoisuuden kuvaajina on kuitenkin myös kritisoitu. Haila ym. (1994) toteavat mm. että niiden käytöllä päädytään usein väärin päätelmiin monimuotoisuudesta, jos niitä käytetään tuntematta niille sopivia sovellutusalueita ja käyttötarkoitusta.

Monimuotoisuuden mittaaminen on siis tähän asti ollut alueen lajimäärien mittaamista. Tähän liittyy kaksi erilaista käsitettä: lajirunsaus, "richness", ja tasaisuus, "evenness" (Hunter 1990). Lajirunsaus kuvaa tietyn alueen lajimääriä ja tasaisuus puolestaan lajikohtaisia yksilömääriä. Näistä tasaisuus on monimuotoisuuden kannalta tärkeämpi. Biodiversiteetin kannalta arvokkaampi on sellainen alue, jolla kussakin alueella elävässä lajissa on suunnilleen yhtä monta yksilöä, kuin alue, jolla mahdollisesti elää useampia lajeja, mutta valtaosa alueen yksilöistä on yhdessä lajissa (Hunter 1990). Alueella elävien lajien harvinaisuutta ei pidetä luotettavana monimuotoisuuden mittarina. Ensiksikin harvinaisten lajien tunnistamiseen kykeneviä ammattilaisia on hyvin harvassa ja toiseksi niistä tehdyt havainnot ovat satunnaisia ja epäluotettavia juuri lajien harvinaisuuden vuoksi. Lisäksi monet alueen harvinaisista lajeista eivät yleensä esiinny alueelle tyypillisimmillä habitaateilla (Kouki 1993).

Metsäluonnon monimuotoisuuden arvoa ja merkitystä voidaan perustella eri tavoin (Kouki 1993, Hunter 1990). Ensimmäinen peruste on, että monilla lajeilla on itseisarvoa eli niitä arvostetaan pelkästään sen vuoksi että ne ovat olemassa. Toiseksi monet lajit ovat taloudellisesti tärkeitä eikä kaikkia lajeja ole vielä edes löydetty tai kaikkien lajien käyttömahdollisuuksia huomattu. Siksi on tärkeää ehkäistä luonnon tuhoutumista ja siten monien lajin uhanalaistumista ja häviämistä. Edelleen on todettu, ettei ihmisellä ole mitään oikeutta tuhota muita lajeja tai vaarantaa niiden olemassaoloa. Kolmanneksi metsien säilyminen monimuotoisena takaa, että ekosysteemi on toimiva ja sen palautumiskyky säilyy. Kaikkea ei kuitenkaan voida suojella, joten olisi löydettävä se taso kullakin alueella, joka takaisi toiminnan ja palautumiskyvyn.



Kuva 1. Alueen monimuotoisuutta kuvataan α -, β -, γ - ja pistediversiteetillä (Kouki 1993).

Ekosysteemin diversiteettiin vaikuttavat monet seikat (Hunter 1990). Monimuotoisella alueella on runsaasti erilaisia tekijöitä: vettä, ravintoa, valoa ja kilpailua näistä resursseista. Alueella tapahtuvat häiriöt vaikuttavat kahdella tavalla. Toisaalta tuhojen olisi oltava säännöllisiä, jottei yksikään laji saisi ylivaltaa muihin nähden. Toisaalta liian usein toistuvat ja laajat tuhot yksipuolistavat lajivalikoimaa ja painottavat sitä suksession alkupäähän. Petojen, parasiittien, patogeenien ja herbivorian vaikutuksia monimuotoisuuteen ei ole tutkittu kovin tarkasti, mutta terve ja toimintakykyinen ekosysteemi sietää tällaisia vaikutuksia. Alueen monimuotoisuuteen vaikuttavat myös vanhat maankäyttömuodot ja palohistoria (Kouki 1993).

Monimuotoisuuden kannalta eri toimenpiteiden ja niiden vaikutusten arvioimisen tarkoituksenmukaisin taso on maisemataso. Monimuotoinen maisema koostuu monipuolisesta florasta ja faunasta (Forman & Godron 1986). Vaihteleva maisema tarjoaa monenlaisia elinympäristöjä sekä suoja- ja ruokapaikkoja, mikä puolestaan tekee alueesta monimuotoisuuden kannalta arvokkaan. Monimuotoisuuden hoitaminen on myös kulkureittien, ns. ekologisten käytävien, hoitamista ja ylläpitoa. Maisematason tarkastelu auttaa ottamaan tämänkin seikan huomioon. Seuraavassa tarkastellaan lähemmin niitä kriteerejä, joita käytetään kuvattaessa alueellista monimuotoisuutta.

Kriteerit

Puulajisuhteet

Alueella vallitseva ilmasto, maaperän ominaisuudet, kilpailu, yms. seikat vaikuttavat alueen puulajivalikoimaan ja puulajisuhteisiin. Erilaiset ja -kokoiset puut puolestaan ovat ravintoa ja suojaa monille eliöille, joista osa on erikoistunut tiettyihin puulajeihin. Myös puut saattavat hyötyä joistakin näistä suhteista (symbioosi) tai ne saattavat olla puiden kannalta vahingollisia (herbivoria ja patogenia). Lehtipuilla on havupuihin verrattuna useita monimuotoisuuden kannalta positiivisia ominaisuuksia (Hunter 1990). Monet eliöt ovat erikoistuneet nimenomaan lehtipuihin. Puulajivalikoimasta monimuotoisuuden kannalta ylivoimaisiksi puulajeiksi niillä elävien lajien lukumäärällä mitattuna ovat raita ja haapa (Kouki 1993). Lisäksi lehtipuiden lehdet ovat syöntikelpoisia ja lehtipuiden karikkeen laatu on maamikrobeille ja siten ravinteiden vapautumiselle havupuiden kariketta parempaa. Myös lehtipuiden rakenteellinen diversiteetti on havupuita monimuotoisempaa tarjoten siten useammanlaisia elinympäristöjä. Havupuilla puolestaan on lehtipuihin nähden se etu, että ne ovat ainaviahantia eli ne tarjoavat ruokaa ja suojaa myös talvella. Siten havupuilla on suuri merkitys talvehtijoiden selviämiseksi. Lehtimetsät tai lehtipuusekoitteiset sekametsät koetaan siis syystäkin havumetsiä monimuotoisemmiksi. On kuitenkin muistettava, että myös havupuilla ja havumetsillä on omat niihin erikoistuneet lajinsa ja niillä on oma merkityksensä monimuotoisuudelle.

Monen puulajin muodostama metsä on aina monokulttuureja monimuotoisempi (Hunter 1990). Yhden puulajin metsiköissä on vähän erilaisia elinympäristöjä, mikä köyhdyttää myös lajistoa. Lisäksi yhden puulajin muodostamilla metsiköillä on huono stressin ja tuhojen sietokyky, jolloin laajat tuhot ovat monen puulajin metsiköitä yleisempiä. Monokulttuureilla on siis varsin vähän suoranaista etua monimuotoisuudelle, niiden merkitystä onkin tarkasteltava toisesta näkökulmasta. Monet nykyisistä istutetuista havumetsiköistä ovat taloudellisesti erittäin merkittäviä. Ne tuottavat raaka-ainetta teollisuudelle tehokkaasti ja puunkorjuu näissä metsissä on edullista ja yksinkertaista. Puun tuottaminen voidaan kohdistaa

tietyille alueille, mahdollisesti lähellä tuotantolaitosta ja/tai asutusalueita. Ne vähentävät siten painetta muiden, arempien alueiden käsittelyyn ja antavat mahdollisuuden käsitellä kevyemmin niitä alueita, joilla puuntuotanto on vain yksi metsän monista tehtävistä. Tämä epäilemättä edesauttaa monimuotoisuuden suojelua. Toisaalta maisemaekologisesti tarkasteltuna, myös pienialaisilla monokulttuurin palasilla on diversiteettinsä. Niillä on omat ominaislajinsa ja elinympäristönsä, jotka yhdessä alueen muiden metsiköiden kanssa lisäävät maisema-alueen monimuotoisuutta.

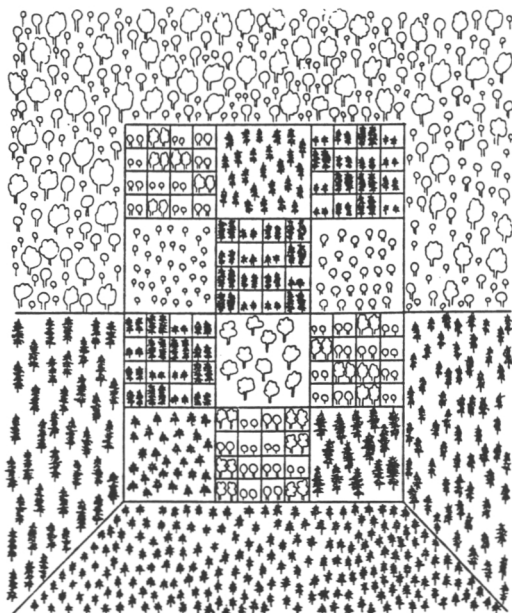
Niittyjen, soiden ja vesistöjen löytyminen alueelta lisäävät sen monimuotoisuutta, joten ne on huomioitava metsienkäsittelyssä (Hunter 1990, Kouki 1993). Nämä alueet yhdessä metsän kanssa muodostavat kokonaisuuden, jota on hoidettava kokonaisvaltaisesti. Monesti esim. vesistöjen ympärillä on omanlaisensa puulajivalikoima ja erityisesti pienvesistöt kuten lammet, purot ja lähteet kohottavat alueen monimuotoisuutta.

Puuston ikärakenne

Puuston ikärakenne vaikuttaa monimuotoisuuteen sukkession ja metsän ikäluokkajakauman kautta. Sukkession eri vaiheilla on kullakin omat ainutlaatuiset lajinsa, joista ei voida oikeastaan sanoa toisten olevan toisia tärkeämpiä. Lisäksi lajirunsaudet ja lajien dominoivuussuhteet eri vaiheissa vaihtelevat (Zobel ym. 1993). Tämä onkin johtanut siihen, että erilaisia mielipiteitä eri sukkessiovaiheiden merkityksestä monimuotoisuudelle on lukuisia: jotkut väittävät että diversiteetti on suurin kliimaksivaiheen metsissä, koska ne edustavat uhanalaisten lajien asuinpaikkoja. Toiset puoltavat lajirunsautta edustavaa pioneerivaihetta ja jotkut kompromissina sukkession keskivaihetta, jolloin kaikki pioneerilajit eivät vielä ole hävinneet, mutta alueelta löytyy kuitenkin jo kliimaksivaiheen lajeja (Hunter 1990).

Monimuotoisuutta tarkasteltaessa tarkoituksenmukaisinta olisi käyttää maisematasoa. Tämä oikeastaan ratkaisee kysymyksen siitä, mikä vaihe omaa suurimman diversiteetin. Jos halutaan optimoida alueen monimuotoisuutta, olisi huolehdittava siitä, että alueella on edustettuina kaikki ikävaiheet (kuva 2). Tällöin erotetaan kaksi käsitettä toisistaan: maiseman ikärakenne ja metsikön ikärakenne. Maiseman ikärakenne on alueen metsiköiden muodostama ja sen monipuolisuutta lisäävät eri kehitysvaiheissa olevat metsät sekä sellaiset metsät, joissa on monta ikävaihetta edustettuna yhdessä. Metsikön ikärakenne puolestaan on metsikön puiden muodostama.

Vanhon metsien suojelu kuuluu monimuotoisuuden ylläpitämiseen. Vaikka vanhat metsät muodostavatkin vain yhden metsikön ikävaiheen, ne ovat nykyisin avainasemassa. Tämä johtuu siitä, että vanhat metsät ovat Suomessa harvinaisia ja ne ovat monien uhanalaisten lajien elinympäristö (Talvia 1994). Vanhoilla metsillä on oma ainutlaatuinen diversiteettinsä, joka muodostuu niihin erikoistuneista lajeista, jotka eivät voi elää muualla. Vanhoiden metsien käsittelyssä tärkein ohje onkin "sulje ovi ja heitä avain pois"-periaate (Hunter 1990).



Kuva 2. Monimuotoisen metsäalueen metsiköiden puusto koostuu taimikoista, nuorista puista, varttuneista puista sekä eri-ikäisten puiden sekoituksista. Usean puulajin esiintyminen alueella lisää monimuotoisuutta (Hunter 1990).

Spatiaalinen vaihtelu

Spatiaalisella vaihtelulla voidaan tarkoittaa kahden eri tason vaihtelua (Hunter 1990). Laajemmalla tasolla on kyse metsiköiden ja metsäalueiden sijainnista maisema-alueella. Metsikkötasolla spatiaalinen vaihtelu puolestaan tarkoittaa puiden tilajärjestystä. Hakuilla vaikutetaan sekä puiden keskinäiseen tilajärjestykseen että erityyppisten metsiköiden sijaantiin ja esiintymiseen alueella. Lisäksi spatiaalista vaihtelua aiheuttavat maaperä, topografia, tuhot, yms. Tarkasteltava laji puolestaan vaikuttaa siihen, vaaditaanko alueelta yhtenäisyyttä vai vaihtelua.

Hakkuiden vaikutuksesta monimuotoisuuteen ei ole Suomesta saatavilla tutkimustietoa, mutta esim. USA:ssa on asiaa tutkittu jonkin verran (Hunter 1990). Pienialaisella uudistusallalla suositellaan käytettäväksi valikoivaa hakkuuta, joka Suomen oloissa vastaisi lähinnä jatkuvan kasvatuksen menetelmiä. Valikoiva hakkuu takaa pienelläkin alueella sen, etteivät habitaatit rikkoudu ja alueella toteutuu eri-ikäisrakenne, mikä takaa monenlaisia elinympäristöjä. Keskikokoisille uudistusalueille suositellaan ns. "patch-cut"-tyyppisiä pieniä (0.1 ha) avohakkuita, jolloin alueelle saadaan eri-ikäisiä ja -puulajisia metsiköitä. Maisematasolla toteutetaan näitä kahta hakkuutyyppeä sopivasti avohakkuun kanssa sijoitettuina, sen mukaan millainen alue on käsiteltävänä. Näiden tutkimusten mukaan avohakkuita voidaan verrata tuhoihin ja niillä on merkitystä suksession alkuvaiheen eliölajeille.

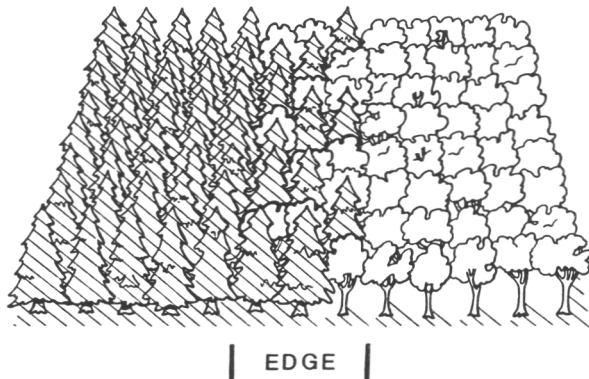
Nykytiedon perusteella ei Suomen oloissa voi antaa kuin ohjeellisia neuvoja siitä miten metsiä tulisi hakata, jos halutaan varmistaa myös monimuotoisuuden säilyminen. Varsinkin

avohakkuiden käyttäminen metsien uudistamisessa on ollut julkisen keskustelun aiheena. Avohakkuut haluttaisiin kokonaan kieltää, mutta samalla esiintyy epäilyjä siitä, että tämä lisäisi metsien pirstoutumista ennestään. Jos avohakkuista luovutaan, joudutaan saman puumäärän hankkimiseksi hakkuut kohdistamaan entistä suurempiin metsäalueisiin (Halkka 1994). Ennenkuin saadaan varmaa tietoa hakkuiden vaikutuksista olisi tärkeintä, että hakkuut kohdistetaan monimuotoisuuden kannalta vähemmän aroille alueille ja muita alueita käsitellään mahdollisimman varovasti. Samoin tulisi varmistaa, että kaiken tyyppisiä metsiä löytyisi myös käsittelemättöminä alueina, sillä niillä on tärkeä merkityksensä eliöiden siirtymiselle ja niiden elinympäristöinä.

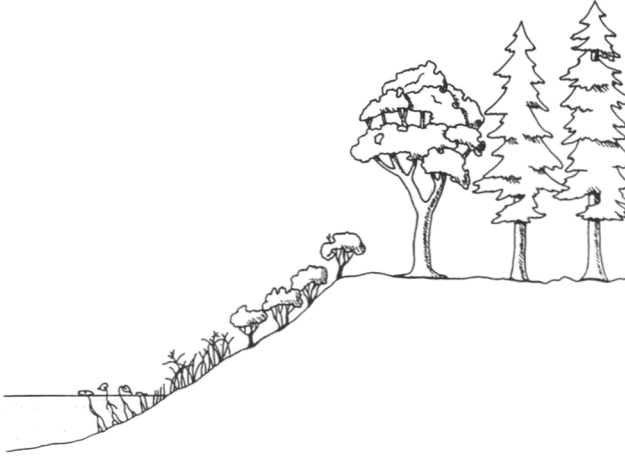
Reuna-alueet

Reuna-alueilla tarkoitetaan alueita, joilla kaksi erilaista ekosysteemiä, esim. pelto ja metsä, kohtaavat (kuva 3). Nämä alueet ovat monesti tärkeitä siirtymäreittejä alueelta toiselle (Forman & Godron 1986). Lisäksi on olemassa lajeja, jotka vaativat elinympäristökseen reuna-alueiden kaltaisia habitaatteja. Edelleen monille lajeille reuna-alueen toinen ekosysteemi tarjoaa ravinnon ja toinen suojan. Samoin toisen ekosysteemin tuhoutuessa, reuna-alueella elävä laji voi siirtyä toiseen ja menestyä siellä lähes yhtä hyvin kuin alkuperäisellä habitaatillaan. Reuna-alueet ovat siis varsin monimuotoisia alueita (Hunter 1990).

