

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN

TIEDONANTOJA 89

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
Puuntuotoksen tutkimussuunta



# SUOMALAISEN PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN MENNEISYYS JA TULEVAISUUS

Yrjö Vuokila



METSÄNTUTKIMUSLAITOS  
Kirjasto

HELSINKI 1983



METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 89

Metsänarvioimisen tutkimusosasto  
Puuntuotoksen tutkimussuunta

SUOMALAISEN PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN  
MENNEISYYS JA TULEVAISUUS

Yrjö Vuokila

Kansikuva: Y. Ilvessalo, Salmi 1914.

ISSN 0358-4283

Helsinki 1983. Valtion painatuskeskus

## SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	5
1. PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN MENNEISYYS JA NYKYTILA.....	8
11. <u>Puuntuotostutkimuksen menetelmät</u> .....	8
111. Kasvupaikkojen luokittelu.....	8
112. Tutkimuskohteiden valinta.....	11
113. Tutkimustekniikka.....	13
114. Aineiston käsittely.....	18
12. <u>Metsiköiden kehitystutkimukset</u> .....	23
121. 1800-luvun selvitykset.....	23
122. Luonnonnormaalit metsiköt.....	24
123. Hakkuin käsitellyt luonnonmetsiköt.....	40
124. Viljelymetsiköt.....	50
125. Talousmetsiköt.....	54
126. Vierasperäiset puulajit.....	57
13. <u>Metsänkäsittelyn puuntuotannolliset vaikutukset</u> .....	61
131. Tutkimusten luonne.....	61
132. Taimikon käsittely.....	62
133. Harvennukset.....	63
134. Harvennusmallit.....	68
135. Tekninen laatu.....	70
136. Uudistushakkuut.....	72
14. <u>Puuntuotannon kohottaminen</u> .....	72
2. PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN TULEVAISUUS.....	78
21. <u>Suunnitelman tausta</u> .....	78
22. <u>Yleisen simulointimallin perusteet</u> .....	79
23. <u>Puuntuotoksen tutkimussuunnan tulevaisuuden tehtävät</u> ... 81	
231. Yleistä.....	81
232. Maa.....	82
233. Ilmasto.....	84
234. Puuston käsittely.....	86
235. Kehitysyhteistyö.....	88
KIRJALLISUUS.....	90



## ALKUSANAT

Metsiköiden rakennetta, kasvua ja kehitystä koskevat tutkimukset (kasvu- ja tuotostutkimukset = puuntuotostutkimukset) ovat metsätieteellisen tutkimuksen vanhimpia. Suomessakin puuntuotostutkimusta harjoitettiin - tosin vaatimattomassa laajuudessa - jo vuosisata ennen v. 1917 tapahtunutta Metsätieteellisen Koelaitoksen (nyk. Metsäntutkimuslaitoksen) perustamista.

Metsäntutkimuslaitoksen kolmesta ensimmäisestä professorista yksi oli metsätaksatorisia tutkimuksia varten. Tohtori O. J. Lamarin hoidettua väliaikaisesti tätä virkaa kolmisen vuotta siihen nimitettiin v. 1922 fil. tri Yrjö Ilvessalo, luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukot hiljattain julkaissut ja metsätyyppien taksatorista merkitystä käsittelevällä väitöskirjalla tohtorin arvon saanut 29-vuotias puuntuotostutkija.

Puuntuotostutkimuksen aseman olisi luullut olevan Metsäntutkimuslaitoksessa alusta alkaen vahva. Metsänarvioimisen professorin mielenkiinto kohdistui kuitenkin ymmärrettävistä syistä valtakunnan metsien ensimmäisen inventoinnin suunnitteluun ja toteuttamiseen, johon valtioneuvosto oli 27.4.1922 myöntänyt määrärahan. Puuntuotostutkimukset jäivätkin 1920- ja 1930-luvuilla inventointien varjoon. Harvennuskokeita tosin perustettiin runsain määrin laitoksen kokeilualueisiin ja niitä pyrittiin hoitamaan intensiivisesti. Y. Ilvessalo (1932) kertoo, että 1930-luvun alkaessa oli perustettu 210 koesarjaa pääasiallisesti Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueisiin.

Toisen maailmansodan mentyä Yrjö Ilvessalo nimitettiin v. 1948 vasta perustetun Suomen Akatemian jäseneksi. Hän jäi kuitenkin edelleen metsänarvioimisen tutkimusosaston päälliköksi. Eräänlaisena "varapäällikkönä" toimivan metsänarvioimistieteen professorin tehtäviä hoidettiin sen jälkeen

tilapäisvoimin vuoteen 1957, jolloin tri Aarne Nyysönen nimitettiin virkaan vakinaisesti. Kun Nyysönen siirtyi kuitenkin v. 1959 Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen professoriksi, jatkui viranhoito jälleen väliaikaisratkaisuin vuoteen 1962, jolloin Ilvessalo siirtyi eläkkeelle ja tri Kullervo Kuusela nimitettiin professoriksi ja osastopäälliköksi.

Hallinnollinen hajanaisuus ei voinut olla vaikuttamatta heikentävästi alistetussa asemassa olleeseen puuntuotostutkimukseen. Eräs tärkeä tutkimussarja saatiin kuitenkin 1950-luvulla toteutetuksi. Tilapäiskoeala-aineistoihin perustuen saatiin aikaan ensimmäiset harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kehitystä selvittävät tutkimukset maan eteläpuoliselle.

MERA-kauden uudet tuulet olivat omiaan asettamaan myös puuntuotostutkimukselle suuria haasteita. Kehitys johti lopulta siihen, että vuoden 1969 valtion tulo- ja menoarviossa perustettiin metsänarvioimisen tutkimusosastoon kasvu- ja tuotostutkimuksen professorin virka, jota 1.3.1969 väliaikaisesti ja 1.9.1971 vakinaisesti ryhtyi hoitamaan Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen apulaisprofessori Yrjö Vuokila. Hän oli tätä ennen ollut osaston palveluksessa vuosina 1948-62, aluksi ylimääräisenä tutkimusapulaisena (1948-50) ja siten valtakunnan metsien kolmannen inventoinnin ryhmänjohtajana (1951-53), vanhempana assistenttina (1954-59) ja lopulta 1959-62 professorin viran tehtävien väliaikaisena hoitajana.

Metsäntutkimuslaitoksen asetuksessa (1070/76) vuodelta 1976 metsänarvioimisen tutkimusosasto jaettiin kahteen tutkimussuuntaan, joista toinen on puuntuotoksen tutkimussuunta. Tutkimussuuntien professorit vuorottelevat metsänarvioimisen tutkimusosaston päällikkönä. Puuntuotostutkimus oli täten saavuttanut itsenäisen aseman, jota Metsäntutkimuskeskuksesta tehty asetusehdotus edelleen tukee, koska se toteutuessaan merkitsisi itsenäisen puuntuotoksen tutkimusosaston perustamista.

Vuodesta 1969 alkaen on puuntuotostutkimusta voitu kehittää metsänarvioimisen tutkimusosaston muusta toiminnasta riippumatta. Tutkijavoimia on voitu kartuttaa niin, että vuoden 1982 päättyessä heitä oli professorin lisäksi 10. Tutkijoista on kaksi ollut sijoitettuna Rovaniemen ja toiset kaksi Muhoksen tutkimusasemalle. Tutkimusasemien tutkijat keskittyvät oman alueensa tärkeisiin tutkimusaiheisiin ja osallistuvat omalta osaltaan Helsingistä käsin johdettuun valtakunnalliseen puuntuotostutkimukseen.

Puuntuotoksen tutkimussuunnan kiireisin ensivaihe on nyt päättymässä. On aika katsoa taaksepäin ja suunnitella tulevaa toimintaa nykylähtökohdista käsin. Taustan selventämiseksi on tarpeen käsitellä menneisyyttä laajana kokonaisuutena, jossa on mukana muukin kuin Metsäntutkimuslaitoksessa tehty tutkimus.

# 1. PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN MENNEISYYS JA NYKYTILA

## 11. Puuntuotostutkimuksen menetelmät

### 111. Kasvupaikkojen luokittelu

Puuntuotostutkimusten perusedellytys on tarkoitukseen sopiva kasvupaikkaluokittelu. Tutkimustulosten sovellutuksen kannalta on tärkeää, että tämä luokittelu on myös käytännössä käyttökelpoinen.

Suomalaiselle puuntuotostutkimukselle ratkaisevan tärkeä tapahtuma oli metsätyyppiteorian (A. K. Cajander 1909) esittäminen. Teorian metsätaloudellinen käyttökelpoisuus oli tutkittava ennen sen hyväksymistä kasvupaikkojen luokittelun menetelmäksi. Oli käynnistettävä kasvu- ja tuotostutkimus ongelman selvittämiseksi. Tästä sai puuntuotostutkimus niin voimakkaat lähtöasetat 1910-luvulla, että se oli vaikuttava tutkimussuunnan toimintaan vuosikymmeniä.

Y. Ilvessalo (1920a) saattoikin väitöskirjassaan "metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä" osoittaa metsätyyppien muodostavan myös puuntuotannollisesti toisistaan keskimäärin eroavia luokkia. Vaikka metsätyyppien jatkotutkimus jäi loppujen lopuksi liian vähäiseksi, puuntuotostutkimuksissa käytettiin tämän jälkeen yksinomaisesti metsätyyppisiä kasvupaikkojen luokitteluun.

Metsätyypit ovat kaikesta huolimatta saaneet aika ajoin kovakin kritiikkiä. Jyrkin äänilajein keskustelua käytiin aikanaan mm. Lihtosen (1918, 1919) ja Y. Ilvessalon (1919a, 1919b) välillä. Keltikangas (1959) käsitteli laajassa metsätyyppijä koskevassa kokoelmajulkaisussaan yksityiskohdin siihen mennessä käytyä keskustelua. Hän nimesi useita tutkijoita (Aaltonen 1951, Sarvas 1951, Teivainen 1952, Vuokila 1956, Siren 1955), jotka hänen mielestään olivat tulkinneet metsätyyppiteoriaa enemmän tai vähemmän virheellisesti. Kysymys oli lähinnä puulajin vaikutuksesta metsätyyppikuvaan. Keskustelu jatkuu 1980-luvullakin (esim. Leikola 1983).

Koska metsätyypit ovat Suomessa vallitseva kasvupaikkojen luokitusmenetelmä, on selvää, että puuntuotostutkimuksen tuloksia on nyt ja tulevaisuudessa kyettävä tarkastelemaan tämän järjestelmän luomalta pohjalta. Metsätyyppiluokittelu soveltuu kuitenkin heikosti modernin puuntuotostutkimuksen pohjaksi kahdesta syystä:

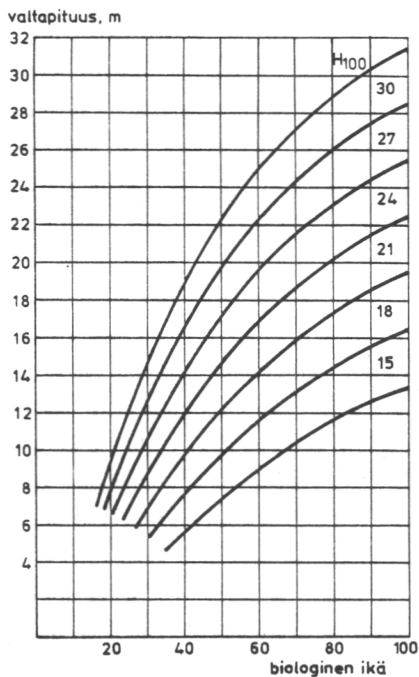
- metsätyypit eivät ole valtakunnallisia vaan alueellisia,
- metsätyyppien käyttö kasvuyhtälöiden muuttujana on ongelmallinen.

Näistä syistä on ryhdytty koko maan kattavissa puuntuotostutkimuksissa soveltamaan kasvupaikkojen luokittelussa ns. pituusboniteetteja. Pituusboniteetti ilmaistaan havupuilla 100 v:n (lehtipuilla 50 v:n) iällä saavutettavan valtapituuden ( $H_{100}$ ,  $H_{50}$ ) avulla. Tutkimustuloksia julkaistaessa esitetään kuitenkin aina, mitä metsätyyppiä kukin pituusboniteetti vastaa. Pituusboniteettien avulla on valtakunnallisten tutkimusten kustannuksia voitu merkittävästi pienentää, tuloksien esittämistä yksinkertaistaa ja niiden käyttökelpoisuutta lisätä.

Valtapituutta kasvupaikan hyvyyden osoittajana käytti Vuokila (1965) ensi kerran männikkötutkimuksensa yhteydessä. Seuraava askel oli ruotsalaisen pituusboniteettiluokituksen (Fries 1969) muuntaminen suomalaista metsätyyppiluokitusta mahdollisimman tarkoin vastaavaksi (Vuokila 1971). Sittemmin kuitenkin osoittautui, että nämä ruotsalaiset käyrästöt eivät olleet etenkään puuston nuoruusvaiheessa luotettavia. Kotimaisten tutkimusten tarve oli tästä syystä ilmeinen.

Koko 1970-luvun oli puuntuotoksen tutkimussuunnalla käynnissä valtapituuden käyttöä kasvupaikkojen luokittelussa koskeva laaja tutkimustyö. Sen seurauksena julkaistiin pituusboniteetikäyrästöt sekä luontaisesti syntyneille (Gustavsen 1980) että keinollisesti perustetuille (Vuokila ja Väliaho 1980)

havupuumetsiköille. Valmiina ovat nyttemmin myös vastaavat käyrästöt istutuskoivikoille (Oikarinen 1983) ja lehtikuusikoille (Vuokila, Gustavsen, Luoma 1983). Valmisteilla ovat luonnonkoivikoiden luokitteluperusteet.



Kuva 1. Esimerkki valtapituuden kehitykseen perustuvasta kasvupaikkojen luokittelusta. Viljelymänniköt Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan.

Taulukko 1. Keskenään puuntuotannollisesti samanarvoiset männiköiden (suluissa kuusikoiden) pituusboniteetit ja metsätyypit.

Pituusboniteetti $H_{100}$ , m	Etelä-Suomi	Pohjanmaa-Kainuu	Perä-Pohjola
	Metsätyyppi		
33 .....	(pelto)		
30 .....	OMT (Lh)		
27 .....	MT (OMT)		
24 .....	VT (MT)	MT	
21 .....	VT-, CT+ (VT)	VMT, VT (MT)	HMT, MT
18 .....	CT	EVT	EVT
15 .....	CT-, CIT+	ECT, CT	EMT
12 .....	CIT	ErCIT	ErCIT, MCCIT

Puuntuotostutkimuksella on siis 1980-luvulla käytettävissään uusi kotimainen kasvupaikkojen luokittelusysteemi, joka täydentää vanhaa metsätuotantijärjestelmää tehokkaalla tavalla (ks. Vuokila 1980a). Molempia menetelmiä tehokkaasti hyväksikäyttämällä saavutetaan pitkällä tähtäyksellä monipuolisimmat ja luotettavimmat tulokset. Vähämerkityksinen ei ole sekään näkökohta, että pituusboniteetteja soveltamalla saavutetaan vertailupohja muissa pohjoismaissa ja kaikkialla maailmassa julkaistaviin tutkimustuloksiin.

Kun Suomessa julkaistaan tulevaisuudessa tutkimuksia pituusboniteettiluokituksen nojautuen, on käytetty kasvupaikka-luokitus aina kytkettävä myös metsätuotantijärjestelmään. Kun tutkimus perustuu metsätuotantiluokituksen, on vastaavasti - mm. kansainvälistä vertailua ajatellen - ilmoitettava tutkittujen kasvupaikkojen hyvyys myös puustotunnuksin kuvattuna.

#### 112. Tutkimuskohteiden valinta

Tutkimuskohteiden valinta on puuntuotostutkimuksissa ollut ja tulee aina olemaan tietyllä tavalla ongelmallinen. Tutkimuskohteiden satunnaisvalinta ei ole yleensä mahdollinen. Puuntuotostutkimusta on aika ajoin arvosteltu siitä, että se soveltaa tilastomatematisesti "kyseenalaista" subjektiivista valintaa.

Puuntuotostutkimusta suunniteltaessa ei tutkittava populaatio ole tavallisesti tiedossa. Jos tätä nykyä lähdetäisiin esim. selvittämään uudelleen ns. luonnonnormaalien metsiköiden kehitystä, tutkimuskohteita olisi pakko etsiä syrjäisiltä alueilta, missä niitä vielä nykyään on löydettävissä. Kun halutaan tutkia jonkin käsittelymenetelmän vaikutusta kestokoealoin, koemetsikölle on asetettava tutkimuksellisista syistä niin yksityiskohtaisen tarkkoja vaatimuksia, että mikään muu kuin subjektiivinen valinta ei voi tulla kysymykseen. Kummassakaan em. tapauksessa ei olisi järkevää lähteä etsimään

tutkimusmetsiköitä esim. systemaattisesti valtakunnan metsien inventoinnin tapaan. Yhtä perusteetonta olisi pyrkiä ensin paikallistamaan kaikki kysymykseen tulevat metsiköt kautta Suomen, jotta niiden joukosta voitaisiin arpoa haluttu tutkimuskohde tai -kohteet.

Valtavin kustannuksin voitaisiin tietenkin saavuttaa tietynlainen laskelmin osoitettavissa oleva edustavuus, mutta varsinaista hyötyä tästä ei olisi. Puuntuotostutkimukset ovat huomattavalta osin eräänlaisen tavoitepuuston etsimistä tai puuston ideaalikäsittelyn tutkimista. Kysymys on toistuvasti käsittelymenetelmistä, joita ei käytännössä vielä esiinny lainkaan. Tutkimuskohteet eivät voi eikä niiden tarvitse tällaisissa tapauksissa välttämättä edustaa koko Suomen tai sen tietyn osan metsällisiä olosuhteita. Toisaalta tutkimustulosten tulkinnassa on tämä tosiasia otettava huomioon.

Puuntuotostutkimus on ollut 1970-luvulla kuitenkin siirtymässä sellaisiin tutkimusaiheisiin, joissa on välttämätöntä ja mahdollistakin soveltaa kohteiden etsinnässä satunnaisvalintaa. Tällainen on talousmetsien ns. Inka-tutkimusprojekti, jota jäljempänä selostetaan ja jonka kestokoealametsiköt on valittu satunnaisesti valtakunnan metsien inventoinnin aiheistosta. Satunnaisvalintaa soveltamalla saadaan sellaista monipuolista tietoa tavallisten "arkimetsien" kasvukyvystä ja tilasta, joka voidaan yleistää koko valtakuntaa ja sen tiettyjä osa-alueita koskevaksi.

Vaikka satunnaisvalintaa näin käytetään enenevässä määrin, on jatkettava kuitenkin myös subjektiiviseen valintaan perustuvia tutkimuksia. Otantamenetelmän valinta riippuu tutkimustehtävästä.

## 113. Tutkimustekniikka

Puuntuotostutkimukset tapahtuvat koealoilla, jotka ovat

- pysyviä,
- puolipysyviä tai
- tilapäisiä.

Näiden lisäksi puhutaan myös näytealoista, joilla esim. retkeilijöille demonstroidaan jotakin laajemminkin kokeiltavana olevaa uutuutta tms. Toisinaan puuntuotostutkimus operoi luonnollisesti myös yksittäisiin puihin kohdistuvin mittauksin tai puuparein. Yksikkönä voi olla myös pienkoealoista koostuva ryväs.

Pysyvien koealojen eli ns. kestokoealojen perustamista ja mittaustekniikkaa harvennuskokeissa on selostanut Y. Ilvessalo (1932) yksityiskohtaisessa englanninkielisessä julkaisussaan. Selostus on laadittu IUFRO:n kyseisenä vuonna Ranskan Nancyssä pidettyä kokousta varten, jossa pohdittiin eri maissa pysyvien koealojen perustamisessa ja mittauksessa käytettyjen menetelmien yhdenmukaistamisen mahdollisuuksia. Seuraavassa esitetään Ilvessalon julkaisun pohjalta senaikaisen kestokoetekniikan pääpiirteitä.

Koealan tuli olla, mikäli mahdollista, 1/4 ha:n suuruinen. Yksi koeala ei kuitenkaan ollut riittävä, vaan samaan metsikköön oli pyrittävä perustamaan useita koealoja. Niinpä harvennushakkuiden vaikutuksia selviteltäessä jokaisen harvennusasteen tuli saada oma koealansa, ja lisäksi oli yksi koeala jätettävä harventamatta vertailukoealaksi. Koealan ja koealasarjan ympärille oli jätettävä 10-20 m:n suojavyöhyke (vaippa), saman sarjan eri koealojen välille 10 m.

Puut numeroitiin ja luokiteltiin biologisiin puuluokkiin L. Ilvessalon (1929) kehittämän asteikon mukaisesti (ks. myös Miettinen 1930). Tähän puunluokitukseen perustui harvennusasteikko, johon kuuluivat: 1. puhdistusharvennus, 2. alaharvennus ja 3. yläharvennus (kolme astetta: lievä, vahva ja

erittäin vahva) sekä 4. väljennyshakkaus ja 5. vapaaksi hakkaus.

Nuorissa ja erikoisen nopeakasvuisissa metsiköissä mittaukset ja harvennukset toistettiin 5 v:n, muissa 6-10 v:n, Pohjois-Suomessa jopa 10-15 v:n väliajoin.

Vuosikymmenien kuluessa näihin Ilvessalon varhaisiin ohjeisiin on tullut merkittäviä muutoksia, joista tärkeimpiä ovat seuraavat.

Kestokokeissa on 1960-luvun alusta alkaen omaksuttu ns. toistoperiaate. Samaan metsikköön pyritään sijoittamaan - mikäli kuvion koko sen sallii - useampi kuin yksi koeala jokaista käsittelyä. Jotta tämä olisi pienikuvioisessa suomalaisessa metsäluonnossa mahdollista, koealan kokoa on tarpeen mukaan pienennetty, ei yleensä kuitenkaan pienemmäksi kuin 1/10 ha. Toistoperiaatetta noudattamalla metsikön sisäinen vaihtelu voidaan eliminoida tehokkaasti.

Tiettyjen kestokokeiden puiden kartoitus on aloitettu 1970-luvulla. Näin pyritään lisäämään puuyksilöiden kasvuun vaikuttavien tekijöiden tutkimismahdollisuuksia. Kokeiden analysoinnin perusyksikkönä voi tällöin olla koealan asemesta myös puuyksilö. Puiden numerointi on tullut osin tarpeettomaksi, kun on käytetty ympyräkoealoja, joiden puiden suunnat ja etäisyydet keskipisteestä on mitattu. Vastaavaa säteittäistä kartoitusta on käytetty myös suorakaiteen muotoisilla koealoilla (Isomäki 1983). Kartoitus on ohjelmoitu tietokoneelle, joka piirtää koealan kartan ja antaa karttaan merkittynä halutun määrän tietoa joka puusta.

