



■ Petteri Seppänen

Petteri Seppänen

Sekametsät kasvu- ja tuotos- tutkimuksen kohteena

Seppänen, P. 1998. Sekametsät kasvu- ja tuotostutkimuksen kohteena. Metsätieteen aikakauskirja – Folia Forestalia 4/1998: 543–554.

Tutkimuksessa tarkastellaan julkaistun kirjallisuuden perusteella sekametsätutkimuksen tähänastisia saavutuksia ja erityisongelmia. Työ keskittyy Suomessa ja vastaavissa metsänkasvuolosuhteissa kivennäismailla kasvavien yksijaksoisten sekametsien (lähinnä männyn, kuusen ja koivun sekoitukset) kasvu- ja tuotostutkimukseen, tähdäten erityisesti metodologisten ongelmien pohtimiseen. Kasvu- ja tuotostutkimuksen metodologiaa ja ongelma-alueita käsitellään lähinnä vertailevien kokeiden ja empiiristen mallien näkökulmasta.

Sekametsikön rakenteen muuttuminen, kasvu, kiertoajan kokonaistuotos ja tuotto suhteessa puhtaiden metsiköiden vastaaviin parametreihin todetaan tärkeimmiksi sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen tavoitteiksi. Lisäksi tutkimusta tarvitaan sekametsien optimaalisista harvennusmalleista, metsänkasvatuksen kustannuksista, kestävydestä bioottisia ja abiottisia tuhoja vastaan, puulajisuhteiden vaikutuksesta metsikön monimuotoisuuteen sekä puulajien pitkän ajan vaikutuksista kasvupaikan tuotoskykyyn.

Sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen ongelma-alueet ovat pääasiassa metodologisia. Keskeisimpiä ongelmista ovat kasvupaikan bonitointi ja puulajien pitkän aikavälin erilaistavat vaikutukset kasvupaikan viljavuuteen.

Asiasanat: sekametsät, kasvu- ja tuotostutkimus, metodologia

Yhteystiedot: COPAMEX-Sector Forestal, Juarez 25 Pte. Acaponeta, Nay, Mexico

Puhelin +52 325 11 650, faksi +52 325 11 660, sähköposti petsep@yahoo.com

Hyväksytty 21.10.1998

1 Johdanto

Metsätalouden tavoitteiden muuttuessa ja monipuolistuessa sekametsien kasvatusta on saanut entistä suuremman painoarvon kuin vielä esimerkiksi 1980-luvulla. Tämä asettaa myös metsätutkimukselle uusia haasteita.

Sekametsien kasvun, tuotoksen ja tuoton tutkiminen on vaikeampaa kuin puhtaiden metsien tutkiminen, koska puulajien erilainen kasvurytmi, kilpailuominaisuudet, metsikön puulajisuhteet ja niiden muuttaminen metsikön varttuessa aiheuttavat lisäulottuvuuksia mielenkiinnon kohteena olevan ilmiön tai parametrin tarkasteluun. Jopa tutkimusaineiston kokoaminen saattaa olla vaivalloista.

Kasvu- ja tuotostutkimusta tarvitaan selvittämään, mikä on sekametsien tuotos ja tuotto eri kasvupaikoilla suhteessa puhtaisiin metsiin, mikä on metsänhoitotoimenpiteiden vaikutus sekametsän tuotokseen ja tuottoon sekä millaisilla metsänhoitotoimenpiteillä sekametsät antavat optimaalisen tuloksen.

Tämän katsauksen tarkoituksena on tiivistää sekametsätutkimuksen tähänastisia saavutuksia ja erityisongelmia. Työ keskittyy Suomessa ja vastaavissa metsänkasvuolosuhteissa kivennäismailla kasvavien yksijaksoisten sekametsien (lähinnä männyn, kuusen ja koivun sekoitukset) kasvu- ja tuotostutkimukseen, tähdäten erityisesti metodologisten ongelmien pohtimiseen. Kasvu- ja tuotostutkimuksen metodologiaa ja ongelma-alueita käsitellään lähinnä vertailevien kokeiden ja empiiristen mallien näkökulmasta. Katsaus on tehty johdatukseksi ja pohdinnaksi sekametsätutkimusta suunnittelevaa tai tekevää tutkijaa varten.

Tutkimusaineisto on saatu suorittamalla kirjallisuushakua Helsingin Yliopiston Metsäkirjaston eritietokannoista sekä alkuperäisviitteitä tarkastamalla. Suomalainen sekametsien kasvu- ja tuotostutkimusta käsittelevä aineisto on analysoitu verraten kattavasti. Ulkomaisista tutkimuksista käsitellään vain sitä osaa, johon on ollut mahdollisuus tutustua ja jolla on suurin merkitys suomalaiselle sekametsien kasvu- ja tuotostutkimukselle.

2 Viitekehys

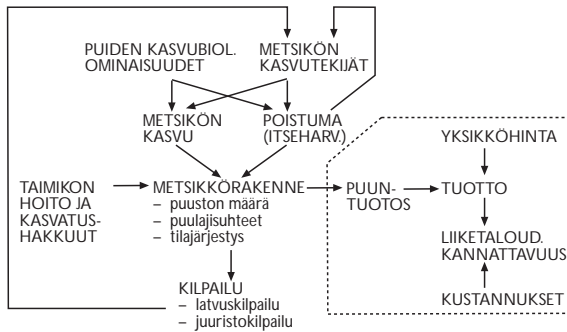
Sekametsien kasvatusmahdollisuudet käytännön metsätaloudessa määräytyvät ensisijassa niiden liiketaloudellisen edullisuuden perusteella suhteessa puhtaisiin metsiin (kuva 1). Sekametsänkasvatuksen liiketaloudelliseen kannattavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat metsikön puuntuotos, sen yksikköhinta sekä metsänkasvatuksen kustannukset. Puuntuotoksen yksikköhinta määräytyy puolestaan runkojen laadun ja puutavaralajien hintasuhteiden perusteella.

Puiden kasvubiologiset ominaisuudet, metsikön kasvutekijät sekä niiden hyödyntäminen määräävät metsikön kasvua ja siten metsikön rakenteen muodostumista. Metsikön itseharveneminen on seurausta puiden välisestä kilpailusta ja se ilmenee luonnonpoistuman kautta metsikön rakenteessa ja puuntuotoksessa. Sekametsien ollessa kyseessä puulajisuhteet luovat yhden lisäulottuvuuden metsikkörakenteeseen. Taimikonhoidolla ja myöhemmin kasvatushakuilla vaikutetaan metsikkörakenteeseen säädellen puiden ja puulajien välistä kilpailua ja siten metsikön kasvutekijöiden hyödyntämistä tavoitellen maksimaalista puuntuotosta ja viimekädessä tuottoa.

Sekametsikön puulajikoostumus vaikuttaa metsämaan ravinteisiin suoranaisesti puuston ja pintakasvillisuuden karikkeen määrän ja laadun kautta. Puulajisuhteiden luomalla metsikköilmastolla on välillistä vaikutusta kariketta hajottavaan eliöstöön ja hajoamisprosessin nopeuteen sekä siten metsikön sisäiseen ravinnekiertoon.