Reuna-alueista arvokkaimmiksi koetaan sellaiset alueet, joilla kohtaavat toisensa mahdollisimman erilaiset ekosysteemit. Tällöin siirryttäessä ensimmäiseltä ekosysteemiltä vaihtumisvyöhykkeen kautta toiselle ekosysteemille erilaisten habitaatien määrä on suurin (alkuperäiset ekosysteemit ja niiden sekoitukset). Reuna-alueiden määrään vaikuttaa puolestaan alueen muoto; ympyrällä on vähiten ja epäsäännöllisellä kuviolla on eniten reuna-alueita. Reuna-alueiden määrä lisääntyy myös, jos alue koostuu useista erilaisista ekosysteemeistä yhden laajan ekosysteemin sijasta. Ei kuitenkaan kannata maksimoida reuna-alueiden määrää pirstomalla turhaan laajoja metsäalueita pienipiirteiseksi mosaiikiksi, sillä on olemassa myös lajeja, jotka vaativat elinympäristöltään yhtenäisyyttä ja laajuutta ja jotka eivät siedä reuna-alueita. Sen sijaan kannattaa varmistaa reuna-alueiden riittävä esiintyminen muodostamalla laajoja epäsäännöllisen muotoisia metsiköitä ja tarjota siten elinympäristöjä monenlaisille eri eliöille.



Kuva 3. Reuna-alueen käsite. Pystyviivojen välissä on vaihtumisvyöhyke, jossa eri ekosysteemit sekoittuvat. Vyöhykkeen molemmin puolen ovat alkuperäiset ekosysteemit (Hunter 1990).



Kuva 4. Rannoilla vesiekosysteemi vaihtuu vähitellen metsäekosysteemiksi (Hunter 1990).

Vesistöt

Vesistöt lisäävät huomattavasti metsäalueen monimuotoisuutta, joten alueella olevien vesistöjen terveydestä tulee huolehtia ja huomioida metsänkäsittelyn vaikutukset vesialueisiin. Metsänhoito vaikuttaa hakkuiden, ojitusten ja lannoitusten kautta valuma-alueella oleviin vesistöihin vapautuneiden ravinteiden huuhtoutuessa vesistöihin (Pirainen 1993). Toisaalta metsiä voidaan myös kasvattaa sitomaan ravinteita ja muuttaa sitä kautta valuvesien laatua valuma-alueella.

Rannat ovat tärkeydeltään verrattavissa reunalueisiin; niillä kohtaavat toisensa maa- ja vesiekosysteemit. Rannat ovat monien lintu- ja nisäkäslajien pesimäpaikkoja ja tarjoavat ravintoa monille muille lajeille (Hunter 1990). Lisäksi monet kasvilajit vaativat rantaekosysteemin viihtyäkseen, esimerkiksi tulvavaikutus on monien kasvien elinkierrolle tärkeä. Vähittäiset lajimuutokset rantaviivalta kohti metsää muodostavat merkitsevän osan alueen monimuotoisuudesta (kuva 4).

Kuolleet puut ja lahoppuut

Puuntuotantoon tähtäävässä metsätaloudessa kuollut puuainekes on koettu yhtä hyödylliseksi kuin viides pyörä autossa, mistä johtuen kuolevat ja kuolleet puut on korjattu jo hyvissä ajoin ennen kuolemista ja lahoamista pois. Tällä tavoin on myös perinteisesti haluttu säilyttää metsä hygieenisenä. Kuitenkin kuolleilla puilla ja lahoppuilla on tärkeä merkitys ekosysteemissä ja kuolleen puuainekes puuttumisella on negatiivinen vaikutus moniin eliöihin (Martikainen ym. 1994, Hunter 1990). Nämä puut ovat ravinteidenkierrossa orgaanisen ainekes ja ravinteiden varastoja. Niiden merkitystä lisää myös se, että lahoppuun vähyys ja jopa puuttuminen nykyisissä talousmetsissä ovat tehneet monista eliölajeista uhanalaisia. Lahoppuut tarjoavat näille eliöille asunnon, lepopaikan, ruokaa, turvallisuutta ja kasvupaikan.

Kuolleen ja lahoppuainekes metsässä voi muodostaa runkojen lisäksi myös kannot ja maahan pudonneet oksat, siis periaatteessa myös hakkuutähteet. Nämä ovatkin riittävän kokoisia joillekin hyönteislajeille, mutta suuremmat eliöt vaativat rungon menestyäkseen

(Hunter 1990). Tämä johtuu ennenmuuta rungon hitaammasta hajoamisnopeudesta. Kuolleet ja lahoppuut muodostavat metsissä siis oman miniatyyri ekosysteeminsä omine tunnusomaisine lajeineen, joita ei alueella voisi muissa olosuhteissa esiintyä. Kun ylläpidetään metsikön monimuotoisuutta, on syytä huolehtia, että alueella on myös jonkin verran lahoppuuta. Miten paljon lahoppuuta sitten tarvitaan ja miten kuolleen puuaineksen tulisi alueella sijaita? Tähän ei ole olemassa yksiselitteistä ratkaisua eikä tutkimustietoa. ”Hyvinä arvauksina” voisi esittää, että kuolleen ja lahoppuuston tulisi edustaa samoja puulajeja samoissa suhteissa kuin elävä puustokin ja sitä tulisi esiintyä koko alueella.

Boreaaliset havumetsät

Koukin (1993) mukaan boreaalisisissa metsissä on kolme erityisen tärkeää tekijää, jotka luovat ja ylläpitävät monimuotoisuutta metsissä. Ensiksikin metsiemme historiassa on vaikuttanut useita laajojakin metsäpaloja ja kuloja. Niiden ansiosta metsät ovat uudistuneet aina silloin tällöin ja myös lehtipuumetsät ovat saaneet elintilaa. Metsissämme onkin palaneesta puuaineksesta riippuvaisia eläin-, sieni- ja kasvilajeja. Näistä monet ovat nykyisin uhanalaisia tai vaarantuneita, sillä kuloja esiintyy liian vähän ja niissä palaa entistä pienempiä alueita.

Toinen vaikuttava tekijä on lehtipuiden esiintyminen metsissä. Monille eliölajeille varsinkin koivu, haapa ja räitä ovat elintärkeitä. Luontaisesti lehtipuuvaihe kestäisi metsissä n. 100 vuotta, mutta useimmiten metsätalous korjaa harvennushakkuissa lehtipuut pois lahoamasta jo paljon aikaisemmin. Kolmas monimuotoisuudelle tärkeä tekijä onkin kuolleen puuaineksen, niin havu- kuin lehtipuun, esiintyminen. Kuolleen puuaineksen määrä onkin vähentynyt todella voimakkaasti 1800-luvulta nykypäivään. Vielä 1800-luvun lopulla metsissä oli 12-13 kuutiometriä kuollutta puuta hehtaarilla, kun nykyisin tuo määrä on 0-1 kuutiometriä (Kouki 1993).

Havumetsävyöhykkeessä, jossa ei ihminen ole toimillaan vaikuttanut, on kaksi pääbiotooppia: alueet, jotka palavat usein tai joskus sekä alueet, jotka palavat harvoin tai eivät koskaan (Kouki 1993). Ensin mainitussa eri-ikäiset ja -puulajiset sukkessiovaiheet seuraavat toisiaan. Sukkession aloittaa kulovaihe, jolloin alueen puut tuhoutuvat ja uusi puusukupolvi alkaa muodostua lehtipuista. Lehtipuuvaiheessa lehtipuiden määrä ja koko kasvavat edelleen karuimpia alueita lukuunottamatta, joilla mänty on valtapuulajina. Havupuuvaiheessa lehtipuut väistyvät vähitellen. Harvoin tai ei koskaan palavilla alueilla metsien uudistuminen tapahtuu metsän sisäisen dynamiikan seurauksena vanhojen, kookkaitten puiden kuoleamisen ja kaatumisen vapautettua elintilaa

Metsien pisteyttäminen monimuotoisuuden kannalta

Kaikki edellä mainitut monimuotoisuuden kriteerit ovat tärkeitä ja mahdollisimman monen tekijän yhtäaikaisten toteutumisen varmistaa monimuotoisuuden korkean tason. Tällä hetkellä ei kuitenkaan voida varmasti sanoa onko jokin kriteeri tärkeämpi kuin toinen saatikka kuinka paljon arvokkaampi jokin ominaisuus olisi toiseen verrattuna. Mitään yhtenäistä menetelmää ei ole vielä olemassa metsien luokittamiseen tai arvottamiseen keskinäiseen paremmuusjärjestykseen monimuotoisuuden kannalta. Tämä on tulevaisuudessa yksi monimuotoisuustutkimuksen tehtävistä. Luokittelua on vaikeuttanut se, että ihmisen toiminnan vaikutuksesta aiheutuva vaihtelu on ollut hankala erottaa luonnon omasta vaihtelusta (Suomen metsäluonnon.. 1994).

Rahallisen arvottamisen vaikeutena puolestaan on se, ettei monimuotoisuuden kannalta tärkeillä seikoilla ole olemassa rahallista markkina-arvoa (Naskali 1993). Tällaista rahallista arvoa on näille ”tuotteille” haettava kiertoteitä esim. kysymällä kuinka paljon kuluttajat ovat valmiita maksamaan avohakkuuvapaasta puusta valmistetusta paperista verrattuna tavalliseen paperiin. Olivatpa monimuotoisuuden arvottamistekijät ja kriteerit mitkä hyvänsä, tärkein tekijä monimuotoisuuden ylläpitämiselle on se, että kunkin alueen, ja koko maan, metsien käsittelylle ja hoidolle on asetettu selkeä ja johdonmukainen tavoite, joka ohjaa kaikkea alueella tapahtuvaa toimintaa. Siten varmistetaan järkipöytä ja ristiriidaton monimuotoisuuden huomioon ottaminen suomalaisessa metsässä.

Kirjallisuus

- Forman, R.T.T. & Godron, M. 1986. Landscape ecology. New York: Wiley. 619 s.
- Haila, Y., Kouki, J., Niemelä, J. & Niemelä, P. 1994. Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä: tutkimustuloksista käytännön suosituksiin. Teoksessa: Haila, Y., Niemelä, P. & Kouki, J. (toim.). Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 482. Metsäekologian tutkimusosasto. 123 s.
- Halkka, A. 1994. Hyvästi, hakkuuaukko? Suomen Luonto 1994(4): 16-18.
- Hunter, M. L. Jr. 1990. Principles of managing forests for biological diversity. Wildlife, forests, and forestry. Regents/Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 370 s.
- Kouki, J. 1993. Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä - katsaus ekologiin tutkimustarpeisiin ja suojelemaan mahdollisuuksiin. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. sarja A, No. 11. 86 s.
- Martikainen, P., Kaila, L., Punttila, P. & Siitonen, J. 1994. Metsien käsittelyn vaikutus lahoppuuhyönteisten esiintymiseen Suomen ja Venäjän Karjalassa. Teoksessa: Haila, Y., Niemelä, P. & Kouki, J. (toim.). Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 482. Metsäekologian tutkimusosasto. 123 s.
- Naskali, A. 1993. Luonnon monimuotoisuuden taloudellinen arvottaminen. Teoksessa: Mäkelä, P. & Kangas, J. (toim.). Metsäluonnon ja -ympäristön hoito. Tutkimuspäivä Joensuussa 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 478. 68 s.
- Piirainen, S. 1993. Metsätalouden vesistövaikutukset - tutkimustoiminta Itä-Suomessa. Teoksessa: Mäkelä, P. & Kangas, J. (toim.). Metsäluonnon ja -ympäristön hoito. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 478. 68 s.
- Suomen metsäluonnon monimuotoisuuden turvaaminen. Ympäristöministeriön mietintö nro 3. Alueiden käytön osasto. 1994. 90 s.
- Swindel, B.L.F., Conde, L.F. & Smith, J.E. 1984. Species diversity: concept, measurement, and response to clearcutting and site-preparation. Forest Ecology and Management. 8:11-22.
- Talvia, O. 1994. Suomalainen metsätalous ja biodiversiteetti. Teoksessa: Euraasian havumetsät. Systemaattisekologinen kasvitiede/Turun yliopisto. 1994. Seminaariesitelmien tiivistelmät. Koostanut: Risto Kalliola. 65 s.
- YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi. Rio de Janeiro 3.-14.6.1992. UNCED. Ympäristöministeriö. Ulkoasiainministeriö. 1993. 239 s.
- Zobel, K., Zobel, M. & Peet, R.K. 1993. Change in pattern diversity during secondary succession in Estonian forests. Journal of Vegetation Science 4: 489-498.

Metsikön ja metsiköiden välisen monimuotoisuuden määrittely

Erkki Lähde, Olavi Laiho, Yrjö Norokorpi & Timo Saksa

Johdanto

Yleisen määritelmän mukaan biologisella monimuotoisuudella tarkoitetaan kaikkien kasvien, eläinten ja mikro-organismien sekä niiden elinympäristön monimuotoisuutta ja vaihtelua (UNCED, YK:n... 1993). Monimuotoisuuden yleisimpänä ja yksinkertaisimpana mittarina on käytetty lajilukumäärää jollakin alueella. Tämä on usein tarkennettu kahdeksi eri tekijäksi: lajirunsaus ja lajien runsaussuhteiden tasaisuus (Hunter 1990). Jälkimmäisellä vertaillaan alueen lajikohtaisia yksilömääriä ja sitä pidetään monimuotoisuuden kannalta tärkeimpänä tunnuksena. Toisen hierarkian tasona pidetään geneettistä monimuotoisuutta, joka kuvaa lajin sisäistä ja välistä perinnöllistä vaihtelua. Kolmanneksi tasoksi erotetaan eloyhteisöjen eli ekosysteemien monimuotoisuus.

Maantieteellisessä mittakaavassa monimuotoisuus on jaettu alfa-, beta-, gamma- ja deltadiversiteeteiksi (MacArthur 1965, Whittaker 1972). Pienintä mittakaavaa edustaa alfadiversiteetti, joka käsittää yksittäisen elinympäristön, kuten metsikkökuvion, sisäisen monimuotoisuuden. Betadiversiteetti viittaa metsikkökuvioiden väliseen vaihteluun. Lajistollisen monimuotoisuuden kuvaamiseksi on laadittu erilaisia diversiteetti-indeksejä. Niistä yleisemmin on käytetty Simpsonin heterogeeniteetti-indeksiä sekä Shannonin-Wienerin H'-indeksiä (Swindel ym. 1984, Elliott 1990, Kouki 1993, Buongiorno ym. 1994). Indeksien arvo suurenee lajimäärän lisääntyessä ja lajien runsaussuhteiden tasoittuessa.

Tähänastiset luokitukset ja indeksit on laadittu varsin teoreettisista lähtökohdista. Ne eivät sellaisenaan sovellu hyvin metsätalouden tarpeisiin. Toistaiseksi monimuotoisuuden tarkastelu metsissä on kulminoitunut uhanalaisten lajien luettelointiin ja niiden elinympäristövaatimusten selvittelyyn (Uhanalaisten... 1992). Lajien uhanalaisuuden käyttäminen kriteerinä palvelee suojelusuunnitelmien laadinnassa ja avainbiotooppien luokittelussa, mutta muuten näkökulmaa voidaan pitää yksipuolisena ja suppeana (Annala 1994). Metsätalouden suunnittelun ja metsänhoidon kannalta on tärkeää pelkistää monimuotoisuuden arviointi sellaisiin muuttujiin, jotka voidaan mitata tai luokitella ja ottaa huomioon käytännön toiminnassa. Mitään yhtenäistä menetelmää ei toistaiseksi ole metsien luokittamiseen tai arvottamiseen monimuotoisuuden kannalta paremmuusjärjestykseen.

Metsäekosysteemissä puustolla, sen puulajisuhteilla, ikä- ja kokorakenteella sekä tilajärjestyksellä on keskeinen asema. Puuston monimuotoisuus on koko metsäekosysteemin monimuotoisuuden edellytys. Sillä tarkoitetaan saman yhtenäisen metsikön puiden lajirunsausta sekä jokaisen lajin sisäistä koon, iän ja perimän laajaa vaihtelua. Se on suurimmillaan silloin, kun metsikössä on eri puulajeja, joiden koko vaihtelee taimista vanhoihin, kookkaisiin puihin asti (Angelstam ym. 1990, Norokorpi ym. 1994). Monimuotoinen metsikkö koostuu näin ollen erirakenteisesta ja samalla eri-ikäisestä sekapuustosta. Monimuotoisuus metsikkötasolla edel-

lyttää myös jonkin verran lahoavia pysty- ja maapuita sekä hiiltynyttä puuainesta, joita pidetään jopa keskeisinä kriteerimuuttujina lehtipuun määrän ohella (Haila ym. 1994).