Biologista puunluokitusta ei 1960-luvulta alkaen ole enää sovellettu. Tämä luokitus osoittautui siinä määrin subjektiiviseksi (ks. Nyyssönen 1950), että se johti henkilövaihtojen tapahtuessa kestokokeiden varsin vaihtelevaan käsittelyyn. Kun v. 1959 solmitun sopimuksen mukaisesti aloitettiin kestokokeiden perustaminen Kymi Oy:n Nynäsin metsäalueella Heino-



## METSÄNTUTKIMUSLAITOS

### Kasvu- ja tuotostutkimus

#### HARVENNUSKOEALASARJA 1

Heinola, Evätmäki

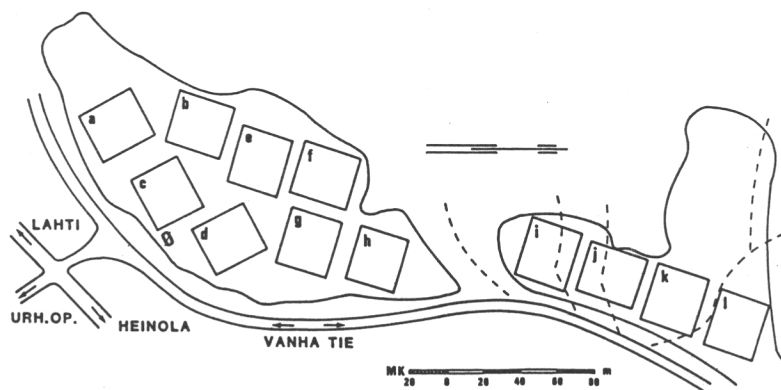
Maanomistaja: Kymi Kymmene Oy

Istutus kev. 1926 (2+2)

tiheään koivikon alle.

Koe perustettu syksyllä 1961

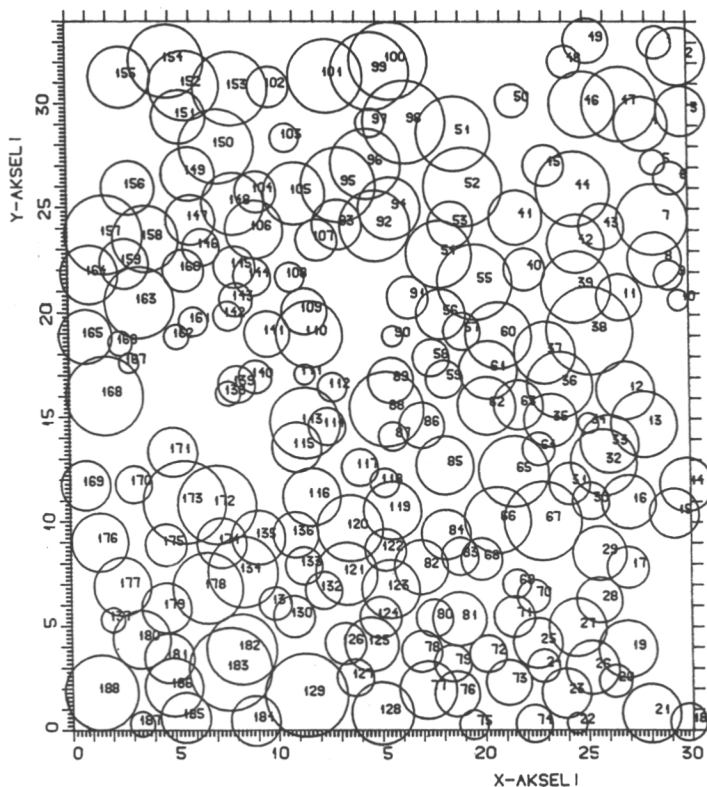
Kokeen tarkoituksena on tutkia voimakkaiden, harvoin toistuvien harvennusten vaikutusta metsikön kasvuun ja tuotokseen.



Kuva 2. Vuonna 1961 perustettu kestokoe (Nynäs nro 1), jossa on neljä käsittelyä toistettu kolme kertaa.

lan maalaiskunnassa, harvennusasteet määriteltiin pohjapinta-alan avulla (ks. Vuokila 1975). Pohjapinta-alan ohella on sittemmin käytetty myös runkolukua käsittelyohjelman luomisessa, kun kysymys on ollut säännöllisistä, alusta alkaen hoidetuista metsiköistä. Henkilökohtaisen harkinnan täydelliseksi eliminoimiseksi on myös koepuustojen harvennus pyritty siirtämään tietokoneella tapahtuvaksi (Isomäki ja Niemistö 1983). Menetelmä vaatii kuitenkin vielä kehittelyä.

Kestokokeiden päätarkoituksena on edelleen lähinnä eriasteisten alaharvennusten puustovaikutusten tutkiminen. Vähäisessä määrin tutkitaan ns. harsintaharvennusta ja systemaattista harvennusta. Nyttemmin ei harvenneta enää niin usein kuin tutkimuksen alkuaikoina. 1960-luvun uudet kokeet pyrkivät



Kuva 3. Esimerkki koealan puukartasta. Puiden koon mukaan piirrettyjen ympyröiden yhteinen pinta-ala on yhtä suuri kuin koealan pinta-ala.

ajan hengen mukaisesti selvittämään ennen muuta harvoin toistuvien ja näistä etenkin poikkeuksellisen voimakkaiden harvennusten vaikutusta puuntuotantoon. Kokeiden koko kiertoajan pituinen käsittelyohjelma suunnitellaan jo koetta perustettaessa.

Vaikka kestokokeita on alunperin käynnistetty suurin odotuksin ja vaikka Suomessakin tällaisia kokeita on perustettu ja ylläpidetty koko itsenäisyyden ajan, tulokset ovat olleet toistaiseksi vaatimattomia. Syitä tähän on Vuokila (1965) tarkastellut yksityiskohdin. Mainittakoon niistä vain kaksi. Vuosikymmenien kuluessa ja metsätalouden kehittyessä ongelmat

muuttuvat, josta syystä kokeiden käsittelyohjelmat voivat nopeastikin vanhentua. Luonnontuhot ovat olleet kiusana lähes joka kokeella vuosikymmenien kuluessa.

Luonnontuhoille ei voida mitään, mutta 1960-luvulta alkaen on kokeita suunniteltaessa pyritty käsittelyn asteikko saamaan niin laajaksi, että sen puitteisiin mahtuisivat kaikki tulevaisuudessa mahdolliset suuretkin muutokset käytännön asettamisissa vaatimuksissa. Itse asiassa koetta suunniteltaessa ei tehdä pitkälle meneviä olettamuksia optimikäsittelystä, vaan laajan käsittelyasteikon avulla pyritään kartoittamaan koko vaihtelukenttä.

Kestokokein on toistaiseksi voitu tutkia lähinnä käsittelyn tiettyjen yksityiskohtien merkitystä. Puolipysyviä koealoja, joita seurataan vain lyhyen ajan, on Suomessa käytetty harvoin. Merkittävimmät puuntuotostutkimukset on tehty tilapäiskoealoin. Menetelmän suosio johtuu sen halpuudesta ja nopeudesta.

Tilapäiskoealalla tarkoitetaan tiettyyn metsikköön rajattua koealaa, joka mitataan vain kerran. Kun tällaisia koealoja mitataan maan eri osissa erilaisilla kasvupaikoilla ja vaihtelevan ikäisissä metsiköissä, saadaan aineisto, josta voidaan laatia puustokehityksen erilaisia iänmukaisia sarjoja.

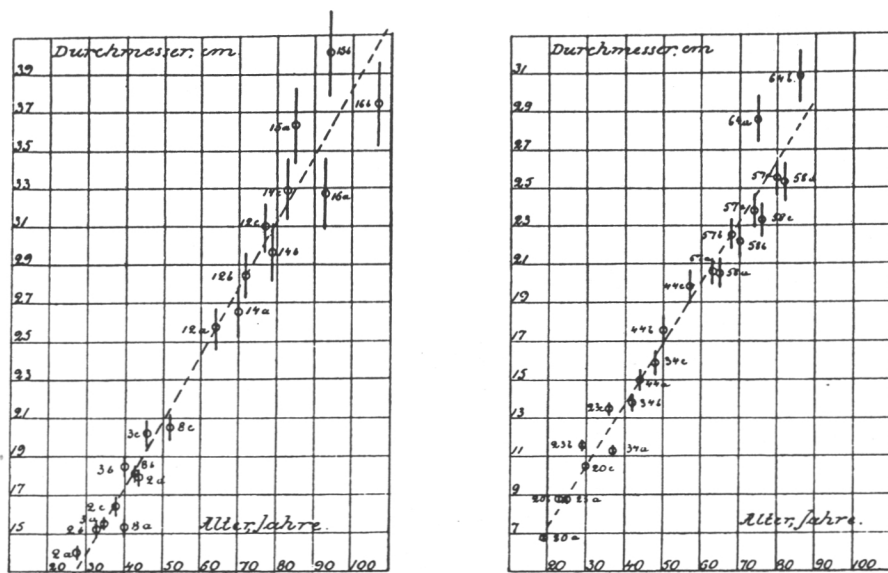
Luonnonnormaalien metsiköiden kehityssarjojen laadinnassa oli tilapäiskoealoilla tarpeen mitata vain senhetkinen elävä ja kuollut puusto. Kun tutkitaan harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden kehitystä tilapäiskoealoin, on välttämätöntä selvittää nykypuuston ohella kehitys taaksepäin edelliseen harvennukseen asti analysoimalla sen kasvu menneen mittausjakson aikana. Luonnonnormaaleissa metsiköissä saadaan jokaisesta koealasta graafisesti ajatellen vain yksi piste akselistoon, harvennuksin käsitellyistä kuitenkin lyhyt kehitystrendi viime harvennuksesta mittaushetkeen. Tilapäiskoealamenetelmän etuja ja varjopuolia on käsitellyt yksityiskohdin Vuokila (1965).

## 114. Aineiston käsittely

"Metsätaksatoriset ja -poliittiset tutkimukset pohjaavat sangen olennaisesti tilastotyöhön, etenkin ns. edustavaan tilastoon. Luotettavien tulosten saavuttamiseksi on sen vuoksi useasti välttämätöntä käyttää apuna matemaattis-tilastollisia menettelytapoja, joita viime aikoina on suuresti kehitetty. Suomessa suoritetuille metsätaksatorisille ja -poliittisille tutkimuksille onkin hyvin olennaisena piirteenä tutkimusaineiston matemaattis-tilastollinen käsittely." Näin totesi L. Ilvessalo (1926) julkaisussaan "Metsätieteellinen tutkimustoiminta Suomessa".

Matemaattis-tilastollisten menetelmien ensimmäinen kehittäjä Suomessa oli Werner Cajanus. Suomen Metsätieteellisessä Seurassa v. 1912 pitämässään esitelmässä hän toi esille ajatuksen runkolukusarjan tunnusten käyttämisestä tilapäiskoealaineistoon perustuvien kehityssarjojen yhtenäisyyden tarkastelussa. Hän totesi, että "runkojakaantumissarjat tarjoovat erinomaisen johdon ratkaistaessa kysymystä, mitkä nuoremmat ja vanhemmat metsiköt kuuluvat samaan kehityssarjaan". Esitelmässään koskettelemaan seikkoja Cajanus (1914) käsitteli syvällisemmin tutkimuksessaan "Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie.". Vaikka tällä tutkimuksella sveitsiläisen Fluryn aineistoon perustuvana ei ollut käytännön merkitystä, se vaikutti ratkaisevasti 1910- ja 1920-luvun kasvu- ja tuotostutkimuksiin.

Cajanuksen (1914) mukaan samaan kehityssarjaan yhdistettävillä metsiköillä tuli olla tietyssä ikävaiheessa suunnilleen samanlaiset runkolukusarjan matemaattis-tilastolliset pää-tunnukset (keskiläpimitta, hajonta, variaatiokerroin, runkoluku sekä mahdollisesti vielä asymmetria ja eksessi). Teoreettisesti sallittu poikkeama kehityssarjan keskiarvosta oli kolminkertaisen keskivirheen suuruinen, runkoluvun osalta 20 %. Todellisuudessa ei tästä sinänsä väljästä kriteeristä voitu tutkimuksessa pitää kiinni. Kuten jäljempänä selostetaan, esim. Ilvessalon (1920b) kasvu- ja tuotostaulukoiden



Kuva 4. Cajanuksen (1914) aineiston metsiköiden keskiläpimitat 3-kertaisin keskivirheen suhteessa tasoituskäyrään (Bon. I ja II). Yli 80-vuotiaat metsiköt suljettiin tämän perusteella aineistosta.

laadinnan yhteydessä Cajanuksen ohjeen noudattaminen olisi johtanut aineiston senasteiseen pienenemiseen, että yhtenäisyysvaatimuksista oli tingittävä huomattavasti.

Cajanuksen periaatteita tilapäiskoealoihin perustuvien puuston kehityssarjojen yhtenäisyyden varmistamiseksi sovellettiin joka tapauksessa tavalla tai toisella luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuotostutkimuksissa. Hakkuin käsittelyjen metsiköiden vastaavissa tutkimuksissa 1950-luvulla ja sen jälkeen menetelmän käytöstä oli kuitenkin luovuttava. Nyssönen (1954) perustelee tätä seuraavasti:

"Koealametsiköissä hakkuiden arvostelu toimitettiin ensi sijassa vallitsevien latvuserrosten puustoa silmällä pitäen. Myös aineiston käsittelyssä kiinnitettiin tähän tärkeimpään puuston osaan eniten huomiota. Eri metsiköissä vaihtelevasti esiintyvä, runkoluvultaan joskus ehkä tuntuva, mutta todellisuudessa suhteellisen vähämerkityksinen vallittujen

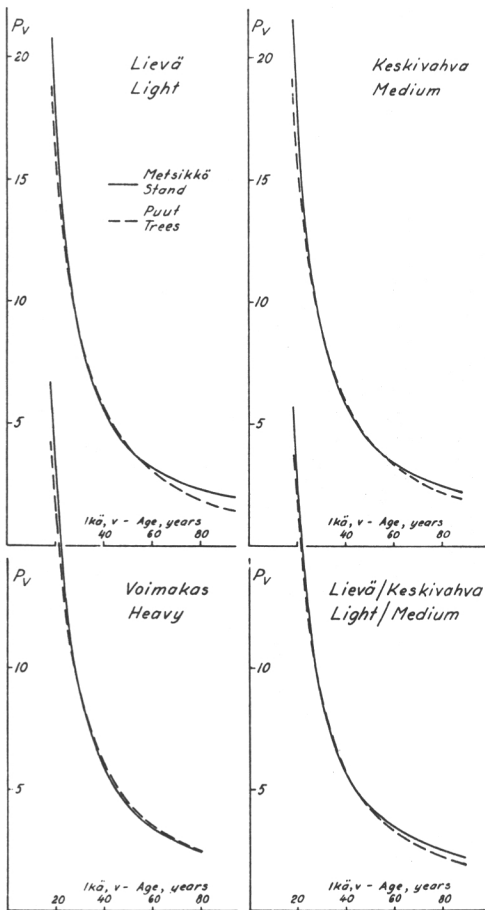
latvuserrosten puusto sen sijaan jäi toissijaiselle huomiolle. Niin ollen runkolukusarjan tunnuksat antoivat tutkituissa metsiköissä usein harhauttavan kuvan."

Hakkuin käsitteltyjen metsiköiden kehitystä selvittelevissä tutkimuksissa 1950-luvulla (Nyyssönen 1954, Vuokila 1956, Koivisto 1959) esitettyjen kehityssarjojen yhtenäisyyttä ei voitu millään tavalla varmistaa tilastomatematisin menetelmin. Päinvastoin kuin aiemmissa tutkimuksissa kaikki mitatut koealat säilytettiin aineistoissa. Näin voitiin joka tapauksessa välttää se vaara, mikä liittyi koealojen poistamiseen subjektiivisin perustein.

Aina 1960-luvulle saakka kehityssarjojen tasoituksessa käytettiin graafista menetelmää. Myös hoidettujen metsiköiden tutkimuksissa tavoitteena oli metsätyyppiä kohden yksi kehityssarja, joka kuvasi tutkittujen metsiköiden keskimääräistä kehitystä. Kysymyksessähän olivat hoidettujen metsiköiden alustavat kehitystutkimukset.

Tietojen käsittelyn automatisoituminen muutti myös puuntuotostutkimuksen menetelmät täydellisesti. Postipankki oli saanut 1950-luvun loppuvuosina ison huoneen täyttävän "matematiikkakoneen" (IBM 650 -magnetic drum data processing machine). Oli olemassa ns. matematiikkakonetoimikunta, jonka sihteerinä toimi maisteri Olli Varho, sittemmin Kuopion lento-onnettomuudessa kuollut IBM:n toimitusjohtaja. Maisteri Varhon avustamana, Postipankin konetta yöaikana käyttäen ilmestyi ensimmäinen tietokonein aineistoa käsitellen aikaansaatu suomalainen metsäaiheinen tutkimus (Vuokila 1960a), siperialaisen lehtikuusen kuutioimisytälöt ja -taulukot.

Samana vuonna (1960) Vuokila sai huomattavan suuren monivuotisen apurahan Yhdysvalloista tehtävänänsä kehittää kasvu- ja tuotostaulukoiden laadintamenetelmiä tilapäiskoealoihin nojautuvaa aineistoa hyväksi käytettäessä. Kehitetty atk-pohjainen menetelmä (Vuokila 1965) ja siihen perustuvat kasvu- ja tuotostaulukot (1967) olivat ensimmäiset lajissaan koko maailmassa.



Kuva 5. Toisaalta puukohtaisin ja toisaalta metsikkökohtaisin yhtälöin lasketun metsikön tilavuuskasvuprosentin iänmukainen kehitys Vuokilan (1967) tutkimuksessa. Kasvupaikkaluokka III. Neljä harvennusastetta.

Tietokoneen mukaantulo ratkaisi aineiston yhtenäisyyttä koskevan menetelmäongelman. Enää ei ollut tarpeellista ryhmitellä Cajanuksen tapaan ensin tutkimusaineisto ja pyrkiä sitten erikseen kuvaamaan kunkin aineistoryhmän puuston kehitystä. Tietokonetta käyttäen oli mahdollista suorittaa koko aineistosta kasvuanalyysi ja muodostaa sen avulla tarpeellisiksi katsottavat kehityssarjat. Lopulliset kehityssarjat eivät perustuneet alkuperäisiin metsikköhavaintoihin, vaan niiden perusteella laadittuihin regressioyhtälöihin.

Vuokilan (1965) kehittämä menetelmä perustui toisaalta yksittäisen puun ja puista muodostettujen runkolukusarjojen ja toisaalta metsikkötunnusten kasvu- ja kehitysyhtälöihin. Puu- ja metsikköyhtälöin seurattiin teoreettisten metsikkömallien kehitystä puuston iän lisääntyessä (Vuokila 1967). Puukohtaiset laskelmat olivat päämenetelmä, jonka tulosten "luonnonmukaisuutta" testattiin metsikköaineistosta kehitetyin kasvuyhtälöin. Molemmat laskelmatyyppit antoivat hyvin samankaltaisia tuloksia, mitä on pidettävä osoituksena metsikkömallien luotettavuudesta.

Kasvu- ja tuotostaulukoiden laadinta on Vuokilan (1965) menetelmätutkimuksen jälkeen ollut teoreettisten metsikkömallien laadintaa. Tietokonetekniikan kehittyessä ovat mahdollisuudet jatkuvasti lisääntyneet. Niinpä viljellyille havumetsiköille (Vuokila ja Väliaho 1980) on esitetty kaikkiaan 223 kasvatusmallia (kasvu- ja tuotostaulukkoa). Taulukoita käytävä voi lukuisista vaihtoehdoista valita omaan tarkoitukseensa sopivan mallin.

Teoreettisten mallien laadinnassa on ollut pakko luopua metsätyypeistä ensisijaisena luokitusmenetelmänä. Kasvupaikkojen luokittelussa on ryhdytty käyttämään ns. pituusboniteetteja. Suurin vaikeus metsikkömallien laadinnassa on tätä nykyä harvennusohjelman kuvaaminen. Etenkin puukohtaisiin kehityslaskelmiin nojautuvissa metsikkömalleissa on lähes voittamattomana vaikeutena kysymys, millä tavalla erilaiset harvennukset vaikuttavat runkolukusarjan muotoon. Tätä tietoa on saatavissa vain kestokokeista, joiden tulokset eivät ole vielä tarkoitukseen riittäviä.

Tietokoneiden jatkuva kehitys merkitsee myös puuntuotostutkimukselle uusia haasteita ja mahdollisuuksia. Näitä tarkastellaan tämän julkaisun lopussa pyrittäessä kaavailemaan puuntuotostutkimuksen tulevaisuutta.

12. Metsiköiden kehitystutkimukset

## 121. 1800-luvun selvitykset

Suomalaisesta puuntuotostutkimuksesta puhuttaessa on ollut tapana mainita ensimmäisenä Böckerin (1829) kirjanen "Om skogarnas skötsel i Norden". Tätä merkittävämpi on kuitenkin Gyldenin (1853) kirja "Handledning för skogshushållare i Finland", vaikkei silläkään nykyisin ole muuta kuin historiallista mielenkiintoa.

Ensimmäisen merkittävän kasvu- ja tuotostutkimuksen tekijä on Blomqvist (1872). Tätä tutkimusta on perusteettomasti aliarvostettu.

Blomqvistin aineistoon kuului 1360 maan eri osissa mitattua tilapäiskoealaa, joista 1310 hän mittasi itse ja loput 50 metsähallituksen määräyksestä sen ammattimiehet matkojensa yhteydessä.

Blomqvistin esittämät tulokset, jotka kuutiojalkoina tynnyrinalaa kohden ovat vaikeatajuisia, Heikkilä (1914) muunsi metrijärjestelmän luvuiksi. Hän käytti laskelmissaan 548 Blomqvistin koealaa maan eteläpuoliskosta (keskikoko 8,8 aaria varttuneissa metsiköissä, nuorimmissa vain jopa 1/4 tästä). Kun Blomqvistin kasvupaikkaluokittelu perustui maalaajiin ja sen kosteussuhteisiin, Heikkilä kehitti bonitointia varten keskipituutta käyttäen oman menetelmänsä. Heikkilän mukaan hänen pituusboniteettiluokissaan maan eteläpuoliskon metsiköt saavuttavat Blomqvistin aineistoon nojautuen seuraavat keskipituudet ja -kasvut:

	Kasvupaikkaluokka				
	I	II	III	IV	V
	Aritm. keskipituus 100 v:n iällä				
Männikkö	26,1	23,1	19,9	16,7	13,6
Kuusikko	23,4	19,8	16,1	12,6	
	Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v kuorineen				
Männikkö	5,3	4,2	3,3	2,6	1,9
Kuusikko	4,9	4,0	3,3	2,7	

Keskikasvu tarkoittaa elossa olevaa kuorellista kuutiomäärää 100 vuoden iällä jaettuna luvulla 100. Kuollut puu ei siis sisälly lukuihin. Ilvessalon luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukoista (1920b) päädytään monin osin yhtäpitäviin tuloksiin. Blomqvistin tutkimus oli siten todella huomionarvoinen saavutus senaikaisissa olosuhteissa.

## 122. Luonnonnormaalit metsiköt

Suunnitelmallisen metsäntutkimuksen voidaan katsoa alkaneen Suomessa 1910-luvulla. Ilman tutkimusinstituutiota, vain Suomen Metsätieteellisen Seuran tuella, virisi tutkimustoiminta, jota voidaan pitää resurssit huomioon ottaen ihmeteltävänä.

Kaiken takana oli A. K. Cajander. Nimenomaan puuntuotostutkimuksen kannalta merkittävä kiihoke oli Cajanderin (1909) esittämä metsätyyppiteoria, jonka käyttökelpoisuus metsänkasvupaikkojen luokituksessa oli selvitettävä. Toinen merkittävä edellytys oli menetelmäpohjan selkeytyminen Cajanuksen (1914) ansiosta.