Sekametsissä kasvutekijöiden hyödyntämiseen vaikuttavia tekijöitä ovat puulajien ekologisten lokeroiden erot, eli eroavaisuudet fenologian sekä latvuksen ja juuriston rakenteen suhteen. Havulehtisekametsien fenologiassa merkittävää on lehtipuiden lehdettömän ajanjakson pituus ja ajoittuminen suhteessa havupuiden kasvuun, eri puulajien kasvujaksojen pituus ja ajoittuminen toisiinsa nähden sekä erityisesti puulajien kiertoaikaiset kasvunopeuksien erot.

Latvuston ja juuristojen rakenteessa on erotettavissa horisontaalinen ja vertikaalinen rakenne. Juuristojen erilaisen syvyyden, tiheyden ja haaroittumisen seurauksena eri puulajit voivat kasvattaa juu-



Kuva 1. Yksinkertaistettu sekametsikön kasvun muodostumista ja kasvatuksen kannattavuutta kuvaava viitekehys.

ristojaan eri osissa metsämaata, mahdollistaen tehokkaamman metsämaan kasvutekijöiden (vesi ja ravinteet) hyödyntämisen. Valonkäytön tehokkuuteen vaikuttaa latvuston kerroksellinen rakenne, joka muodostuu puulajien kasvubiologisten ominaisuuksien, ensisijassa varjonsietokyvyn perusteella.

Kaikkien sekametsissä esiintyvien ilmiöiden ja niiden välisten vuorovaikutussuhteiden huomioon ottaminen yksittäisessä tutkimuksessa on mahdollista. Metsäekologian lainalaisuuksien ymmärtäminen ja sekametsissä esiintyvien vuorovaikutussuhteiden olemassaolon tiedostaminen on kuitenkin tärkeää empiiristä sekametsätutkimusta suunniteltaessa ja tutkimusten tuloksia tulkittaessa.

3 Suomalaiset tutkimukset

Sekametsien ekologiaa, kasvatusta, tuotosta tai tuottoa käsitteleviä suomalaisia empiirisiä tutkimuksia on vain muutama (Lappi-Seppälä 1930, 1942, Kalela 1936, Mielikäinen 1980, 1985b, Valsta 1986, Valsta ja Mielikäinen 1987, Pukkala ym. 1994, Mielikäinen ja Valkonen 1995, Norokorpi ym. 1996). Niiden lisäksi lähinnä Kalelan 1940-luvun kirjoituksissa luonnonmukaisesta metsänhoidosta (Kalela 1942, 1945, 1948, 1949) sekametsäkäsytystä käsitellään useasti.

Lappi-Seppälän (1930) tutkimusta tasaikäisen mänty-koivusekametsikön kehityksestä on pidettä-

vä ensimmäisenä perusteellisenä yrityksenä lisätä tietoa Suomen sekametsistä. Myös Mielikäinen (1980) on tutkinut mänty-koivusekametsiä puuntuotannollisesta näkökulmasta. Valsta (1986) ja Valsta ja Mielikäinen (1987) ovat tutkineet mänty-koivusekametsikön kasvatusta liiketaloudellisesta näkökulmasta Mielikäisen (1980) kasvumalleihin perustuen. Mielikäisen (1985b) tutkimuksessa tarkastellaan yksijaksoisen kuusi-koivusekametsikön rakennetta ja kehitystä sekä puuston käsittelyn vaikutusta kasvuun ja kiertoajan kokonaistuotokseen. Pukkala ym. (1994) selvittivät yksijaksoisen mäntykuusisekametsikön kasvua yksittäisten puiden kasvumallien ja metsikön tilajärjestysmallien avulla. Kuusi-harmaaleppäsekametsiä on tutkinut Kalela (1936) ja Siperian lehtikuusen kasvua männyn ja kuusen sekaisissa metsiköissä Lappi-Seppälä (1942). Tuoreinta tietoa sekametsien kasvusta puolestaan tarjoavat Mielikäisen ja Valkosen (1995) tutkimus kaksijaksoisten kuusi-koivusekametsien kasvusta sekä Norokorven ym. (1996) tutkimus kuivahkon kankaan tasa- ja eri-ikäisrakenteisista haivusekametsistä Lapissa.

Turvemailla kasvavien sekametsien problematiikkaa ovat selvittäneet ainakin Heikurainen (1959, 1971, 1985), Huikari (1959), Paavilainen (1966), Mikola (1973), Keltikangas ja Seppälä (1977), Seppälä ja Keltikangas (1978), Ferm (1983), Gustavsen ja Päivänen (1986) sekä Paavilainen ja Tiuhonen (1988). Myös suometsätieteen oppikirjat sisältävät näkökohtia sekametsien kasvattamiseen turvemailla (ks. esim. Päivänen 1990, Paavilainen ja Päivänen 1995).

Edellä mainittujen tutkimusten lisäksi sekametsäkäsytystä sivutaan useissa muissa tutkimuksissa (mm. Aaltonen 1932, 1936, Siren 1955, Hannelius 1978, Isomäki 1979, Leikola ja Rikala 1983, Mikola 1985). Niiden lähtökohtana ovat kuitenkin muut kuin sekametsiä suoranaisesti koskettavat ongelmat. Siten edellä mainittuja tutkimuksia ei voida lukea varsinaisiksi sekametsätutkimuksiksi, vaikka ne täydentävätkin tietojamme sekametsistä. Lisäksi 1980- ja -90 luvuilla sekametsistä on kirjoitettu ainakin parisenkymmentä pohdiskelevaa tai tutkimustuloksia kansantajuisesti esittelevää lehtiartikkelia ja ennakkotiedonantoa.

4 Ulkomaisia tutkimuksia

Seuraavassa esitellään lyhyesti ne ulkomaiset sekametsätutkimukset, joihin on ollut mahdollisuus tutustua ja joilla on suurin merkitys suomalaiselle sekametsien kasvu- ja tuotostutkimukselle.

Jonsson (1962) tutki yksittäisten puiden kasvua männyn, kuusen ja koivun muodostamissa sekametsissä Pohjois-Ruotsissa. Myös Ekö ja Agestam (1981) ovat tutkineet havupuu-koivusekametsien puuntuotosta Ruotsissa. Agestam (1985b) puolestaan kehitti kasvatussimulaattorin yksijaksoisille mänty-koivu-, kuusi-koivu- ja mänty-kuusisekametsille laatimiensa kasvumallien perusteella. Agestamin (1985b) tuotoslukuihin perustuvaa sekametsien liiketaloudellista edullisuutta on tarkastellut Hägg (1988). Myös Carlsson (1990, 1992) on tehnyt Ruotsissa sekametsätutkimusta liiketaloudellisesta näkökulmasta. Tham (1988a) puolestaan on tutkinut Ruotsissa kaksijaksoisia kuusi-koivusekametsiä. Frivold (1982a) on tutkinut kuusi-koivusekametsiä Etelä-Norjassa. Tanskassa Jensen (1983) tutki kuusen ja hopeakuusen muodostaman sekametsikön kasvua. Venäjällä ainakin Cuprov (ref. Burkhart ja Tham 1992) ja Mezibovskij ym. (ref. Mielikäinen 1985b) sekä Virossa Jögiste (1994) ja Henno (ref. Jögiste 1994) ovat tutkineet kuusi-koivusekametsiä. Timofejew (ref. Jonsson 1962) puolestaan on tutkinut mänty-koivusekametsiä Venäjällä.