Tässä tutkimuksessa on tavoitteena kehittää diversiteetti-indeksit metsiköiden sisäisellä ja niiden välisellä tasolla. Ne vastaavat siten edellä esitettyjä alfa- ja betadiversiteettejä. Aineistona käytetään pääosin valtakunnan metsien kolmannessa inventoinnissa kertyneitä tietoja. Suuralueiden vertailemiseksi tarvitaan käytäntöä varten myös erillistä maisematason diversiteetti-indeksiä (gammaindeksi). Samoin saatetaan tarvita erillisiä biologisia indeksejä, esimerkiksi joidenkin uhanalaisten lajien osalta. Näiden indeksien laatimista ei käsitellä tässä tutkimuksessa.

Puuston diversiteetin arviointia inventointiaineiston perusteella

Valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin aineisto kerättiin linjoittaisella ympyräkoelaa- arvioinnilla vuosina 1951-1953 (Ilvessalo 1951, 1956). Siihen mennessä metsien luontaista rakennetta ei ollut hakkuilla muutettu kovinkaan paljon (Lähde ym. 1991, 1992, Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994). Vasta sen jälkeen otettiin laajamittaisesti käyttöön alaharvennus ja alikasvosten raivaus, joilla tasattiin puuston rakennetta alapäin. Aineisto antaa siten kohtalaisen hyvän kuvan suomalaisten metsien luonnonvaraisesta monimuotoisuudesta ja kehityksestä. Puusto mitattiin koosta riippuen samakeskisiltä joko 0,1 tai 0,01 ha suuruisilta koealoilta. Ne edustivat yhtenäisiä metsiköitä. Jos koeala osui kuvioiden rajalle, se siirrettiin erillisen ohjeen mukaan saman metsikön sisälle (Ilvessalo 1951). Rinnankorkeuslähimitaltaan alle 2 cm puustosta mitattiin vain peittävyys.

Tätä tutkimusta varten otettiin tarkasteltavaksi Etelä-Suomen aineisto (8832 koealaa). Sen koealojen runkoluku oli jo aikaisemmissa (Laiho ym. 1994) tutkimuksissa ryhmitelty yhdeksään neljän sentin läpimittaluokkaan (1 = 2-6, ... , 9 > 34 cm). Puulajeina oli eroteltu mänty, kuusi, rauduskoivu, hieskoivu, harmaaleppä ja haapa. Muut puulajit oli viety yhteen kokoomaluokkaan. Koivulajien katsottiin monimuotoisuuden suhteen olevan yhdistettävissä. Puulajiryhmien lukumääräksi muodostui siten viisi. Niitä oli aineistossa keskimäärin 2,8 kpl koealaa kohti.

Koelakohtaista monimuotoisuuspisteystystä kokeiltiin ensin antamalla pisteitä puuston esiintymisestä kussakin läpimittaluokassa ja sen lisäksi erilaisina puulajiyhdistelminä. Se osoittautui liian monimutkaiseksi. Sen jälkeen puulajeittainen runkolukusarja jaettiin kolmeen läpimittaryhmään (pienikokoinen puusto, D1,3 2-10 cm; keskikokoinen puusto, D1,3 10-22 cm; isokokoinen puusto, D1,3 > 22 cm). Sitten etsittiin iteroimalla toimivinta vaihtoehtoa vaihtelemalla puulajien ja läpimittaryhmien pisteystystä. Puulajien esiintymisen tasaisuuden kuvaamiseksi päädyttiin kaksiportaiseen puulajeittaiseen pisteetykseen (taulukko 3). Sen mukaan pienikokoisia puita tulee olla vähintään sata, keskikokoisia vähintään kymmenen ja isokokoisia vähintään yksi kappale hehtaarilla antaakseen diversiteetipisteitä. Viisinkertainen määrä nostaa pistemäärää. Lehtipuut arvioitiin havupuita arvokkaammiksi (Hunter 1990). Haavan ja raidan kookkaat puut arvioitiin lisäksi muita lehtipuita arvokkaammiksi (Koskinen 1955, Kuusinen 1994). Pohjapinta-alasta annettiin viisiportaisesti lisäpisteitä.

Näillä perusteilla lasketut diversiteetti-indeksin pistemäärät (taulukko 1) erottuivat eri metsätyypeillä ja kehitysluokissa selvästi toisistaan. Viljavilla kasvupaikoilla pistemäärät nousivat selvästi suuremmiksi kuin karuilla kasvupaikoilla. Turvemaat olivat tuolloin pääosin oijttamattomia ja niukka puustoisia. Runsaspuustoiset turvemaat kuitenkin yltyivät samoihin

pistemääriin kuin viljavuudeltaan vastaavat kivennäismaat. Lehdossa diversiteettipisteet olivat lehtomaisen kankaan tasolla. Jäkälätyyppin koealoja oli vain seitsemän, pistemäärältään keskimäärin 4,50. Sen sijaan kitumaahan luokitellulla kalliomaalla (koealoja 417 kpl) pisteitä oli keskimäärin 9,50 johtuen kanervatyypin verrattuna runsaammasta puulajistosta sekä uudistusalojen ja taimikoiden niukkuudesta.

Uudistusalat ja taimikot yltivät korjaamattomina lähelle ylispuustoisten taimikoiden pistearvoa, sillä avohakkuu oli 1950-luvun alussa vielä harvinainen ja uudistusaloilla ja taimikoissa oli yleisesti siemen- ja ylispuustoa. Taulukkoon 1 nämä kehitysluokat saatiin paremmin vastaamaan nykytilannetta poistamalla laskennassa keski- ja isokokoinen puusto. Tämä alensi uudistusalojen keskimääräistä pistemäärää seitsemän ja taimikoiden kaksi pistettä. Ylispuustoisessa taimikossa pistearvo oli tällöin edellisiä kehitysluokkia huomattavasti suurempi mutta varttuneita metsiä alempi. Harvennus-, väljennys- ja uudistuskypsässä metsässä pistekeskisarvo oli oleellisesti sama kuten myös metsiköissä, joiden kehitysluokkaa ei ollut määritetty. Täten myös viime mainittu ryhmä voidaan lukea varttuneeseen metsään. Syynä kehitysluokan puuttumiseen lienee ollut kooltaan tavanomaista vaihtelevampi puusto (Laiho ym. 1994).

Alikasvoksen esiintymistä tarkasteltiin niillä käytettävissä olleilla koealoilla, joiden puuston sekä alikasvoksen ja muun pintakasvillisuuden määrityksen vastaavuudesta voitiin olla varmoja. Aineisto rajoittui varttuneeseen kivennäismaan metsään (puustoa vähintään 40 m³/ha). Metsikkörakenteista otettiin mukaan säännöllisen erirakenteiset (runkolukujakauma käännetyin J-kirjaimen muotoa muistuttava; Laiho ym. 1994, 1995) puustot. Tämä rakenne oli tuolloin yleisin. Pistearvoltaan se oli keskimäärin runsaan pisteen verran toiseksi yleisintä metsikkörakennetta (kupevan erirakenteinen eli runkolukujakauma normaalijakaumaa muistuttava; Laiho ym. 1995) korkeampi. Koealojen määräksi muodostui näin 1663 kpl. Niillä oli eri puulajien muodostamaa puustokokoista ($h > 1,3$ m; $D1,3 < 2$ cm) alikasvosta peittävyydeltään keskimäärin 12 %, pensaskokoista ($0,5$ m $\leq h \leq 1,3$ m) 8,6 % ja varpukokoista ($h < 0,5$ m) 0,3 %. Lähes kaikilla koealoilla oli alikasvosta ainakin vähän ja suurin yhteispeittävyys ylitti 100 %. Kokeilujen jälkeen päädyttiin taulukossa 3 esitettyyn kolmitasoiseen pisteytykseen.

Diversiteetti-indeksin pistemäärät erottuivat eri metsätyypeillä selvästi toisistaan tässäkin aineistossa (taulukko 2). Muutos oli johdonmukainen niin puusto-, pohjapinta-ala- kuin alikasvospisteidenkin osalta. Pistemäärä oli koko aineistolle keskimäärin 4,9. Hajonta vaihteli metsätyypeittäin välillä 2,7-5,1. Metsiköiden varttuneisuus ja niukkapuustoisten koealojen poisjätö näkyvät keskimäärin 1,8 (puusto- ja pohjapinta-alapisteet) pisteen nousuna Etelä-Suomen koko aineistoon (taulukko 1) verrattuna. Siirtyminen kanervatyypiltä puolukkatyypille nosti pistemäärää paljon enemmän (4,9 pistettä) kuin siirtymiset muiden metsätyyppien välillä (2,5 ja 1,0 pistettä). Jäkälätyyppiä ja lehtoa tämä aineisto ei sisältänyt. Samoin keskimääräinen puulajimäärä lisääntyi hidastuvasti viljavuuden noustessa (CT 1,8 puulajia, VT 2,7, MT 3,1 ja OMT 3,2).

Metsässä oli 1950-luvun alussa läpimitaltaan yli 10 cm pystykuivia puita ja lahoamattomia tuulenkaatoja keskimäärin 1,8 m³/ha (Ilvessalo 1956). Tämän sekä muissa inventoinneissa esitettyjen tietojen sekä kirjallisuuden perusteella päädyttiin pisteytyskokeilujen jälkeen puuston tilavuuteen perustuvaan kaksiportaiseen asteikkoon (taulukko 3). Hiiltyneen puun osalta päädyttiin kolmiportaiseen asteikkoon.

Taulukko 1. Metsiköiden sisäinen diversiteetti-indeksi (alfadiversiteetti) kasvupaikoittain ja kehitysluokittain Etelä-Suomessa valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin (1951-1953) aineiston mukaan. Mukana elävä pystypuusto ja sen pohjapinta-ala ilman alikasvosta. Pisteytys taulukon 3 mukaisesti paitsi että isokokaisen puuston alin läpimitta oli 22 cm ja että koealاکoko ei mahdollistanut erottaa minimitiheyttä 1 kpl/ha. Diversiteetipisteet: minimi-**keskiarvo**-maksimi. N = koealojen määrä, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha. Kehitysluokat: A = uudistusala (ilman ylispuustoa), B = taimikko (ilman ylispuustoa), C = ylispuustoinen taimikko, D = harvennuskasvu, E = väljennysmetsä, F = uudistuskasvu, G = määrättämätön.

Kasvu- paikka	Kehitys- luokka	N	W	Diversiteetti- pisteet	Kasvu- paikka	Kehitys- luokka	N	W	Diversiteetti- pisteet
Lh,	A	11	0,8	0,0 - 0,7 - 2,0	MT	A	39	1,3	0,0 - 1,2 - 5,0
OMT	B	32	9,5	0,5 - 4,2 - 8,5		B	40	5,9	0,5 - 3,5 - 9,0
	C	33	11,8	2,0 - 14,9 - 26,5		C	57	10,5	3,0 - 14,2 - 30,0
	D	360	18,7	4,0 - 17,4 - 34,5		D	770	17,7	3,0 - 16,5 - 34,0
	E	196	20,4	7,5 - 18,0 - 31,0		E	387	19,5	7,5 - 18,0 - 33,0
	F	146	19,0	7,0 - 17,0 - 35,0		F	279	18,0	5,0 - 17,3 - 33,5
	G	531	12,9	1,0 - 15,7 - 32,5		G	923	13,2	0,5 - 15,0 - 33,0
	A-G	1309	16,1	0,0 - 16,2 - 34,5		A-G	2495	15,7	0,0 - 15,8 - 34,0
VT	A	92	0,6	0,0 - 0,5 - 3,0	CT,	A	11	0,5	0,0 - 0,7 - 2,0
	B	71	6,2	0,5 - 3,0 - 6,0	CIT	B	25	3,1	0,0 - 1,4 - 3,0
	C	94	6,8	0,5 - 8,7 - 25,5		C	20	7,0	2,9 - 7,7 - 13,5
	D	418	16,7	1,0 - 13,4 - 26,5		D	81	10,8	3,0 - 7,9 - 15,5
	E	281	17,8	2,0 - 14,5 - 31,0		E	28	14,3	5,0 - 9,5 - 16,5
	F	243	13,7	1,5 - 13,9 - 33,0		F	18	10,0	2,5 - 9,0 - 18,5
	G	885	12,2	1,0 - 13,1 - 32,0		G	65	8,9	1,0 - 9,6 - 23,0
	A-G	2084	13,1	0,0 - 12,3 - 33,0		A-G	248	9,1	0,0 - 7,6 - 23,0
Suot	A	23	1,2	0,0 - 1,0 - 6,0	Yht. /	A	182	0,8	0,0 - 0,8 - 6,0
	B	200	3,8	0,5 - 2,4 - 7,5	Keskim.	B	381	4,9	0,0 - 2,7 - 9,0
	C	172	5,1	0,5 - 6,7 - 19,0		C	393	7,0	0,5 - 9,1 - 30,0
	D	1141	9,8	0,5 - 9,2 - 32,5		D	2948	13,9	0,5 - 12,7 - 34,5
	E	198	10,5	0,5 - 9,6 - 27,0		E	1212	16,6	0,5 - 14,9 - 33,5
	F	160	11,8	1,0 - 11,6 - 26,0		F	885	15,2	1,0 - 14,8 - 35,0
	G	385	8,9	0,5 - 10,5 - 28,5		G	2831	12,1	0,5 - 13,7 - 33,0
	A-G	2279	8,9	0,0 - 8,8 - 32,5		A-G	8832	12,8	0,0 - 12,7 - 35,0

Taulukko 2. Säännöllisen erirakenteisten varttuneiden (kehitysluokat D-G, ks. taulukko 1; puuston tilavuus vähintään 40 m³/ha) metsiköiden elävän puuston sisäinen diversiteetti-indeksi (alfadiversiteetti) eri metsätyypeillä Etelä-Suomessa vuosina 1951-1953. Diversiteetipisteet (pisteytys taulukon 3 mukaisesti paitsi että isokokaisen puuston alin läpimitta oli 22 cm ja että koealاکoko ei mahdollistanut erottaa minimitiheyttä 1 kpl/ha): keskiarvo tai minimi-**keskiarvo**-maksimi. N = koealojen määrä, W = puuston pohjapinta-ala, m²/ha.

Kasvupaikka	Diversiteetipisteet					
	N	W	Puusto	Pohjapinta- ala	Alikasvos	Yhteensä
OMT	339	18,2	14,8	3,1	1,6	9,0 - 19,6 - 37,0
MT	747	17,7	14,0	3,0	1,5	7,0 - 18,6 - 36,0
VT	537	16,3	11,8	2,7	1,3	6,0 - 15,9 - 33,0
CT	40	12,3	7,7	2,0	1,1	6,0 - 10,8 - 17,0
Yht./keskim.	1663	17,2	13,3	2,9	1,5	6,0 - 17,7 - 37,0

Metsiköiden väliset diversiteetti-indeksiluokat (betadiversiteetti) määritettiin metsätyypeittäin diversiteetti-indeksijakauman (taulukot 1 ja 2) keskiarvon ja hajonnan avulla. Määrittelyssä otettiin huomioon metsätyyppien väliset suhteelliset erot samoin kuin ero isokokoisen puuston minimiläpimitassa taulukoiden 1-2 ja 3 välillä. Viime mainittu oli pistemäärää lisäävä, tiheysvaihtoehdon 1 kpl/ha puuttuminen koelatiedoista puolestaan vähentävä. Vähentävästi vaikutti myös puulajimäärityksen puutteellisuus inventointiaineistossa. Alikasvosta muodostavat puulajit oli tarkasti kirjattu ja niitä oli koelalla keskimäärin lähes kaksinkertainen lajimäärä kuin varsinaisessa puustossa. Puuttuvista lajeista merkittävimmät olivat pihlaja ja raita. Pienen koon ja vähäisen tiheyden vuoksi niidenkin vaikutus pistemäärään olisi ollut vähäinen. Pisteytyksessä otettiin niin ikään huomioon puustossa 1950-luvulta lähtien tapahtunut järetyminen ja puustotilavuudessa sekä pohjapinta-alassa tapahtunut lisääntyminen (Kuusela & Salminen 1991, Salminen 1993). Myös erikoispuut otettiin pienenä lisänä huomioon. Inventointiaineisto koostuu yksittäisistä koelaloista, joista jokainen edustaa yhtä metsikköä. Lisäkoelajien sijoittaminen yhtenäisellekin metsikkökuviolle lisää vaihtelua ja siten monimuotoisuutta verrattuna yhteen koelaan. Diversiteetti-indeksien määrittämiseen liittyi siten koko joukko epävarmuustekijöitä. Diversiteetti-indeksiluokat määritettiin kahdella tasolla: pelkästään elävälle pystypuustolle (taulukko 4) ja koko puustolle (elävä ja kuollut). Hyvyysluokka-asteikko laadittiin neliportaiseksi: erinomainen, hyvä, tyydyttävä ja heikko.