Noissa olosuhteissa oli ymmärrettävää, että kasvu- ja tuotostaulukoihin tähtäävät tutkimukset kohdistuivat hakkuin käsittelemättömiin, ns. luonnonnormaaleihin metsiköihin.

Välittömästi Suomen Metsätieteellisen Seuran perustamisen jälkeen v. 1909 ryhdyttiin toimiin kasvu- ja tuotostaulukoiden aikaansaamiseksi tärkeimmille puulajeille. Seura sai vihdoin v. 1914 Kauppaneuvos O. A. Malmin lahjoitusrahastosta 25 000 mk:n suuruisen apurahan tätä tarkoitusta varten. Näin saattoi v. 1914 metsänhoitotutkiminnon suorittanut Yrjö Ilvessalo jonkin aikaa metsähallituksen metsäkonduktöörinä toimituaan keväällä 1916 aloittaa tarvittavat kenttätyöt. Kenttätöitä tehtiin kolmena kesänä.

Tärkeimmät lähtökohdat kasvu- ja tuotostaulukoita suunniteltaessa ja laadittaessa olivat seuraavat (Y. Ilvessalo 1920b):

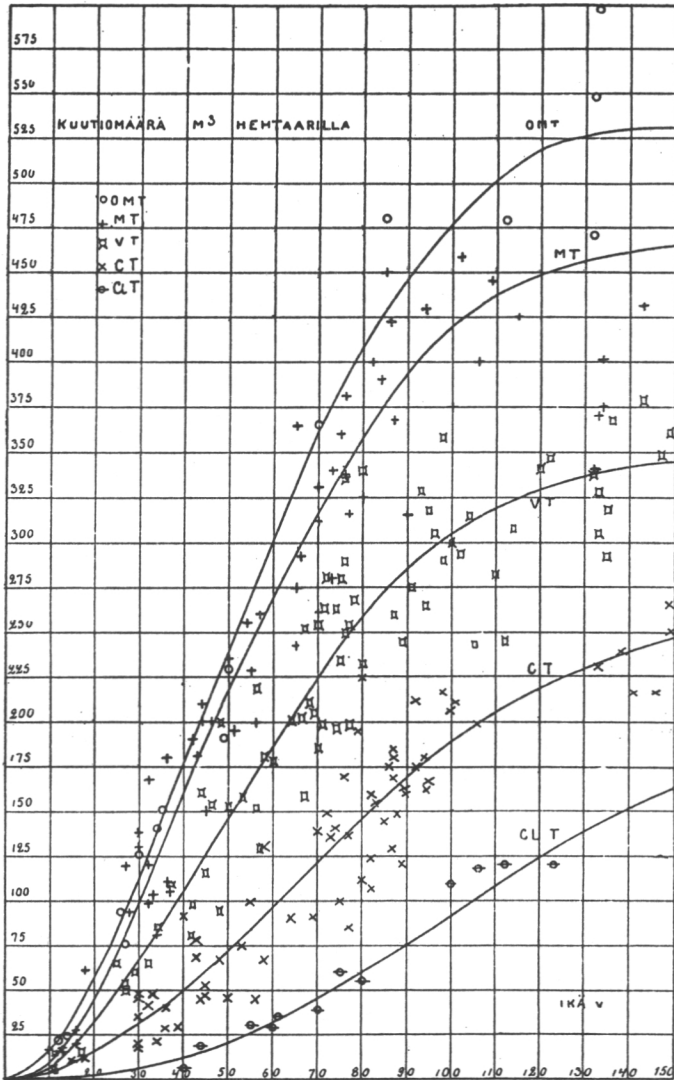
- Kasvupaikkaluokittelussa käytetään metsätyyppejä.
- Taulukoissa esitetään myös puuston rakennetta kuvaavat runko- 1. vahvuusluokat (runkolukusarjat).
- Työ rajoitetaan Suomenselän eteläpuolelle, Keski- ja Etelä-Suomeen.
- Puulajeista otetaan mukaan mänty, kuusi ja koivu.
- Sekametsiköt jätetään tehtävän ulkopuolelle.

Aineisto käsitti 447 koealaa, niistä mäntykoealoja 241, kuusikoealoja 87 ja koivukoealoja 119. Hies- ja rauduskoivua ei koealoja mitattaessa erotettu toisistaan.

Männikköaineistoa kerättiin metsätyypeiltä OMT-CLT, kuusikoista tyypeiltä OMT-MT ja koivikoista lähinnä tyypeiltä OT-VT. Näille tyypeille sittemmin myös kasvu- ja tuotostaulukot esitettiin.

Cajanuksen (1914) periaatteiden mukaisesti suoritettiin ennen runkolukusarjojen laadintaa aineiston yhtenäisyyden tarkistus (ks. Y. Ilvessalo 1920a). Aineistosta ei kuitenkaan jätetty pois kaikkia niitä koealoja, jotka jonkin tarkastelutunnuksen osalta poikkesivat yli kolminkertaisen keskivirheen verran keskiarvosta. Pois oli tarkoitus jättää

1. ne koealat, joilla puuston keskiläpimitta, dispersio ja variaatiokerroin poikkesivat yli kolminkertaisen keskivirheen ja runkoluku yli 20 %;
2. ne, joilla keskiläpimitta poikkesi yli kuusinkertaisen keskivirheen ja sitä paitsi runkoluku yli 30 %;
3. ne, jotka kahdessa suhteessa poikkesivat yli kuusinkertaisen keskivirheen (runkoluku yli 30 %) ja jossakin kolmannessa yli kolminkertaisen keskivirheen (runkoluku yli 30 %).



Mänty.

Kuva 6. Tällä piirroksella Ilvessalo (1920a) halusi osoittaa, että suuresta vaihtelusta huolimatta tietyn metsätyyppin havainnot eivät mene paremman metsätyyppin käyrän ylä- tai huonomman alapuolelle. Metsätyyppien taksatorinen merkitys oli mm. täten todistettu.

Poikkeavaa koalaa ei kuitenkaan poistettu, jos raja-arvon ylitys oli pieni ja jos koalan säilyttäminen oli suureksi eduksi aineistoa edelleen käsiteltäessä. Lisäksi nuoria met-

siköitä ei poistettu, koska niiden keskivirhe oli niin pieni, että sitä yksikkönä käyttäen poikkeus näytti suurelta, vaikka se todellisuudessa oli varsin pieni.

Vaikka vaatimuksista näin tingittiin, jouduttiin runkolukusarjoja laskettaessa jättämään aineistosta pois 81 koealaa, vajaat 20 %. Tavallaan yllättävää on kuitenkin se, että kaikissa muissa tarkasteluissa koko mitattu aineisto oli mukana. Y. Ilvessalo (1920a) totesi, että metsikön puustotunnusten esim. kuutiomäärän (ks. kuva 6) graafisessa tasoituksessa em. poikkeavat koealat saattoivat osoittautua hyvinkin keskimääräisiksi.

Y. Ilvessalon (1920b) luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukot perustuvat siis pääosin hänen koko mitatun aineistonsa graafiseen tasoitukseen. Runkolukusarjat ovat normaalijakaumaa edellyttävinä teoreettisia ja niitä laadittaessa aineistoa karsittiin edellä kuvatulla tavalla.

Ilvessalon kasvu- ja tuotostaulukot todistivat sen, että eri metsätyypit poikkeavat puuntuotannollisesti keskimäärin toisistaan seuraavien lukujen osoittamaan tapaan:

	Metsätyyppi					
	OT	OMT	MT	VT	CT	ClT
	Valtapituus 100 v:n (koivulla 50 v:n) iällä					
Männikkö		26,4	26,8	23,2	18,9	11,0
Kuusikko		26,1	21,9			
Koivikko	21,2	19,4	17,5	15,0		
	Elävän puuston runkotilavuus 100 v:n (koivulla 50 v:n) iällä jaettuna iällä m <sup>3</sup> /ha/v kuorineen					
Männikkö		5,3	4,7	3,5	2,2	1,1
Kuusikko		5,0	4,4			
Koivikko	2,2	1,9	1,6	1,1		
	Keskikasvu (luonnonpoistuma mukaan lukien) 100 v:n (koivulla 50 v:n) kiertoajalla m <sup>3</sup> /ha/v kuorineen					
Männikkö		7,9	7,1	5,4	3,1	1,3
Kuusikko		6,3	6,2			
Koivikko	7,0	5,4	4,5	3,0		

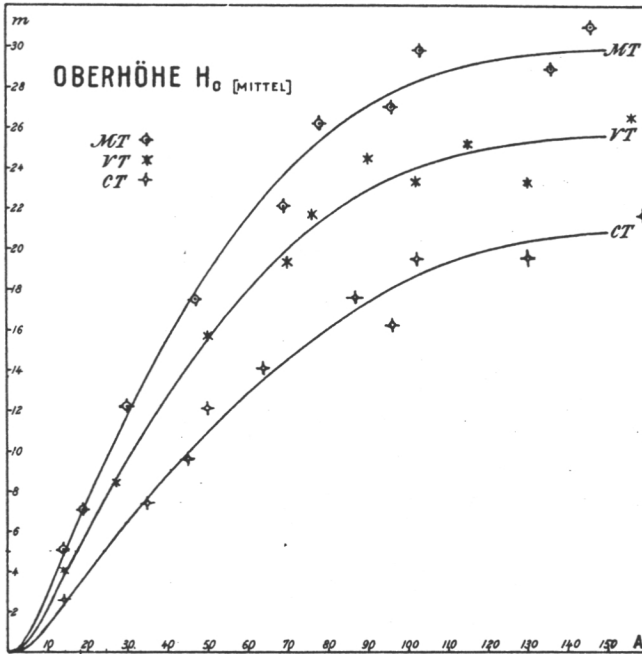
Mielenkiintoinen piirre tuloksissa on se, että OMT:n männikön valtapituuden kehitys on käytännöllisesti katsoen sama kuin MT:n männikön. Tämän mukaisesti mänty ei kykenisi käyttämään täysin hyödykseen lehtomaista kasvupaikkaa. Myöhemmissä tutkimuksissa on kuitenkin päädytty toisenlaisiin tuloksiin.

Mänty on Ilvessalon taulukoiden mukaan selvästi parempikasvuinen puulaji kuin kuusi. Tämä johtunee siitä, että hänen kuusiaineistonsa oli pääosin alikasvoksina syntyneistä metsiköistä, eikä biologinen ikä tällöin kuvaa puulajin todellista puuntuotantokykyä. Käsittlemättömissä luonnonmetsissä alikasvosvaihe on tosin normaali osa metsikön kehitystä.

Vain viisi vuotta Ilvessalon kasvu- ja tuotostaulukoiden ilmestymisen jälkeen tuli julkisuuteen Erik Lönnrothin (1925) väitöskirjatutkimus "Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands". Alkusanojen mukaan tämäkin tutkimus oli A. K. Cajanderin myötävaikutuksella syntynyt. Lönnroth kiitti erityisesti myös prof. J. W. Lindebergiä tilastomatematisena tukijanaan sekä professoreita O. Heikinheimo ja Y. Ilvessalo aineiston etsinnässä annetusta avusta.

Lönnrothin tutkimusaineisto käsitti vain 30 koealaa, 10 koealaa jokaista tutkittua metsätyyppiä (MT, VT, CT) kohden. Koemetsiköt valittiin niin, että ne muodostivat graafisesti metsätyypeittäin helposti tasoitettavan kehityssarjan, jonka voidaan olettaa edustavan ko. kasvupaikan keskimääräistä puuntuotannollista tasoa. Vaihtelu eliminoitiin sarjoista mahdollisimman vähiin. Lönnroth katsoi vaihtelun minimoinnin olevan tärkeä, koska hänen tarkoituksensa oli tunkeutua metsikkörakenteen ja sen kehityksen yksityiskohtiin.

On todennäköistä, että Lönnrothin koealat olivat pääosin Yrjö Ilvessalon kasvu- ja tuotostaulukoiden aineistosta valikoituja. Ainakin Ilvessalolla itsellään oli tämä käsitys. Tulosten yhtäläisyys tukee tätä olettamusta. Lönnrothin tutkimus-

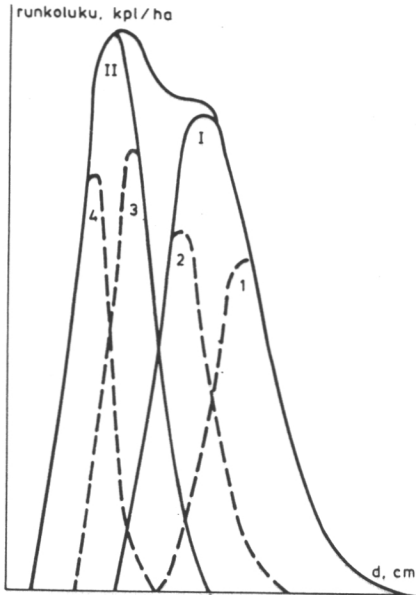


Kuva 7. Lönnrothin (1925) aineiston vaihtelu oli varsin vähäinen (vrt. kuva 6).

aihe edellytti joka tapauksessa valikoitujen metsiköiden monipuolista ja aikaa vievää uudelleenmittausta.

Lönnrothin väitöskirja oli perusteellinen selvitys eteläsuomalaisen luonnnonnormaalin männikön sisäisen rakenteen lämmukaisesta kehityksestä ns. biologista puunluokitusta hyväksi käyttäen. Se täydensi ansiokkaalla tavalla Y. Ilvessalon aikaisemmin julkaisemia tutkimustuloksia.

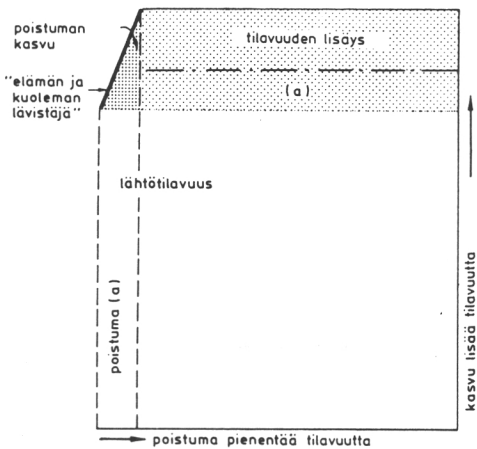
Kenties mielenkiintoisin Lönnrothin esittämistä tuloksista on hänen oheisessa kuvassa 8 esitetty piirroksensa runkolukusarjan muodosta ja sen alajakaumista biologisen puunluokituksen mukaisesti latvuskerroksiin.



Kuva 8. Lönnrothin (1925) mukaan latvuskerrokset muodostavat runkoluvun kokonaisjakauman puitteissa omia jakautumissarjojaan.

Toisaalta saatetaan herättää kysymys, voidaanko subjektiivisesti äärimmillen valikoituun aineistoon soveltaa niin korkean asteen tilastomatemaattisia tunnuksia kuin mitä Lönnroth on menetellyt.

1920-luvulla ilmestyi vielä kaksi merkittävää puuntuotostutkimusta. V. T. Aaltosen (1925) tutkimus "Metsikön itseharventumisesta ja puiden kasvutilasta luonnonmetsissä" perustui tosin täysin Y. Ilvessalon kasvu- ja tuotostaulukoihin, mutta toi mielenkiintoisia lisäpiirteitä aineistoa uudesta näkökulmasta tarkasteltaessa. Tutkimus valaisi erityisesti eri puulajien kehitysrytmin eroja. Metsikön kehityksen tutkimisen ja erityisesti kasvunlaskennan perusteiden kannalta klassinen on Lönnrothin (1929) "Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgang des Waldbestandes". Siinä on esitetty kuvan 9 kaaviopiirros (Lönnrothin "mökki"), joka selkeyttää metsikön kehitykseen liittyviä käsitteitä ja niiden keskinäisiä riippuvuussuhteita. Erityisesti "poistuman kasvu" on ollut kasvunlaskennan kiistakysymyksiä etenkin 1950-luvulta lähtien (ks. esim. Kuusela 1953).



Kuva 9. Lönnrothin (1929) metsikön kasvu ja kehitystä kuvaava kaaviopiirros.

Yhden puulajin metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukoiden ilmentyttyä oli luonnollista, että tutkimuksen mielenkiinto suuntautui myös sekametsiköihin. Martti Lappi-Seppälä, joka toimi vuosina 1922-27 Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston assistenttina, sai esimieheltään Yrjö Ilvesalolta tehtäväksi männyn ja koivun muodostamien sekametsiköiden kehityksen tutkimisen. Hän jatkoi tätä työtään siirtyttyään Helsingin yliopistoon metsänarvioimisen ylim. opettajaksi. Näin ollen hän oli myös Erik Lönnrothin opastuksen alaisena, mistä hän tutkimuksensa alkulauseessa kiittää. Väitöskirja "Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke" valmistui v. 1930 juuri ennen Lappi-Seppälän siirtymistä Evon metsäkoulun johtajaksi.

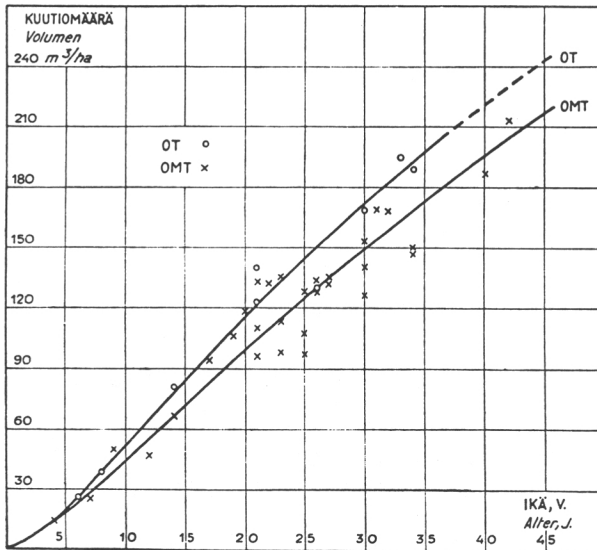
Lappi-Seppälän tutkimus oli kunnianhimoinen yritys pyrkiä selvittämään pienin resurssein kasvu- ja tuotostutkimuksen kenties vaikeinta aihetta, jossa tosin hakkuiden puuttuminen, luonnontilaisuus, yksinkertaisti tehtävää. Lappi-Seppälän tutkimusaineisto käsitti 82 koealaa pääasiassa Savosta ja Karjalasta, missä kaskeamisen jäljiltä oli kohteita parhaiten löydettävissä. Kasvupaikoista metsätyypit OMT, MT ja VT olivat edustettuina. Aineistosta hylättiin eri perustein 6 koealaa, joten lopullinen hyödynnetty aineisto oli 76 koealaa.

Lappi-Seppälän tutkimuksen tulokset voidaan tulkita suositukseksi sekametsiköiden kasvattamiseen myös puuntuotannolliselta kannalta. Mänty kehittyi hänen mukaansa sekametsikössä kaikissa suhteissa nopeammin kuin puhtaassa metsikössä. Edullisimpana Lappi-Seppälä piti sellaista mänty-koivusekoitusta, jossa koivua on n. 40 % kasvualasta (n. 20 % puuston tilavuudesta).

Valtakunnan metsien ensimmäinen inventointi oli osoittanut, että kiertokaskeamisesta yleistynyttä harmaaleppää oli Etelä-Suomessa 3,2 % kasvullisen metsämaan pinta-alasta, eräin paikoin Savossa jopa 15 %. Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa aloitettiin v. 1929 harmaalepän kasvu- ja tuotoskykyä koskevan tutkimuksen maastotyöt, jotka saatettiin päätökseen v. 1930. Tutkija oli Leevi Miettinen, joka oli tullut v. 1928 osastoon vt. assistentiksi ja joka toimi sen jälkeen eri assistenttitehtävissä vuoteen 1953 saakka.

Miettisen (1932) aineistoon kuului 40 tilapäiskoealaa ja kahden pysyvän koealan mittaustulokset. Kohteet sijaitsivat Mikkelin ja Kuopion lääneissä. Pääosa koealoista (31 kpl) sijaitsi lehtomaisella kasvupaikalla. Tietoja esitettiin lähinnä metsätyypeille OT-OMT.

Miettisen tutkimustulokset osoittivat, että harmaaleppä on varteenotettava puulaji, jos halutaan kasvattaa lyhyessä ajassa mahdollisimman paljon puuta sen koosta välittämättä. Kiertoajan ollessa 15-20 v elävän puuston tilavuus on vuotta kohden 6,6-5,8 m<sup>3</sup>/ha kuorineen lehtomaisilla ja niitä paremilla kasvupaikoilla. Korjattava puumäärä on tällöin 130-100 m<sup>3</sup>/ha kuorineen. Miettisen tutkimuksen tulokset ovat arvokkaita myös 1980-luvulla harkittaessa ns. energiapuun tuottamista kotimaisin puulajein. Harmaalepän luontaista kasvukykyä selvittävään tutkimukseen ei nykyisin ole enää saatavissa niin hyvää metsikköaineistoa kuin mikä Miettisellä oli käytettävissään 1920-luvun lopussa.



Kuva 10. Harmaalepikön kuoreton kuutiomäärä Miettisen (1932) mukaan.

Erkki K. Cajander (sittemmin Kalela) tuli Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosaston ylim. tutkijaksi keväällä 1932. Jos seuraavana vuonna ilmestyi Br. Auersalon aloittama mutta Cajanderin loppuun saattama "Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä" (E. K. Cajander 1933). Tutkimusaineisto oli kerätty täystiheistä, yleensä hakkuin käsittelemättömistä metsiköistä. Vaikka joitakin tutkimusmetsiköitä oli käsitelty lievästi, tutkimuksen tulokset kuvaavat luonnontilassa olevien viljelykuusikoiden kehitystä.

Koealoja sisältyi tutkimukseen 73 kpl, näistä 54 istutusmetsiköistä. Istutusmetsiköiden ikä vaihteli 12-54 v. Koealoja mitattiin lähinnä Hämeen läänistä OMaT:ltä 5, OMT:ltä 30 ja MT:ltä 19.

E. K. Cajander joutui vertailemaan viljelymetsiköiden kehitystä Y. Ilvessalon (1920b) luonnnonnormaalien metsiköiden vastaaviin puustotunnuksiin. Koska viimeksi mainitun tutkimuksen kuusikkoaineisto käsitti lähinnä alikasvoksina alku-

vaiheensa kehittyneitä metsiköitä, vertailu osoitti luonnollisesti viljelymetsiköiden selvää paremmuutta.

E. K. Cajanderin kehityssarjat ulottuivat kaikilla tutkituilla metsätyypeillä 70 v:n iälle saakka. Kun tässä ikävaiheessa keskimäärin todettu kuorellinen runkotilavuus jaetaan 70:llä, saadaan seuraavat elävää puustoa koskevat keskikasvuluvut, joita voidaan verrata Vuokilan ja Väliahon (1980) hoidettujen viljelykuusikoiden vastaaviin keskikasvulukuihin pituusboniteettiluokitusta rinnastuksessa käyttäen:

	OMaT	OMT	MT
	Keskikasvu, m <sup>3</sup> /ha/v k:neen		
Cajander	7,8	6,2	5,2
Vuokila & Väliaho	8,7	7,6	6,5

Vertailu ei sinänsä todista muuta kuin sen, että myös istutuskusikoissa syntyy hoidon puuttuessa merkittävää luonnonpoistumaa.