Saksassa ja muuallakin Keski-Euroopassa sekametsätutkimuksella on pitkät perinteet (ks. esim. Lappi-Seppälä 1930, Kalela 1936, Burkhart ja Tham 1992). Vaikka kasvupaikat, ilmasto, puulajit ja metsänhoito poikkeavatkin huomattavasti boreaalista vyöhykkeestä, voidaan keski-eurooppalaisista tietämystä hyödyntää myös boreaalisella vyöhykkeellä. Kyseiset tutkimukset antavat tietoa ilmiöiden perusteista. Pitkälle meneviä yleistyksiä ei kuitenkaan ole syytä tehdä.

Pohjois-Amerikassa sekametsien rakennetta ja kehitystä on tutkittu varsinkin empiiristen mallien avulla (esim. Oliver 1980, Bullard 1984, Bullard ym. 1985, Cole ja Schmidt 1986, Lynch ja Moser 1986, Leemans ja Prentice 1987, Bare ja Opalach 1987, Davidson ym. 1989, Lloyd 1989, Haight ja Monserud 1989, 1990, Holmes ja Reed 1991, Cobb ym. 1992, Sterba ja Monserud 1993). Useimmiten

näissä tutkimuksissa vertailu puhtaisiin metsiköihin on puutteellista. Lisäksi mallien laadinta-aineistot ovat poikkeuksetta varsin suppeita, mikä heikentää tulosten yleistettävyyttä ja sovellusmahdollisuuksia.

Kuluvan vuosikymmenen alkupuolella on järjestetty muutamia kansainvälisiä seminaareja, joissa sekametsät ovat olleet erityisteemana. Seminaarit ovat koonneet yhteen sekametsätutkimuksen eri osaluokkien tutkijoita ja tutkimustuloksia on koottu yhteisjulkaisuihin (esim. Cannel ym. 1992, Kelty ym. 1992, Preuhsler 1992). Aikaisemmin ilmestyneitä sekametsien problematiikkaa käsitteleviä kokoomajulkaisuja ovat ainakin Hägglund ja Peterson (1985) sekä Sveriges Skogsvårdförbunds Tidsskrift 3–4/1984.

5 Kasvu- ja tuotostutkimuksen tavoitteet ja metodologia

Sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen keskeisiä tavoitteita käytännön metsätalouden kannalta ovat sekametsän kasvun, tuotoksen ja tuoton vertaaminen puhtaiden metsien vastaaviin parametreihin. Sekametsikön kasvu, tuotos ja viimekädessä tuotto suhteessa yhden puulajin muodostamiin metsiin ratkaisevat sen, onko sekametsänkasvatus ylipäätään taloudellisesti houkuttelevaa.

Oleellinen osa sekametsien kasvu- ja tuotostutkimusta on kasvupaikan bonitointi ja siinä esiintyvät erityisongelmat. Lisäksi metsikön rakenteen kehittyminen puulajien erilaisen kiertoaikaisen kasvuytimin ja kilpailukyvyn takia on keskeinen metodologinen ja käytännöllinen kysymys. Samoin se, että sekametsikön rakenteen kehitys, kasvu, tuotos ja tuotto ovat täysin riippuvaisia siitä, miten metsikköä käsitellään, eli miten metsikön puulajisuhteita, puulajien välisiä kilpailuasetelmia ja puiden pituuseroja ohjataan taimikonhoidossa ja kasvatushakuissa. Metsikön puulajisuhteiden, eri puulajien puiden kokoerojen ja kilpailuasetelmien vaikutus kasvuun, tuotokseen ja tuottoon antavat vastauksen siihen, miten hoidettuna sekametsät kasva-

vat parhaiten ja antavat mahdollisesti puhtaita met-
siä suuremman tuotoksen ja tuoton.

Seuraavassa sekametsien kasvu- ja tuotostutki-
muksen metodologiaa käsitellään lähinnä vertailevi-
en kokeiden ja empiiristen mallien näkökulmasta.

Useamman kuin yhden puulajin muodostaman
metsikön tilavuuskasvu on puulajeittaisten kasvu-
jen summa. Kasvu voidaan laskea joko vallitsevan
puulajin kasvuyhtälöillä tai painottamalla puhtai-
den metsiköiden kasvulukuja sekametsikön puula-
jiosuuksilla. Kumpikaan menetelmä ei ole täysin
oikea, koska niissä sekametsävaikutus (eli puulaji-
suhteiden vaikutus tarkasteltavaan parametriin) ei
tule otetuksi huomioon millään tavalla. Vallitsevan
puulajin kasvulukujen käyttö merkitsee kasvun ali-
tai yliarviointia metsikön iästä ja puulajien kierto-
aikaisista kasvurytmeistä riippuen. Sekametsikös-
sä kasvavien puulajien erilaisten kiertoaikaisten
kasvurytmien vuoksi vasta metsätaloudellisen kier-
toajan mittainen tuotoksen ja tuoton tarkastelu mah-
dollistaa sekametsikön ja yhden puulajin muodos-
taman metsikön luotettavan vertailun metsänkas-
vatuksen tarpeisiin (ks. esim. Mielikäinen 1985b).

Sekametsävaikutusta metsikön kokonaistuotok-
seen voi tarkastella kahdella toisistaan poikkeaval-
la tavalla. Ensinnäkin, sekametsikön tuotosta voi
verrata metsikössä kasvavien puulajin tuotokseen
niiden kasvaessa puhtaina metsikkönä. Toisaalta,
sekametsän tuotosta voi verrata sellaiseen metsik-
köön, jossa molemmat puulajit kasvavat puhtaina
osuuttaan vastaavalla pinta-alalla (Folkesson ja Bär-
ring 1982, ks. myös Lappi-Seppälä 1930). Edelli-
nen on yleisemmin käytetty menetelmä ja sen tu-
loket ovat helpommin tulkittavissa.

Empiirisiä kasvu- ja tuotostutkimuksia voidaan
tehdä kestokokeiden tai kertakoealojen avulla. Kes-
tokokeissa koejäsenten toistomittauksilla tuotetaan
tietoa puuston kehityssarjojen laatimiseksi. Eri koe-
jäsenten mielenkiinnon kohteena olevia parametre-
ja yksinkertaisesti verrataan toisiinsa. Kestokokei-
den perustaminen ja ylläpitäminen on aikaa vievää
sekä suunnitelmallisuutta, pitkäjänteisyyttä ja ra-
haa vaativaa toimintaa. Lisävaikeutena sekametsi-
en kasvu- ja tuotostutkimuksessa on puulajisuhtei-
den aiheuttama lisäulottuvuus koejärjestelyihin.

Tilapäiskoealat (tai kertakoealat) tarjoavat jous-
tavan menetelmän puuston kehityssarjojen laatimi-
seksi, joita nykyisin kuvataan lähinnä mallien muo-

dossa. Niiden periaatteena on eri kehitysvaihetta
edustavien, mutta muuten mahdollisimman vertai-
luelupoisten metsiköiden asettaminen samaan ke-
hityssarjaan. Tilapäiskoealojen heikkoutena on
puutteellinen tieto metsikön aiemmasta historiasta
ja kasvupaikan alkuperäisestä puuntuotoskyvystä
(termillä ”alkuperäinen puuntuotoskyky” tarkoite-
taan kasvupaikan puuntuotoskykyä ilman, että se-
kapuulaji on siihen mahdollisesti vaikuttanut).