Taulukoiden toimivuuden selvittämiseksi pisteytettiin alustavasti joitakin julkaisemattomia mittausaineistoja. Varttuneen luonnontilaisen metsän koelaloilla korkeimmaksi pistemääräksi muodostui 44. Tässä tuoreen kankaan metsikössä oli mäntyä, koivua ja haapaa, myös pystykuolleita ja maapuita. Palokoroiset yli-ikäistä mäntyä sisältävät kuusettuneet säästömetsät yltyvät lehtipuun niukkuuden vuoksi erinomaiselle tasolle vain erikoispuiden ja kuolleiden puiden ansiosta. Lehtomaiset, järeät, lähes puhtaat kuusikat jäivät runsaine maapuineenkin tyydyttävälle tasolle. Kuivilla heikosti uudistuvilla kankailla monimuotoisuustaso jäi niin ikään tyydyttäväksi, vaikka metsiköt olivat varttuneen puisevia.

Harvennusvaiheen metsässä, jossa suurimmat puut ylittivät 25 cm läpimitan, säännöllisen erirakenteiseksi malliharvennetut koeruudut luokittuivat tyydyttäväksi. Alaharvennuksella huolellisesti tasarakenteistetut koeruudut olivat keskimäärin monimuotoisuudeltaan heikkoja. Vastaavat harventamattomat kontrollit luokittuivat hyväksi.

Kanervatyypin puhdas varttunut männikkö näyttää yltävän täysipuustoisena monimuotoisuudeltaan tyydyttäväksi eikä se täydellä alikasvoksellakaan yllä erinomaiseksi. Vähäinenkin puulajisekoitus kuitenkin riittää tämän tason saavuttamiseksi. Sen sijaan puhdas varttunut lehtomaisen maan kuusikko jää hyvin kauas heikon puolelle. Erinomainen taso edellyttää lähes kolme puulajia kaikenkokoisine yksilöineen. Kuollut puuaines kuitenkin mahdollistaa erinomaisen tason kahdellakin puulajilla.

Tämä diversiteettiluokitus tehtiin puustoltaan suhteellisen homogeenisille metsikkökuviolle. Vaihtelevassa metsässä on kuvioiden tarkka rajaaminen kuitenkin käytännön työssä epävarmaa. Jos kuviokokoa suurennetaan käyttämällä väljempää kuviointikriteerejä, se merkitsee puustossa suurempaa ikä-, koko- ja puulajivaihtelua ja samalla taulukoiden antama pistemäärä suurenee.

Ehdotus metsikön puuston ja metsiköiden välisen diversiteetin arvioimiseksi

Diversiteettimääritykset tehdään esimerkiksi relaskooppikoealoilta tai kiinteäsäteisiltä muuttaman aarin suuruisilta koealoilta. Niitä otetaan riittävästi antamaan edustava kuva kuvion puustosta. Kuvion reunavyöhykettä ei oteta mittauskohteeksi. Relaskooppikoealojen heikkoutena on mittauksen painottuminen isoihin puihin. Puustosta mitataan tai arvioidaan seuraavat indikaattorimuuttujat:

1. Puuston määrä (pohjapinta-ala, m²/ha; taimikossa tiheys, kpl/ha)
2. Runkolukujakauma puulajeittain (kpl/ha)
3. Pystykuolleiden puiden määrä puulajeittain (m³/ha)
4. Maapuiden määrä puulajeittain (m³/ha)
5. Alikasvoksen peittävyys tai suhteellinen tiheys (%)
6. Erikoispuiden esiintyminen (merkittävyys ja/tai runsaus)
7. Hiiltyneen puun määrä (m³/ha)

Mittaukset ja havainnot kirjataan esimerkiksi oheiseen taulukkoon (taulukko 3) ympäröimällä ao. pistemäärä. Matalia kantoja ei oteta huomioon, vaikka ne ovat monien eliöiden kannalta tärkeitä. Niitä talousmetsissä on kuitenkin yleisesti. Sammaleen peittämiä pitkälle lahonneita maapuita ei myöskään lasketa mukaan. Erikoispuiksi luetaan erityisen vanhat tai isot puut kuten aihkimännyt, kalasääksen ja kotkan pesäpuut sekä harvinaiset alalajit, muunnokset ja muodot. Niitä ovat esimerkiksi käärmeukuusi, kultakuusi ja mukaramänty. Tällaiset puut ovat arvokkaita paitsi maisemallisesti myös geneettisen monimuotoisuuden kannalta. Niiden esiintyminen pisteytetään määrän, harvinaisuusarvon ja merkittävyyden mukaan arvioiden yhdestä kolmeen. Hiiltyneen puun lajia ei eritellä, mutta arvioitu määrä pisteytetään niin ikään kolmiportaisesti. Pystykuolleiden, maapuiden ja hiiltyneen puun läpimitaksi edellytetään vähintään 10 cm.

Alikasvos pisteytetään peittävyuden tai suhteellisen tiheyden mukaan kolmiportaisesti. Luokituksessa 100 % tarkoittaa täystiheyttä, mutta 60 % antaa jo maksimipistemäärän. Alikasvokseksi luokitellaan alle 2 cm läpimittainen vähintään puolen metrin korkuinen puusto. Se otetaan huomioon myös taimikoissa, jos se erottuu erillisenä kerroksena. Metsikön puuston sisäinen diversiteetti-indeksi (alfadiversiteetti) saadaan laskemalla mitatut tai arvioidut pistemäärät (taulukko 3) yhteen. Saatua pistemäärää voidaan verrata asianomaisen metsätyyppin monimuotoisuusluokitukseen (taulukko 4) metsikön suhteellisen monimuotoisuuden määrittämiseksi.

Taulukko 3. Metsikön puuston diversiteetti-indeksin pisteytys.

Puulaji	D1,3 2-10 cm kpl/ha		D1,3 10-25 cm kpl/ha		D1,3 > 25 cm kpl/ha		Pystykuolleet D > 10 cm, m ³ /ha		Maapuut D > 10 cm, m ³ /ha		Yht.
	100-	500-	10-	50-	1-	5-	0,5-	2-	0,5-	2-	
Mänty	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2	
Kuusi	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2	
Koivu	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Haapa	1	1,5	3	4	4	5	3	4	3	4	
Leppä	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Pihlaja	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Raita	1	1,5	3	4	4	5	3	4	3	4	
Muu havupuu;	0,5	1	1,5	2	2	3	1	2	1	2	
Muu lehtipuu;	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Muu lehtipuu;	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Muu lehtipuu;	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	
Muu lehtipuu;	1	1,5	2	3	3	4	2	3	2	3	

	Puuston pohjapinta-ala, m ² /ha				
	5-	10-	15-	20-	25-
Puusto (D1,3 ≥ 2 cm)	1	2	3	4	5
	Tiheys, kpl/ha				
	< 1000	1000-	5000-		
Taimikko (D1,3 < 2 cm)	1	2	3		
	Peittävyys (suhteellinen tiheys), %				
	1-	20-	60-		
Alikasvos (h ≥ 0,5 m; D1,3 < 2 cm)	1	2	3		
	Merkittävyys ja/tai runsaus				
Erikoispuut	1	2	3		
	Hiiltynyttä puuainesta, m ³ /ha				
	0,2-	2,0-	4,0-		
Hiiltynyt puu (D > 10 cm)	1	2	3		
	YHT.				

Taulukko 4. Metsikön elävän pystyjuuston (A) ja koko puuston (elävä ja kuollut; B) diversiteetti-indeksiin perustuva metsiköiden välinen (betadiversiteetti) luokitus Etelä-Suomea varten.

Kasvupaikka	Heikko	Diversiteettipisteet ja -luokitus			
		Tyydyttävä	Hyvä	Erinomainen	
Lehdot, lehtomaiset kankaat ja vastaavat	A	< 16	16-20	21-25	> 25
	B	< 19	19-22	23-27	> 27
Tuoreet kankaat ja vastaavat	A	< 14	14-17	18-22	> 22
	B	< 17	17-20	21-25	> 25
Kuivahkot kankaat ja vastaavat	A	< 12	12-15	16-19	> 19
	B	< 14	14-17	18-22	> 22
Kuivat kankaat ja vastaavat	A	< 8	8-10	11-14	> 14
	B	< 9	9-12	13-17	> 17

Kirjallisuus

- Angelstam, P., Welander, J., Andren, H. & Rosenberel, P. 1990. Ekologisk planering av skogsbruk. Miljöprojekt Sundsvall-Timrå. Delrapport 8. Sundsvall.
- Annala, E. 1994. Metsän käytön vaikutus monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Snellman, V. (toim.). Tutkimus metsien kestävyuden ja käytön perustana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 523:73-86.
- Buongiorno, J., Dahr, S., Lu, H.-Ch. & Lin, Ch.-R. 1994. Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stands. *Forest Science* 40(1):83-103.
- Elliott, C. A. 1990. Diversity indices. Julkaisussa: Hunter, L. H. Jr.: *Wildlife, Forests, and Forestry. Principles of managing forests for biological diversity.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J. ss. 297-302.
- Haila, Y., Kouki, J., Niemelä, J. & Niemelä, P. 1994. Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä: tutkimustuloksista käytännön suosituksiin. Yhteenveto. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 482:7-17.
- Hunter, M. L., Jr. 1990. *Wildlife, forests, and forestry. Principles of managing forests for biological diversity.* Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 370 s.
- Ilvessalo, Y. 1951. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third national forest survey in Finland. Plan and instructions for field work. *Communications Institutit Forestalis Fenniae* 39(3):1-67.
- Ilvessalo, Y. 1956. Suomen metsät vuosista 1921-24 vuosiin 1951-53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. Summary: The forests of Finland from 1921-24 to 1951-53. The survey based on three national forest inventories. *Communications Institutit Forestalis Fenniae* 47(1):1-227.
- Koskinen, A. 1955. Über die Kryptogamen der Bäume besonders die Flechten, im Gewässergebiet der Päijänne sowie an den Flüssen Kalajoki, Lestijoki und Pyhäjoki. Floristische, soziologische und ökologische Studie 1. Helsinki. 176 s.
- Kouki, J. 1993. Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä - katsaus ekologisiin tutkimustarpeisiin ja suojelun mahdollisuuksiin. Metsähallituksen luonnonuojelujulkaisuja, Sarja A 11. 88 s.
- Kuusinen, M. 1994. Metsätalouden vaikutus epifyyttijäkälälajiston monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. & Kouki, J. (toim.). *Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä.* Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 482:75-81.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksu, T. 1994. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90-128.
- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksu, T. 1995. Metsikön rakenne ja terminologiaa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 538: 59-69.

- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scan. J. For. Res.* 6(2):527-537.
- Lähde, E., 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, Umeå, June 22-25, 1992.* Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 35:58-65.
- MacArthur, R. H. 1965. Pattern in species diversity. *Biological Review* 40:510-533.
- Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 495:54-89.
- Swindel, B. L. F., Conde, L. F. & Smith, J. E. 1984. Species diversity: concept, measurement, and response to clearcutting and site preparation. *Forest Ecology and Management* 8:11-22.
- Uhanalaisten eläinten ja kasvien seurantaohjelman mietintö. 1992. Komiteamietintö 1991:30. Ympäristöministeriö, Helsinki. 328 s.
- UNCED, YK:n ympäristö ja kehityskonferenssi. Rio de Janeiro 3-14.6.1992. 1993. Ympäristöministeriö ja Ulkoasiainministeriö. ISBN 951-47-7293-8. 239 s.
- Whittaker, R. H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21:213-251.

Metsän monimuotoinen hoito

Erkki Lähde ja Yrjö Norokorpi

Taustaa

Lähes kaikkialla maailmassa on viime aikoina virinnyt kiinnostusta metsänhoitomenetelmiin, joilla pyritään jäljittelemään metsäluonnon omaa kehitystä. Tämä kiinnostus ei ole uusi ilmiö (Brooks & Grant 1992), sillä se on toistunut aika ajoin. Esimerkiksi Keski-Euroopassa jo viime vuosisadalla kehitettiin vastaavia menetelmiä (Gurnaud 1878, 1886, Biolley 1887, 1901, Borggreve 1891, Tichy 1891, Landolt 1895, Gayer 1898, Engler 1905, Larsen 1924) ja myöhemmin (Balsiger 1925, Flury 1929, Ammon 1937, Prodan 1949a, b, Mitscherlich 1952, Hornsmann 1958, Mantel 1961, Leibundgut 1972) sekä myös muuallakin (Hann & Bare 1979, Hasse & Ek 1981, Norokorpi 1982, Lähde ym. 1985, Lähde 1990, 1991b, 1992c).

Metsien tärkeimmäksi tehtäväksi arvioidaan edelleen yleisesti puun tuottaminen, mutta sen ohella niiden edellytetään nykyistä paremmin palvelevan myös muita käyttömuotoja ja täyttävän uudenlaiset ekologisen kestävyuden ja monimuotoisuuden vaatimukset. Näitä periaatteita edistämään on perustettu metsäammattikunnan ja metsänomistajien toimesta erilaisia järjestöjä. Tunnetuin niistä on Euroopassa toimiva Pro Silva (Frivold 1991). Brittein saarilla on Continuous cover forestry group (Continuous... 1992). Ne on perustettu 1980-90 lukujen vaihteessa. Pohjois-Amerikassa näitä hankkeita kutsutaan esimerkiksi nimellä New Forestry (Franklin 1989, 1990, Gillis 1990, Johnson ym. 1991, Seitschek 1991, Bradshaw & Gemmel 1992) ja Wholistic forest use (Hammond 1991). Vuonna 1992 järjestettiin YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi Rio de Janeirossa ja seuraavana vuonna Euroopan metsäministerien kokous Helsingissä. Näissä kokouksissa korostettiin myös korkealla virallisella tasolla monimuotoisuusperiaatteen toteuttamista niin Euroopan kuin koko maailman metsien käytössä ja käsittelyssä (UNCED, YK:n... 1993, Ministerial... 1993).

Näihin periaatteisiin perustuvaa metsänhoitoa kutsutaan mm. luonnonläheiseksi (Lähde ym. 1985, Lähde 1991b,e Hagner 1992,) tai ekologisesti suuntautuneeksi (Frivold 1992), mutta myös luontokulttuuriksi (Hagner 1992). Sitä voitaisiin nykyisenä monimuotoisuutta korostavana ajanjaksona kutsua myös monimuotoiseksi metsänhoidoksi (Lähde 1995). Yhteinen tavoite on kasvattaa metsiä erirakenteisina (eri-ikäisrakenteisina) sekapuustoina. Sellaisina niiden tiedetään vastaavan parhaiten luonnonvaraista tilaa ja kehitystä (Jones 1945, Kammerlander 1978, Kabzems ym. 1986, Solomon ym. 1986, Hering 1993, Watanabe & Satohiko 1994) ja siten parhaiten täyttävän metsän monimuotoisuusvaatimuksia (Haila ym. 1994). Ihmisen toimesta yksipuolisiksi rakenteiksi käsiteltyjä puustoja halutaan myös palauttaa takaisin monimuotoisiksi erirakenteisiksi sekametsiksi. Esimerkiksi Yhdysvaltojen län-sivaltioissa on näin kaavailtu meneteltävän huomattavan laajalla pinta-alalla (Stoszek 1992).

Luonnonmukaisuuden ja monikäytön etujen (Pickett & Thompson 1978, Lähde ym. 1991, Norokorpi ym. 1994) lisäksi korostetaan erirakenteisten sekametsien ekologista kestävyyttä (Norokorpi 1982, Burschel ym. 1992, Frivold 1992, Stoszek 1992, Andreassen 1994) erilaisia luontaisia (Köstler 1956, Assmann 1961, Burschel ym. 1992), kuten myrsky-, lumi-, sieni- ja

hyönteistuhoja (Leibundgut 1972, Kammerlander 1978, Burschel ym. 1992) vastaan sekä antropogeenisiä, kuten ilmansaastevaurioita ja niistä syntyvää kasvihuoneilmiötä vastaan (Lähde 1986, Schütz ym. 1986). Eirakenteiset sekametsät täyttävät myös parhaiten metsikön sisäisen biologisen monimuotoisuuden vaatimukset (Halkett 1984, Frivold 1991, Brooks & Grant 1992, Stoszek 1992, Lähde 1993, Norokorpi ym. 1994). Eirakenteinen metsä on samalla myös monikäyttöisesti edullisempi kuin rakenteeltaan yksipuolinen metsä (Longhammar 1971, Norokorpi 1982, Halkett 1984, Johnson 1984, Leak & Gottsacker 1985, Carlsson 1992, Burschel ym. 1992, Mattsson & Li 1993). Niinpä monimuotoisia metsiä pidetään myös kokonaistaloudellisesti edullisimpina (Walker 1956, Wing 1977).

Huonot kokemukset rakenteeltaan ja koostumukseltaan yksipuolisista metsistä (Norse ym. 1986, Salwasser 1990, Clark & Stankey 1991, Mattsson & Li 1993) ovat osaltaan vaikuttaneet tämän hetken kehitykseen. Metsänviljely on kallista ja antaa usein huonon laadullisen tuloksen (Huuri ym. 1987, Andreassen 1994). Vakavia epäonnistumisiakin sattuu usein (Oikarinen & Norokorpi 1986, Saksa 1992). Monokulttuurit ovat ekologiselta kestävyydeltään heikkoja (Norse ym. 1986, Frivold 1991, Larsen 1991, Nilsson & Ericson 1992) ja niiden käyttökelpoisuus monikäyttömielessä on yleensä huono (Hasse & Ek 1981, Bradshaw ym. 1994). Ympäristöongelmat ovat voimistuneet ja myös niiden seurauksena kiinnostus metsien monimuotoiseen käsittelyyn on kasvanut (Lundqvist 1990). Kehitys on lisännyt paineita metsänhoitomenetelmien muuttamiseksi aiempaa luonnonmukaisemmiksi (Järveläinen 1993, Znerold 1988).