E. K. Cajander esiintyi Kalelan nimellä v. 1936, jolloin ilmestyi väitöskirjana "Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppä -sekametsiköiden kehityksestä" (Kalela 1936). Tämän tutkimuksen kenttätöytöt hän aloitti v. 1931 muiden töiden ohella toimiessaan lyhyen aikaa Keskusmetsäseura Tapion metsänparannusosaston Kuopion metsänparannuspiirissä. Tosimielissä työ pääsi käyntiin kuitenkin vasta v. 1934, kun Suomen Metsätieteellinen Seura myönsi tarkoitukseen apurahan.

Tutkimuskohteita oli kaikkiaan 196 kpl, Viipurin läänistä 115, Mikkelin läänistä 37 ja Kuopion läänistä 44. Koealoista oli 18 OMaT:ltä, 85 OMT:ltä ja 93 MT:ltä. Tutkimuksen erikoispiirre olivat juuristotutkimukset.

Tutkimustensa perusteella Kalela antoi metsänhoidollisia ohjeita istutettujen kuusentaimien vapauttamisesta harmaalepän alta. Hän totesi, että ainakin jo 15 ikävuoden vaiheilla suoritettun vapautuksen jälkeen kuuset olivat elpyneet nopeasti ja kehittyneet yhtä hyvin kuin vanhempina vapautuneet.

Kalelan tuotannosta on 1930-luvulta mainittava vielä tutkimus "Mänty- ja kuusivaltapuiden kasvusta talvikkityypillä" (Kalela 1939). Tutkimus perustui 32 metsikössä tehtyihin runko-analyyseihin. Tutkimuksen päätulos oli se, että mänty ja kuusi kasvavat talvikkityypillä huomommin kuin lehtomaisilla kankailla, joihin metsätyyppi pintakasvillisuutensa puolesta kuuluisi ja että talvikkityypin puuntuotantokyky on lähinnä mustikkatyyppiin rinnastettavissa. Talvikkityyppiä Kalela piti ehdottomammin kuusen kasvatukseen soveltuvana kasvupaikana kuin mustikkatyyppiä. Siihen viittasi myös näiden metsämaiden yleisesti havaittava kuusettuminen.

Pitkään kasvu- ja tuotostutkimus keskittyi maan eteläosaan. Metsänarvioimisen professorinviran ensimmäinen vt. hoitaja O. J. Lakari oli tosin jo v. 1919 tehnyt ehdotuksen kasvutaulujen laatimiseksi Pohjois-Suomen metsiä varten (Lakari 1919) ja julkaissut (Lakari 1920) tutkimuksen kuusen ja männyn kasvusuhteista paksusammaltyypillä. Laajan tutkimuksen maastotyöt pääsivät kuitenkin Pohjois-Suomessa alkuun vasta 1925 ja jatkuivat vuoteen 1930. Tuloksena oli julkaisu "Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys" (Y. Ilvessalo 1937). Peräpohjollalla tarkoitetaan tässä suunnitteen leveysasteiden 66-68 välistä maantieteellistä aluetta.

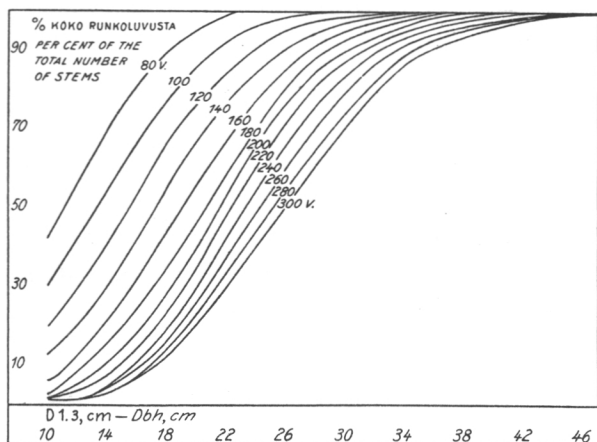
Tutkimusaineisto käsitti 136 koealaa, joista 5 koealaa jätettiin pois eri syistä. Hyväksytyjä mäntykoealoja oli 86, kuusikoealoja 22 ja koivukoealoja 23. Mäntyaineiston päämetsätyypit olivat EVT, EMT ja ErClT, kuusiaineiston GD(M)T ja HMT ja koivuaineiston GD(M)T, MT ja HMT.

Tutkimuksen tuloksista männiköitä koskevat olivat merkittävimpiä:

	Metsätyyppi		
	EVT	EMT	ErClT
	Valtاپituus 100 vuoden iällä, m		
Männikkö	18,7	15,7	11,8
	Elävän puuston runkotilavuus 100 v:n iällä jaettuna 100:lla, m <sup>3</sup> /ha/v k:neen		
Männikkö	2,6	1,8	1,1
	Keskikasvu (luonnonpoistuma mukaan lukien) 100 v:n kiertoaajalla, m <sup>3</sup> /ha/v k:neen		
Männikkö	4,1	2,9	1,7

Männikön kehitys todettiin tutkimuksella paljon nopeammaksi kuin kuusikon ja koivikon. Erityisesti kuusikon kehitys havaittiin nuorella iällä niin hitaaksi, että kuusen kasvattamisen kannattavuutta mäntyyn verrattuna oli pidettävä hyvin kyseenalaisena.

Jo 1930-luvulta juontaa siis juurensa Ilvessalon myöhemmin usein käyttämä sanonta, että Pohjois-Suomen puulajikehitystä olisi johdettava määrätietoisesti "päin mäntyä".

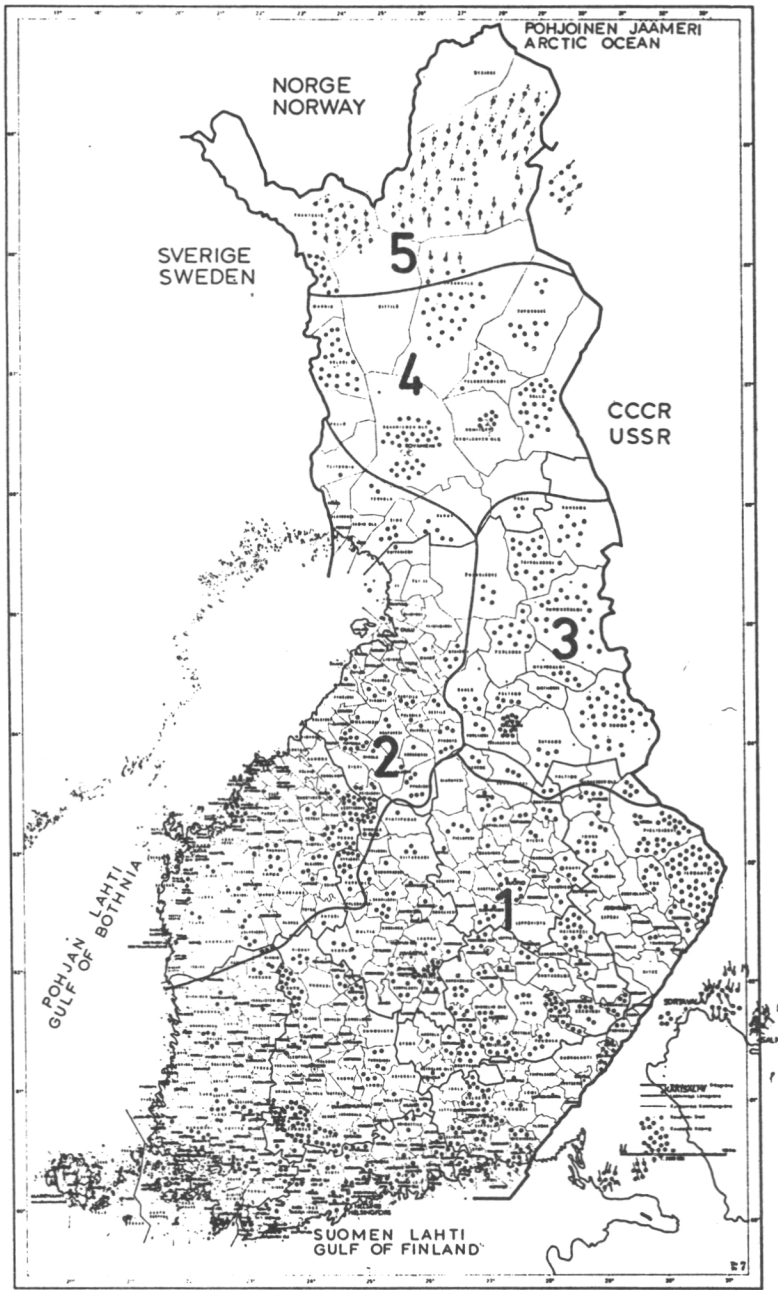


Kuva 11. Runkolukusarjojen esitystapa Y. Ilvessalon (1937) tutkimuksessa. Mänty EMT.

Edellä esitetyn tutkimuksen jälkeen, sodan vuoksi ja monien muiden kiireiden paineessa, luonnonnormaalien metsiköiden tutkimus jäi pitkiksi ajoiksi päämielenkiinnon ulkopuolelle. Vasta 1950-luvulla tapahtui uutta. Sarvas (1951) julkaisi Etelä-Suomen puolukkatyyppin kuusikoiden kehitystä koskevan tutkimuksensa, jossa hän päätyi mäntyä suosivaan kannanottoon. Kuusen keskikasvuksi kiertoajan kuluessa Sarvas sai vain  $2,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  kuoretta, kun se männyllä oli  $4,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Melkoista huomiota herätti myös Sirénin (1955) väitöskirja, jossa hän päätteli pohjoissuomalaisen paksusammaltyypin (HMT) olevan pohjoisen mustikkatyyppin sekundäärivaihe. Metsänhoidollisena päätelmänä oli: paljaaksihakkaus, kulotus ja keinollinen uudistaminen. Viljelytaimistojen perkauksessa oli ehdottomasti jätettävä vähintään lievä lehtipuusekoitus päätaimistoon.

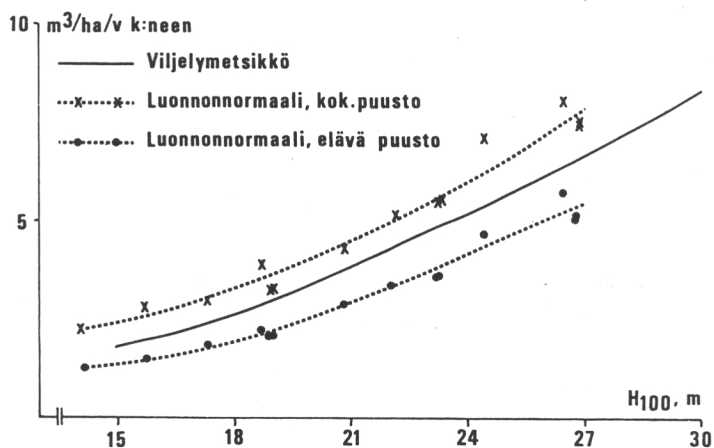
Y. Ilvessalon johtamana jatkui kuitenkin kaiken aikaa koealojen mittaaminen eri puolilla Lapin ja Oulun lääniä. Tulosten analysointi ja julkaiseminen joutuivat kuitenkin odottamaan hänen siirtymistään eläkkeelle. Metsikön kasvun ja poistuman välistä suhdetta koskevassa tutkimuksessaan Y. Ilvessalo (1952) pyrki korostamaan harvennushakkuiden merkitystä luonnonpoistuman aiheuttamien taloudellisten menetysten torjumiseksi. Pienenä esijulkaisuna oli ennen tätä ilmestynyt Suomen Akatemiassa Ilvessalon assistenttina tuolloin toimineen Nyyssösen (1950) tutkimus "Vertailevia havaintoja hoidettujen ja luonnonmetsien männiköiden rakenteesta ja kehityksestä".

Ilvessalon eläkevuosista ensimmäiset olivat luonnonnormaalien metsien kehitystutkimusten kannalta varsin tuottoisia. Koeala-aineistoa mitattiin vielä lisää. Ensiksi ilmestyi Kainuun ja sen lähiympäristön aineistoon perustuva tutkimus (Y. Ilvessalo 1967) ja sitten nopeassa tahdissa peräkkäin Pohjanmaan (Y. Ilvessalo 1969) ja Pohjois-Lapin (Y. Ilvessalo 1970) alueita koskevat vastaavat julkaisut. Viimeisenä työnään, heikentyneen näkönsä vuoksi poikansa tri Mikko Ilvessalon avustamana, Ilvessalo (1975) julkaisi n. 1200 koealaan perustuen kokoelmatutkimuksen, jossa hän keräsi samojen kansien väliin kaikki luonnonnormaaleja metsiköitä koskevat tutkimus-



Kuva 12. Koealojen sijainti viidessä Y. ja M. Ilvessalon (1975) tutkimuksen osa-alueessa: 1. Etelä-Keski-Suomi, 2. Pohjanmaa, 3. Kainuun seutu, 4. Perä-Pohjola, 5. Pohjois-Lappi.

tuloksensa 1910-luvulta alkaen. Tutkimuksen nimi oli "Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottokyvyn valossa". Näin Ilvessalo saattoi viimeisillä voimillaan päätökseen sen tehtävän, jonka hän sai A. K. Cajanderilta v. 1916. Hän todisti, että metsätyypit soveltuvat metsämaiden luokitukseen, ts. että päämetsätyyppien metsiköiden puus-  
tojen kehityssarjat poikkeavat keskimäärin toisistaan. Metsätyyppien alueellisen luonteen vuoksi tehtävä ei ollut kuitenkaan enää 1970-luvulla yhtä yksinkertaista kuin miltä se ehkä oli näyttänyt 1910-luvulla.



Kuva 13. Eri pituusboniteettien viljelymänniköiden kiertoajan keskimääräinen vuotuinen tilavuuskasvu (Vuokila ja Väliaho 1980) verrattuna luonnonnormaalien metsiköiden kokonais- ja elävän puuston vastaaviin kasvutunnuksiin M. ja Y. Ilvessalon (1975) tutkimuksessa (ks. myös Vuokila 1982b).

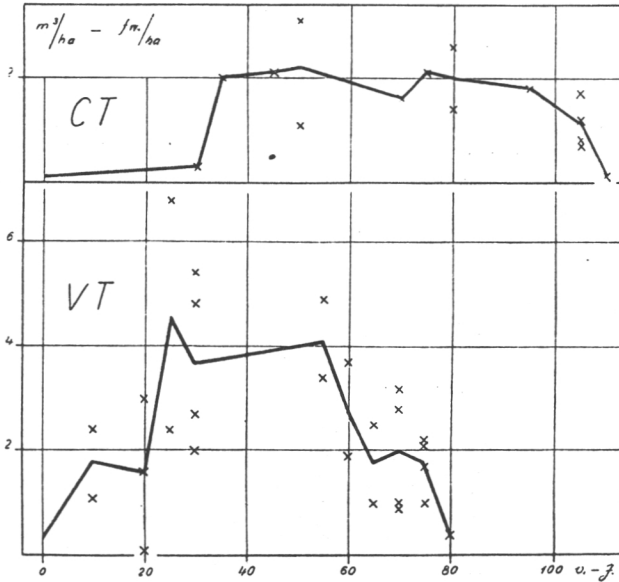
## 123. Hakkuin käsitellyt luonnonmetsiköt

Ennen Suomen itsenäistymistä ja vielä pitkälle sen jälkeen metsien käsittely oli enimmäkseen määrämittaharsintaa. Luonnontilaisten ja harsittujen metsien lisäksi laaja-alaisia olivat lehtipuumetsiköt, jotka kasvoivat kiertokaskiviljelyn kohteena olevilla alueilla. Metsänhoidossa nojaututtiin saksalaisiin tutkimuksiin ja menetelmiin (esim. L. Ilvessalo 1925).

Vasta 1930-luvulla virisi varsinainen keskustelu Suomen metsien metsänhoidollisista hakkuumenetelmistä (L. Ilvessalo 1930, ks. myös L. Ilvessalo ja E. Laitakari 1949). Keväällä 1935 teki Keskusmetsäseura Tapio Metsäntutkimuslaitokselle esityksen "sellaisen tutkimuksen aikaansaamiseksi, joka koskisi maamme voimakkaasti hakattuja yksityismetsiä". Eduskunnan myönnettyä tutkimusta varten määrärahan aloitettiin alustavat työt metsänhoidon tutkimusosastossa professori Olli Heikinheimon johdolla v. 1937. Tutkimuksen maastotyöt pääsivät alkuun varsinaisesti v. 1938, jolloin osastoon tuli ylim. tutkijaksi Risto Sarvas.

Tutkimuksen maastotyöt saatiin päätökseen kesällä 1940 ja aineiston käsittely keväällä 1941. Sodan aiheuttaman keskeytyksen vuoksi Sarvas väitteli tohtoriksi v. 1944 täten aikaansaadulla tutkimuksella "Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin".

Sarvaksen aineisto, 159 tutkimuskohdetta, sijaitsi linjan Pori-Tampere-Pieksämäki-Joensuu-Sortavala eteläpuolella. Tutkimuskohteet olivat loppuun harsittuja vähäpuustoisia jätemetsiä. Vertailu Y. Ilvessalon (1920b) kasvu- ja tuotostaulukoihin antoi seuraavan tuloksen (ns. nuorena harsitut metsät):



Kuva 14. Nuorena harsitun männikön vuotuisen kasvun kehitys (Sarvas 1944).

	Ilvessalo	Sarvas
	Kasvu m <sup>3</sup> /ha/v kuoretta	
Mänty, VT (k.aika 80 v)	4,7 (+ 42 %)	3,3
CT (k.aika 110 v)	2,6 (+ 62 %)	1,6
Kuusi, MT (k.aika 70 v)	4,8 (+ 30 %)	3,7

Kasvuprosentit Sarvas totesi harsintametsiköissä varsin korkeiksi. Viitaten myös Osaraan (1935) hän päätteli vähäisen kasvun olevan ensi sijassa puuvaraston pienuudesta johtuva. Puustopääoman lisäämisen hän totesi kuitenkin vaikeaksi siitä syystä, että suhteellisen lievätkin hakkuut muodostuvat tällaisissa metsissä helposti liikahakkuiksi.

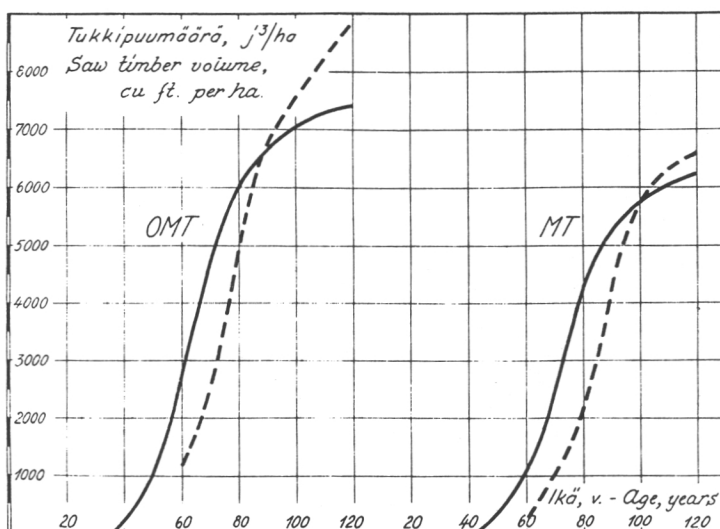
Sarvaksen edellä selostettu tutkimus antoi lopullisen sysäyksen vuoden 1948 tunnetulle julkilausumalle, jossa kuusi metsäntutkijaa ja metsäammattimiestä (Appelroth, Heikinheimo, Kalela, Laitakari, Lindfors ja Sarvas) tuomitsivat harsinnan ja samalla pyyhkäisivät koko harsinnan käsitteen pois metsä-

terminologiasta. Tilalle asetettiin ns. luonnonmukainen metsien käsittely, jota on parhaiten kuvannut Kalela (1948) samannimisessä julkaisussaan.

Luonnonmukaisen metsien käsittelyn idea syntyi lähinnä teoreettisen ajattelun pohjalta. Sarvaksen jätemetsiin kohdistunut tutkimus ei sinänsä oikeuttanut niin radikaaliin muutokseen kuin mitä korostettu alaharvennus merkitsi. Tarvittiin lisätietoa siitä, miten puustot kehittyvät, jos niitä käsitellään omaksutun uuden käytännön mukaisesti.

Tätä taustaa vasten on ymmärrettävää, että Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosastossa aloitettiin Yrjö Ilvessalon aloitteesta laaja alaharvennuksin käsiteltyjen metsiköiden rakennetta, kasvua ja kehitystä selvittelevä tutkimus v. 1948, samana vuonna, jolloin Kalela julkaisi luonnonmukaista metsien käsittelyä koskevan teoriansa. Tutkimuksen vastuuhenkilö oli Olavi Linnamies, Sippolan metsäkoulun johtaja, joka oli ennen sotaa ja sen jälkeenkin ollut pitkään osaston nuorempana assistenttina. Ryhmänjohtajina tämän tutkimuksen maastotöissä olivat sen eri vaiheissa Pentti Koivisto, Aarne Nyysönen ja Yrjö Vuokila, kaikki vastavalmistuneita metsänhoitajia.

Selostettu tutkimus oli alunperin ajateltu arvokasvututkimukseksi. Pyrittiin osoittamaan, mitä luonnonmukainen metsien käsittely merkitsee liiketaloudellisesti. Olavi Linnamies ei loppujen lopuksi voinut irrottautua käytännön tehtävistään, jotka veivät hänet metsähallituksen ja metsäteollisuuden palvelukseen. Arvokasvututkimus jäi valmistumatta, mutta kerätyistä aineistoista julkaistiin 1950-luvulla kaksi väitöskirjaa, joissa tarkasteltiin harvennuksin käsiteltyjen havupuumetsiköiden puuston kehitystä. Nyysösen (1954) väitöskirja kohdistui männiköihin ja Vuokilan (1956) kuusikoihin. Nyysösen (1952) oli aikaisemmin julkaissut tutkimuksen puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä.



Kuva 16. Vuokilan (1956) hoidettujen kuusikoiden kehitystä koskevassa tutkimuksessa oli myös puutavarajakauma mukana. Kuva esittää tukkipuumäärän iänmukaista kehitystä hoidetuissa (yhtenäinen viiva) ja luonnonnormaaleissa (katkoviiva) kuusikoissa.

Kummankin em. väitöskirjan aineisto oli Etelä-Suomesta, 63. leveysasteen eteläpuolelta. Nyssösen aineisto käsitti 190 koealaa, niistä 110 alaharvennuksin ja loput "epämääräisesti" (harsien) käsiteltyjä. Vuokilalla koealoja oli 119, kaikki alaharvennuksin käsitellyissä metsiköissä mitattuja.

Omalta osaltaan Nyssösen piti uskallettuna olettamusta, että männiköissä suoritettavat harvennushakkuut suurentaisivat kuutiotuottoa suhteessa hakkuin käsittelemättömiin metsiköihin. Vuokilan tutkimustulokset viittoivat sitä vastoin hänen tutkimiensä hoidettujen kuusikoiden kasvun selvään paremmuuteen luonnonnormaalien metsiköiden vastaaviin kasvuarvoihin verrattuna. Pääsyyinä tähän tulokseen on Y. Ilvessalon (1920b) aineistoon kuuluneiden kuusikoiden kenties pitkällinenkin alikasvosvaihe. Nyssösen aineistoa ovat myöhemmin käyttä-

neet Kuusela ja Kilkki (1963) kasvun ennusteyhtälöitä laati-  
essaan.