Kaikki tärkeimmät kotimaiset ja lähes poikkeuk-
setta myös ulkomaiset sekametsätutkimukset pe-
rustuvat tilapäiskoealoihin. Valtaosa myös puhtai-
den metsiköiden Suomessa julkaistuista kasvu- ja
tuotostutkimuksista perustuu niihin (ks. Ilvessalo
1920, 1937, Miettinen 1932, Cajander (Kalela)
1933, Nyssönen 1954, Tikka 1954, Koivisto 1957,
Vuokila 1956, 1962, 1967, Ilvessalo ja Ilvessalo
1975, Vuokila ja Väliäho 1980, Oikarinen 1983).

Taimikoihin tai nuoriin metsiin perustettavien ja
päätehakkuisiin saakka seurattavien kestokoealojen
katsotaan yleisesti olevan varmin lähtökohta metsän
kasvu- ja tuotostutkimukselle. Niiden etuna on mah-
dollisuus järjestettyihin kokeisiin. Tästä on hyötyä
tutkittaessa hakkuiden ja metsänhoitotoimenpiteiden
vaikututusta puuntuotokseen. Keski-Euroopassa
vanhimmat sekametsien pysyvät koealat perustettiin
jo 1800-luvun lopulla (Assmann 1970). Ruotsissa
ensimmäiset pysyvät sekametsäkokeet perustettiin
1910- ja 1920-luvuilla. Useimmista kokeista puuttu-
vat kuitenkin kontrollikoealat (eli puhtaat tai luon-
nontilaiset ruudut) (Agestam 1985a).

Suomessa koko kiertoajan kattavia puuston kehi-
tyssarjoja ja niihin perustuvia puhtaiden metsien
kasvu- ja tuotostutkimuksia ei ole vielä saatavilla,
mutta niitä on odotettavissa tulevaisuudessa, kun
vanhimmat seurantasarjat tulevat kyllin pitkiksi.
Sekametsien osalta tilanne on huonompi. Metsän-
tutkimuslaitoksessa on perustettu sekametsien tut-
kimiseen tarkoitettuja pysyviä koealoja, mutta ne
ovat metsän luonnollisen kehityksen ja sen muka-
na tapahtuvan puulajisuhteiden muuttumisen tai tu-
hojen seurauksena useinkin menettäneet arvonsa
alkuperäisen tarkoituksensa kannalta. Alustavia kes-
tokoealatuloksia ovat esitelleet ainakin Ferm (1983),
Saramäki ym. (1991) ja Valkonen (1994).

Tuotosvertailua puhtaiden metsien ja sekametsi-
en välillä voidaan tehdä myös kasvun mallituksen
avulla. Sekametsätutkimuksen kannalta kasvumal-

lien epävarmimpia alueita ovat Agestamin (1985b) käsitysten mukaan puulajien pituuskehitys sekametsissä, eri puulajien kasvupaikkaindeksien vastaavuus sekä luonnonpoistuman mallitus.

Metsikkötason tai puutason mallien avulla voidaan tutkia erilaisten metsänkäsittelyjen ja puulajisuhteiden vaikutusta metsikön kasvuun ja tuotokseen. *Metsikkömallit* olivat aiemmin puutason malleja tavallisempia niiden helpomman laadittavuuden ja sovellettavuuden takia (Tham 1988b, Mielikäinen 1994). Metsikkömallien lähestymistapa sopii parhaiten tasaikäiseen puhtaaseen metsikköön. Ne eivät kuitenkaan anna sekametsien tutkimisen kannalta riittävän yksityiskohtaista kuvaa metsikön rakenteesta. *Puukohtaisilla* kasvumalleilla sen sijaan voidaan kuvata yksittäisen puun kasvuympäristön vaikutuksia kasvuun (Tham 1988b, Mielikäinen 1994). Puutason malleja voidaan käyttää metsikkötason simulointiin ja simulointien avulla on mahdollista suorittaa eri metsänkäsittelyvaihtojen vertailuja.

6 Sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen ongelma-alueita

Seuraavassa sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen ongelma-alueita käsitellään lähinnä vertailevien kokeiden ja empiiristen mallien näkökulmasta.

Sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen ongelma-alueet ovat pääasiassa metodologisia. Tärkeimpien parametrien (kasvu, tuotos ja tuotto) vertaaminen yhden puulajin muodostaman metsikön vastaaviin tunnuksiin on Burkhart ja Thamin (1992) tulkinnan mukaan vaikeaa ilman, että muut tarkasteltavaan parametriin vaihtelua aiheuttavat tekijät kuin puulajisuhteet tulevat esille. Sekametsissä esiintyvän suuremman rakenteellisen vaihtelun seurauksena luotettava kasvun ja tuotoksen ennustamisen simulointimenetelmä on monimutkaisempi kuin puhtaissa, tasaikäisissä metsissä. Puuston ikäerot ja jaksottuminen sekä puulajisuhteiden muuttuminen metsikön varttuessa vaikeuttavat kasvun ja tuotoksen selvittelyä. Tämä on seurausta siitä,

että metsikkötunnuksiltaan ”keskimääräistä” metsikköä ei voida käyttää selittävänä/selitetävänä muuttujana (mm. Frivold 1982b).

Sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen yksi keskeisistä ongelmista on kasvupaikan bonitointi ja puulajien pitkän ajan erilaistavat vaikutukset kasvupaikan viljavuuteen. Metsikön puulajikoostumuksen ja kasvupaikan viljavuuden vaikutuksia puuntuotokseen on Keltyn (1992) mukaan vaikea erottaa toisistaan. Sekametsikön kasvupaikasta on tiedettävä, onko se aidosti erilainen suhteessa vertailun kohteena olevan puhtaan metsikön kasvupaikkaan, vai onko mahdollisesti poikkeava viljavuus puulajien aikaansaama muutos. Vertailtavien metsiköiden kasvupaikkojen tulee olla aidosti yhtä viljavavia (tai kasvupaikan alkuperäinen tuotoskyky on tiedettävä varmuudella), jotta sekametsävaikutus ja sen syyt saataisiin selville. Tehdyt sekametsien kasvu- ja tuotostutkimukset perustuvat lähes poikkeuksetta kertakoealamittauksiin (esim. Lappi-Seppälä 1930, Kalela 1936, Jonsson 1962, Mielikäinen 1980, 1985b, Ekö ja Agestam 1981, Frivold 1982a, Agestam 1985b, Pukkala ym. 1994). Siten ei ole ollut mahdollista todeta, ovatko vertailtavat metsiköt todella kasvaneet samanlaisella kasvupaikalla syntymästään saakka.

Kasvupaikan aktuaalinen viljavuus määritetään tavallisesti valtapuuston pituuskehityksen tai pintakasvillisuuden perusteella (termi ”aktuaalinen viljavuus” tarkoittaa kasvupaikan alkuperäistä tuotoskykyä ja sekapuulajin siihen aikaansaamaa vaikutusta). Cajanderin (1909) metsätyyppiteorian mukaan kasvupaikan viljavuus voidaan määrittää objektiivisesti pintakasvillisuuden perusteella. Metsikön puulajikoostumus tai puuston käsittely eivät siten muuta pintakasvillisuutta bonitointia häiritsevästi. Lappi-Seppälän (1930) käsityksen mukaan lehtipuusto kuitenkin muuttaa havupuuvaltaisen metsikön valoilmastoa ja sitä kautta pintakasvillisuutta. Tällöin kasvupaikka luokitellaan parempaan metsätyyppiin, kuin mitä se tosiasiallisesti on. Tämän seurauksena sekametsikön puuntuotoksesta muodostuu harhainen käsitys, koska kasvupaikan todellinen tuotoskyky ja pintakasvillisuuden perusteella tehty bonitointi eivät vastaa toisiaan.