Ympäristöliikkeiden aktivoimana myös kuluttajat ovat entistä kriittisempiä voimaperäisiä metsänkäsittelijä kohtaan. He edellyttävät ostamiltaan tuotteilta, että niiden raaka-aine ei ole peräisin luonnonarvoiltaan arvokkaista valtapuustoltaan vanhoista metsistä. Yhä yleisemmin vastustetaan avohakkuuta (Znerold 1988, Mattsson & Li 1993) ja vaaditaan avohakkuupaata paperia. Markkinoistaan huolestunut metsäteollisuus on reagoinut nopeasti vakavaan tilanteeseen. Niinpä ympäristöaktivistit ja teollisuuden edustajat ovat ajoittain olleet yhteisessä rintamassa vaatimassa muutoksia metsänkäsittelymenetelmiin. (Znerold 1987, 1988).

Runkolukujakauman perusteella metsänkäsittelymenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään: 1. Rakennetta tasaavat ja 2. Rakennetta monipuolistavat. Ensin mainittuun ryhmään kuuluvat ala- ja yläharvennuksot sekä eriaisteiset määrämittahakkuut. Alaharvennuksessa rakennetta tasataan altpäin pieniä puita poistamalla. Se ei erityisemmin paranna kookkaimpien puiden kasvuedellytyksiä (Vuokila 1970). Yläharvennuksessa ja määrämittahakkuussa tasaus tehdään päältäpäin. Yläharvennuksessa hakataan kuitenkin usein myös jonkin verran pieniä puita (Yli-Vakkuri 1949, Vuokila 1980, 1984). Määrämittahakkuussa poistetaan kaavamaisesti vain ennalta määrätyn kokorajan ylittävät puut. Ns. harsintaharvennus on lähellä yläharvennusta. Siinä kiinnitetään erityistä huomiota pienempien puiden kasvattamiseen mahdollisimman arvokkaaseen taloudelliseen kokoon poistamalla suurimpia puita (Borggreve 1891, Vuokila 1970, 1977, 1984).

Toisessa pääryhmässä eli rakennetta monimuotoistavissa käsittelyissä säilytetään alkuperäinen puuston erikokoisuus ja sekapuustoisuus sekä kehitetään rakennetta edelleen monimuotoiseen suuntaan (Lähde ym. 1985, Lähde 1991b). Samaan ryhmään voidaan lukea myös käsittelyt, joilla yksipuolisia rakenteita monimuotoistetaan eli tasarakenteista puustoa muutetaan erirakenteiseksi, mikä on hyvin vaativaa työtä (Schütz 1992). Tähän rakennetta monimuotoistavan käsittelyn pääryhmään luetaan puittain tai ryhmittäin jatkuva kasvatus. Ruotsalaisen käytännön mukaan ensin mainitusta ryhmästä erotetaan pohjoisilla alueilla tunturimetsäharvinta omaksi alakäsittelyksi (Lindman 1984, Jeansson ym. 1989, Lundqvist, 1990). Erotta-

vana tekijänä siinä käytetään kasvuoloja, hakkuumäärää ja hakkuukiertoa. Sekä puittain että ryhmittäin jatkuva kasvatusta voidaan toteuttaa hyvin joustavasti esim. taloudellisten tarpeiden tai metsän monikäytön edellytysten mukaan. Hakkuumäärä ja hakkuukierto eivät silloin ole vakioita (Foiles 1978). Toisinaan saattaa myös olla tarvetta tehostaa uudistamisvaihetta esimerkiksi valoa vaativien lajien osalta, jolloin on hakattava tavallista voimakkaammin (Leak & Filip 1977) tai käytettävä ryhmittäistä hakkuuta (Marquis 1978). Hakkuuseen ei ole syytä ryhtyä, ellei sen saanto ole taloudellisesti riittävä (Leak 1978, Marquis 1978).

Puiden kokovaihtelua käytetään myös iän mukaisessa rakenneluokituksessa, vaikka puiden koko ja ikä eivät aina olekaan riippuvuudessa keskenään (Steijlen & Zackrisson 1986, Shugart 1984, Temple ym. 1987). Useimmiten puut kasvavat kokonsa eikä ikänsä mukaisesti (Cajander 1934, Vaartaja 1951, Hatcher 1967, Schütz 1969, Indermühle 1978, Tarasink & Zwiernirski 1990). Ylispuista vapauttamisen jälkeen erirakenteisen puuston alikasvokset kasvavat samankokoisiksi kuin vastaavissa oloissa vapaassa tilassa kasvaneet puut (Näslund 1944, Hawley 1946, Schütz 1969, Nilsen & Haveraaen 1983, Klensmeden 1984). Toipuminen alikasvosvaiheesta on yleensä nopeaa kestäen vain 1-4 vuotta (Cajander 1934, McLemore 1983, Skoklefeld 1967, Bergan 1971). Nuoret ja pienet alikasvokset reagoivat nopeammin kuin vanhat (Hatcher 1964, Ferguson & Adams 1980). Näin ollen ikäkäsitys sopii huonosti sellaisiin monimuotoisiin metsiköihin, joissa puut ovat olleet jossakin kehitysvaiheessa alikasvoksina (Moser 1972, Curtis 1978, Favre 1980, Andreassen 1992). Siten onkin perusteltua käyttää iän sijasta juuri kokoa metsikön sisäistä rakennetta kuvattaessa (Fischer 1980, Lähde ym. 1991, 1992, 1994a,b, Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994).

Metsikön rakennetta monimuotoistavissa käsittelyissä on perustana se, että puusto on metsäekosysteemin keskeinen osa. Avohakkuu merkitsee aina sen katoamista siihen asti, kunnes paikalla kasvaa jälleen varttunut puusto. Monien uhanalaisten lajien ja monimuotoisuuden kannalta kokonaisuudessaan biotooppien jatkuvuus on tärkeä tekijä (Esseen ym. 1992, Haila 1994). Alaharvennuksella tasarakenteisena kasvatuksessa kiinnitetään huomiota nimenomaan yksittäisten valtapuiden mahdollisimman nopeaan järeytymiseen (Vuokila 1970, 1975). Metsään suhtaudutaan tällöin kuin yksittäiseen puuhun. Puuyksilö syntyy, kasvaa ja kuolee. Samoin edellytetään metsäekosysteemin puuston osalta toimivan. Se ei kuitenkaan vastaa luonnon kehitystä, sillä yleensä rajujenkin luonnollisten häiriöiden, kuten metsäpalon tai myrskyn, jäljiltä puustoa on edelleen ainakin jonkin verran jäljellä (Lähde 1991b, 1995, Kalliola & Syrjänen 1994). Metsäekosysteemi ei siten hajoa, vaan muuttuu koostumukseltaan. Monimuotoisuus edistää metsän toipumista häiriöistä (Ewel 1986, Halpern 1988, Hunter 1990).

Tasarakenteisena kasvatuksen kehitys- ja ikäluokat eivät sovellu erirakenteisena kasvatukseen. Valtapuuston ikä voidaan määrittää, mutta puuston keski-ikä ei ole käyttökelpoinen tunnus, sillä erirakenteisena kasvatuksessa ei käytetä käsittelytunnukseksi kiertoaikaa. Metsäalue voidaan kuitenkin, kuten tasarakenteisena kasvatuksessa, jakaa kuvioihin eli metsiköihin esim. kasvupaikan viljavuuden ja hakkuuvaiheen mukaan. Tasarakenteisena kasvatuksessa on uudistamisvaiheessa vaihtoehtona avohakkuun ja viljelyn sijasta luontainen uudistaminen. Käytettäessä luontaisessa uudistamisessa siemenpuita tasarakenteisena kasvatusta muuttuu erirakenteisena, tarkemmin määriteltynä kaksijaksoisena kasvatukseksi siihen asti, kunnes siemenpuut poistetaan. Tällöin kyse on kuitenkin vain uudistamisvaiheesta välimuodosta kahden pääkasvatustavoitteen välillä.

Jatkuva kasvatusta ei aiheuta vakavaa häiriötä metsäekosysteemin rakenteessa. Lievä häiriö saattaa jopa lisätä metsikön monimuotoisuutta voimakkaaseen käsittelyyn tai käsittelemättö-

mään metsään verrattuna (Connell 1978, Huston 1979). Kuitenkin luonnontilainen, häiriintymätön metsikkö saavuttaa Buongiornon ym. (1994) mukaan suurimman puiden koon vaihtelun eli sen osan metsikön sisäisestä monimuotoisuudesta. Vaikka valoon sopeutuneisuus on monilla puulajeilla hyvin laajaa, sama laji ei voi kuitenkaan omata sopeutuneisuuden ääriarvoja (Boardman 1977). Niinpä valoa runsaasti vaativille puulajeille, esimerkiksi useimmille mäntylajeille, ryhmittäinen jatkuva kasvatus sopii paremmin kuin puittain toteutettu (Marquis 1978). Kasvatusmallien laatiminen rakenteeltaan ja koostumukseltaan monimuotoisille erirakenteisille sekametsille on jäänyt paljon vähäisemmäksi kuin tasarakenteisille yhden puulajin puustoille. Jälkimmäisille mallien laatiminen on paljon yksinkertaisempaa. Jo puulajisekoitus mm. eri puulajien erilaisten ekologisten vaatimusten ja erilaisen kehitysrytmin vuoksi tuottaa mallien laatimiselle vaikeuksia monokulttuureihin verrattuna (Larsson 1992). Metsikön puiden koon laaja vaihtelu lisää ongelmia (Hann & Bare 1979).

Ranskalainen deLiocourt (1898) kuvasi ensimmäisenä pyökki-jalokuusisekametsästä erirakenteisen metsän perusrakenteen runkolukujakauman. Se noudatti ns. käännetyin J-kirjaimen kirjainta. Puiden lukumäärä väheni suhteellisen tasaisesti läpimittaluokan suuressa. Muutoskerrointa läpimittaluokkien välillä suuremmasta pienempään päin hän kuvasi ns. q-arvolla. Tällainen metsän rakenne on tyypillistä juuri luonnonvaraisesti kehittyneille metsille (Meyer 1952, Solomon ym. 1986, Lähde ym. 1991, 1992, Norokorpi ym. 1994). Puittain jatkuva kasvatus eli metsänhoidollinen harsintahakkuu edellyttää samantyyppistä puuston runkolukujakauman käännetyin J:n rakennetta (Roach 1974, Burschel & Huss 1987, Hering 1993). Sen on siten todettu olevan hyvin luonnonmukainen menetelmä (Larsen 1924, Pickett & Thompson 1978, Alexander 1986). Menetelmä on jossain määrin ollut käytössä jatkuvasti eri puolilla maailmaa (Schütz 1989, Gane 1992, Pecore 1992).

Edellä kuvattu q-arvo vaihtelee yleensä 1.3-2.0 välillä käytettäessä 5 cm laajuisia läpimittaluokkia (Trimble 1970, Leak & Filip 1977, Alexander & Edminster 1978, Marquis 1978). Pieni q-arvo aiheuttaa tuotosriskin, vaikka se nopeuttaa isojen puiden kasvua (Leak 1978). Useaan kertaan hakatuissa metsiköissä voidaan Marquisin ym. (1978) mukaan käyttää pientä q-arvoa. Runsaspuustoisessa metsikössä on syytä jättää tavoitetta enemmän puuta (Trimble ym. 1974).

Q-arvon ei tarvitse olla vakio myöskään koko läpimittaluokkajakauman alueella. Isoille puille voidaan käyttää pientä ja pienille puille suurta q-arvoa (Leak 1978, Foiles 1978, Marquis 1978). Toisaalta ei myöskään yleensä kannata hakata kaupallista kokoa pienempiä puuta. Jos niitä on runsaasti, voidaan niiden kasvulle tehdä tilaa hakkaamalla tavoitetta runsaammin niitä seuraavaksi suurempaa läpimittaluokkaa. Suurimman jätettävän puun ratkaisee Marquisin (1978) mukaan puuston lajikoostumus, kasvupaikka ja maantieteellinen sijainti sekä muut ekologiset tekijät, metsänomistajan taloudellinen tavoite ja metsän muiden käyttömuotojen merkitys.

Monimuotoinen hoito

Edellä esitetyn perusteella metsät on syytä jakaa yksityiskohtaisten hoito-ohjeiden laatimista varten kahteen pääryhmään (Lähde ym. 1985, Lähde 1990, 1992c): erirakenteiset ja tasarakenteiset. Palautettaessa tasarakenteisiä puustoja takaisin monimuotoisiksi, erirakenteisiksi sekametsiksi tarvitaan nimittäin toisenlaisia hoitotoimenpiteitä kuin valmiiksi erirakenteisten metsien hoidossa.

Erirakenteiset metsät

Erirakenteista (monimuotoista) eli erikokoisia puita sisältävää metsää hoidetaan jatkuvan kasvatuksen hakkuulla. Parhain tulos saavutetaan sellaisessa erirakenteisessa sekametsässä, jossa puiden lukumäärä vähenee suhteellisen tasaisesti läpimitan suuretessa. Tällaista rakennetta kutsutaan säännöllisen erirakenteiseksi (Laiho ym. 1994, Norokorpi ym. 1994). Sitä pidetään tavoiterakenteena jatkuvassa kasvatuksessa.

Jatkuvaa kasvatusta toteutetaan joko puittaisena tai ryhmittäisenä hakkuuna. Jälkimmäistä hakkuuta käytetään, kun uudistamisessa tavoitellaan erityisesti männyn tai muiden valopuiden runsastumista. Menetelmää suositetaan siksi tyypillisillä mäntymailla eli kuivahkoilla tai kuivilla kankailla. Kuusimailla ja soilla tämä tarve on vähäisempää, koska kasvualusta on herkemmin taimettuvaa. Jos alikasvosta ei ole riittävästi, hakkuu on tehtävä tavanomaista voimakkaampana.

Hakkuuseen voidaan ryhtyä, kun hakattava puumäärä on taloudellisesti riittävä. Kertymä on siten yleensä 60-100 m³/ha. Hakkuukierto vaihtelee kasvupaikan ja maantieteellisen sijainnin eli puuston kasvunopeuden sekä metsän käyttötärpeiden mukaan. Karuilla kasvupaikoilla ja pohjoisessa se on pitempi kuin viljavilla mailla ja etelässä. Yleensä hakkuiden väli on 10-50 vuotta.

Hakkuussa korjataan ensisijaisesti tukkipuun kokoista puustoa. Sen osuus kokonaiskertymästä on yleensä vähintään kaksi kolmasosaa. Kuitenkin joitakin kookkaimpia yksilöitä säästetään, jotta monimuotoinen rakenne säilyy. Samoin menetellään harvinaisten tai metsässä vain vähäisessä määrin esiintyvien puulajien ja erikoismuotojen suhteen. Vaikka sairaat ja vialliset puut pyritään poistamaan, jätetään niitä jonkin verran (10-20 puuta/ha), erityisesti lehtipuita, pötkelöitymään ja kaatumaan maapuiksi. Taloudelliselta käyttöarvoltaan merkityksetöntä puuta ei yleensä ole tarpeen hakata. Erikoispuut, kuten jalot lehtipuut ja eri lajien erikoismuodot, säästetään. Vesien rannat ja muut rajakohdat jätetään yleensä käsittelemättä. Ne ovat monien lajien ja siten monimuotoisuuden kannalta arvokkaita (Forman & Godron 1986, Hunter 1990, Kuusinen 1994). Ylitieheitä kohtia aina taimikokoon asti voidaan kuitenkin harventaa, jos kasvun elpyminen ja rakenteen kehittäminen sitä edellyttävät. Jätettävässä puustossa suositetaan lehtipuita, erityisesti koivua. Raita ja haapa ovat metsän monimuotoisuuden kannalta erityisen arvokkaita (Koskinen 1955, Kuusinen 1994, Kouki 1993). Ryhmittäisessä jatkuvan kasvatuksen hakkuussa tai yksittäisten isojen puiden hakkuussa syntyneiden pienten aukkojen uudistumista voidaan nopeuttaa ja edistää halutuille puulajeille hajakylvöllä tai istutuksella. Uudistumista voidaan edistää myös kevyellä maanpinnan käsittelyllä. Ryhmittäistä jatkuvaa kasvatusta käytettäessä hoidetaan samalla myös ryhmien väliin jäävää puustoa.

Korjuussa käytetään normaaleja tasarakenteisten puustojen kasvatushakkuumenetelmiä. Ajourat tehdään 20-30 metrin välein. Niiden sijoittelussa kannattaa hyödyntää isojen yksittäisten puiden tai puuryhmien poistamisessa syntyviä pienaukkoja. Jos puiden kaatoa ja lähikuljetusta tehdään samoihin aikoihin, voidaan korjuussa vioittuneiden puiden poistamisesta huolehtia ilman olennaisia lisäkuljetuksia. Sulanmaan aikaisia hakkuuta tulisi karttaa maaperän ja juuriston vaurioitumisen välttämiseksi ja vahingollisten lahottajasienten, etenkin juurikäävän leviämisen estämiseksi (Vollbrecht 1994). Korjuumenetelmiä tulee yleisestikin kehittää sellaisiksi, että koneet eivät jätä pahoja jälkiä maastoon eivätkä jäljelle jätettäviin puihin.