Nyysösen (1954) tutkimuksessa rajoitetaan puuston kiinto-  
kuutiometrein ilmaistuihin tilavuustunnuksiin. Vuokilan  
(1956) tutkimuksessa käsiteltiin myös tuotosta, ts. eri puu-  
tavaralajien määrien ja osuuksien kehitystä puuston iän li-  
sääntyessä. Kallion (1957) väitöskirjassa "Käenkaali-mustik-  
katyypin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa" tar-  
kastelu ulottui myös liiketaloudellisiin tunnuksiin. Taksa-  
toriselta osaltaan Kallion tutkimuksen tulokset eivät poiken-  
neet olennaisesti Vuokilan tutkimuksessa esitetyistä.

Haapametsiköitä tutki 1950-luvulla Tikka (1954, 1955). Hak-  
kuin käsiteltyjen koivikoiden kehityksestä olivat ensimmäiset  
tulokset Kuuselan (1956) esittämiä. Ne perustuivat 52 koe-  
alaan Saimaan ja Päijänteen välisen alueen mustikka- ja käen-  
kaalimustikkatyypiltä. Tutkimuksessa ei hiestä ja raudusta  
erotettu toisistaan.

Koivuaihe siirtyi sittemmin Koiviston tutkittavaksi. Koivis-  
to täydensi Kuuselan aineistoa ja erotti rauduksen ja hieksen  
toisistaan. Hänen varsinainen tutkimuksensa ilmestyi vain  
monisteena v. 1957 ja oli tuolloin lisensiaattityö. Varsi-  
naiset kehityssarjat on kuitenkin painettu Koiviston jäljem-  
pänä selostettavaan kokoelmajulkaisuun (1959).

Koiviston tutkimusten mukaan (ks. myös 1958 ja 1960) raudus-  
koivun tilavuuskasvukyky on selvästi havupuuta heikompi ja  
tukkipuun kokonaistuotos selvästi pienempi kuin männyn ja  
kuusen. Jos vertailu perustuu kuitenkin tuotettuun kuiva-  
aineeseen, raudus on tasavertainen havupuulajien kanssa.  
Hies on puuntuotantokyvyltään selvästi raudusta heikompi.

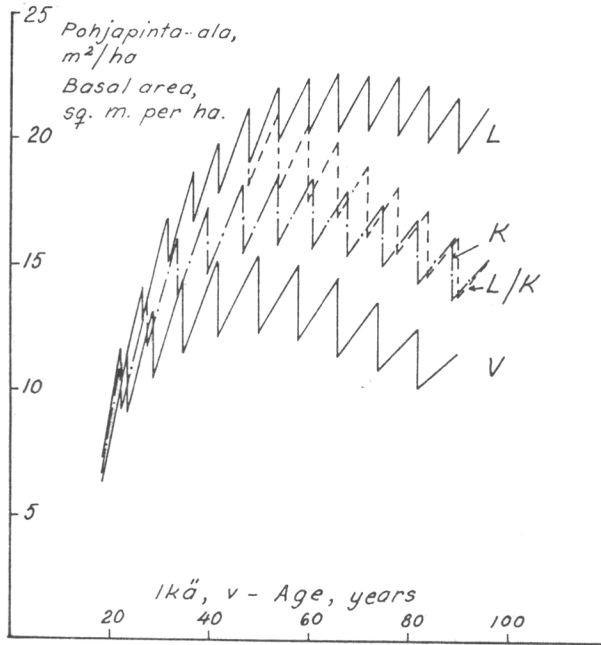
Tutkimusten lukumäärän lisääntyessä 1950-luvulla tuli ajan-  
kohtaiseksi koota siihenastiset kasvu- ja tuotostutkimukset  
taulukkojulkaisuksi. Yrjö Ilvessalo antoi tehtävän Koivis-  
tolle, mutta kun hän siirtyi v. 1957 Ruotsiin Skogshög-

skolanin prof. Bo Eklundin assistentiksi, jäi työn viimeistely ja painatuksen valvonta Vuokilalle. Taulukot ilmestyivät Koiviston nimellä v. 1959.

Kyseiseen kokoelmajulkaisuun sisältyi luonnonnormaalien metsiköiden (Y. Ilvessalo 1920b, 1937) päätulosten lisäksi kehityssarjoja E. K. Cajanderin (1933) likimain luonnontilaisista viljelykuusikoista sekä Nyyssösen (1954), Vuokilan (1956, 1957) ja Koiviston (1957) hakkuin käsiteltyjä metsiköitä koskevista tutkimuksista. Männiköiden (Nyyssönen 1954) osalta kehityssarjoja täydennettiin Mäkisen (1959) tutkimustuloksilla, jotka oli saatu ns. risusavottakoealoilta.

Uutta olivat kokoelmajulkaisussa valtakunnan metsien 3. inventoinnin yhteydessä metsänhoidollisesti hyväksi ja tyydyttäväksi luokiteltujen metsiköiden aineistosta Koiviston suorittamat kehityssarjalaskelmat. Kysymyksessä olevassa inventoinnissa mitattiin kookkaita ympyräkoealoja (varttuneissa metsiköissä 1/10 ha), joita voitiin käyttää hyödyksi tällaisia kehityssarjoja laadittaessa. Koiviston käytettävissä oli 485 koealaa maan eteläpuoliskon havumetsiköistä. Puhuttaita koivikoita ei ollut niin paljon, että niiden avulla olisi voitu laatia kehityssarjoja. Männiköiden kehityssarjat esitettiin metsätyypeille MT-CT ja kuusikoiden OMT-MT. Normaaleihin talousmetsiin perustuvina kyseiset kehityssarjat ovat olleet käyttökelpoisia etenkin taloussuunnitelmien taivitepuustojen suunnittelussa.

1960-luvun alkaessa hakkuin käsiteltyjen metsiköiden kehitystutkimusten kiireisin tarve oli ohi. Edellisen vuosikymmenen tutkijakaarti hajosi. Nyyssönen oli siirtynyt Helsingin yliopiston metsänarvioimisen professoriksi. Koivisto oli Ruotsissa assistentin tehtävissä. Ilvessalo siirtyi eläkkeelle v. 1962 ja tilalle tuli Kuusela. Vuokilasta tuli samana vuonna Helsingin yliopiston metsänarvioimisen apulaisprofessori. Käytännössä nämä muutokset merkitsivät - joskaan eivät kasvu- ja tuotostutkimuksen loppumista - sen merkittävää vähenemistä 1960-luvun ajaksi.



Kuva 17. Erialaisten harvennusohjelmien vaikutus puuntoppääomaan Vuokilan (1967) mukaan.

Yksi laaja tutkimus oli kuitenkin käynnissä ja saatiin päätökseen myös 1960-luvulla. Yhdysvaltain maatalousministeriö myönsi v. 1960 Metsäntutkimuslaitokselle huomattavan suuren tutkimusapurahan Vuokilan suunnittelemaan ja johtamaan tutkimukseen, jonka tarkoituksena oli selvittää ja kehittää tiilapäiskoealojen käyttömahdollisuuksia hakkuin käsiteltyjen metsiköiden kasvu- ja tuotostaulukoiden laadinnassa. Tehtävän luonteen vuoksi Vuokila toimi tutkimuksen johtajana senkin jälkeen, kun hän oli siirtynyt Helsingin yliopiston palvelukseen. Tämän menetelmätutkimuksen päätulokset (Vuokila 1965) on jo edellä tuotu esille.

Kehittämänsä menetelmän pohjalta Vuokila (1967) julkaisi "Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten". Tutkimuksen taustamateriaalina oli 154 koalaa, jotka sijaittivat

n. 63. leveysasteen eteläpuolella. Aineisto käsitti metsätyypit OMT-CT. Tutkimusmetsiköt olivat pääasiassa luontaisesti syntyneitä.

Paitsi menetelmältään mainittu tutkimus oli poikkeuksellinen myös siinä mielessä, että siinä pyrittiin ensimmäisen kerran koko maailmassa laatimaan kasvu- ja tuotostaulukot vaihtelevin kasvatusmenetelmin käsitellyille metsiköille kertamittauksiin perustuvien koealojen. Tutkimus osui kuitenkin ajankohtaan, jolloin metsien käsittelyn menetelmät olivat nopeasti muuttumassa. Lievien, usein toistuvien harvennusten tilalle olivat tulossa erittäin voimakkaat, harvoin toistuvat harvennukset. Kun nyt kysymyksessä olevissa kasvu- ja tuotostaulukoissa harvennusten edellytettiin toistuvan kaavamaisesti 10 vuoden väliajoin, kasvatusohjelmat olivat vanhentuneita jo syntyessään. Tutkimustulokset joka tapauksessa osoittivat, että puustopääoman aleneminen harvennusten toistuessa usein johtaa merkittäviin kasvutappioihin. Puustopääoman roolin merkityksen paljastuminen vaikutti myöhemmin ratkaisevasti harvennusohjeiden muotoutumiseen. Tutkimus antoi sitä paitsi tärkeitä kokemuksia, joita voitiin käyttää hyödyksi 1970-luvun puuntuotostutkimuksissa.

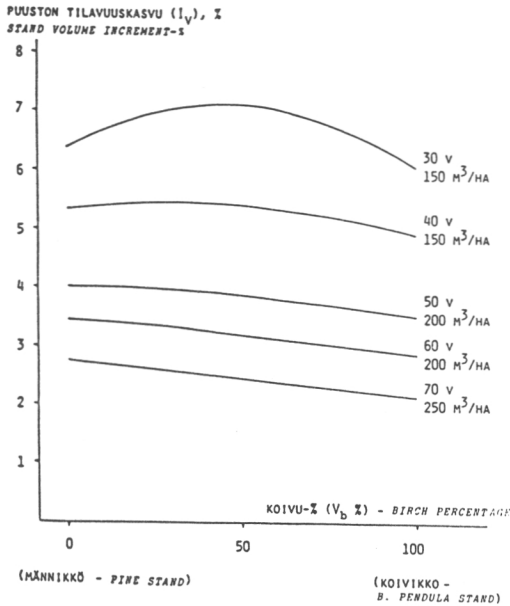
Kehitettyä menetelmää käyttäen Vuokila (1970) laati lisäksi kehityssarjat ns. harsintaharvennuksin käsitellyille männiköille. Käsitteilyn voimakkuudessa oli kolme astetta ja harsintatavassa kaksi. Taulukot, jotka sisälsivät päätutkimuksen tapaan myös runkolukusarjat puuston eri ikävaiheille, esitettiin vain puolukkatyyppiä vastaavalle pituusboniteetille. Yleisenä varovaisuuteen pyrkivänä päätelmänä Vuokila esitti, ettei harsintaharvennus ole alaharvennusta kielteisempi metsänkäsittelymenetelmä. Lisäksi hän totesi, että puustopääoma ja sen säilyttäminen korkeana ovat tärkeimpiä kuin harvennustapa. Esitettyjen kehityssarjojen perusteella Hämäläinen (1978) suoritti harvennustavan vaikutusta liike-taloudelliseen tulokseen koskevia laskelmia.

1970-luvulta on vielä mainittava kaksi tilapäiskoealoihin nojautuvaa tutkimusta Kainuusta ja Pohjanmaalta. Koivisto

(1972) selvitti 72 koealaa käsittävällä aineistollaan sikäläisten talousmänniköiden kehitystä ja Saramäki (1977) ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitystä ja kasvatuksen kannattavuutta aineistonaan 62 koealaa, näistä 40 turvemaiden hieskoivikoissa.

1970-luvulla ilmestyi muutamia yksittäisiin kestokokeisiin nojautuvia suppeita tutkimuksia, jotka toivat valaistusta eräiden harvemmin esiintyvien metsikkölajien puuston kehitykseen. Vuokila selosti hoidetun haavikon (1977a), talvikkityypin männikön (1977b) ja puolukkatyyppin kuusikon (1977c) kehityksen erikoispiirteitä. Hyvän kasvupaikan haavikon hän totesi kehittyvän varsin samankaltaisesti kuin vastaava rauduskoivikko. Talvikkityypin männiköstä hän antoi myönteisemmän kuvan kuin mitä aikaisemmin oli oletettu. Myös puolukkatyyppin hoidetun kuusikon puuntuotantokyvystä saatiin selvästi edullisempi käsitys kuin mitä Sarvaksen (1951) tutkimus oli osoittanut. Hyvälle kasvupaikalle syntyneen luonnonhaavikon kasvattamista Vuokila piti perusteltuna, samoin puolukkatyyppin kuusentaimiton kasvattamista ainakin silloin, kun se on ehtinyt saavuttaa 5 m:n pituuden.

Puhtaita luonnonmetsiköitä koskevan tutkimuksen edistyessä jäivät sekametsiköt 1920-luvun jälkeen taka-alalle. Näin oli siitä huolimatta, että itse asiassa valtaosa Suomen metsistä on sekametsiköitä. Kun sekametsikkövaihtoehdon eräät myönteisiksi arvioidut näkökohdat olivat 1970-luvun alussa tulleet korostetusti esille, aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksen puuntuotoksen tutkimussuunnalla vuosikymmenen loppupuoliskolla laaja tutkimus erityisesti koivusekoituksen puuntuotannollisesta merkityksestä havupuumetsiköissä. Kenttätyöt aloitettiin v. 1977 ja ensimmäinen tutkimus valmistui v. 1980 (Mielikäinen 1980). Tutkimus, joka käsitteli mänty-koivu-sekametsiköiden rakennetta ja kehitystä, perustui 117 koealarypääseen pääasiassa Päijänteen itäpuolisilta entisiltä kasvialueilta etelärajana Heinola ja pohjoisrajana Kuopion korkeus. Koealarypääseen kuului kolme samassa metsikössä mitattua koealaa, yksi puhdas männikkö, toinen puhdas koivikko ja kolmas näiden muodostama sekapuusto.



Kuva 18. Männikön, rauduskoivikon ja mäntyrauduskoivusekametsikön vuotuinen tilavuuskasvu metsikön iän, puuston määrän ja koivun osuuden funktiona Mielikäisen (1980) mukaan.

Mielikäinen totesi tutkimuksessaan, että mänty-rauduskoivusekametsikön kokonaiskasvu kiertoajan kuluessa vastaa puhtaasti männikön kasvua. Nuorena metsikössä koivusekoitus lisää, vanhassa pienentää männikön kasvua. Sekametsikkö ei pysty kilpailemaan tukkipuun tuotoksessa tasaveroisesti männikön kanssa.

Sekametsikkötutkimus jatkuu. Tutkimuksen kohteena on nyt kuusi-koivusekametsikkö. Aineisto on jo kerätty ja sen analysointi hyvää vauhtia käynnissä.

Pohjois-Suomessa ovat laajat tutkimukset käynnissä suojaetsäalueella. Maaston korkeutta puuston kasvutekijänä selvittävä tutkimus (Roiko-Jokela 1980) on valmistunut.

## 124. Viljelymetsiköt

Metsänviljelyä harjoitettiin ennen toista maailmansotaa ja pitkään sen jälkeenkin vain kokeilevassa mielessä. Kuusta istutettiin, mäntyä kylvettiin. Etenkin Tuomarniemen hanki-  
kylvöt (Borg 1935) ovat tunnettuja.

Kuusi-istutuksia oli jo 1930-luvulla niin paljon, että E. K. Cajander (1933) saattoi kerätä verraten laajan aineiston kasvu- ja tuotostutkimusta varten. Kuten edellä on todettu, tuolloiset istutuskuusikot olivat kuitenkin joko täysin luon-  
nontilaisia tai vain hyvin lievästi käsiteltyjä.

Kului lähes kolme vuosikymmentä ennen kuin seuraava viljely-  
metsiköitä koskeva kasvu- ja tuotostutkimus ilmestyi. Tekijä oli Kallio (1960) ja aiheena "Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä".

Kallion tutkimus perustui 73 koealaan mustikka- ja puolukka-  
tyypeiltä. Pohjoisraja oli n. 63. leveysaste. Yleispäätel-  
mänä Kallio totesi, että "hoidetun kylvömännikön kuutio- ja  
kasvukehitys ovat metsikön 70-80 ikävuosiin saakka keskimää-  
rin samaa suuruusluokkaa kuin toistuvasti harvennetun luon-  
nonmännikön mutta rakennekehitys ja tuotos hiemen edullisem-  
mat". Männyn kylvöä Kallio piti edullisena metsänuudistamis-  
tapana. Edullisuus korostuu hänen mukaansa erikoisesti siel-  
lä, missä luontainen uudistuminen on epävarmaa ja tapahtuu  
hitaasti.

Erityisesti viljelymetsiköihin kohdistuvan tutkimuksen kan-  
nalta oli ratkaisevaa, että Metsäntutkimuslaitokseen perus-  
tettiin v. 1969 kasvu- ja tuotostutkimuksen (puuntuotostutki-  
muksen) professorin virka. MERA-kausi, jonka toimenpiteissä  
metsänviljelyllä oli keskeinen sija, oli päässyt hyvään vauh-  
tiin. Metsänviljely oli aloitettu suurella laajuudessa,  
vaikkei ollut paljoakaan tietoa siitä, miten nämä keinolli-  
sesti perustetut metsiköt selviytyisivät ja miten ne kierto-  
ajan puitteissa kehittyisivät. Uuden professorin kiireisin  
tehtävä oli aloittaa välittömästi nimenomaan viljelymetsiköi-  
tä koskeva tutkimus.

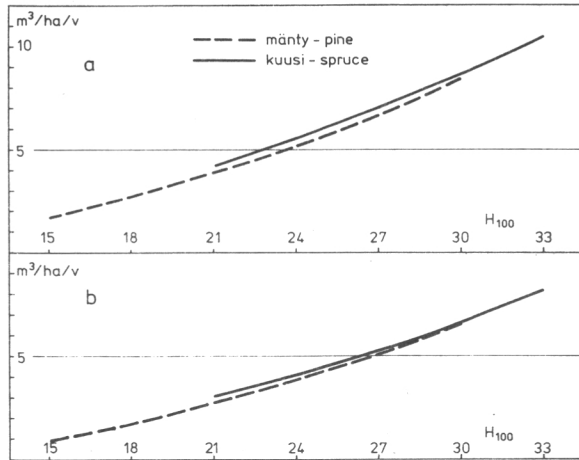
Vaikka aluksi virkaatekeväksi määrätty professori (Vuokila) aloitti työnsä vasta 1.3.1969, pääsivät kenttätöet käyntiin heti samana keväänä. Kun uuden viran saaminen oli varmistunut, oli näet jo vuoden 1968 puolella tehty alustavia suunnitelmia ja sijoitettu kyseinen tutkimus Metsäntutkimuslaitoksen v:n 1969 tutkimusohjelmaan.

Viljelymetsiköiden kasvututkimusta suunnitellessaan Vuokila käytti paljolta hyväksi niitä kokemuksia, joita oli syntynyt amerikkalaisen apurahan turvin toteutetussa menetelmätutkimuksessa (Vuokila 1965) ja sitä seuranneen taulukkojulkaisun koostamisessa (Vuokila 1967).

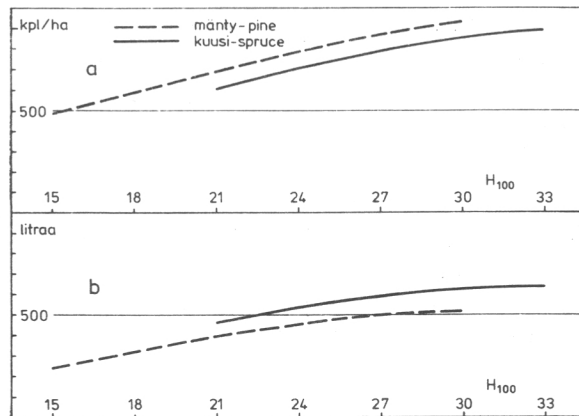
Tilapäiskoealoja mitattiin koko maan havupuumetsiköistä ja perustettiin samalla puolipysyviä koealoja istutuskoivikoihin. Mäntyaineisto käsitti kaikkiaan 226 koealaa. Se peitti koko maan ja kaikki metsänviljelyssä kysymykseen tulevat männyn kasvupaikat. Männiköt olivat enimmäkseen kylvettyjä. Kuusiaineistoa löytyi pääasiassa Etelä-Suomesta ja se käsitti 128 koealaa istutetuissa metsiköissä. Sovelletun kasvupaikka-luokittelun ansiosta eteläsuomalaisista aineistosta voitiin kuitenkin käyttää tietyissä rajoissa myös pohjoissuomalaisten kasvupaikkojen kasvu- ja tuotoskyvyn arvioimiseen. Koealoja kertyi kaikkiaan 354 kpl.

Kasvu- ja tuotostaulukoiden laadinnassa ja siinä keskeisessä asemassa olevien kasvuyhtälöiden suunnittelussa Vuokilan työtoverina oli Hannu Väliaho, joka tutkimusta aloitettaessa oli Metsäntutkimuslaitoksen matemaattisen osaston vt. päällikkö mutta joka siirtyi tutkimuksen kestäessä Helsingin yliopiston sovelletun matematiikan professoriksi. Maastotöiden valvonnasta ja koeala-aineiston peruslaskelmista vastasi ohjeiden mukaisesti MH Matti Oikarinen ja atk-laskelmista FK Pirkko Luoma.

Lopullinen julkaisu (Vuokila ja Väliaho 1980) sisältää 223 kasvu- ja tuotostaulukkoa (kasvatusmallia), 125 taulukkoa istutuskuusikoille ja 98 taulukkoa kylvömänniköille. Taulukkoita suunniteltaessa ei lähdetty minkäänlaisista ennako-



Kuva 19. Kiertoajan keskikasvu (a) ja tukkipuun keskituotos (b) harvennusmalleja noudatettaessa Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan.



Kuva 20. Kiertoajan kuluessa tuotettujen tukkirunkojen lukumäärä (a) ja keskikoko (b) harvennusmalleja noudatettaessa Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan.

olettamuksista, vaan niitä laadittiin runsain määrin kasvu-  
paikkaluokkaa, kiertoaikaa, harvennusten lukumäärää ja niiden  
voimakkuutta vaihdellen. Vaikka kaikkia laskettuja taulukoi-  
ta ei voitukaan kustannussyistä julkaista, tarkoituksena oli  
antaa taulukoiden käyttäjille hyvin vaihtelevia kasvatusmal-  
leja, joista jokainen voi valita omiin tarkoituksiinsa sopi-  
vat vaihtoehdot. Lähtökohtana oli tällöin se, että erilai-  
silla metsänomistajilla voi olla hyvinkin erilaiset tavoit-  
teet metsiään kasvattaessaan.

Samalla edettiin ensi askel kohti atk-pohjaista yleistä simu-  
lointimallistoa, joka mahdollistaisi rajattomien käsittely-  
vaihtoehtojen tutkimisen. Sovellettu atk-ohjelma antaa jo  
tosin rajattomat mahdollisuudet. Toistaiseksi rajan asettaa  
kuitenkin mallien taustana oleva aineisto, joka velvoittaa  
simuloinnin kriittiseen käyttöön.

Vuokilan ja Väliahon viljelymetsikkötutkimuksen (1980) eräs  
päättulos on se, ettei metsänviljely merkitse suinkaan puun-  
tuotannon johdonmukaista lisääntymistä, jos vertailukohtana  
on samanikäinen alusta alkaen hoidettu luontaisesti syntynyt  
metsikkö. Siksi metsänviljelyn edut ovat suurimmat silloin,  
kun luontainen uudistaminen ei onnistu tai kun se syystä tai  
toisesta viivästyy.