Puiden valtapituuteen ja ikään perustuvan pituusboniteetin käyttö sekametsissä ei ole sekään täysin yksiselitteistä. Metsikön puulajisuhteet ja tilajär-

jestys sekä puun asema metsikössä saattavat vaikuttaa puun pituuskasvuun (mm. Singh ja Sharma 1983). Tällöin valtapituuden käyttömahdollisuudet kasvupaikan bonitoinnissa heikkenevät ja pituuskehityksen sekametsävaikutus aiheuttaa bonitointivirheen. Lisäksi on huomattava, että pituusboniteetti luokittelee kasvupaikan puiden pituuskasvu suhteen. Tavallisesti ollaan kuitenkin kiinnostuneita tuotospotentiaalista runkotilavuuden suhteen. Vaikka puiden valtapituuteen ja ikään perustuva kasvupaikkaindeksi olisikin vertailtavissa metsiköissä sama, runkopuun tuotos saattaa kuitenkin olla eri suuruinen. Tämä on seurausta siitä, että puun pituuskasvu voi olla sekametsiköissä sama puuntuotoskyvyltään erilaisilla kasvupaikoilla (Dolph ja Amidon 1979).

Tutkimustulokset puiden pituuskehityksestä sekametsiköissä ovat jossain määrin ristiriitaisia. Mielikäisen (1980, 1985a, b) mukaan kasvupaikan viljavuuden ja puuntuotoskyvyn arviointi voi perustua valtapuiden pituusbonitointiin, sillä männyn, kuusen ja koivun pituuskehityksessä ei ole puulajisuhteiden aiheuttamaa sekametsävaikutusta. Hägglundin (1975) mukaan metsikön puulajisuhteet eivät vaikuta kuusen pituuskehitykseen, mutta männyn pituuskehitykseen kylläkin. Jonssonin (1962) mukaan mänty-kuusisekametsässä on havaittavissa sekametsävaikutusta puiden pituuskehityksen suhteen. Myös Lappi-Seppälä (1930) havaitsi männyn ja koivun pituuskehityksen olevan sekametsissä nopeampaa kuin puhtaissa metsiköissä.

7 Johtopäätökset

7.1 Tutkimustarpeet

Vaikka sekametsät peittävät huomattavan osan boreaalista havumetsävyöhykettä, metsänhoidon teoria ja käytäntö ovat painottuneet yhden puulajin metsiin ja metsänhoidon menetelmät on kehitetty pääosin puhtaita metsiä varten. Tehdyt sekametsätutkimukset kuvaavat lähes poikkeuksetta puulajisuhteiden välitöntä vaikutusta metsikön kasvuun, tuotokseen ja tuottoon. Myös puulajien pitkän ajan vaikutuksia metsämaahan on tutkittu (mm. Aaltonen 1932, Mikola 1985). Metsämaan muuttumista

puulajien vaikutuksesta ei ole toistaiseksi ainakaan Suomessa yritetty Sirénin (1955) tutkimusta lukuunottamatta yhdistää metsikön puuntuotokseen.

Metsikön rakenteen muuttumista, kasvua, kiertoajan kokonaistuotosta ja tuottoa suhteessa puhtaisiin metsiköihin on edelleenkin pidettävä tärkeimpinä sekametsien kasvu- ja tuotostutkimusten tavoitteina, käytännön metsänhoidon kehittämisen ollessa niiden suora sovelluskohde. Lisäksi käytännön metsätalouden näkökulmasta empiiristä tutkimusta tarvitaan sekametsien optimaalisista harvennuskalleista, metsänkasvatuksen kustannuksista, kestävydestä biottisia ja abiottisia tuhoja vastaan, puulajisuhteiden vaikutuksesta metsikön monimuotoisuuteen ja puulajien pitkän ajan vaikutuksista kasvupaikan tuotoskykyyn sekä sekametsien vaikutuksista seuraavan puusukupolven perustamiseen.

Runkopuun tilavuustuotoksen ennustamisen lisäksi tuotosennusteita tulee tehdä myös runkopuun kuivamassan ja puun biomassan suhteen lisäinformaation saamiseksi sekametsien kyvystä käyttää kasvuresursseja. Myös puuston tilajärjestyksen vaikutuksia sekametsän kehitykseen pitää tutkia, sillä puun asemaa metsikössä kuvaavat muuttujat kuvaavat puun kasvua paremmin kuin metsikön keskimääräiset tunnuksot. Ilmiö on Puettmannin ym. (1992) käsitysten mukaan sekametsätutkimuksessa tärkeämpi kuin puhtaissa metsissä, koska puulajeilla on erilaiset kilpailuominaisuudet.

7.2 Kasvu- ja tuotostutkimuksen metodologia

Sekametsävaikutus voi ilmetä puuntuotoksessa kahdella eri tavalla. Ensinnäkin sekametsävaikutus puuntuotoksen suhteen ilmenee sekametsikön erilaisena kasvuresurssien hyödyntämisenä. Toiseksi, puulajeilla voi olla pitkän aikavälin erilaistavaa vaikutusta metsämaan viljavuuteen. Tällöin puulajisuhteiden aikaansaama sekametsävaikutus ilmenee välillisesti metsämaan muuttuneen tuotoskyvyn kautta. Todellisen sekametsävaikutuksen voidaan olettaa muodostuvan molemmista edellä kuvatuista ilmiöistä. Ne on kuitenkin pyrittävä erottamaan toisistaan. Lisäksi sekametsien kasvu- ja tuotostutkimusten tuloksia tulkittaessa on erotettava sekapuulajin vaikutus sinänsä ja metsikössä kasvavien puu-

lajien yhteisvaikutus kiinnostuksen kohteena olevaan parametriin.

Puulajien vaikutuksia metsämaahan voidaan tutkia pääasiassa pysyvien koealojen toistomittauksen avulla. Ne vaativat kuitenkin pitkän seurantajakson ennen kuin luotettavia tuloksia on mahdollista saada. Pysyvien koealojen ylläpitäminen sekametsätutkimuksia varten on metsien luontaisen puulajidynamiikan takia vaikeaa. Kenttäkokeiden yleistettävyyden parantamiseksi niihin on järjestettävä kontrolliruutuja ja kokeita tulee seurata koko metsätaloudellisen kiertoaajan mittaisen ajanjakson ajan. Koetta perustettaessa ongelmana on kasvupaikkaluokitus. Tavoitteena tulee olla tuotoksen vertaaminen mahdollisimman samanlaisilla kasvupaikoilla. Jos koe perustetaan metsikön uudistamisvaiheessa, voidaan varmistua siitä, että kaikilla koeruuduilla kasvupaikan alkuperäinen tuotoskyky tunnetaan. Uudistamisvaiheessa perustetusta kokeesta ei kuitenkaan saada tietoa vielä vuosikymmeniin. Tällä hetkellä sekametsätutkimukseen soveltuvien kestokokeiden määrä on ainakin Suomessa vähäinen.