Taulukossa 1 esitetään ohjeelliset tavoiterunkolukujakaumat erilaisille kasvupaikkaryhmille Etelä-Suomessa. Ne perustuvat lähinnä kolmannen inventoinnin aineistoon (Laiho ym. 1994, Lähde ym. 1994a,b). Pohjois-Suomea varten niitä sovelletaan siten, että isoimpien puiden määrä jää hakkuun jälkeen Etelä-Suomea jonkin verran pienemmäksi. On kuitenkin syytä korostaa, että jatkuva kasvatusta on tarkoitettu mahdollisimman joustavaksi menetelmäksi. Tällöin esimerkiksi monikäyttötarpeet ja taloudelliset näkökohdat ovat päätöstä tehtäessä ratkaisevassa asemassa. Ajoittain esimerkiksi uudistamisen tehostaminen saattaa edellyttää tavanomaista voimakkaampaa hakkuuta. Toisaalta erirakenteisessa metsässä voidaan kasvattaa erittäin runsastakin puustoa ja venyttää hakkuukierto pitkäksi.

Siirryttäessä tasarakenteisten puustojen nykymuotoisista hakkuumenetelmistä jatkuvan kasvatukseen käyttöön, on usein tarvetta harjoitteluun. Leimaajan hyvänä apuna on ohjeellinen runkolukutaulukko. Käsiteltävästä metsiköstä valitaan edustavasta kohdasta näyteala, kooltaan esimerkiksi 0.03 ha. Puut mitataan läpimittaluokittain ja tehdään mallileimaus, jota sitten noudatetaan muulla kuviolla. Metsäalueen jakaminen metsikkökuvioiksi kasvupaikkaluokan ja keskeisten puustotunnusten mukaan on suositeltavaa. Läpimittaluokittainen runkolukusarja määrittellään joko taulukoiden avulla tai laskennallisesti, esimerkiksi Weibull jakaumaa tai ns. q-arvoa käyttäen. Q-arvolla tarkoitetaan peräkkäisten läpimittaluokkien välistä runkolukujen kerrointa suuremmasta läpimittaluokasta pienempään päin. Yleensä q-arvoksi suositellaan viiden senttimetrin läpimittaluokkia käytettäessä 1.3-2.0.

Q-arvoa voidaan myös vaihdella runkolukusarjan alueella samassakin metsikössä siten, että pienille puille käytetään suurempaa kerrointa kuin isoille puille. Jos pieniä puita on erityisen runsaasti, annetaan niille tilaa hakkaamalla tavoitetta enemmän niitä seuraavaksi suurempia puita. Vastaavasti runkolukusarjan vajuuskohtaa voidaan paikata jättämällä tavoitetta enemmän puita viereisiin läpimittaluokkiin.

Valtakunnan metsien inventointien mukaan erirakenteisia sekametsiä on, huolimatta tehtyjen harvennusten rakennetta tasaavasta ja lehtipuita vähentävästä vaikutuksesta, Suomen varttu-neista metsistä edelleen noin kolme neljäsosaa (Lähde ym. 1992). Eniten niitä on turvemailla ja viljavilla kasvupaikoilla, vähiten niissä metsissä, joita on toistuvasti raivattu ja alaharvennettu.

Taulukko 1. Erirakenteisen sekametsän tavoiterunkolukujakauma (rinnankorkeudelta mitattuna) jatkuvan kasvatuksen hakkuun jälkeen Etelä-Suomessa erilaisilla kangasmaan kasvupaikkaryhmillä tai vastaavilla turvemailla.

Kasvupaikka	Läpimittaluokka, cm					
	< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	≥ 25
Tuoreet kankaat	900	450	250	160	100	30
Kuivahkot	800	400	220	140	80	15
Kuivat	600	300	150	75	40	5

Tasarakenteiset puustot ja niiden palauttaminen monimuotoisiksi

Varttunut puusto

Toistuneilla alaharvennuksilla ja niitä täydentävillä raivauksilla metsän monimuotoinen erirakenteisuus on osittain tai kokonaan hävitetty laajoilta pinta-alueilta. Siten tällaisen käsitellyn pinta-alan osuudeksi arvioidaan varttuneista metsistä noin neljännes (Lähde ym. 1992). Usein rakenteen yksipuolisuutta on täydennetty jättämällä jäljelle hakkuussa vain yhtä puulajia, viljavilla mailla kuusta ja karuimmilla mailla mäntyä. Avohakkuun jälkeiset viljelyt on tehty myös lähes yksinomaan havupuilla, valtaosin männyllä (Aarne 1994). Viljelypinta-ala on yhteensä noin neljä miljoonaa hehtaaria. Taimikonhoidon ja ensiharvennuksen jäljiltä on myös luontaisesti uudistuneilla aloilla varttumassa rakenteeltaan yksipuolisia puustoja. Niitä ei voida yleensä hoitaa jatkuvan kasvatuksen tapaisilla hakkuilla, vaan on sopivassa vaiheessa lähdettävä alusta eli vanha puusto on poistettava ja perustettava uusi monimuotoiseksi kehitettävä metsikkö. Siksi nykymetsissä tarvitaan rajoitetussa määrässä myös eriasteisia avohakkuuta.

Avohakkuu voidaan arvioida ekologisesti laaja-alaiseksi (vrt. Thomasius & Bretschneider 1970, Norokorpi 1982, 1987), kun se Etelä-Suomessa ylittää kaksi ja Pohjois-Suomessa puolitoista hehtaaria. Laaja-alaisia korkeintaan muutaman hehtaarin suuruisia avohakkuuta voidaan rajoitetusti tehdä kohteissa, jotka kulotetaan ja uudistetaan lehtipuuvalltaisiksi sekapuustoiksi. Kulotettu pinta-ala on Suomessa ollut viime aikoina vuosittain parisen tuhatta hehtaaria (Aarne 1994, Martikainen ym. 1994). Kulotuslalle jätetään hiiltymään läpimitaltaan myös yli 20 senttimetrin paksuisia puita, esimerkiksi sahapuuksi kelpaamattomia lahovikaisia osia. Jos puustossa on yksittäisiä lehtipuita, ne samoin kuin yksittäisiä mäntyjä jätetään kaatamatta keloutumaan tai lahoamaan pystyyn pötkelöiksi lintuja, sieniä ja hyönteisiä varten. Ne ovat monella tavoin tärkeitä metsän monimuotoisuuden kannalta (esim. Annila 1994). Kulotusalan maanpintaa voidaan kevyesti muokata, jos on arvioitavissa, että se ei muutoin uudistu kohtuullisessa ajassa. Muokkaus on kevyttä silloin, kun jälki kangasmaalla ulottuu enintään viiden senttimetrin syvyydelle kivennäismaahan. Voimaperäisemmät käsittelyt aiheuttavat selviä ekologisia ja monikäyttöisiä haittoja (Lähde 1986, 1991b). Niitä ei ole syytä käyttää.

Avoalaa ympäröivän reunametsän siemennystä käytetään hyväksi uudistamisessa. Havupuiden siemen levittyy hyvin kaksi kertaa puun pituuden etäisyydelle (Virtanen ym. 1984), mutta koivujen siemen kulkeutuu helposti jopa yli 100 metrin etäisyydelle (Lähde 1992b,d). Viljelyä tarvittaessa käytetään hajakylvönä hehtaaria kohti 1-2 kiloa, puoliksi raudus- ja puoliksi hieskoivun siementä. Lisänä voidaan käyttää jonkin verran männyn ja/tai kuusen siementä. Mahdollisuuksien mukaan käytetään myös luontaisen uudistamisen ja viljelyn yhdistelmää esimerkiksi paikkaamalla vajaaksi jääneitä kohtia viljelyllä. Taimikon annetaan kehittyä ilman perkauksia ja harvennuksia (Lähde 1991a, 1992a, Norokorpi 1994) sellaiseen kokoon, että hakkuussa saadaan jatkuvaa kasvatusta käyttämällä taloudellisesti mielekäs tulos. Metsä kasvatetaan sen jälkeen erirakenteisena sekapuustona.

Pientä avoalaa (Etelä-Suomessa enintään kaksi ja Pohjois-Suomessa enintään puolitoista hehtaaria) käytetään laajaa avoalaa yleisemmin edellä kuvatuissa tasarakenteisissa puustoissa. Pienikin alue kulotetaan, jos se teknisesti ja biologisesti on mielekästä. Mikäli ei kuloteta, kevyt maanpinnan käsittely on usein tarpeen. Hakkuutähteitä on suositeltavaa polttaa kasoissa myöhäisen syksyn ja varhaisen kevään välisenä aikana, kun metsäpalon vaaraa ei ole. Näin voidaan menetellä myös puustoltaan tasarakenteisiksi muutetuilla turvemailla, joita ei muu-

toin voidakaan kulottaa. Pienellä avoalalla uudistuminen tapahtuu yleensä luontaisesti reu-
nametsästä. Muutoin menetellään laaja-alaisen avohakkuun ohjeiden mukaan.

Vaihtoehtona edellä kuvatulle pienialaiselle avohakkuulle tasarakenteisissa puustoissa on pie-
naukkojen tai kaistaleiden käyttäminen. Pienaukot on syytä tehdä kuljetusurille. Kaistale
muotoillaan maiseman ja maaston mukaan. Siten saadaan myös lisätyksi monimuotoisuuden
kannalta tärkeitä reuna-alueita (Forman & Godron 1986, Hunter 1990, Kuusinen 1994). Pien-
aukon koko voi Etelä-Suomessa olla enintään 30 ja Pohjois-Suomessa 25 aaria. Kerralla ha-
katun alan osuus kuviosta voi Etelä-Suomessa olla enintään kolmannes ja Pohjois-Suomessa
neljannes. Seuraava osa hakataan aikaisintaan, kun ensimmäisen puusto on saavuttanut seu-
raavan hakkuuvaiheen. Kaistaleen leveyttä on mielekästä maaston mukaan vaihdella. Se saa
Etelä-Suomessa olla enintään 30 ja Pohjois-Suomessa 25 metriä. Muutoin toimenpiteet ovat
samanlaisia kuin pienaukkojen käytössä. Hakkuutähdekasojen polttaminen tässäkin tapauk-
sessa on suositeltavaa. Nuorennos syntyy luontaisesti perusmetsän siemennyksestä, mutta sitä
voidaan varmistaa edellä kuvatulla hajakylvöllä.

Uudistettaessa tasarakenteista puustoa siemenpuu- tai suojuspuuhakuulla sovelletaan edellä
esiteltyjä avohakkuun ohjeita samoin pinta-ala- ym. rajoituksin. Vaikka siemenpuuala onkin
ekologisesti lähellä avoalaa (Norokorpi 1982), sitä käytetään avohakkuuta mieluummin tasa-
rakenteisen puuston käsittelyssä. Kuusivaltaisen metsikön suojuspuuhakkuussa tulee suojus-
puiksi jättää pääosin mäntyjä ja lehtipuita. Siemenpuiden määrä vaihtelee 20-150 kappalee-
seen hehtaarilla. Suojustuuston tiheys on 150-350 kpl/ha. Kaikkia siemen- ja suojustuusta ei
poisteta, vaan niitä jätetään 10-20 kpl/ha ainakin siihen asti, kun nuori puusto on varttunut
kasvatusvaiheeseen. Suositeltavaa on jättää ne keloutumaan tai pökölöitymään ja siten rikas-
tamaan metsäluontoa.

Nuori puusto

Jo ensimmäisessä hakkuussa sovelletaan jatkuvaa kasvatusta, jos taimikossa tai nuoressa
puustossa ei ole ehditty tehdä nykymuotoista taimikonhoitoa ja sinne on syntynyt runsaasti eri
puulajien luontaisia taimia tai jos alue on alunperin uudistettu luontaisesti erirakenteiseksi
sekapuustoksi. Se ajoitetaan sellaiseen vaiheeseen, että saadaan jo kohtuullinen hakkuutulos
(Lähde 1991a, 1992a, Norokorpi 1994). Seuraavissa hakkuissa noudatetaan edelleen eriraken-
teisen sekametsän kasvatusperiaatteita.

Jos taimikko tai nuori puusto ei täytä erirakenteisen sekametsän tunnusmerkkejä, noudatetaan
hakkuissa nykyisiä tasarakenteisen puuston käsittelyn käytännön organisaatioiden, esimer-
kiksi Metsäkeskus Tapion ohjeita (Luonnonläheinen... 1994). Silti eri kasvatusvaiheissa pyri-
tään kehittämään puuston rakennetta ja koostumusta mahdollisimman monimuotoiseksi esim.
pienaukkojen avulla. Lahoavia pysty- ja maapuita jätetään elävöittämään metsäluontoa.
Alikasvoksen raivauksesta luovutaan. Hakkuumenetelmiä on tarpeen yleisestikin kehittää
alikasvosta säästäviksi. Puuston vartuttua siirrytään käyttämään edellä (Varttunut puusto)
kuvattuja ohjeita.

Monimuotoisuuden metsätaloudellinen merkitys

Puun tuotoksesta monimuotoisissa erirakenteisissa sekametsissä verrattuna yksipuolisiin puustoihin eli tasarakenteisiin yhden puulajin metsiköihin tai sekametsiköihin on esitetty vaihtelevia arvioita ja mittaustuloksia. Vallitsevin käsitys vertailevista aineistoista on, että niiden välillä ei ole suurta eroa (Mitscherlich 1961, Kern 1966, Hladik 1975, Schütz 1981, Lundqvist 1989, 1993, Kolström 1993) tai että erirakenteiset ovat tuottosampia (Eyre & Zillgitt 1953, Eckhart ym. 1961, Smith & DeBald 1978, Hasse & Ek 1981, Znerold 1987, Lähde ym. 1994a,b). Kuitenkin myös vastakkaisia käsityksiä on esitetty (Walker 1956, Trimble & Manthy 1966, Trimble & McClung 1966, McCalley & Trimble 1975). Sahapuun tuotoksen määrän ja laadun osalta erirakenteisten sekametsien on arvioitu olevan tasarakenteisia edullisempia (Reynolds 1969, Assmann 1970, Pechmann & Lippemeier 1975, Hasse & Ek 1981, Reynolds ym. 1984, Farrar ym. 1984, Guldin & Baker 1984, Guldin & Fitzpatrick 1991).

Metsikön kokonaiskasvua lisäävä vaikutus jo sekametsikössä mutta erityisesti erirakenteisessa sekametsikössä perustuu mm. siihen, että puustoa voidaan kasvattaa tiheämpänä kuin tasarakenteisessa yhden puulajin metsikössä (Frivold 1982, Smith & DeBald 1978, Lähde ym. 1994a,b) ja kaikki ekosysteemin kerrokset juurten kärjestä puiden latvoihin asti ovat täysipainoisesti käytössä. Erirakenteisessa metsikössä yksittäisten samankokoisten puiden kasvu on vähintään yhtä suuri tai jopa suurempi kuin runkotilavuudeltaan vastaavassa tasarakenteisessa puustossa (Lähde ym. 1994c). Erirakenteisena kasvatus puittain tai ryhmittäin jatkuvalla kasvatuksella tuottaa suhteellisen tasaisen kasvun. Tasarakenteisena kasvatus alaharvennuk-sella merkitsee sitä vastoin metsikön epätasaista tuotosta. Uudistamisvaiheessa määrällinen kasvu on vähäistä. Vasta varttuneella iällä se on suurimmillaan.

Menetelmää valittaessa on syytä myös ottaa huomioon, että erirakenteisena kasvatettu metsikkö on suhteellisen helposti muutettavissa hakkuulla tasarakenteiseksi, mutta tasarakenteisen puuston palauttaminen erirakenteiseksi vie pitkän ajan. Valinnan rajoittamista tulevilta sukupolvilta olisikin vältettävä (Metsätalouden... 1994).