Tutkimuksen alkuvaiheessa perustetut puolipysyvät koivukoe-  
alat mitattiin uudestaan viiden vuoden kuluttua. Näiden mit-  
tausten perusteella, osaksi Raulon (1977) käyttämään aineis-  
toon tukeutuen, Oikarinen (1983) laati kasvu- ja tuotostaulu-  
kot istutetuille rauduskoivikoille. Koska aineisto oli pieni  
ja alueellisesti rajallinen, tämä koivututkimus voi antaa  
vain alustavan käsityksen istutuskoivikoiden kehityksestä.

Nämä alustavat tutkimukset osoittavat, että istutetun raudus-  
koivikon kehitys on etenkin nuoruusvaiheessaan, mutta myös  
varttuneemmalla iällä yllättävän nopeaa, vaikka se jääkin  
kiertoajan mittaisena aikana ja järeyskehityksessä vastaavis-  
ta havupuumetsiköistä jälkeen.

## 125. Talousmetsiköt

Puuntuotostutkimukset ovat vanhastaan yleensä pyrkinneet eräänlaisen tavoitepuuston ja ideaalikäsitteilyn tutkimiseen. Talousmetsät poikkeavat kuitenkin keskimäärin merkittävästi tavoitepuustotasosta.

Valtakunnan metsien inventointien välityksellä saadaan jatkuvasti tietoa siitä, kuinka suuri on metsien puustopääoma, kuinka paljon ne kasvavat ja mikä on niiden metsänhoidollinen tila. Seuraavassa ei käsitellä kuitenkaan valtakunnan metsien inventointien tuloksia vaan niitä inventointien maastoaineistoihin perustuvia tutkimuksia, joilla on puuntuotostutkimuksen luonne, ts. joiden avulla voidaan ennustaa tavallisten talousmetsiköiden kasvua ja kehitystä. Inventointiaineistojen hyväksikäyttö on erityisesti 1970-luvulla ollut puuntuotostutkimuksessa monipuolista. Kolmannen inventoinnin (1951-53) kookkaat ympyräkoealat ovat tarjonneet toistaiseksi parhaan lähtökohdan talousmetsien kasvun analysointiin.

Koivisto (1970) selvitti saman inventoinnin 1146 koealan perusteella kasvun alueellisuutta Suomessa. Jos Etelä-Suomen kivennäismaiden metsien kasvua merkitään luvulla 100, Koiviston mukaan Pohjanmaan-Kainuun alueella vastaava kasvuindeksi on 83-81, Peräpohjolassa 57-53 ja Taka-Lapissa 38-32 niin, että suurin luku tarkoittaa parhaita ja pienin heikoimpia kasvupaikkoja.

1970-luvulla aloitettiin puuntuotoksen tutkimussuunnalla monivaiheinen tutkimus talousmetsien puuntuotantokyvyn kehittämismahdollisuuksien arvioimiseksi. Ensimmäiseksi ilmestyivät Hännisen (1974, 1976) harvennusmetsien puustoisuutta koskevat selvittelyt. Niissä todettiin kasvatusvaiheessa olevat metsät siinä määrin vajaapuustoisiksi, että yli puolet niistä oli alle voimassa olevien harvennusmallien edellyttämien vähimmäisnormien. Tutkimus perustui 5. inventoinnin aineistoon, 1960-luvun lopun metsälliseen tilanteeseen.

Hännisen siirryttyä toisiin tehtäviin talousmetsien tutkimusta jatkoi Gustavsen, joka julkaisi ensimmäiseksi valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt (Gustavsen 1977). Aineisto (3321

koealaa) hänellä oli 3. inventoinnista, mutta tulosten testaukseen hän käytti 5. inventoinnin koealoja (1573 kpl). Kasvuyhtälöitä Gustavsenin julkaisussa esitettiin 27 kpl. Mukana olivat pääpuulajit: mänty, kuusi ja koivu. Yhtälöitä laadittiin koko maata ja sen eri osa-alueita varten.

Mielikäinen (1975) oli pro gradu -työssään esittänyt männiköiden ja kuusiköiden kuutiokasvuyhtälöt käyttäen männiköiden osalta Nyysösen (1954) ja Vuokilan (1965) sekä kuusiköiden osalta Vuokilan (1956) aineistoja. Aineistojen mukaisesti Mielikäisen yhtälöillä voitiin ennustaa Etelä-Suomen hoidettujen metsiköiden kasvua ja kehitystä.

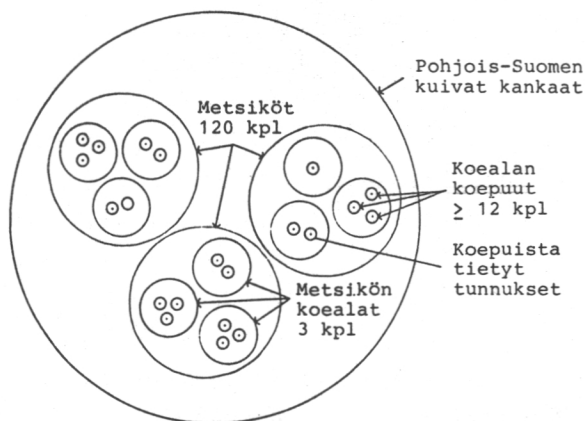
Pyrkiessään talousmetsien kasvun ennusteyhtälöihin Nyysösen ja Mielikäinen (1978) laskivat sittemmin 6. inventoinnin aineistosta em. yhtälöille korjauskertoimet piirimetsälautakunnittain. Korjauskertoimen lukuarvo, jolla yhtälöiden antama tilavuuskasvu oli kerrottava, vaihteli rajoissa 0,60-0,97 ja oli Etelä-Suomessa keskimäärin 0,85.

Gustavsenin (1977) sekä toisaalta Nyysösen ja Mielikäisen (1978) valtakunnalliset ennusteyhtälöt antavat eräin kohdin merkittävästikin toisistaan poikkeavia tuloksia. Erot ovat suurimmat männiköissä. Gustavsenin yhtälöt ovat monipuolisuutensa, aineistopohjansa ja valtakunnallisen peittävyytensä perusteella näistä kahdesta selvästi käyttökelpoisemmat. Gustavsenin jatkotutkimusten tarkoituksena on selvittää erityisesti vajaapuustoisten talousmetsien kehittämismahdollisuuksia ja täystuottoisuuden saavuttamiseen kuluva aikaa.

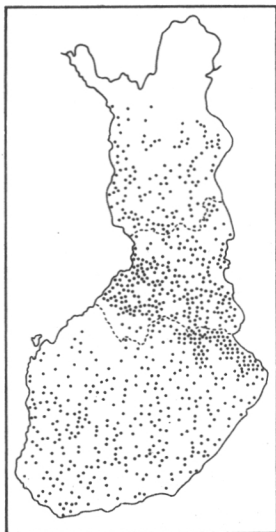
Valtakunnan metsien inventoinnin koealat eivät sovellu, etenkin jos ne ovat relaskoopikoealoja, ihanteellisesti metsiköiden kasvuun vaikuttavien tekijöiden analysointiin. Tästä syystä puuntuotoksen tutkimussuunnalla aloitettiin v. 1976 pysyvien kokeiden perustaminen valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta satunnaisesti valittuihin talousmetsiköihin. Kun tämä koesysteemi saadaan v. 1983 perustetuksi, käytettävissä on n. 1000 pysyvää kolmen koealan ryvästä talousmetsien kasvun ja kehityksen yksityiskohtaista analyysiä varten. Samana vuonna päättyy Lapin ja Oulun lääneissä näiden

koealojen uudismittaus. Aineiston käsittely, joka perustuu ensimmäiseen 5-vuotiskauteen, alkaa välittömästi.

Tätä ns. Inka-projektia ovat yksityiskohtaisesti selostaneet Roiko-Jokela (1982) ja Meriluoto (1982). Tietokonetekniikan nopea kehitys ja Inka-kokeet takaavat sen, että puuntuotostutkimus kykenee jatkossa täyttämään entistä paremmin metsätalouden suunnittelun tarpeet. Samalla Inka-projekti on merkittävä askel kohti automatisoitua tiedonhallintaa ja sen tehokasta hyväksikäyttöä tulevaisuuden puuntuotostutkimuksissa.



Kuva 21. Esimerkki Pohjois-Suomen kuivien kankaiden tiedon hierarkiasta Inka-systeemissä Roiko-Jokelan (1982) esittämänä.



Kuva 22. Inka-kokeet syksyllä 1982, jolloin puuttui vielä v:n 1983 mittaukset Pohjanmaalla ja lounaisessa saaristossa.

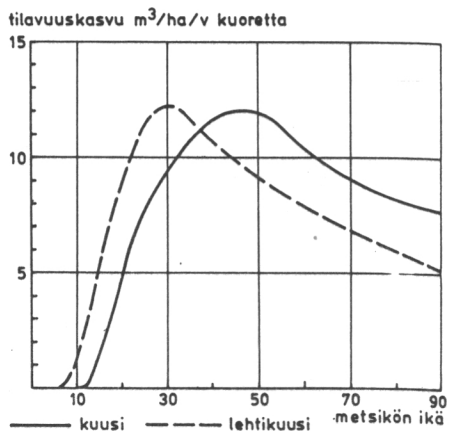
## 126. Vierasperäiset puulajit

Vanhimmat kokeilut vierasperäisin puulajein lienevät Suomessa 1600-luvulta. Vasta 1860-luvulta (ks. L. Ilvessalo 1926) ovat kuitenkin peräisin ensimmäiset laajahkot kokeilut (Blomqvist 1887), jotka sijaitsivat ennen muuta Evolla. Uranuurtajaksi on katsottava A. F. Tigerstedt, jonka ansiota ovat Mustilan Kotikunnaan monipuoliset kokeet. L. Ilvessalon monet dendrologiset kirjoitukset (esim. 1920) olivat omiaan lisäämään tietoa vierasperäisten puulajien kotiuttamismahdollisuuksista Suomessa.

Metsäntutkimuslaitoksessa kokeiden perustamisesta ja niiden hoidosta vastasi laitoksen ensimmäisinä vuosikymmeninä Heikinheimo, joka esitti v. 1956 "Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa" sisällyttäen siihen myös eräitä mittaus-tuloksia (valtapituus, valtaläpimitta, eräissä tapauksissa kuutiotuotto) Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueissa sijaitsevista viljelmistä.

Kokeilluista vierasperäisistä puulajeista on vain kaksi sel-laista, joita kohtaan tunnetaan 1980-luvulla edelleen kiin-nostusta metsätaloudellisessa mielessä. Toinen niistä on siperialainen lehtikuusi (*Larix sibirica*) ja toinen kontorta (*Pinus contorta*, entinen *Pinus Murrayana*).

Lehtikuusitutkimuksella on pitkät perinteet. Siihen on pää-syynä 1700-luvulta peräisin oleva Raivolan lehtikuusikko (ks. esim. L. Ilvessalo 1916, 1923), jonka hyvä tekninen laatu ja nopea kehitys ovat kiehtoneet kaikkia tähänastisia metsämies-polvia. Pääosa Nyky-Suomen lehtikuusikoista onkin siperia-laista ja Raivolan rotua. Lähinnä Raivolan lehtikuusikoiden valtapuiden kehitykseen keskittyi Lappi-Seppälänkin (1927) lehtikuusitutkimus. Myöhemmin Lappi-Seppälä (1942) julkaisi tosin tutkimuksen siperialaisen lehtikuusen kasvusta seka-metsiköissä Evon valtionpuistossa.



Kuva 23. Siperialaisen lehtikuusikon ja kuusikon kasvurytmien vertailu (ks. Vuokila 1980a).

Toistaiseksi ainoa laaja siperialaista lehtikuusta koskeva puuntuotostutkimus on Vuokilan (1960b) julkaisema. Hänen aineistonsa käsitti 10 kestokoetta ja 33 tilapäiskoealaa. Kestokokeista oli käytettävissä 72 mittauskertaa. Aineistoa oli lähinnä maan eteläisimmästä osasta. Pohjoisimmat koealat sijaitsivat Ähtärissä ja Pleksämäen mlk:ssa.

Tutkimuksen päätulos oli, että mustikkatyypillä ja sitä heikomilla kasvupaikoilla siperialaisen lehtikuusikon kasvukyky on huonompi (80-85 %) kuin kotimaisten puulajien muodostamien metsiköiden. Mustikkatyypillä paremmilla kasvupaikoilla siperialainen lehtikuusi kykenee hänen mukaansa samaan tilavuuskasvuun kuin kuusi. Puuyksilöiden järeytyminen on lehtikuusikoissa kuitenkin aivan omaa luokkaansa, johon kotimaiset puulajit eivät kykene.

Parin vuosikymmenen kuluttua edellä selostetun tutkimuksen aineistoa ryhdyttiin käsittelemään uudestaan. Tuloksena oli siperialaisen lehtikuusikon pituusboniteetit ja harvennusmallit käsittävä tutkimus (Vuokila, Gustavsen ja Luoma 1983). Harvennusmallit perustuvat tavanomaiseen tapaan pohjapinta-alarajoihin pituusboniteeteittain.

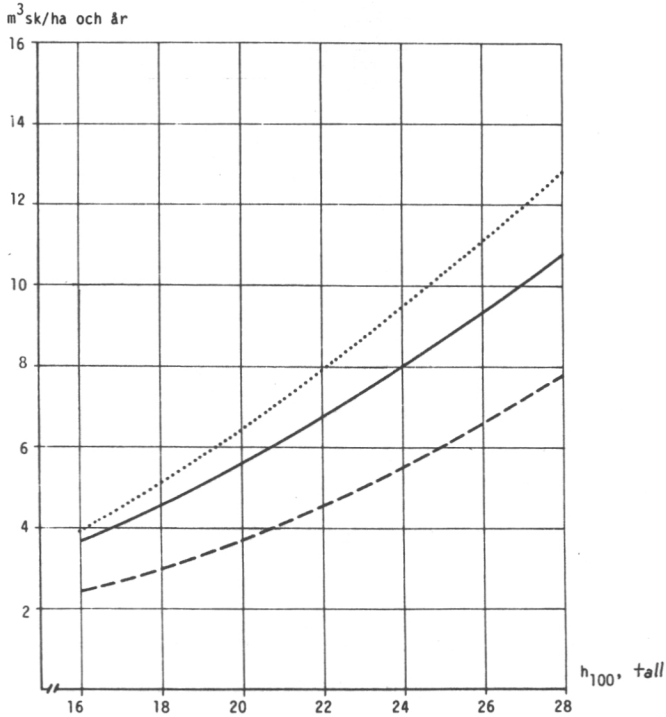
Kontorta-männyn kasvukyvystä saatiin ensimmäisiä tietoja Y. Ilvessalon (1929) vierailulta Yhdysvaltoihin ja Kanadaan v. 1927. Pohjoisamerikkalaisia metsätyyppejä selvitellessään Ilvessalo mittasi 55 koealaa kontorta-metsiköissä ns. Pachy-

stima-tyypiltä, jonka hän arvioi vastaavan suomalaista mustikkatyyppejä. Vertailu meikäläisen männyn ja kontortan kesken päättyi kotimaisen männyn eduksi.

Myös Suomessa tunnettiin jo varhain mielenkiintoa kontortaan. Mustilaan istutettiin laajahkoja metsiköitä, jonne Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosasto sijoitti koealasarjan v. 1926. Sarjan perustamisvaiheessa, puuston ollessa 16-vuotista, kuoretton kuutiomäärä oli jo  $70 \text{ m}^3/\text{ha}$ , valtapituus 7,5 m ja vuotuinen kasvu  $10,9 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{v}$  kuoretta. Suotta ei koesarjan perustaja Urho Metsänheimo (1926) otsikoinut tätä koskevaa kirjoitustaan: Suomen tuleva massapuu. Rinnakkaiskoealalla kaksi vuotta nuoremman kuusikon valtapituus oli 4,0 m ja kuutiomäärä  $12 \text{ m}^3/\text{ha}$ .

Samasta kokeesta raportoi Miettinen (1952), kun puusto oli 39-vuotista. Kontortan valtapituus oli tässä ikävaiheessa 17,7 m, kun se vertailumetsiköissä oli 15,6-15,7 m. Miettinen totesi, että kontorta-metsikön puuston keskiläpimitta ei ollut järeämpi kuin kotimaisten puulajien, mutta että sen kokonaiskasvu oli 39. ikävuoteen mennessä ollut 65 % suurempi kuin männikön ja 35 % suurempi kuin kuusikon. Sahatavaraksi kontorta oli Miettisen mukaan kotimaisia havupuulajeja huonompi. Ensossa suoritettujen tutkimusten mukaan sulfiittiselluloosan valmistukseen se oli kuitenkin sopivaa raakapuuta, vaikka siitä tehdyn selluloosan väri ei ollut yhtä hyvää kuin kuusiselluloosan, tosin parempaa kuin mäntyselluloosan.

Miettisen (1952) päätelmät sopivat yhteen sen käsityksen kanssa, mikä Suomessa tällä hetkellä on kontorta-metsikön varhaisesta kehitysnopeudesta. Lopullista vastausta vaille on kuitenkin toistaiseksi jäänyt kysymys, jatkuuko kontortan paremmuus koko kiertoajan. Viitteitä on olemassa siitä, että iän lisääntyessä kontortan kasvu heikkenee suhteessa mäntyyn ja että tämän vuoksi sen kasvun paremmuus mäntyyn verrattuna jää kiertoajan pituisena aikana pienemmäksi kuin mitä varhaisiällä voidaan odottaa.



Kuva 24. Männyn ja kontortan kiertoajan keskikasvun vertailu (Hägglund ym. 1979). Pisteviiva: kontorta luonnonpoistuma mukaan lukien. Yhtenäinen viiva: kontorta ilman luonnonpoistumaa. Katkoviiva: mänty luonnonpoistuma mukaan lukien.

Pääosin suomalaiseseen aineistoon (ks. v. Weissenberg 1972) perustui ruotsalainen tutkimus (Hägglund, Karlsson, Remröd ja Siren 1979), jossa päädyttiin seuraavan asetelman osoittamiin tuloksiin kontortan paremmuudesta mäntyyn verrattuna 60 vuoden rinnankorkeusikään (n. 70 vuoden biologiseen ikään) mennessä:

Männyn pituusboniteetti H <sub>100</sub> , m	Kontortan kasvu suhteessa mäntyyn, %	
	Ilman luonnonpoistumaa	Luonnonpoistuma mukaan lukien
16	154	163
22	148	172
28	138	164

Tämän ruotsalaisen tutkimuksen jälkeen on Metsäntutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosastossa ilmestynyt tutkimus (Lähde, Nieminen, Etholen ja Suolahti 1982), joka päättyy selvästi pienempään kasvueroon kontortan ja männyn välillä kiertojen mittaisena aikana. Epävarmuus kasvusuhteista jatkuu, ja selvyys saadaan vasta aineistojen parantuessa.

Loppujen lopuksi kontortan kasvatuksen kannattavuutta ei kuitenkaan ratkaise se, kuinka paljon parempi sen kasvukyky on suhteessa mäntyyn. Kasvatuksen järkevyyden ratkaisee tekninen laatu ja se, kyetäänkö proveniensiervalinnan kautta löytämään sellaisia kontortarotuja, joiden tuhoalttius on riittävän pieni pohjoismaisiin olosuhteisiin.

### 13. Metsänkäsittelyn puuntuotannolliset vaikutukset

#### 131. Tutkimusten luonne

Metsiköiden kehitystutkimukset, joita on käsitelty kohdassa 12, ovat perustuneet miltei poikkeuksetta kertamittauksiin, ns. tilapäiskoealoihin. Osa-aineistona on joissakin tapauksissa ollut kestokoealoja, mutta niidenkin mittauksia on tavallisesti hyödynnetty tilapäiskoealojen tapaan. Kestokoealat eivät ole toistaiseksi antaneet sellaisia tuloksia, että niiden avulla olisi voitu laatia kiertoajan pituisia kehityssarjoja.

Metsäntutkimuslaitoksen metsänarvioimisen tutkimusosaston kestokokeet ovat kaikesta huolimatta olleet hyödyllisiä siinä mielessä, että niiden avulla on voitu jo tähän mennessä selvittää metsänkäsittelyn yksityiskohtia ja sellaisia puuntuotannollisia vaikutuksia, joiden tutkimiseen tilapäiskoealat eivät ole luotettavia.

Ennen toista maailmansotaa kestokokeista ei ollut juuri hyötyä, mikä onkin ajan lyhyiden vuoksi ymmärrettävää. Niistä tehdyt julkaisut koskivat lähinnä itse menetelmää ja sen kehittämistä. L. Ilvessalo (1929) esitteli kehittämäänsä bio-

logista puunluokitusta ja Miettinen (1930) tähän luokitukseen perustuvaa harvennusasteikkoa ja sen soveltamiskelpoisuutta. Kehitetyillä menetelmillä katsottiin olevan kansainvälistäkin merkitystä siitä päätellen, että Y. Ilvessalo (1932) esitteli niitä kansainväliselle kongressille ja teki samasta aiheesta englanninkielisen julkaisun.

Kestokoealoihin perustuvissa tutkimuksissa voidaan erottaa kolme vaihetta. Vanhimmat kestokokeet perustettiin 1920- ja 1930-luvuilla. Niiden antama hyöty on ollut suhteellisen vähäinen syistä, jotka Vuokila (1965) on aikaisemmin selostanut. Toinen vaihe oli 1960-luku, jolloin perustettiin uudentyyppisiä kestokoealoja mm. ensiharvennusten vaikutusten selvittämiseksi. Näistä kokeista on julkaistu tutkimuksia, jotka ovat antaneet ajankohtaisia tuloksia. Kolmannessa vaiheessa, puuntuotostutkimusten itsenäistyttyä perustettiin 1970-luvulla vaihtelevia aiheita selvittäviä kestokokeita, joiden tutkimuksellinen arvo paljastuu vasta tulevaisuudessa.

### 132. Taimikon käsittely

Taimikon harvennus yleistyi vasta 1960-luvun loppupuoliskolla. Sitä ennen taimikot saivat olla yleensä käsittelemättä, ja käsittely alkoi vasta puuston riukuvaiheessa, nykyisen käsityksen mukaan metsänhoidollisesti pahoin myöhästyneenä. Taimikon käsittelykokeitakaan ei tästä syystä perustettu ennen kuin 1970-luvun alussa.

Kestokoeaineiston puuttuessa julkaisi Vuokila (1972) lähinnä kirjallisuuteen perustuvan tutkimuksen "Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta". Tutkimukseen sisältyi kuitenkin tilapäiskoeala-aineistoon nojautuva selvitys (s. 27-29) siitä, kuinka monta tietyn läpimitan täyttävää runkoa metsikössä voidaan kasvattaa ensimmäiseen kaupalliseen harvennukseen mennessä. Loppupäätelmänä tästä selvityksestä oli, ettei taimikon harvennuksessa ole aiheellista jättää enempää kuin 2000 kpl/ha, jos jokaisesta jätetystä rungosta

halutaan kasvattaa käyttöpuuta tuottava yksilö. Keskimääräistä heikommilla kasvupaikoilla voidaan tältä pohjalta lähtien runkoluku alentaa taimikon harvennuksessa jopa määrään 1600 kpl/ha.