Valtapuiden pituusbonitointi ja pintakasvillisuuden perustuva kasvupaikkojen tuotoskyvyn arviointi soveltuvat molemmat huonosti sekametsätutkimukseen. Sekametsävaikutus saattaa ilmetä puuston pituuskehityksessä ja/tai pintakasvillisuudessa ilman, että kasvupaikan viljavuus ja siten tuotoskyky todellisuudessa muuttuvat. Tästä on seurauksena bonitointivirhe ja harhainen tutkimustulosten tulkinna. Lisäksi on huomattava, että puulajien vaikuttaessa metsämaan viljavuuteen eri tavoin myös puuston pituuskehitys ja pintakasvillisuus muuttuvat. Tällöin ei saada tietoa kasvupaikan alkuperäisestä tuotoskyvystä. Kasvupaikan historian tunteminen onkin välttämätöntä kasvupaikan alkuperäisen tuotoskyvyn ja puuston rakenteesta johtuvan välittömän sekametsävaikutuksen sekä metsämaan viljavuuden muuttumisesta johtuvan välillisen sekametsävaikutuksen määrittämiseksi luotettavasti.

Puulajin vaikutuksen arviointi kasvupaikan tuotoskykyyn välillisesti pintakasvillisuuden avulla sisältää enemmän virhemahdollisuuksia kuin pituusboniteetin käyttäminen. Pituusbonitoinnin luotettavuutta puolestaan voidaan parantaa laskemalla puulajikohtaiset, sekametsien pituusbonitoinnissa käytettävät korjauskertoimet (ks. Barrett ja Carlsson 1990).

7.3 Lähestymistavat

Pohjoisen havumetsän luontaista kehitystä ja erityisesti sen puulajidynamiikkaa tulee tutkia empiiristen, mahdollisesti pysyviltä koealoilta saatujen aineistojen avulla, koska empiirisiin aineistoihin perustuvien kasvu- ja tuotostutkimusten todetaan yleisesti olevan luotettavampia kuin teoreettisten lähestymistapojen. Tutkimusta tulee suunnata sellaisten mallituslähestymistapojen kehittämiseen, jotka tuottavat tietoa eri puulajien välisestä ja lajien sisäisestä kilpailusta. Metsänkäsittelyvaihtoehtojen arviointi edellyttää luotettavia kasvu- ja tuotosmalleja. Tuotosennusteiden tulee perustua puukohtaiseen mallitukseen, koska metsikkötason mallit eivät kuvaa riittävän yksityiskohtaisesti puiden välistä kilpailua ja vuorovaikutusta. Sekametsissä puiden koko vaihtelee enemmän kuin puhtaissa metsissä, minkä seurauksena puun ympäristön vaihtelu on suurempi. Myös tämä puoltaa puukohtaisten mallien käyttöä sekametsien tutkimisessa (Tham 1988a, Urban ja Shugart 1992). Hieskoivun ja rauduskoivun kasvubiologiset ominaisuudet poikkeavat toisistaan siinä määrin, että sekametsätutkimuksissa ne on käsiteltävä toisistaan erillään (mm. Frivold ja Mielikäinen 1990).

Mallituksen ensivaiheessa sekametsille tulee tavanomaiset empiiriset kasvumallit. Empiiristen mallien käyttöä puoltaa sekametsien kasvu- ja tuotostutkimuksen metodologiset ongelmat sekä vielä verraten vähäinen tieto sekametsien kasvusta ja tuotoksesta. Jotta vääriä tulkinnoita välttyttäisiin, tuotostutkimuksen pitää perustua pysyviin koealoihin tai kertakoealaryppäisiin, joissa on kaksi puhdasta koealaa vertailukohteena. Lähtökohtana voidaan käyttää puhtaiden metsiköiden kestokoealoja, joiden antamaan informaatioon lisätään sekametsistä mitattujen kertakoealojen antamaa tietoa. Olemassa olevien pysyvien koealojen ja uusien kertakoealojen tiedon yhdistämistä puoltaa se, että pysyvien koealojen perustaminen ja ylläpitäminen on kallista ja aikaa vievää. Lisäksi on olemassa riski, että kun mittauksia lopulta saadaan, ne eivät anna vastausta alkuperäiseen tutkimusongelmaan.

Kirjallisuus

- Aaltonen, V.T. 1932. Über den Einfluss der Holzart auf den Boden. Summary: The effect of different species of tree on the soil. *Metsätieteellisen koelaitoksen julkaisuja* 17(5). 88 s.
- 1936. Kuusi männyn kilpailijana kasvupaikasta. Referat: Die Fichte als Konkurrentin der Kiefer um den Standort. *Acta Forestalia Fennica* 42(8). 39 s.
- Agestam, E. 1985a. A growth simulator for mixed stands in Sweden and two examples of yield in birch-pine and birch-spruce mixed stands. Teoksessa: Hägglund, B. & Peterson, G. (toim.). *Broadleaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset?* Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapport 14: 235–252.
- 1985b. 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. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsproduktion. Rapport 115. 150 s.
- Assmann, E. 1970. *The principles of forest yield study*. Pergamon Press. Oxford. 506 s.
- Bare, B.B. & Opalach, D. 1987. Optimizing species composition in uneven-aged forest stands. *Forest Science* 33(4): 958–970.
- Barrett, J.P. & Carlson, J.E. 1990. Adjusting stocking charts for mixed species stands. *Northern Journal of Applied Forestry* 7(2): 92–93.
- Bullard, S.H. 1984. An approach for projecting mixed-species forest growth and mortality. *Journal of Environmental Systems* 14(3): 313–319.
- , Sherali, H.D. & Klemperer, W.D. 1985. Estimating optimal thinning and rotation for mixed-species timber stands using a random search algorithm. *Forest Science* 31(2): 303–315.
- Burkhart, H.E. & Tham, Å. 1992. Predictions from growth and yield models of the performance of mixed-species stands. Teoksessa: Cannel, M.G.R., Malcolm, D.C. & Robertson, P.A. (toim.). *The ecology of mixed-species stands of trees*: 21–34.
- Cajander, A.K. 1909. Über Waldtypen. *Acta Forestalia Fennica* 1(1). 175 s.
- Cajander (Kalela), E.K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. *Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja* 19(3). 101 s.
- Cannel, M.G.R., Malcolm, D.C. & Robertson, P.A. (toim.). 1992. *The ecology of mixed-species stands of trees*. Special Publication Number 11 of the British Ecological Society. Blackwell scientific publications. Oxford. 305 s.
- Carlsson, D. 1990. Ekonomisk optimering av skogsskötselprogram i blandbestånd av gran (*Picea abies*) och björk (*Betula pendula*). Summary: Economic optimization of forest management in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pendula*). Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsökonomi. Arbetsrapport 113. 27 s.
- 1992. Adaptive economic optimisation of thinnings and rotation period in a mixed species stands. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsökonomi. Arbetsrapport 157. 16 s.
- Cobb, D.F., O'Hara, K.L. & Oliver, C.D. 1992. Effects of variations in stand structure on development of mixed-species stands in eastern Washington. *Canadian Journal of Forest Research* 23(3): 545–552.
- Cole, D.M. & Schmidt, W.C. 1986. Site treatments influence development of a young mixed species western larch stand. USDA Forest Service. Forest Range Experiment Station. Research Papers 364. 6 s.
- Davidson, C.B., Hafley, W.L., Frederick, D.J. & Mengel, D.L. 1989. Prediction of total stand growth in southeastern mixed species bottomland hardwoods. General technical report. USDA Forest service. Southern Forest Experiment Station. Research Papers 74: 427–439.
- Dolph, K.L. & Amidon, E.L. 1979. Predicting growth of mixed-conifer species in the Sierra Nevada: rationale and methods. USDA Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Research Note PSW-339. 7 s.
- Ekö, P.M. & Agestam, E. 1981. Prognoser baserade på provyteutveckling. Sveriges skogvårdförbunds tidskrift 1–2/1981: 77–82.
- Ferm, A. 1983. Tuloksia koivun kasvatustiheyskokeesta sekä männyn ja koivun sekakasvatuskokeesta turve- maalla. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedoantoja* 120: 13–17.
- Folkesson, B. & Barring, U. 1982. Exempel på en riklig björkförkomstns inverkan på utvecklingen av unga tall och granbestånd i norra Sverige. Summary: Some examples of the influence of an abundant occurrence of birch on the development of young Norway spruce and Scots pine stands in Northern Sweden. Sveriges lantbruksuniversitet. Avdelningen av skoglig herbolgi. Rapport och uppsatser 1. 64 s.
- Frivold, L.H. 1982a. Bestandsstruktur og produksjon i blandingskog av björk (*Betula verrucosa* Ehrh., *B. pubescens* Ehrh.) og gran (*Picea abies* (L.) Karst.) i Sydost-Norge. Summary: Stand structure and yield of mixed stands of birch and spruce in South East