Yhteenvetona voidaan todeta, että siirtyminen metsien kasvattamiseen monimuotoisina erirakenteisina sekapuustoina edellä kuvatulla jatkuvalla kasvatuksella eli metsän monimuotoinen hoito merkitsee mm. seuraavia metsätaloudellisia muutoksia ja vaikutuksia:

- avohakkuut vähenevät
- korjuukustannukset osaksi nousevat (avohakkuuseen verrattuna) osaksi laskevat (kasvatushakkuihin verrattuna)
- uudistamisongelmat ja -kustannukset vähenevät
- taimikonhoito-ongelmat ja -kustannukset vähenevät
- ensiharvennusongelmat vähenevät
- uudistamisen pitkä vajaan tuottoisuusvaihe vähenee
- metsien (moni)käyttö- ja myyntiarvo säilyvät korkeina
- metsäekosysteemi säilyy toimintakykyisenä
- tarve suojelualueisiin kevenee
- kestävyys tuhoja vastaan paranee
- "uusia" metsiä tulee käytön piiriin
- liika ja raskas koneellistaminen kevenee
- metsurien ja metsänomistajien työllisyydedellytykset paranevat eli maaseutu säilyy nykyistä paremmin asuttuna ja metsät säilyvät metsinä

Kirjallisuus

- Aarne, M. (toim.) 1994. Metsätalastollinen vuosikirja 1993-94. (Skogsstatistisk årsbok) (Yearbook of Forest Statistics). Metsäntutkimuslaitos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä. 348 s.
- Alexander, R. R. 1986. Silvicultural systems and cutting methods for Ponderosa pine forests in the Front Range of the Central Rocky Mountains. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report RM-128, 22 s.
- Alexander, R. R., & Edminster, C. B. 1978. Regulation and control under uneven-aged management. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA., For. Serv. Timber management research. Washington, D. C. Gen. Tech. Rep. WO-24. ss. 217-230.
- Ammon, W. 1937. Das Plenterprinzip in der schweizerischen Forstwirtschaft. Büchler, Bern. 108 s.
- Andreassen, K. 1992. Volume production and problem with the stability of the stand structure in uneven-aged and multi-layered spruce (*Picea abies* Karst.) forest in Norway. Julkaisussa: Silvicultural alternatives. Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992. (M. Hagner, toim.). Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture, Reports 35:23-28.
- Andreassen, K. 1994. Bledning og bledningsskogen, litteraturstudie. Aktuelt fra Skogforsk. 2/94. 23 s.
- Annala, E. 1994. Metsien käytön vaikutus monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Snellman, V. (toim.). Tutkimus metsien kestävyuden ja käytön perustana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 523:73-86.
- Assmann, E. 1961. Waldertragskunde. BLV - Verlagsgesellschaft. 490 s.
- Assmann, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press, New York. 506 s.
- Balsiger, R. 1925. Der Plenterwald und seine Bedeutung für die Forstwirtschaft der Gegenwart. 2. Aufl. Büchler, Bern. 107 s.
- Bergan, J. 1971. Skjermforyngelse av gran samenlignet med plantning i Grane i Nordland. Summary: Natural Norway spruce regeneration under shelterwood compared with plantations at Grane in Nordland. Meddelser fra det Norske skogforsöksvesen 28 (104):194-211.
- Biolley, H. 1887. Quelques réflexions sur le jardinage à propos des publications de M. Gurnaud. Schweiz. Z. Forstwes. 38(12):189-192.
- Biolley, H. 1901. Le jardinage cultural. Schweiz. Z. Forstwes. 52(6):97-104, (7/8):113-132.
- Boardman, N. K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Annual Review Plant Physiology 28:355-377.
- Borggreve, B. 1891. Die Holzzucht. Ein Grundriss für Unterricht und Wirtschaft. 2. Verm. Ausl. Parey, Berlin. 363 s.
- Bradshaw, R. & Gemmel, P. 1992. Diversity in systems of forest management-a southern Swedish perspective. Julkaisussa: Silvicultural alternatives. (Hagner, M. toim.). Proceedings from an Internordic Workshop, Umeå, Sweden, June 22-25. 1992. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Raports 35:29-38.
- Brooks, D. J. & Grant, G. E. 1992. New approaches to forest management. Background, science issues, and research agenda. Journal of Forestry 90(1):25-28.
- Buongiorno, J., Dahr, S., Lu, H-C. & Liu, C-R. 1994. Tree size diversity and economic returns in uneven-aged forest stands. Forest Science 40(1):83-103.
- Burschel, P. 1992. Experiments in mixed mountain forests in Bavaria. Julkaisussa: The ecology and silviculture of mixed-species forests (toim. Kely, M. J. et al.). Kluwer Academic Publisher. ss. 183-215.
- Burschel, P. & Huss, J. 1987. Grundriss der Waldbau: Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Verlag Paul Parey. Hamburg und Berlin. 352 s.
- Cajander, E. K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae. 19(5):1-53.
- Carlsson, D. 1992. Adaptive economic optimisation of thinnings and rotation period in a mixed species stand. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsekonomi. Arbetsrapport 157, 33 s.
- Clark, R.N. & Stankey, G.H. 1991. New forestry or new perspectives? The importance of asking the right questions. Forest Perspectives 1(1):9-13.
- Connell, J. H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. Science 199:1302-1310.
- Continuous Cover Forestry Group. 1992. Newsletter 1. 13 s.
- Curtis, R. O. 1978. Growth and yield in uneven-aged stands: Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA, Forest Service, Timber management research. Washington, DC, General Technical Report, WO-24, ss. 186-201.

- Eckhart, G., Frauendorfer, R., & Nather, J. 1961. Die Wälder der Gemeinde Julbach, under besonderer Berücksichtigung der stufig aufgebauten Mischwälder. Mitt. Forstl. Bundes-Vers. Anst. Mariabrunn 58:1-93.
- Engler, A. 1905. Aus der Theorie und Praxis des Femelschlagbetriebes. Schweiz. Z. Forstwes. 56(2):29-35, (3):61-68, (4):99-103, (5):123-131.
- Esseen, P.-A., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K. 1992. Boreal forests - the focal habitats of Fennoscandia. Julkaisussa: Hansson, L. (toim.). Ecological Principles of Nature Conservation. Elsevier, London. ss. 252-325.
- Ewell, J.J. 1986. Designing agricultural systems for the humid tropics. Annual Review Ecological Systems 17:245-271.
- Eyre, F. H. & Zillgitt, W. H. 1953. Partial cuttings in northern hardwoods of the lake states. USDA. Forest Service. Technical Bulletin. 1076. 124 s.
- Farrar, R. M. Jr., Murphy, P. A. & Colvin, R. 1984. Hope Farm Woodland: 33-year production in an uneven-aged loblolly-shortleaf pine stand. Journal of Forestry 82(8):476-479.
- Favre, L. -A. 1980. 100 ans de jardinags cultural controli. Schweiz. Z. Forstwes. 8:651-674.
- Ferguson, D. & Adams, D. 1980. Response of advance Grand fir regeneration to overstory removal in northern Idaho. Forest Science 26(4):537-545.
- Fischer, B. C. 1980. Designing forest openings for the group selection method. Julkaisussa: Proceedings of the first Biennial Southern Silvicultural Research Conference (Barnett, J. B. toim.). USDA. Forest Service. General Technical Report 30-34. ss. 274-277.
- Flury, Ph. 1929. Über den Aufbau des Plenterwaldes. Mitt. Schweiz. Centralanst. forstl. Versuchswes. 15(2):305-357.
- Foiles, M. W. 1978. Stand structure. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA. For. Serv. Timber management research. Washington, D.C. Gen. Tech. Rep. WO-24. ss. 176-185.
- Forman, R. T. T. & Godron, M. 1986. Landscape ecology. New York. Wiley. 619 s.
- Franklin, J. F. 1989. Toward a new forestry. American Forestry 95:37-44.
- Franklin, J. F. 1990. Thoughts on applications of silvicultural systems under new forestry. Forest Watch 10:8-11.
- Frivold, L. H. 1982. Bestandsstruktur og produksjon i blandningskog av bjørk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Sydøst-Norge. Summary: Stand structure and yield of mixed stands of birch (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) and spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in South East Norway. Meldinger fra Norges landbrukshøgskole 61 (18):1-108.
- Frivold, L. H. 1991. Synen på blandskog genom tidarna. Skog & Forskning 202:6-10.
- Frivold, L. H. 1992. Ecologically oriented silviculture in the boreal coniferous forest zone. IUFRO. Proceedings Centennial, Berlin-Eberswalde, Germany 31-Aug-4 Sep 1992, s. 215.
- Gane, M. 1992. Sustainable forestry. Commonw. For. Rev. 71:83-90.
- Gayer, K. 1898. Der Waldbau. Wiegandt & Hempel & Parey, Berlin. 700 s.
- Gillis, A. M. 1990. The new forestry: an ecosystem approach to land management. BioScience 40:558-562.
- Guldin, J. M. & Baker, J. B. 1984. Yield comparisons from even-aged and uneven-aged loblolly-shortleaf pine stands. Southern Journal Applied Forestry 12(5):107-114.
- Guldin, J. M. & Fitzpatrick, M. W. 1991. Comparison of log quality from even-aged and uneven-aged loblolly pine stands in South Arkansas.
- Gurnaud, A. 1878. Cahier d'aménagement pour l'application de la méthode du par contenance. Admis à l'exposition universelle de 1878. Bouchard-Huzard & Jacquin, Paris & Besançon. 190 s.
- Gurnaud, A. 1886. La sylviculture française et la méthode du contrôle. Jacquin, Besançon. 121 s.
- Hagner, M. 1992. Naturkultur. Befriande gallring kombinerad med berikande plantering. Skog & Forskning 4:10-16.
- Haila, Y. 1994. Metsän pirstoutuminen luonnonsuojeluekologisena ongelmana borealisessa metsävyöhykkeessä. Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. ja Kouki, J. (toim.). Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä. (Effects of management on the ecological diversity of boreal forests). Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 482:59-67.
- Halkett, J. C. 1984. The practice of uneven-aged silviculture. New Zealand Journal of Forestry 29(1):108-118.
- Halpern, C.B. 1988. Early successional patterns of forest species: in terastions of life history traits and disturbance. Ecology 70: 704-720.
- Hammond, H. 1991. Seeing the forest among the trees. The case for wholistic forest use. Polestar Press, Vancouver. 309 s.

- Hann, D. W. & Bare, B. B. 1979. Uneven-aged forest management: State of the art (or science?). USDA. For. Serv. Gen. Tech. Res. INT-50. 18 s.
- Hasse, W. D. & Ek, A. R. 1981. A simulated comparison of yields for even-versus uneven-aged management of northern hardwood stands. *Journal of Environmental Management* 12:235-246.
- Hatcher, R. J. 1967. Balsam fir advance growth after cutting in Quebec. *Forest Chronicle* 40(1):86-92.
- Hawley, R. C. 1946. *The practice of silviculture*. 5th Ed. John Wiley & Sons, Inc New York, 354 s.
- Hering, K. G. 1993. Naturnahe Waldwirtschaft im atlantischen Küstenregenwald Brasiliens. Summary: Natural forest management in the atlantic coastal rainforest in Brazil. *Forstarchiv* 64:284-290.
- Hladik, M. 1975. Die Holzproduktion im gemischten Tannen-Buchenwald bei einer Kahlschlag- und Plenterwirtschaft. Summary: Production of timber in mixed fir-beech forest at clear-felling and selection systems. *Acta Facultatis Forestalis Zvolen Czechoslovakia* 17(2):55-72.
- Hornsmann, E. 1958. *Allen hilft der Walds*. BLV Verlagsgesellschaft. München. 259 s.
- Hunter, M. L. 1990. *Wildlife, Forests and Forestry: Principles of managing forests for biological diversity*. Prentice Hall, Englewood Cliffs. NJ. 370 s.
- Huston, M. 1979. A general hypothesis of species diversity. *Am. Nat.* 113(1):81-101.
- Huuri, O., Lähde, E. & Huuri, L. 1987. Tiheyden vaikutus nuoren istutusmännikön laatuun ja tuotokseen: Summary: Effect of stand density on the quality and yield of young Scots pine plantations. *Folia Forestalia* 685. 48 s.
- Indermühle, M. P. 1978. Struktur-, Alters-, und Zuwachsuntersuchungen in einem Fichten-Plenterwald der subalpinen. Beiheft zu den Zeitschriften des Schweizerischen Forstvereins 60:1-98.
- Jeansson, E., Bergman, F., Elfving, B., Falck, J. & Lundqvist, L. 1989. Natural regeneration of pine and spruce. Proposal for a research program. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Silviculture. Reports 25.67 s.
- Johnson, J. A. 1984. Small-woodlot management by single tree selection: 21-year results. *Northern Journal Applied Forestry* 1(4):69-71.
- Johnson, K. N., Franklin, J. F., Thomas, J. W. & Gordon, J. 1991. Alternatives for management of late-successional forests in the Pacific northwest. Report to U.S. Congress.
- Jones, E. W. 1945. The structure and reproduction of the virgin forest of the north temperate zone. *New Phytol.* 44, 130-148.
- Järveläinen, V-P. 1993. Yksityismetsätalous ja arvojen muutos. *Silva Fennica* 27(39):244-246.
- Kabzems, A., Kosowan, A. L. & Harris, W. C. 1986. Mixedwood section in an ecological perspective. 2 nd ed. Forestry Division. Saskatchewan Parks and Renewable Resources. *Tecnical Bulletin* 8.
- Kalliola, R. & Syrjänen, K. 1994. Taigan dynamiikka maiseman ja metsikön mittakaavassa. Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. ja Kouki, J. (toim.). *Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä*. (Effects of management on the ecological diversity of boreal forests). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 482:19-24.
- Kammerlander, H. 1978. Aufbau, Verjüngung und Verbissgefährdung der Plenterwälder in Raum Kufstein/Tirol. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. 129(9):711-726.
- Kern, K. G. 1966. Wachstum und Umweltfaktoren im Schlag- und Plenterwald. Vergleichende ertragskundlich-ökologische Untersuchungen in zwei Ta-Fi-(Bu)-Plenterwaldbeständen und zwei benachbarten Fi-Schlagwäldern des Hochschwarzwaldes. Bayerischer Landwirtschaftsverlag. München. Basel. Wien. 232 s.
- Klensmeden, U. 1984. Stamvis blädning. Några studier på två försöksytor i Dalarna. Examensarbete 1984-86. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. 38 s.
- Kolström, T. 1993. Modelling the development of an uneven-aged stand of *Picea abies*. *Scand. J. For. Res.* 8:373-383.
- Koskinen, A. 1955. Über die Kryptogamen der Bäume, besonders die Flechten, im Gewässergebiet des Päijänne sowie an den Flüssen Kalajoki, Lestijoki und Pyhäjoki. Floristische, soziologische und ökologische Studie 1. Helsinki. 176 s.
- Kouki, J. 1993. Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä - katsaus ekologisiin tutkimustarpeisiin ja suojelun mahdollisuuksiin. Metsähallituksen luonnonuojelujulkaisuja, Sarja A 11. 88 s.
- Kuusinen, M. 1994. Metsätalouden vaikutus epifyyttijäkälälajiston monimuotoisuuteen. Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. ja Kouki, J. (toim.). *Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä*. (Effects of management on the ecological diversity of boreal forests). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 482:75-81.
- Köstler, J. N. 1956. Allgäuer Plenterwaldtypen. *Forstwiss. Centralbl.* 75 (9/10):423-458.

- Laiho, O., Lähde, E., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994. Varttuneiden metsiköiden rakenne 1950-luvun alussa. Summary: Stand structure of advanced forests in early 1950's in Finland. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 495:90-128.
- Landolt, E. 1985. Der Wald, seine Verjüng, Pflege und Benutzung. Friedrich Schuthess, Zürich. 421 s.
- Larsen, J. A. 1924. Trend of silviculture development in Germany. Journal of Forestry 22(5):506-517.
- Larsen, J. B. 1991. Ett säkrare kort i en osaker miljö. Skog & Forskning 2: 9-22.
- Larsson, B. C. 1992. Pathways of development in mixed-species stands. Julkaisussa: Kelty, M.J., Larson, B.C., and Oliver C. D. (toim.). The ecology and silviculture of mixed-species forests. Kluwer Academic Publishers ss. 65-79
- Leak, W. B. & Filip, S. M. 1977. Thirty-eight years of group selection in New England northern hardwoods. Journal of Forestry 75:641-643.
- Leak, W. B. & Gottsacker, J. H. 1985. New approaches to uneven-aged management in New England. Northern Journal of Applied Forestry 2:28-31.
- Leak, W. B. 1978. Effects of habitat on stand productivity in the White Mountains of New Hampshire. USDA. For. Serv. Res. Pap. NE-452.
- Leibundgut, H. 1972. Struktur eines Emmentaler Plenterwaldes. Schweiz. Z. Forstwes. 123(9/10):854-870.
- Lindman, J. 1984. Fjällskogsläbning. Tillväxtstudier i fyra bestånd. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. Examensarbete. 52 s.
- Liocourt, F. de. 1898. De l'aménagement des sapinières. Bull. soc. forest. Franche-Comté et Belfort 4:396-409.
- Longhammer, A. 1971. Noen glimt fra blandingskogen. Tidsskrift Skogsbruket 79(3):302-314.
- Lundqvist, L. 1989. Bläbning i granskog. Strukturförändringar, volymtillväxt, inväxning och förnygring på försöksytor skötta med stamvis bläbning. Summary: Use of the selection system in Norway spruce forests - changes in the stand structure volume increment, in growth and regeneration on experimental plots managed with single tree selection. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Umeå. 99 s.
- Lundqvist, L. 1990. Bläbning i granskog. Skogsfakta. Biologi och skogsskötsel 69. 4 s.
- Lundqvist, L. 1993. Changes in the stand structure on permanent *Picea abies* plots managed with single-tree selection. Scand. J. For. Res. 8:510-517.
- Luonnonläheinen metsänhoito. 1994. Metsänhoitosuosituksset. Metsäkeskus Tapion julkaisu 6. 72 s.
- Lähde, E. 1986. Metsänhoidon perusteista. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 218.127 s.
- Lähde, E. 1990. Luonnonläheinen hoito tehometsätalouden tilalle. Julkaisussa: Teivainen, L. (toim.). Yksityismetsänomistajan kirja. ss. 138-153.
- Lähde, E. 1991a. *Picea abies*-dominated naturally established sapling stands in response to various cleaning-thinning. Scand. J. For. Res. 6:499-508.
- Lähde, E. 1991b. Päin honkia. Arator. Helsinki. 256 s.
- Lähde, E. 1992a. Luontaisen kuusivaltaisen taimikon kehitys lehtomaisella kankaalla. Summary: Development of a *Picea abies*-dominated naturally established sapling stand. Folia Forestalia. 793. 12 s.
- Lähde, E. 1992b. Natural regeneration of all-sized spruce-dominated stands treated by single tree selection. Julkaisussa: Silvicultural alternatives, (Hagner, M. toim.). Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35:117-123.
- Lähde, E. 1992c. Nature oriented silviculture in an ecocommune. K. Heikurainen (toim.). Suomussalmi ecocommunity. Suomussalmi Municipality. ss. 44-50.
- Lähde, E. 1992d. Regeneration potential of all-sized spruce-dominated stands. Julkaisussa: Silvicultural alternatives, (Hagner, M. toim.). Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35:111-116.
- Lähde, E. 1992e. The background ideas to the new trends in silviculture. Julkaisussa: Silvicultural alternatives, (Hagner, M. toim.). Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35:17-19.
- Lähde, E. 1993. Diversity of Forests as a Global Goal. Proceeding of the Workshop "Valuing Biodiversity On the Social Costs of and Benefits from Preserving Endangered Species and Biodiversity of the Boreal Forests", Espoo, Finland, October 1992. M. Linddal & A. Naskali (toim.). Scandinavian Forest Economics 34:105-109.
- Lähde, E. 1995. Metsää puilta. Vihreä Elämänsuojelun Liitto. Hakapaino. Helsinki 112 s.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1991. The structure of advanced virgin forests in Finland. Scand. J. For. Res. 6:527-537.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1992. Stand structure of thinning and mature conifer-dominated forests in boreal zone. Julkaisussa: Silvicultural alternatives, (Hagner, M. toim.).