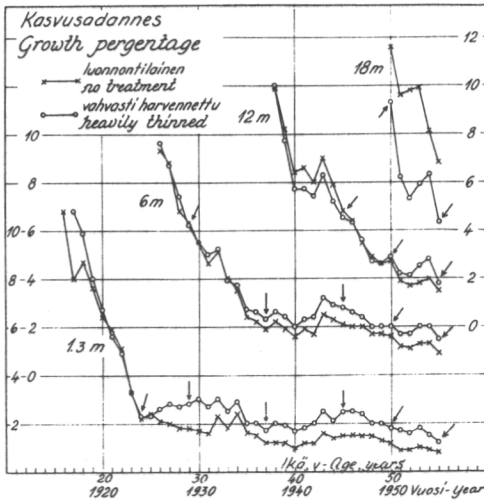
Vasta 1970-luvulla perustetuista, erittäin laajan tiheysasteikon peittävästä taimikoiden harvennuskokeista on toistaiseksi voitu esittää merkittäviä tuloksia vain tiheyden vaikutuksesta tekniseen laatuun. Näitä tutkimuksia selostetaan jäljempänä.

1970-luvulla perustettiin myös taimikon perkauskokeita, joista ei ole vielä tuloksia käytettävissä. Runsaslukuiset istutusvälikokeet ovat 1980-luvun alussa tulossa ensimmäiseen mittausvaiheeseen.

### 133. Harvennukset

Vanhoista, ensivaiheen kestokokeista kertyneistä mittausaineistoista on tehty vain harvoja, suppeita tutkimuksia. Nyyssönen (1950) vertaili keskenään luonnontilaisten ja harvennuksin käsiteltyjen metsiköiden rakennetta ja kehitystä aineistonaan kolme mäntykoetta, kussakin kaksi koealaa. Vuokilan (1962) harvennusten vaikutusta mänty- ja koivumetsiköiden kasvuun perustui jonkin verran edellä mainittua suurempaan aineistoon ja sisälsi 6 mäntykoetta (12 koealaa) ja 3 koivukoetta (10 koealaa). Kestokokeisiin perustuivat myös Vuokilan kaksi varhaisempaa tutkimusta, joista toinen (1960c) käsitteli ala- ja yläharvennuksen vaikutuksia Raution istutuskusikossa ja toinen (1960d) viidellä kestokoealalla kiipeillen tutkittuihin koepuihin (80 kpl) nojautuen männyn kasvua ja sen vaihtelua harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa männiköissä.

Suppeudestaan huolimatta mainitut tutkimukset antoivat tuohon aikaan tärkeänä pidettyä alustavaa tietoa harvennusten vaikutuksesta yksittäisen puun ja metsikön kehitykseen.



Kuva 25. Sädekasvusadanneksen kehitys rungon eri korkeuksilla Punkaharjun kestokoealasarjalla 13 (Vuokila 1960d). Nuolet osoittavat hakkuuvuosia.

Enimmän huomiota sai ajan pitkään osakseen Vuokilan (1960d) kasvun vaihtelua selvittävä tutkimus. Siinä todettiin, että tavanomainen harvennus aiheuttaa puussa nopeasti kasvutavan muutoksen. Kasvu keskittyy useiksi vuosiksi rungon tyvelle, sen alimpaan kolmannekseen, josta syystä ylimmässä kolmanneksessa kasvu heikkenee. Seurauksena on siis runkomuodon heikentyminen.

Yksittäisiä vanhoja kokeita on hyödynnetty vielä 1970-luvulla. Vuokilan hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukykyä koskeva tutkimus (1977a) perustui kahteen kestokokeeseen, talvikki-tyypin asemaa metsätyyppijärjestelmässä tarkasteleva tutkimus (1977b) niin ikään kahteen kestokokeeseen ja puolukkatyyppiä kuusen kasvupaikkana selvittävä tutkimus (1977c) yhteen, tosin neljä koealaa käsittävään pitkäaikaiseen kokeeseen. Isomäki (1979) tutki kuusialikasvoksen vaikutusta männyn kasvuun yhden koealaparin avulla. Mielikäisellä (1979) oli käytettävissään viisi mäntykoetta alaharvennuksen vaikutuksia koskevassa tutkimuksessaan. Aineistopohjansa vähäisyydestä huoli-

matta luetellut tutkimukset ovat antaneet tarpeellista tietoa mainittuihin ongelmakysymyksiin.

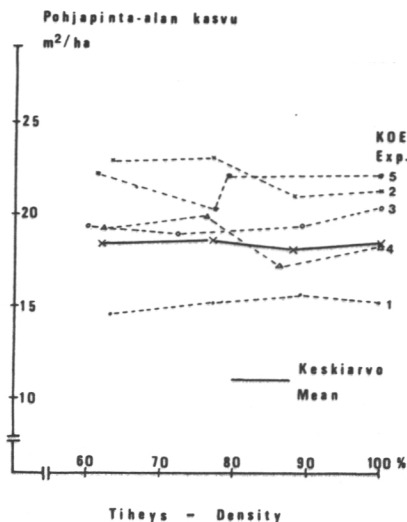
Vanhoja kokeita hyödynnettiin myös tilapäiskoaloihin nojautuvissa selvittelyissä. Lehtikuusen merkitystä koskevassa tutkimuksessa (Vuokila 1960b) merkittävä osa aineistoa oli kestokoealoja. Puhtaasti tilapäiskoealoin operoivissa tutkimuksissa on kestokokeista ollut hyötyä tiettyjen osaongelmien ratkaisemisessa. Niinpä Vuokilan ja Väliahon (1980) viljeltyjen havupuumetsiköiden kasvatusmalleja laskettaessa on pohjapinta-alan ja runkoluvun poistoprosentit saatu tilavuuden poistoprosentista yhtälöillä, jotka perustuvat kestokokeisiin. Samoin Vuokilan (1965) menetelmätutkimuksessa runkolukusarjan muotoa ja sen muutosta harvennuksen seurauksena koskeva tieto perustui kestokoealoilta saatuihin kokemuksiin (ks. myös Väliaho ja Vuokila 1973).

Kestokoealojen perustamisen toinen vaihe (1960-luku) sai alkunsa yhteistyösopimuksesta, joka solmittiin v. 1959 Kymin Oy:n ja Metsäntutkimuslaitoksen välillä. Sopimuksessa Metsäntutkimuslaitokselle myönnettiin oikeus perustaa rajoituksetta kokeita Heinolan mlk:ssa sijaitsevalle yhtiön omistamalle metsäalueelle. Sopimus on voimassa v:een 1989.

Tämän sopimuksen pohjalta lähti liikkeelle kestokoealojen perustaminen niin laajassa mittakaavassa, että esim. puuntuotoksen tutkimussuunnalla oli 1980-luvun alkaessa Nynäsissä 20 koetta ja niissä 129 koealaa.

Nynäsin metsäalueen tekevät tutkimuksellisesti arvokkaaksi sen laaja-alaiset istutuskuusikot, jotka olivat ensiharvennusvaiheessa 1960-luvun alussa. Toistaiseksi arvokkaimpia ovatkin olleet ne kokeet (5 koetta, 32 koealaa), jotka perustettiin vaihtelevan voimakkaiden ensiharvennusten vaikutusten tutkimista varten.

Nynäsin ensiharvennuskokeissa käytettiin erittäin laajaa käsittelyasteikkoa, jonka voimakkaimmassa käsittelyssä pois-



Kuva 26. Kasvatustiheyden vaikutus puuston pohjapinta-alan kasvuun Nynäsin eri kokeissa ja keskimäärin (Vuokila 1980b).

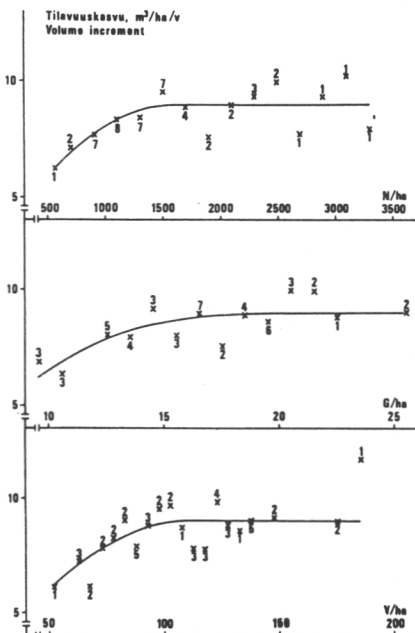
tettiin 40 % puuston pohjapinta-alasta. Kokeista on julkaistu toistaiseksi kaksi tutkimusta (Vuokila 1975 ja 1980b) ja yhdessä (Mielikäinen 1978) on hyödynnetty erästä koetta. Nynäsin kokeiden mukaan erittäin voimakasaan ensiharvennus (40 %) ei heikennä puuston tilavuuskasvua hehtaaria kohden, mutta nopeuttaa merkittävästi sen järeytymistä. Jatkossakin korkein mahdollinen kasvu saavutetaan 67-70 %:n puustopääomalla (verrattuna käsittelemättömään puustoon). Lehtomaisilla kankailla kasvutappio saattaa olla merkityksetön, vaikka pääoma säilytetään jatkuvasti 60 %:n tasolla. Uudistamiskypsyyteen oikeuttava keskiläpimitta saavutetaan pari vuosikymmentä aikaisemmin kuin mitä nykyiset luonnonmetsiin lähinnä kohdistuvat suositukset edellyttävät.

Ollessaan vuosina 1962-69 vastuussa myös puuntuotostutkimuksista Kuusela perusti koealasarjoja, joiden tarkoituksena oli harsintaharvennusten vaikutusten tutkiminen. Tähän aineistoon (11 metsikköä, 57 koealaa) perustui Vuokilan (1977d) julkaisu, jonka mukaan puuston tilavuuskasvu hehtaaria kohden on harvennustavasta riippumaton. Mikäli eroa alaharvennuksen ja harsintaharvennuksen välillä on, se on harsintaharvennuksen eduksi. Puustopääoma on harvennustapaa tärkeämpi pyritessä välttämään kasvutappioita. Tulokset ovat täysin samat

kuin ne, joita Vuokila (1970) esitti tilapäiskoeala-aineistoon nojautuen.

Myös 1970-luvulla, kestokokeiden kolmannessa perustamisvaiheessa ensiharvennukset olivat korostetusti esillä. Kokeita sijoitettiin etenkin tyyppillisiin mäntytiheikköihin, joissa ensiharvennus oli myöhässä. Tähän aineistoon nojautuen (9 metsikköä, 49 koealaa) Vuokila (1981) julkaisi ensimmäisiä tuloksia, kun kokeiden perustamisesta oli kulunut keskimäärin 7 vuotta. Tulokset osoittivat, että kriittinen runkoluku mäntytiheikössä on 1500 kpl/ha, pohjapinta-ala 17-18 m<sup>2</sup>/ha ja runkotilavuus 100-110 m<sup>3</sup>/ha. Mikäli nämä rajat alitetaan ensiharvennuksessa, syntyy kasvutappio. Voimassa olevien ohjeiden mukaan toimittaessa syntyy kaiken kaikkiaan n. 5 m<sup>3</sup>/ha kasvutappiota. Tämän lievän kasvutappion vastapainona on puuston tehokas elpyminen ja järeyskehityksen nopeutuminen.

1970-luvulla perustetuista kokeista on julkaistu lisäksi yksi tutkimus (Isomäki ja Väisänen 1980), joka käsittelee harvennustavan (valikoiva ns. systemaattinen) vaikutusta puustoon ja harvennuskertymään. Kypsymässä on runsas kestokoeaineisto vaihtelevien harvennusten puuntuotannollisten vaikutusten selvittämiseksi.



Kuva 27. Männikön tilavuuskasvun riippuvuus puuston runkoluvusta (N), tilavuudesta (V) ja pohjapinta-alasta (G) keskimäärin 7-vuotiskautena ensiharvennuksen jälkeen (Vuokila 1981).

## 134. Harvennusmallit

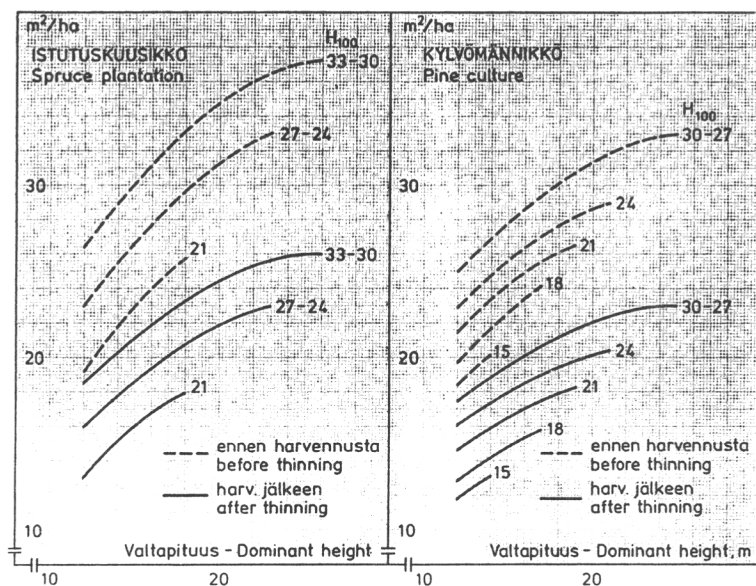
Metsätaloudessa on 1950-luvulta alkaen käytetty ns. harvennusmalleja. Niissä on annettu metsätyypeittäin pohjapinta-alan minimiarvot harvennuksen jälkeen. 1970-luvulla harvennusmalleihin lisättiin tavoitepohjapinta-ala, joka metsiköltä vaaditaan ennen kuin sitä suositellaan harvennettavaksi. Puunkorjuun koneistumisen myötä on tullut tarpeelliseksi ns. ajouravaran osoittaminen harvennusmalleissa. Taimikoiden harvennusohje on perustunut kuitenkin aina runkolukuun ja myös ensiharvennuksissa on mahdollista käyttää runkolukuohjetta.

Käytännössä on vallinnut harvennusmallien suuri kirjavuus. Yksityismetsätaloudella on omat mallinsa, samoin metsähallituksella ja yksittäisillä metsäyhtiöillä. Mallit eivät tosin olennaisilta osiltaan poikkea paljoakaan toisistaan, sillä niiden taustana ovat samat kotimaiset tutkimukset.

Metsäntutkimuslaitoksen toimesta on harvennusmalleja esitetty vasta 1970-luvulta lähtien. Vuokila (1971) laati uudentyypiset harvennusmallit luontaisesti syntyneille metsiköille. Uutta näissä malleissa oli ensiksikin käytetty kasvupaikkaluokittelun menetelmä, pituusbonitointi. Uutta oli myös se, että kullekin pituusboniteetille esitettiin useita malleja harvennusten lukumäärän perusteella.

Viljeltyjen havupuumetsiköiden kasvatusmalleja esittelevässä tutkimuksessaan Vuokila ja Väliaho (1980) esittivät harvennusmallit kylvömänniköille ja istutuskuusikoille. Nämäkin mallit edellyttävät pituusbonitointia, jota koskevat ohjeet sisältyvät samaan tutkimukseen. Kasvupaikkojen luokitusmenetelmästä johtuen harvennusmallit ovat suppeasta asustaan huolimatta valtakunnalliset. Mallien merkitys lisääntyy sitä mukaan kun viljelymetsiköt tulevat harvennusvaiheeseen.

Viljelymetsiköiden harvennusmallit saavat täydennystä kun painosta ilmestyy Vuokilan, Gustavsenin ja Luoman (1983)



Kuva 28. Vuokilan ja Väliahon (1980) havuviljelymetsiköiden harvennusmallit.

käsikirjoitusvaiheessa oleva tutkimus, jossa esitellään leh-  
tikuuden kasvupaikkojen luokittelumenetelmä ja harvennusmal-  
lit. Oikarisen (1983) niin ikään käsikirjoitusvaiheessa ole-  
va vastaava istutusköivikkotutkimus päättää viljelymetsiköitä  
koskevan tutkimussarjan.

Edellä lueteltujen tutkimusten pohjalta ilmestyy Vuokilan  
(1983) kokoelmajulkaisu "Viljelymetsiköiden harvennusmallit",  
johon sisältyvät sekä puuston pohjapinta-alaan että runko-  
tilavuuteen perustuvat harvennusohjeet, pohjapinta-alaan ke-  
hitystä harvennusmalleissa esittävät trendiviivastot ja kas-  
vupaikkojen luokitteluun tarvittavat pituusboniteettikäyräs-  
töt. Tämän julkaisun jälkeen viljelymetsiköihin liittyvät  
alustavat tutkimukset on saatettu päätökseen. Jatkossa py-  
ritään kestokokein tarkistamaan, onko niissä kehittämisen ja  
muutoksen tarvetta.

## 135. Tekninen laatu

Teknisen laadun kehityksen tutkiminen on ollut lähinnä metsänhoitotieteellinen ongelma (esim. Laitakari 1937, Heikinheimo 1953). Puuntuotostutkimuksen taholla on mielenkiinto kohdistunut karsimiseen ja sen mahdollisiin kasvuvaikutuksiin.

Karsintaa koskevat kokeet pantiin metsänarvioimisen tutkimusosastossa käyntiin syksyllä 1955 ja niiden perustamista jatkettiin keväällä 1956. Aineistoon kuului 8 metsikköä, 6 männikköä ja 2 koivikkoa. Kustakin metsiköstä valittiin 24, yhdestä metsiköstä kuitenkin vain 16, mahdollisimman samankaltaista puuyksilöä karsimistutkimusta varten. Karsimisessa poistettiin 0, 20, 50 ja 80 % elävän latvuksen pituudesta. Koemetsiköt olivat luontaisesti syntyneitä ja alkuvaiheessa varsin tiheinä kehittyneitä, joten niiden puusto ei ollut erityisemmin paksuoksaista.

Kokeilla tehtiin ensimmäiset kasvuhavainnot neljän vuoden kuluttua kokeiden perustamisesta (Vuokila 1960e) ja uudelleen 10 vuoden kuluttua karsimisen jälkeen (Vuokila 1968). Kun karsimisesta oli kulunut 20 vuotta, kokeisiin kuuluvat puut kaadettiin ja niistä tutkittiin kyljestyminen ja lahovikaisuus (Vuokila 1976a ja b).

Tämän tutkimuskokonaisuuden pohjalta Vuokila (1968) päätteli, että ainakin 20 % elävän latvuksen pituudesta voidaan karsia ilman kielteisiä kasvuseurauksia. Tätä voimakkaammatkin karsimistoimenpiteet saattavat olla mahdollisia ainakin siinä tapauksessa, että karsimisen jälkeen jää edelleen 40 % puun pituudesta elävää latvusta. Mänty ei saa karsimisesta lahovikaa, vaikka sen yhteydessä kuori vahingoittuisi, mutta koivu tulee poikkeuksetta lahovikaiseksi kuorivaurioiden jälkeen (Vuokila 1976a). Koivun herkkyyttä osoittaa se, että jopa vain kuoren paksuuden tutkiminen kuorimittarilla aiheuttaa pintalahon, puhumattakaan kairauksesta, joka tuhoaa puun arvon (Vuokila 1976b).

Männyn tekninen laatu on alkanut 1970-luvun lopulla ja 1980-luvun alussa herättää huolta. Varmolan (1980) valtakunnalliseen satunnaisnäytteeseen nojautunut tutkimus osoitti, että 1950- ja 1960-luvuilla perustetut istutusmänniköt olivat kehittyneet poikkeuksellisen oksikkaiksi. Tämä herätti myös metsänarvioimisen taholla uuden mielenkiinnon laatukysymyksiin.

Varmola (1982) osoitti laajaan kestokoeala-aineistoon perustuvassa tutkimuksessaan, että alkutiheys on ratkaiseva tekijä puuston teknisen laadun, erityisen oksikkuuden, kehityksen kannalta. Tärkeimpiä ovat ensimmäiset 5-6 valtapituusmetriä, joiden aikana tyvitukin oksikkuus määräytyy. Luonnontaimikon harvennus tulisi tästä syystä tehdä vasta näin myöhäisessä kehitysvaiheessa, jos halutaan käyttää täysin hyödyksi alkutiheyden antama karsiutumisetu. Toisaalta 5-6 m:n valtipituusvaiheessa taimikko voidaan harventaa nykyohjeiden mukaisesti asentoon 2000-1600 kpl/ha.

Varmolan tulokset (ks. myös Varmola 1981) merkitsevät käytännössä myös sitä, että mikäli istutusmetsiköstä halutaan saada hyvälaatuista tukkipuuta ilman karsimista, istutustiheys olisi nykyisestä moninkertaistettava.

Laatukysymys on aiheuttanut laajaa keskustelua. Eräs puheenvuoro tässä keskustelussa on Vuokilan (1982a) pääasiassa kirjallisuuteen perustuva julkaisu "Metsien teknisen laadun kehittäminen". Tutkimuksessa käsitellään sekä niitä toimenpiteitä, joilla voidaan vaikuttaa puuston teknisen laadun kehittymiseen, että niitä, joilla voidaan välttää laatuun tuhlailtava käyttö.

Laatuongelma on herättänyt uudelleen eloon tarpeen tutkia karsimisen merkitystä, nyt nimenomaan oksikkaissa istutusmänniköissä. Kestokokeita onkin tässä mielessä perustettu 1980-luvun kuluneina vuosina, ja kokeiden perustaminen jatkuu.

## 136. Uudistushakkuut

On todennäköistä, että luontaista uudistamista käytetään lisääntyvässä määrin metsän uudistamisessa tulevaisuudessa.

Tästä olettamuksesta lähtien on puuntuotoksen tutkimussuunnalla käynnistetty luontaisessa uudistamisessa tarpeellisen siementävän puuston kasvua koskeva tutkimus, jonka kaltaista ei ole aikaisemmin tehty. Tarkoituksena on selvittää, miten kiertoajan loppuvaiheen puusto reagoi uudistushakkuisiin ja mikä on sen kasvun ja tuotoksen merkitys kiertoajan kokonaistuloksessa vaihtelevin uudistamismenetelmin toimivassa ta-  
lousyksikössä.

Tarpeelliseksi on katsottu ryhtyä tutkimaan myös alikasvosten toipumista, josta esim. Vaartajan tutkimus (1951) antoi aikanaan myönteisiä tuloksia. Toipumista tutkitaan sekä tilapäisin että kestokoealoin.

14. Puuntuotannon kohottaminen

Suomen metsien puuntuotannon kohottaminen on ollut itsenäisyyden ajan metsänkasvatuksen keskeinen päämäärä. Teoriassa on pidetty mahdollisena puuntuotannon kaksinkertaistamista. Tällaisen arvion esittivät Saari ja Ilvessalo (1929) runsas puoli vuosisataa sitten. Se oli vastaus Taloudellisen neuvottelukunnan pyyntöön antaa lausunto siitä, mihin metsätaloudellisiin kysymyksiin olisi kiinnitettävä huomiota.

Lausunnossaan Saari ja Ilvessalo totesivat, että jos maan metsiä hoidettaisiin järkeperäisesti, kasvu lisääntyisi 44,4 milj. m<sup>3</sup>:stä (kuoretonta puuta) 70 milj. m<sup>3</sup>:iin. Jos suot vielä ojitettaisiin, olisi kasvu vähintään 80 milj. m<sup>3</sup>.

Kolme vuosikymmentä myöhemmin Ilvessalo (1960) arvioi Nyky-Suomen metsien luontaiseksi puuntuotantokyvyyksi 66 milj. m<sup>3</sup>/v kuoretonta puuta. Alueluovutukset huomioon ottaen arvio oli jonkin verran suurempi kuin 1920-luvulla.



kasvu saavutetaan. Ongelmana onkin vain se, millä tavalla metsänhoidollisesti tarkoituksenmukaisiksi katsottavat menetelmät saadaan yleistymään Suomen metsissä. Vaikka parin viime vuosikymmenen aikana on tapahtunut merkittävää edistystä, paljon on vielä tehtävää tulevaisuudessa.