- Norway. Norges landbrukskøhøgskola. Institutionen for skogskjøtsel. Rapport 61(18). 108 s.
- 1982b. Blandningsskogens status i europeisk skogsbruk. Summary: Status of mixed forests in European forestry. *Tidskrift for skogbruk* 90(3): 250–261.
- & Mielikäinen, K. 1990. The effects of hardwood on softwoods in mixed stands in Fennoscandia. Teoksessa: Titus, B.D., Lavigne, M.B., Newton, P.F. & Meades, W.J. (toim.). The silvics and ecology of boreal spruces. IUFRO working party S1.05-12. Symposium proceedings. New Foundland. August 12–17 1989. *Can. Inf. Rep. N-X-271*: 75–82.
- Gustavsen, H.G. & Päivänen, J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. Summary: Tree stands of virgin forested mires in the early 1950's in Finland. *Folia Forestalia* 673. 27 s.
- Haight, R.G. & Monserud, R.A. 1989. Optimizing any-aged management of mixed species stands I. Performance of coordinate-search process. *Canadian Journal of forest Research* 20(1): 15–25.
- 1990. Optimizing any-aged management of mixed species stands II. Effects of decision criteria. *Forest Science* 36(1): 125–144.
- Hannellius, S. 1978. Istutuskuusikon tiheys – tuotoksen ja tuoton tarkastelua. Summary: Initial tree spacing in Norway spruce timber growing – an appraisal of yield and profitability. *Folia Forestalia* 359. 51 s.
- Heikurainen, L. 1959. Sekametsien juuristoista ojitetulla suolla. Referat: Der Wurzelaufbau in Michwäldern auf entwässerten Moorbäden. *Acta Forestalia Fennica* 67(2). 32 s.
- 1971. Virgin peatland forests in Finland. *Acta Agricultura Fennica* 123: 11–26.
- 1985. Verhoppuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 19(1): 81–88.
- Holmes, M.J. & Reed, D.D. 1991. Competition indices for mixed species northern hardwoods. *Forest Science* 37(5): 1338–1349.
- Huikari, O. 1959. On the effect of anaerobic media upon the roots of birch, pine and spruce seedling. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 50(9). 28 s.
- Hägg, A. 1988. Lönsamheten av björkblandning i barrskog. Summary: The profitability of a birch mixture in coniferous forests. Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för virkeslära. Rapport 201. 62 s.
- Hägglund, B. 1975. Övre höjdens utveckling i blandbestånd av tall och gran – en orienterande studie. Skogshögskola. Institutionen för skogsproduktion. Intern rapport. 22 s.
- & Peterson, G (toim.). 1985. broadleaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset? Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapport 14. 252 s.
- Ivessalo, Y. 1920. 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(4). 94+9 s.
- 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 24(2). 168 s.
- & Ivessalo, M. 1975. Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottokyvyn valossa. Summary: The forest types in Finland in the light of natural development and yield capacity of forest stands. *Acta Forestalia Fennica* 144. 101 s.
- 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. 13 s.
- Jensen, A.M. 1983. Aedelgranens (*Abies alba* Mill.) vaekst sammenlignet med rodgranens (*Picea abies* (L.) Karst.) i henholvis rene og blandade bevoksninger på sandede jorder i Midt- og Vestjylland. Summary: Growth of Silver fir (*Abies alba* Mill.) compared with the growth of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in pure and mixed stands on sandy soils in the Western parts of Denmark. *Meddelelser fra Skovbruksinstituttet*, raekkee 14. 498 s.
- Jonsson, B. 1962. Om barrblandsskogens volymproduktion. Tallens och granens höjd och diameter tillväxt i örörda bestånd med olika grader av trädslagsblandning i Norrland, Kopparbergs och Värmlands län. Summary: Yield of mixed coniferous forests. Height and diameter growth of Scots pine and Norway spruce in virgin stands at various proportions of mixture in northern Sweden and in the provinces of Kopparberg and Värmland. *Meddelande från statens skogsforsknings institut* 50(8). 143 s.
- Jögiste, K. 1994. The structure and dynamics of mixed stands of Norway spruce and birch. Estonian Agricultural University. Department of silviculture. M.Sc. thesis. 56 s.
- Kalela, E.K. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusiharmaaleppä-sekametsien kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die entwicklung der Fichten-Weisslerlen-Mischbestände in ostfinnland. *Acta Forestalia Fennica* 44(2). 198 s.
- 1942b. Sekametsien käsittelyn ymmärtämiseksi. *Metsätaloudellinen aikakauslehti* 59: 120–123.