- Proceedings from an internordic workshop June 22-25 1992. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 35:58-65.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994a. Structure and yield of all-sized and even-sized conifer-dominated stands on fertile sites. *Annales des Sciences Forestières*, 51(2):97-109.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994b. Structure and yield of all-sized and even-sized Scots pine-dominated stands. *Annales des Sciences Forestières*, 51(2):111-120.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y. & Saksa, T. 1994c. Tree and stand increment in all- and even-sized mixed stands. *Julkaisussa: Mixed stands. Proceedings from the symposium of the IUFRO working groups (M. E. Pinto da Costa & T. Preuhler, toim.)*. April 25-29, 1994 in Lousa/Coimbra Portugal. ss. 147-157.
- Lähde, E., Norokorpi, Y. & Oikarinen, M. 1985. Mikkelin ekoläänin metsien vaihtoehtoiset käsittelymallit. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 180. 67 s.
- Mantel, W. 1961. Wald und Forst. Wechselbeziehungen zwischen Natur und Wirtschaft. Rohwohlt. Hambur. 149 s.
- Marquis, D. A. 1978. Application of uneven-aged silviculture on public and private lands. *Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States*. USDA. For. Serv. Timber management research. Washington, D. C. Gen. Tech. Rep. WO-24. ss. 25-61.
- Martikainen, P., Kaila, L., Punttila, P. & Siitonen, J. 1994. Metsän käsittelyn vaikutus lahoppuhyönteisten esiintymiseen Suomen ja Venäjän Karjalassa. *Julkaisussa: Haila, Y., Niemelä, P. ja Kouki, J. (toim.)*. Metsätalouden ekologiset vaikutukset borealisessa havumetsässä. (Effects of management on the ecological diversity of boreal forests). *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 482:97-104.
- Mattsson, L. & Li, C.-Z. 1993. How do different forest management practices effect the non-timber value of forests. - An economic analysis. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsekonomi. *Arbetsrapport* 161. 23 s.
- McCauley, O. D. & Trimble, G. R. Jr. 1975. Site quality in Appalachian hardwoods: The biological and economic response under selection silviculture. USDA, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. *Research Paper* NE-312. 22 s.
- McLemore, B. F. 1983. Recovery of understocked, uneven-aged pine stands and suppressed trees. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. SE-24:226-229.
- Metsätalouden ympäristöohjelma 1994. Maa- ja metsätalousministeriö/Ympäristöministeriö. Painatuskeskus Oy. Helsinki. 30 s. + liitteet.
- Meyer, H. A. 1952. Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests. *Journal of Forestry* 50(2):85-92.
- Ministerial conference of the protection of forests in Europe. 1993. 16-17 June in Helsinki. Ministry of agriculture and forestry. 56 s.
- Mitscherlich, G. 1952. Der Tannen-Fichten-(Buchen)-Plenterwald. *SchrReihe* Bad. forstl. Versuchsanst. 8:3-42.
- Mitscherlich, G. 1961. Untersuchungen in Schlag- und Plenterwäldern. *Allg. Forst- u. J. -Ztg.* 134(1):1-12.
- Moser, J. W. Jr. 1972. Dynamics of an uneven-aged forest stand. *For. Sci.* 18:184-191.
- Nilsen, P. & Haveraaen, O. 1983. Årringbredder hos gjenstående traer etter høgst i eldre granskog. *Rapport fra Norsk Institut for skogforskning* 9:1-16.
- Nilsson, S. G. & Ericson, L. 1992. Forests in the temperate-boreal transition - natural and man-made features. *Julkaisussa: Ecological principles of nature conservation*. L. Hansson (toim.). Elsevier, London. ss. 373-393.
- Norokorpi, Y. 1982. Ekologiset erityispiirteet Pohjois-Lapin metsien uudistamisessa ja käsittelyssä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 77:14-23.
- Norokorpi, Y. 1987. Metsänviljelyn onnistuminen korkeilla alueilla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 278:16-31.
- Norokorpi, Y. 1994. Admixture of birch in planted Norway spruce stands enhances total yield. Pinto da Costa, M. E. & Preuhler, T. (toim.). *Mixed Stands. Research Plots - Measurements and results - Models*. Proceedings from the Symposium of the IUFRO Working Groups S.4.01-03 and S4.01-04. April 25-29, 1994. Lousa/Coimbra, Portugal. ss. 97-103.
- Norokorpi, Y., Lähde, E., Laiho, O. & Saksa, T. 1994. Luonnontilaisten metsien rakenne ja monimuotoisuus Suomessa. Summary: Stand structure and diversity of virgin forests in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 495:54-89.
- Norse, E. A., Rosenbaum, K. L., Wilcove, D. S., Wilcox, B. A., Romme, W. H., Johnston, D. W. & Stout, M. L. 1986. Conserving biological diversity on our national forest. *The Wilderness Society of America*.

- Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhugning. Referat: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. Meddelanden från statens skogsforsöksanstalt 33:1-194.
- Oikarinen, M. & Norokorpi, Y. 1986. Vuosina 1956-65 viljeltyjen männyntaimikoiden tila valtioon mailla Pohjois-Suomessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 222. 46 s.
- Pechmann, H. v. & Lippemeier, P. 1975. Untersuchungen über die Schnittholzqualität von Tannen- und Fichtenholz aus Plenterbeständen. Forst- Wissensch. Centralbl. 94(6):351-364.
- Pecore, M. 1992. Menominee sustained-yield management. Journal of Forestry 90(7):12-16.
- Pickett, S. T. A. and Thompson, J. N. 1978. The ecology of natural disturbances and patch dynamics. Academic Press. London.
- Prodan, M. 1949a. Normalisierung des Plenterwaldes? SchrReihe Bad. forstl. Versuchsanst. 7:1-21.
- Prodan, M. 1949b. Die theoretischen Bestimmung des Gleichgewichtszustandes im Plenterwalde. Schweiz. Z. Forstwes. 100(2):81-99.
- Reynolds, R. R. 1969. Twenty-nine years of selection timber management on the Crossett Experimental Forest, USDA. Forest Service Research Paper 30-40. 19 s.
- Reynolds, R. R., Baker, J. B. & Ku, T. T. 1984. Four decades of selection timber management on the Crossett Farm Forestry Forties. Arkansas Agriculture Experiment Station Bulletin 872.
- Roach, B. A. 1974. What is selection cutting and how do you make it work - What is group selection and where can it be used. State University of New York, College of Environmental Science and Forestry, Applied Forest Research Institute. Miscellaneous Report no. 5. 9 s.
- Saksa, T. 1992. Männyn istutustaimikoiden kehitys muokatuilla uudistusaloilla. Abstract: Development of Scots pine plantations in prepared reforestation areas. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 418. 48 s.
- Salwasser, H. 1990. Gaining perspective: forestry for the future. Journal of Forestry 88:32-38.
- Schütz, J.-Ph. 1969. Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin (*Abies alba* Mill.) et de l'épicéa (*Picea abies* Karst.) dans deux peuplements jardinés et une forêt vierge. Supplément aux organes de la Société forestière suisse 44:1-114.
- Schütz, J.-Ph. 1981. Que peut apporter le jardinage a notre sylviculture. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 132(4):219-242.
- Schütz, J.-Ph. 1989. Der Plenterbetrieb. Fachbereich Waldbau ETH. Zürich. 54 s.
- Schütz, J.-Ph. 1992. History and current importance of uneven-aged silviculture in Europe. IUFRO. Proceedings Centennial, Berlin-Eberswalde, Germany 31 Aug-4 Sep 1992. 262 s.
- Schütz, J.-Ph., Grunder, K. & Mandallaz, D. 1986. Die Vitalität von Weisstannen und Ihre Abhängigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernährungkundlichen und waldbaulichen Variablen. Summary: Vigor of silver fir and how it is affected by stand structure, growth and yield, plant-nutritional, and silvicultural characteristics. Forstwissenschaftliches Centralblatt 105. Hefte 5:406-424.
- Seitschek, V. O. 1991. Mischwald als Ziel das Waldbau. Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft 46:1246-1251.
- Shugart, H. H. 1984. A theory of forest dynamics. Springer. New York. 278 s.
- Skoklefeld, S. 1967. Fristilling av naturlig gjenvekst av gran. Summary: Release of natural Norway spruce regeneration. Meddelser fra det Norske Skogforsöksvesen 23(85):385-409.
- Smith, H. C. & DeBald, P. S. 1978. Economics of even-aged and uneven-aged silviculture and management in eastern hardwoods. Julkaisussa: Uneven-aged silviculture & management in the United States. USDA. For. Serv. Timber management research. Washington, D.C. Gen. Tech. Rep. WO-24:125-141.
- Solomon, D. S., Hosmer, R. A. & Hayslett, Jr. H. T. 1986. A two-stage matrix model for predicting growth of forest stands in the Northeast. Can. J. For. Res. 16:521-528.
- Steijlen, I. & Zackrisson, O. 1986. Long-term regeneration dynamics and successional trends in a northern Swedish coniferous forest stand. Can. J. Bot. 65:839-848.
- Stoszek, K. J. 1992. Uneven-aged management in the American West: Renaissance. IUFRO. Proceedings Centennial, Berlin-Eberswalde, Germany 31-Aug-4 Sep 1992, s. 263
- Tarasink, S. & Zwiernirski, M. 1990. Social-structure dynamics in uneven-aged Scots pine (*Pinus sylvestris*) regeneration under canopy at the Kaliszki Reserve, Kampinoski National Park (Poland). Forest Ecology and Management 35:277-289.
- Temple, T. J., Nyland, A. D. & Craul, P. J. 1987. Growth of uneven-aged stands in New York's Adirondack Mountains. Northern Journal of Applied Forestry 4(3):136-139.
- Thomasius, H. & Bretschneider, D. 1970. Studie über ein Verfahren zur Bestimmung der waldbaulich optimalen Schlagbreite bei der Baumart Fichte-dargestellt an Beispielen aus dem mittleren Erzgebirge. Arch. Forstwes. 19:1269-1293.
- Tichy, A. 1891. Der qualifizierte Plenterbetrieb. Wien. 46 s.

- Trimble, G. Jr. 1970. 20 years of intensive uneven-aged management. Effect on growth, yield, and species composition in two hardwood stands in West Virginia. USDA. Forest Service. Research Paper. NE-154. 12 s.
- Trimble, G. R. Jr. & Manthy, R. S. 1966. Implications of even-aged management on timber. Julkaisussa: Trends from selection cutting to even-aged management. Soc. Am. For, Allegheny Sect. Proc. 1965. 62-75.
- Trimble, G. R. Jr. & McClung, L. 1966. Clearcutting profitable. WV Conserv. 30:2-4.
- Trimble, Jr. G. R., Mendel, J. J., & Kennell, R. A. 1974. A procedure for selection marking in hardwoods. Combining silvicultural considerations with economic guidelines. USDA. Forest Service. Research Paper. NE-292. 13 s.
- UNCED, YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi. 1993. Rio de Janeiro 3.-14.6.1992. Ympäristöministeriö. Ulkoasiainministeriö. 239 s.
- Vaartaja, Y. 1951. Alikasvosasennosta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. Acta For. Fenn. 58(3):1-133.
- Virtanen, J., Norokorpi, Y. ja Kaunisto, S. (toim.). 1984. Metsänuudistamisen ja taimikonhoidon periaatteet. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 135. 12 s.
- Vollbrecht, G. 1994. Effects of silvicultural practices on the incidence of root and butt rot in Norway spruce with special emphasis on *Heterobasidion annorum* Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish University of Agricultural Sciences, Southern Swedish Forest Research Centre, Alnarp. 37 s.
- Vuokila Y. 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.
- Vuokila, Y. 1970. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. Summary: Selection from above in intermediate cuttings. Acta For. Fenn. 110:1-45.
- Vuokila, Y. 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production. Folia Forestalia 247. 24 s.
- Vuokila, Y. 1977. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. Folia For. 298. 17 s.
- Vuokila, Y. 1980. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Helsinki-Porvoo. 256 s.
- Walker, N. 1956. Growing stock volumes in unmanaged forests. Journal of Forestry 54(6):378-383.
- Watanabe, S. & Satohiko, S. 1994. The silvicultural management system in temperate and boreal forests: A case history of the Hokkaido Tokyo University Forest. Can. J. For. Res. 24(6):1176-1185.
- Wing, M. R. 1977. Silvicultural systems - uneven-aged management. USDA. Forest Service. Gen. Tech. Rep. NE-29. ss. 67-72.
- Yli-Vakkuri, P. 1949. Ala- ja yläharvennuksen erilaisuus ja yhtäläisyys. Metsätaloudellinen Aikakauslehti 3-4:93-95.
- Znerold, M. 1987. Modeling uneven-aged forest management on the Deschutes National Forest. Julkaisussa: Forest growth modelling and prediction. USDA. Forest Service. General Technical Report NC-120; 936-943.
- Znerold, M. 1988. Modeling uneven-aged forest management on the Deschutes National Forest. USDA. For. Serv. Gen. Tech. Rep. NC. Northern Central Forest Experiment Station. ss. 936-943.

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-istutusko-
neella 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 kennonaimien alkukehi-
tykseen. 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 kasvu-
häiriön 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.
No. 470 Metsäntutkimuspäivä Porissa 1992. 1993.
No. 495 Metsäntutkimuspäivä Seinäjoella 1993. 1994.
No. 513 Hannu Raitio and Tuire Kilponen (eds.). 1994. Critical Loads and Critical Limit Values.
Proceedings of the Finnish-Swedish Environmental Conference.
October 27-28, 1994. Vaasa, Finland.
No. 543 Hannu Raitio (red.). Granskogens hälsotillstånd i Kvarkenregionen. Rapport av
seminariet i Ikalis 20-21.9.1994.

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

Vas. ylh.

Viljavuudeltaan tuoreen kankaan pelloille istutettu männikkö. Metsikkö on tasaikäinen ja tasarakenteinen, ei alikasvosta, pohjapinta-ala 22 m²/ha. Kuviolla ei kuollutta puuainesta (D>10 cm). Pistemäärä 7. Monimuotoisuustaso heikko.

Vas. alh.

Kertaalleen harvennettu sekametsikkö luontaisesti metsittyneellä lehtomaisen kankaan peltomaalla. Keski- ja isokokoista koivua sekä pieni- ja keskikokoista kuusta ja alikasvosta. Kuviolla kuvan ulkopuolella myös keskikokoista haapaa. Pohjapinta-ala 26 m²/ha. Ei kuollutta puuainesta. Pistemäärä 22. Monimuotoisuustaso tyydyttävä.

Oik. ylh.

Luontaisesti syntynyt, valtapuustoltaan varttunut männikkö helposti taimettuvalla kanervatyypin lajittuneella hiekalla. Pieni- (D1,3 2-10 cm), keski (10-25 cm) ja isokokoista (> 25 cm) mäntyä, pienikokoista kuusta ja alikasvosta. Lehtipuusto puuttuu, pohjapinta-ala 16 m²/ha. Metsikössä harvakseltaan tuulenkaatoja eli maapuita. Pistemäärä 13. Monimuotoisuustaso hyvä.

Oik. alh.

Luontaisesti syntynyt, lehtomaisen kankaan valtapuustoltaan vanhahko tiheä sekametsikkö. Isokoista mäntyä, kaikenkokoista kuusta, lisäksi keski- ja isokoista koivua ja haapaa, pohjapinta-ala 48 m²/ha. Pystykuolleita ja maapuita runsaasti. Elävän puuston pistemäärä 24, kuolleen puuston 14. Monimuotoisuustaso erinomainen.

Kansikuva: Esimerkkejä metsikön puuston monimuotoisuudesta.
Pisteytysohjeet ks. tekstiosassa Lähde ym. 1995. Kuvat Olavi Laiho.