- 1945. Suomen metsien puulajidynamiikka. Referat: Holztartendynamik in den finnischen Wäldern. Terra 57: 1–19.
- 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. *Silva Fennica* 64: 16–32.
- 1949. Ecological character of tree species and its relation to silviculture. Selostus: Ekologiset puulajiryhmät ja metsänhoito. *Acta Forestalia Fennica* 57(1). 35 s.
- Keltikangas, M. & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatusta taloudellisena vaihtoehtona. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 11(1): 49–68.
- Kelty, M.J. 1992. Comparative productivity of monocultures and mixed-species stands. Teoksessa: Kelty, M.J., Larsson, B.C. & Oliver, C.D. (toim.). The ecology and silviculture of mixed-species forests: 125–141.
- , Larsson, B.C. & Oliver, C.D. (toim.). 1992. The ecology and silviculture of mixed-species forests: a festschrift for David M. Smith. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. 287 s.
- Koivisto, P. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Teoksessa: Kasvu- ja tuottotaulukoita. Koonnut Pentti Koivisto. Summary: Growth and yield tables. Collected by Pentti Koivisto. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 51(8). 49 s.
- Lappi-Seppälä, M. 1930. Die entwicklung gleichaltriger mischbestände aus kiefer und birke. Selostus: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 15(2). 241 s.
- 1942. Siperian lehtikuusen kasvusta Evon valtionpuistossa. Referat: Über den Sibirischen lärche in den Mischbeständen des Staatsforests Evo. *Acta Forestalia Fennica* 50(8). 19 s.
- Leemans, R. & Prentice, I.C. 1987. Description and simulation of tree layer composition and size distribution in a primaeval *Picea-Pinus* forest. *Vegetatio* 69(1–3): 147–156.
- Leikola, M. & Rikala, R. 1983. Verhoppuuston vaikutus metsikön lämpöoloihin ja kuusentaimien menestymiseen. Summary: The influence of the nurse crop on stand temperature conditions and the development of Norway spruce seedlings. *Folia Forestalia* 559. 33 s.
- Lloyd, F.T. 1989. Linking stand level and individual-tree growth simulators for mixed species stands. USDA Forest Service. Southeast Forest Experiment Station. General Technical Report 58: 206–208.
- Lynch, T.B. & Moser, J.W. (Jr.). 1986. A growth model for mixed species stands. *Forest Science* 32(3): 697–706.
- Mielikäinen, K. 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 99(3). 82 s.
- 1985a. The structure and development of pine and spruce stands with birch mixture. Teoksessa: Hägglund, B. & Peterson, G. (toim.). Broadleaves in boreal silviculture – an obstacle or an asset? Sveriges lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsskötsel. Rapporter 14: 189–206.
- 1985b. Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: Effect of an admixture of birch on the structure and development of Norway spruce stands. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 133. 79 s.
- 1994. Problems in modelling the development of mixed stands using data from temporary measurements. Proceedings from IUFRO meeting 1994, Portugal: 271–279.
- & Valkonen, S. 1995. Kaksijaksoisen kuusi-koivusekametsikön kasvu. *Folia Forestalia* 1995/2: 81–97.
- Miettinen, L. 1932. Tutkimuksia harmaalepän kasvusta. Referat: Untersuchungen über den zuwachs der Weisserlenbestände. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 18(1). 86 s.
- Mikola, P. 1973. Koivu suoapuuna. *Suo* 24: 1–3.
- 1985. The effect of tree species on the biological properties of forest soil. National Swedish environmental protection board. Solna. Rapport 3017. 27 s.
- Norokorpi, Y., Lähde, E. & Laiho, O. 1996. Puiden ja puuston kasvu tasarakenteisissa ja erirakenteisissa kuivahkon kankaan havu- ja sekametsiköissä Lapissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedoantoja 589: 107–119.
- Nyyssönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltävien männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. *Acta Forestalia Fennica* 60(4). 194 s.
- Oikarinen, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatustallit. Summary: Growth and yield models for Silver birch (*Betula pendula*) plantations in Southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 113. 75 s.
- Oliver, C.D. 1980. Even-aged development of mixed species stands. *Journal of Forestry* 78(4): 201–203.
- Paavilainen, E. 1966. On the relationships between the root systems of white birch and Norway spruce and the ground water table. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 62(1). 15 s.
- & Päivänen, J. 1995. Peatland forestry – Ecology and principles. Springer-Verlag. Ecological studies 111. 248 s.

- & Tiihonen, E. 1988. Suomen suometsät vuosina 1951–1984. Summary: Peatland forest in Finland in 1951–1984. *Folia Forestalia* 714. 29 s.
- Preuhler, T. (toim.). 1992. Research on growth and yield with emphasis on mixed stands. Proceedings from sessions of S4.01 "Mensuration, growth and yield" at the IUFRO Centennial Meeting, Berlin/Eberswalde, Germany. August 31–September 4, 1992. 247 s.
- Puettmann, K.J., Hibbs, D.E. & Hann, D.W. 1992. The dynamics of mixed stands of *Alnus rubra* and *Pseudotsuga menziesii*: extension of size-density analysis to species mixture. *Journal of Ecology* 80(3): 449–458.
- Pukkala, T., Vettenranta, J., Kolström, T. & Miina, J. 1994. Productivity of mixed species stands of *Pinus sylvestris* and *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(2): 143–153.
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä. Helsinki. 231 s.
- Salminen, S. 1993. Eteläisimmän Suomen metsävarat 1986–1988. Summary: Forest resources of Southernmost Finland, 1986–1988. *Folia Forestalia* 825. 111 s.
- Saramäki, J., Ferm, A. & Valkonen, S. 1991. Ennakkotuloksia pelloille viljeltyjen raudus- ja hieskoivujen kasvusta sekametsinä. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 383: 49–54.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvostaimistot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29: 11–16.
- Singh, S.P. & Sharma, R.S. 1983. Permanent plots in stands of mixed species. *Indian Forester* 109(7): 449–457.
- Siren, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. *Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoiden kehityksestä ja ekologiasta. Acta Forestalia Fennica* 62(4). 408 s.
- Sterba, H. & Monserud R.A. 1993. The maximum density concept applied to uneven-aged mixed-species stands. *Forest Science* 39(3): 432–452.
- Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift Nr 3–4/1984. Att behandla löv. Sisältää kahdeksan artikkelia. 128 s.
- Tham, Å. 1988a. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Sammanfattning: Produktionsförutsägelse vid kraftiga gallringar av björk i blandbestånd av gran (*Picea abies* (L.) Karst.) och björk (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Forest Yield Research. Report 23: 1–32.
- 1988b. Prediction of individual tree growth in managed stands of mixed Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth. & *Betula pubescens* Ehrh.). *Scandinavian Journal of Forest Research* 3(3): 355–370.
- Tikka, P.S. 1954. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. I. Rakenne. Summary: Structure and quality of aspen stands. I. Structure. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 44(4). 33 s.
- Urban, D.L. & Shugart, H.H. 1992. Individual tree-based models of forest succession. Teoksessa: Glenn-Lewin, D.C., Peet, R.K. & Veblan, T.T. (toim.). *Plant succession: Theory and prediction*. Chapman & Hall. London: 249–292.
- Valkonen, S. 1994. Kuinka perustan sekametsän? Teoksessa: Hannelius, S. (toim.). *Uusia valintamahdollisuuksia metsänkasvatukseen. Metsäntutkimuspäivä Järvenpäässä 16.11.1993. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 491: 37–41.
- Valsta, L. 1986. Mänty-koivu sekametsikön hakkuuohjelman optimointi. Summary: Optimizing thinnings and rotation for mixed, even-aged pine-birch stands. *Folia Forestalia* 666. 23 s.
- & Mielikäinen, K. 1987. Blandskogens ekonomi: tall med ibland vartbjörk. Summary: The economy of mixed stands of Scots pine and Silver birch. *Sveriges Skogsförbunds Tidskrift* 1/87: 21–25.
- Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of the managed spruce stands in southern Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 48(1). 138 s.
- 1962. Siperialaisen lehtikuusen kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On the development of Siberian larch stands and their importance to forestry in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 52(5). 111 s.
- 1967. Eriasteisin kasvatushakuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulut maan eteläistä sisäosaa varten. Summary: Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for southern central-Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 63(2). 123 s.
- & Väliäho, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 99(2). 271 s.

96 viitettä