Keinollisten menetelmien tutkiminen on nuorta, parin vuosikymmenen aikana tapahtunutta. Sysäyksen sille antoi ns. MERA-kausi, joka pantiin käyntiin varsin puutteellisin tutkimuksellisin perustein. Itse asiassa metsissä ryhdyttiin soveltamaan keinollisia menetelmiä, joita ei oltu toistaiseksi paljoakaan tutkittu.

Keinollisia menetelmiä, joilla puuntuotantoon pyritään vaikuttamaan ovat:

- metsänviljely
- metsänviljelyyn liittyvä rodunjalostus
- lannoitus
- ojitus

Metsänviljelyn merkitys on paljastunut 1970-luvun tutkimuksissa. Vuokilan ja Väliahon (1980) mukaan (ks. myös Vuokila 1982a), metsänviljelyllä ei voida lisätä puuntuotannon määrää, jos vertailukohtana pidetään samanikäistä alusta alkaen hoidettua luontaisesti syntynyttä metsikköä. Metsänviljelyllä on kuitenkin puuntuotantoa kohottava vaikutus siinä määrin kuin se mahdollistaa luontaisesti uudistumattoman tai hitaasti uudistuvan alueen nopean metsittämisen. Metsänviljelyn kautta on myös helpointa maksimoida järeän puun tuotos ja minimoida kiertoaika, mutta näin meneteltäessä seurauksena on mäntymetsiköissä teknisen laadun merkittävä heikkeneminen.

Metsänjalostuksen puuntuotannollisesta merkityksestä on käyty keskustelua, mutta tutkimuksin on toistaiseksi kertynyt vain niukkaa näyttöä. Pisimmälle on päästy rauduskoivun jalostamisen merkityksen tutkimisessa (Raulo ja Koski 1975), sillä kokeissa on voitu todeta tilavuuskasvun jalostuksen kautta

lisääntyneen ainakin puustokehityksen alkuvaiheessa yli 40 %. Havupuiden osalta toimitaan vielä teoreettisten arvioiden varassa. Vaikka suurienkin kasvunlisäyksien mahdollisuus on tuotu esille, pitkällä tähtäyksellä teoreettinen valintahyöty on Tigerstedtin ja Malmivaaran (1970) mukaan 15-20 %.

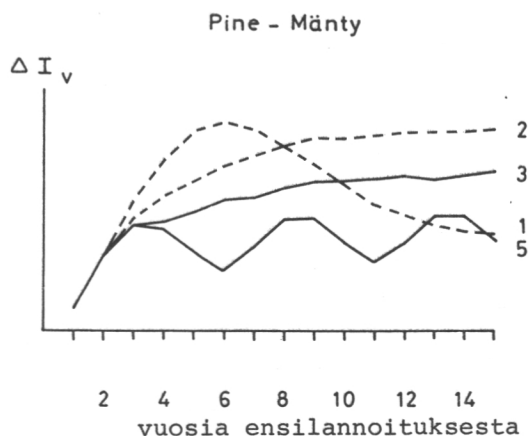
Tavoitteena ei ilmeisesti saisikaan olla korkein mahdollinen kasvu vaan sellainen kasvun tason etsiminen, joka takaisi myös korkean laadun ja hyvän taudinkestävyyden. Metsänjalostusta koskevat tutkimukset kuuluvat metsänjalostuksen tutkimusosastolle.

Ojituksella on Suomessa jo pitkät perinteet. Suontutkimusosaston tutkimusten pääpaino on ollut kuitenkin ojitustekniikan kehittämisessä, mikä on sinänsä ymmärrettävää. Kestokokeita on tosin perustettu ja niitä seurattu, mutta toistaiseksi niukoin tuloksin. Myös Helsingin yliopiston suometsätieteen laitoksen toimesta on tehty aktiivista työtä samassa tarkoituksessa. Ojitus sivuutetaan tässä kuitenkin vain toteamalla, että yhteistoiminta puuntuotoksen tutkimussuunnan ja suontutkimusosaston välillä on lisääntynyt viime vuosina.

Lannoitus oli Metsäntutkimuslaitoksessa pitkään suon- ja maantutkimusosastojen aluetta. Kivennäismaiden osalta Viron (esim. 1965, 1970, 1974) tutkimukset olivat lannoituksen yleistymisen kannalta ratkaisevan tärkeitä. Hänen tutkimustensa päätarkoitus oli selvittää, mitä lannoitteita ja kuinka suuria määriä tulisi käyttää. Viron työtä on jatkanut Mälkönen (esim. 1978). Kokeiden tulosten tulkintaa on tutkinut ansiokkaasti Lipas (1979, 1981).

1970-luvulla tuli kasvatyslannoituksen osalta mukaan myös puuntuotoksen tutkimussuunta. Kestokokeita ryhdyttiin perustamaan runsain määrin. Niistä on toistaiseksi syntynyt vasta muutamia tutkimuksia (Saramäki 1978, Saramäki ja Valtanen 1981; Oikarinen ja Pyykkönen 1981). Tärkeä on se havainto, että parhaiten reagoivat hyväkuntoiset hoidetun metsikön puut. Valtaosa (2/3) lannoituksella saavutettavasta hyödystä menee hyväkuntoisten valtapuiden hyväksi (Kukkola 1978).

Omien kokeiden tuloksia odoteltaessa Kukkola ja Saramäki (1983) ovat saaneet käsikirjoituksena valmiiksi laajan tutkimuksen, joka perustuu maantutkimusosaston vanhan aineiston uudelleen käsittelyyn ja jossa saadaan ensi kerran luotettava arvio toistuvien lannoitusten vaikutuksesta puuston kasvuun. Sitä ennen oli ollut käytettävissä Gustavsenin ja Lipaksen (1975) tutkimus (ks. myös Gustavsen 1976), joka kohdistui ensilannoituksella saavutettaviin tuloksiin ja Puron (1977) tutkimus, joka perustui Operaatio Metsänlannoituksen aineistoon. Kukkolan ja Saramäen tutkimuksen mukaan kasvunlisäyksen taso oli Etelä-Suomessa noin  $1,5 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{a}$  ja Pohjois-Suomessa noin kolmanneksen pienempi. Kuusikoissa todettiin useiden aikaisempien tutkimusten tapaan NP-lannoituksen parremuus pelkkään N-lannoitukseen verrattuna, mutta männiköissä ei fosforin lisääminen typen kanssa näyttänyt tarpeelliselta ainakaan vielä tutkimusjakson aikana. 1970-luvulla perustetuista kokeista saadaan merkittäviä tuloksia vasta 1980-luvun lopulla ja 1990-luvulla.



Kuva 30. Periaatepiirros lannoitusvälin vaikutuksesta kasvu-reaktioon männikössä (Kukkola ja Saramäki 1983). Kuvan arvot on laskettu mallilla käyttäen lannoitelajina ammoniumsulfaattia (tai oulunsalpietaria) ja kerta-annoksena  $150 \text{ kg N/ha}$ . Numerot kuvaajien päissä ilmaisevat lannoitusvälin vuosina (lannoitusvälien 1 ja 2 vuotta tulokset ovat ekstrapolointia).

Lannoituksen valtakunnallisesta merkityksestä ovat esittäneet käsityksiään Kuusela (1974) ja Mälkönen (1978). Edellinen arvioi lannoituksella saavutettavan parhaassa tapauksessa 12,5 milj. m<sup>3</sup>:n vuotuisen kasvun lisäys kuorettomana puuna (kuorellisena n. 2 milj. m<sup>3</sup> enemmän). Jälkimmäinen on arvioinut, että siihen mennessä suoritettujen lannoitusten ansiosta on saatu tai saadaan tuotetuksi 15 milj. m<sup>3</sup> kuorellista puuta.

## 2. PUUNTUOTOSTUTKIMUKSEN TULEVAISUUS

### 21. Suunnitelman tausta

Puuntuotostutkimus on 1980-luvun alkuvuosina tullut tilanteeseen, jossa tutkimussuunnan itsenäistymistä seurannut kiireisin vaihe on ohi ja sen tulokset saatu painettuina julkisuu-teen.

Viljelymetsiköihin kohdistuneet "pikatutkimukset" ovat johtaneet siihen, että käytettävissä ovat nyttemmin tärkeimpien metsikkölajien monipuoliset kasvu- ja tuotostaulukot sekä valtakunnalliset harvennusmallit uudentyyppiseen kasvupaikkojen luokitteluun perustuvina. Tutkimusohjelman kaikilla muillakin sektoreilla tiedon tuotanto on ollut merkittävää.

1970-luvulla ja 1980-luvun alkuvuosina on perustettu suuri määrä erilaisia kestokokeita, joista on ehditty jo julkaista ensimmäisiä tuloksia mutta joiden varsinainen hyöty alkaa kertyä kulumassa olevan vuosikymmenen loppuvuosina ja 1990-luvulla. Viimeistään vuonna 2000 puuntuotostutkimuksella on hallussaan aineisto, joka tekee mahdolliseksi Suomen metsien kasvukyvyn, tuotantomahdollisuuksien ja käsittelymenetelmien yksityiskohtaisen analyysin. Tuolloin on käytettävissä tuloksia istutusvälikokeilta, metsänkäsittelymenetelmien vaikutuksia selvittäviltä kestokokeilta, talousmetsiin sijoitetuilta pysyviltä koerypäiltä, toistuvien lannoitusten vaikutuksia selvittäviltä kokeilta, puunkorjuun aiheuttamista tuotostappioista jne.

Nopeasti karttavat tutkimusaineistot edellyttävät tietojenkäsittelyn mahdollisuuksien täysimääräistä hyväksikäyttöä. Olisi päästävä siihen, että monitahoiset aineistot voidaan käsitellä yhtenä kokonaisuutena ja että osaongelmien tarkastelusta päästään suuria kokonaisuuksia hallitseviin tutkimustuloksiin. Tulevaisuudessa ei puuntuotostutkimuksen pääongelma ole enää aineistojen puute, kuten tähän asti, vaan tiedon hallinta, analysointi ja hyväksikäyttö.

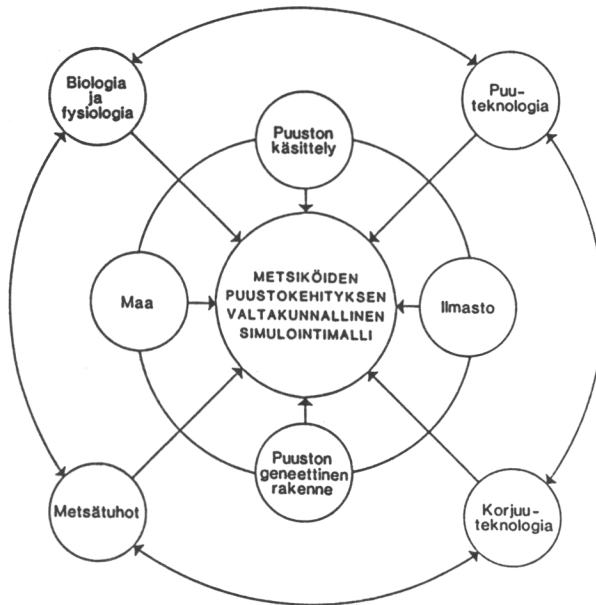
Tietokonetekniikka kehittyy huimaa vauhtia. Tavoitteena tulee olla, että v. 2000 käytettävissä oleva atk-kapasiteetti tiedostetaan jo nyt ja että jatkosuunnitelmat tehdään tätä silmällä pitäen.

1980-luvulla ja myöhemminkin on edelleen julkaistava tutkimuksia samaan tapaan kuin tähän asti, mutta jokaisen tutkimuksen tulokset ja niiden taustana olevat aineistot on voitava hyödyntää myös kokonaisuuden osana. Vuotta 2000 ajatellen on suunniteltava tietojenkäsittelysystemi, jonka aineksia kerätään jokaisen tutkimuksen yhteydessä. Tulevissa tutkimuksissa olisi tulokset esitettävä sellaisessa muodossa, että ne ovat tietokonein hyödynnettävässä muodossa osa tätä kokonaisanalyysiä.

Puuntuotoksen tutkimussuunnalla on pantava käyntiin - mahdollisesti yhteistoiminnassa matemaattisen osaston kanssa - metsiköiden puustokehityksen simuloinnin valtakunnallisen runkomallin suunnittelu ja toteuttaminen. Tällaisen runkomallin kehittämässä - vaikka se välttämättömästi lähtee puuntuotannollisista kehityslaskelmista - on otettava huomioon se, että malliin voivat mahdollisuuksiensa mukaan ja haluamassaan laajuudessa yhtyä Metsäntutkimuslaitoksen muutkin tutkimusyksiköt. Puuntuotostutkimuksella on simulointimallin laatimisessa keskeinen asema, mutta täysi hyöty mallista saadaan vasta silloin, kun siihen tuottavat osaltaan aineksia kaikki tutkimusyksiköt.

## 22. Yleisen simulointimallin perusteet

Valtakunnallisen simulointimallin perusidea on esitetty oheisessa piirroksessa. Esitys on yleinen. Puuntuotoksen tutkimussuunnan osuus siitä esitetään yksityiskohdin jäljempänä.



Kuva 31. Yleisen valtakunnallisen simulointimallin perusidea.

Mallin lähtökohtana on neljä puuston kehitykseen vaikuttavaa perustekijää:

- ilmasto
  - maa
  - puuston geneettinen rakenne
  - puuston käsittely
- } kasvupaikka

Metsäntutkimuslaitoksen tutkimusyksiköiden toiminta kohdistuu kunkin omalta taholtaan yhteen tai useampaan näistä neljästä perusmuuttujasta, joiden vaikutusta puuston kehitykseen mallin tulisi ilmentää. Puuntuotostutkimusta selostetaan erikseen. Piirrokseen on merkitty muut tärkeimmät tutkimusalat, joiden panos on mallien luotettavuuden kannalta olennainen. Suontutkimus on siinä mielessä poikkeuksellinen, että se käsittää useita tutkimusaloja turvemalla. Ekonomia taas hyödyntää niitä malleja, jotka saadaan aikaan, tuomalla rahan mukaan mallilla saatuihin tuloksiin.

Maa on tuotannon tekijänä varsin pysyvä. Siihen voidaan kuitenkin vaikuttaa pitkäaikaisesti ojittamalla ja lyhytaikaisesti mm. maanpinnan käsittelyllä ja lannoituksella.

Ilmaston ei voida vaikuttaa, mutta sen merkitystä kehitysmallien kannalta on tutkittava. Vaikeuksista huolimatta on pyrittävä toteavasta tutkimuksesta ennustavaan.

Puuston geneettisen rakenteen muutokset ovat lähinnä metsänjalostuksen saavutuksista riippuvaisia. Jalostuksella vaikutetaan puuston kasvuun, tekniseen laatuun ja tuhoalttiuteen.

Puuston käsittely on vaikuttavista tekijöistä monitahoisin. Mallin on kyettävä sopeutumaan hyvin laajaan ja monentyyppiseen metsänkäsittelyyn.

### 23. Puuntuotoksen tutkimussuunnan tulevaisuuden tehtävät

#### 231. Yleistä

Metsäntutkimuslaitoksesta annetun asetuksen (1070/23.12.1976) mukaan puuntuotoksen tutkimussuunnan tehtävänä on tutkia metsien puuston rakennetta, kasvua ja tuotosta sekä niiden kehittämistä eri toimenpitein.

Asetuksen ja sen pohjalta muodostuneen käytännön mukaisesti tutkimussuunnan toiminta kohdistuu luetelluista neljästä perustekijästä kolmeen, tietyiltä osin maahan ja ilmaston mutta pääasiallisesti puuston käsittelyyn.

Näin rajaten ja edellä esitettyä valtakunnallista simulointimallia kaukotavoitteena pitäen tutkimussuunnalla on neljä päätehtävää:

1. Kaiken olemassa olevan mittausaineiston tallentaminen tietokoneille tulevaa simulointimalliin tähtäävää tarvetta varten. Tallennus on ollutkin

käynnissä, ja sitä on jatkettava, kunnes kaikki käyttökelpoinen mittaustulokset on saatettu tietokonein hyödynnettävään muotoon. Vanhat aineistot sisältävät sellaisiakin mittaustuloksia, joita ei nykyisin enää voida kerätä. Niistä saadaan kehittynein käsittelymenetelmin sitä paitsi enemmän irti kuin mitä on aikanaan ollut mahdollista. Vanhat aineistot hyödyntämällä saavutetaan merkittäviä kustannussäästöjä. Tavoitteena on, että vanhat aineistot on tallennettu ennen 1980-luvun päättymistä.

2. Uusien aineistojen keruu kestokokein, puolipysyvin ja tilapäisin koealoin tietämyksessä olevien aukkojen täyttämiseksi.
3. Tutkimusjulkaisujen valmistaminen uusista aineistoista ja samalla analysoidun tiedon kerääminen "tietopankkiin", josta valtakunnallinen puustokehityksen simulointimalli vanhojen aineistojen täydentäminä aikanaan laaditaan.
4. Runkomallin laatiminen ja testaaminen valtakunnallista simulointimallia varten mahdollisesti yhteistyössä matemaattisen osaston kanssa. Tehtävä olisi saatava päätökseen ennen 1980-luvun loppumista.

#### 232. Maa

Puuntuotoksen tutkimussuunta ei luonnollisestikaan tutki maata ja sen ominaisuuksia, vaan niiden tutkiminen kuuluu maan- ja suontutkimusosastoille. Omaksutun käytännön mukaisesti puuntuotoksen tutkimussuunta tutkii vain yhden "maanparannusmenetelmän", lannoituksen ja etenkin ns. kasvatuslannoituksen vaikutusta puuston kehitykseen kivennäismailla. Soilla vastaavaa tutkimusta tekee suontutkimusosasto. Lisääntyvä yh-

teistyö voisi olla nimenomaan esitettyä kaukotavoitetta ajatellen hyödyllistä.

Lannoitustutkimus aloitettiin tutkimussuunnalla v. 1972, tehostetummin v. 1974. Vuodesta 1977 alkaen tutkimussuunnalla on ollut kaksi lannoitustutkijaa. Tutkijoiden lukumäärää ei suunnitella lisättäväksi.

Tähänastiset tutkimukset ovat nojautuneet pääosin maantutkimusosaston aineistoihin. Jatkossa on mahdollista käyttää lisääntyvässä määrin 1970-luvulla perustetuista omista lannoituskokeista kertyvää mittausaineistoa. Tutkimukset jakautuvat kahteen pääryhmään, jotka on tuotu esille myös viime vuosien tutkimusohjelmissa:

#### 1. Puun kasvureaktio lannoituksen jälkeen

- latvuksen kehitys
- runkomuodon muutos
- tilavuuskasvun lisääntyminen

#### 2. Kasvatuslannoitus

- tilavuuskasvun reaktio
- lannoituksen ajoittaminen suhteessa harvennukseen
- kokopuunkorjuun vaikutus (yht. MAA)

Tutkimussuunnalla keskitytään jatkossakin kasvatusvaiheessa olevien metsiköiden lannoitusreaktion tutkimiseen. Olisi kuitenkin varmistuttava siitä, että kaukotavoitteeseen tähdättäessä riittävää tietoa olisi myös aiheesta:

#### 3. Päätelannoitus (mukaan lukien suojus- ja siemenpuustot)

Puuntuotoksen tutkimussuunnalle eivät siis kuulu kasvuhäiriötutkimukset, eivätkä lannoitustarvetta koskevat selvittelyt. Tutkimussuunta tutkii vain lannoituksen aiheuttamaa puuston kasvureaktiota metsänkasvatuksen toimenpideketjun eräänä osatekijänä.

## 233. Ilmasto

Ilmastollisista syistä johtuvan kasvun vaihtelun tutkiminen on perinteisesti kuulunut metsänarvioimisen tutkimusosastolle. Tätä koskevia tutkimuksia on tehty ennen muuta valtakunnan metsien inventointeihin liittyvänä ja niiden tulosten tulkintaa täsmentävänä vaiheena. Kasvuindeksejä on näin ollen tutkittu ja tuloksia julkistettu varsin pitkin väliajoin.

Puuntuotostutkimuksissa on tarvetta jatkuvasti seurata kasvun ilmastollisista syistä aiheutuvia vuotuisia vaihteluita, jotta tutkimusten aineistoista voitaisiin eliminoida se osa puustoreaktiosta, joka johtuu muusta kuin kulloinkin kysymyksessä olevasta käsittelystä. Valtakunnallisessa simulointimallissa on ilmaston vaihtelun eliminointi tulosten luotettavuuden kannalta ratkaisevan tärkeä.

Kasvun vaihtelu voidaan ottaa simulointimallissa huomioon kahdella tavalla:

- korjaamalla mitatut kasvuluvut ns. kasvuindeksien avulla, ts. pystyvuista tehtyjen havaintojen perusteella,
- sijoittamalla säätekijät mallin muuttujiksi.

Kummankin menettelyn sovellutusmahdollisuuksia on tutkittava ja selvitettävä simulointimallin käytön kannalta kätevimät menetelmät. Ilmaston ja kasvun keskinäistä suhdetta koskeva tutkimus jakautuu seuraaviin aiheisiin:

1. Kasvuindeksin määritysmenetelmä
2. Valtakunnallinen kasvuindeksipalvelu
3. Kasvun riippuvuun säätekijöistä
4. Suojametsätutkimus

Kasvuindeksin määritysmenetelmän kehittäminen atk-sovellutuksena on ollut muutaman vuoden ajan tutkittavana. Tuloksia voidaan odottaa lähitulevaisuudessa.

Valtakunnallinen kasvuindeksipalvelu on ollut vuodesta 1981 alkaen valmisteilla. Tarkoitusta varten on perustettu koko maan kattava pysyvä puuotos, jonka avulla pystypuiden vuotuista kasvua voidaan seurata vuosittain ja kasvuindeksit julkaista aina kasvukauden päätyttyä. Menetelmää ja nimenomaan näytteen mittaustarkkuutta kehitetään koko ajan ja valtakunnallinen kasvuindeksipalvelu aloitetaan jatkuvana vuosittain toistuvana tiedottamisena niin pian kuin menetelmän luotettavuus on taattu.

Kasvun riippuvuun säätekijöistä on ilmeinen. Puuston kasvun vaihtelun ilmaiseminen pelkästään tunnettujen säätekijöiden avulla on siksi tiettyyn rajaan asti mahdollinen. Tätäkin menetelmää on yksityiskohdin tutkittava simulointimallin näkökulmasta.

Ilmastollisten syiden vuoksi omalaatuisia ovat pohjoiset suojametsät. Vuonna 1978 aloitettu suojametsätutkimus pyrkii seuraaviin tavoitteisiin:

1. Suojametsäalueen metsällinen vyöhykejako
2. Suojametsien puuntuotannollinen merkitys ja nykyinen suojametsäraja puuntuotannolliselta kannalta katsottuna
3. Suojametsien puuston rakenne ja alueen erikoisluonteen huomioon ottava käsittely

Näiden selvitysten jälkeen on mahdollista päätellä, missä määrin suojametsiä voidaan käyttää metsätaloudellisiin tarkoituksiin ja minkälaisin menetelmin. Samalla suojametsäalueella tehdyt laajat mittaukset muodostavat puustokehityksen valtakunnallisissa simulointitehtävissä ääriaineiston, jonka avulla voidaan täsmentää varsinaisten talousmetsien kehitysennusteita.

Ilman saastuminen on aihe, joka saattaa tulla merkittäväksi viimeistään 1990-luvulla. Puustoreaktioon perustuvat tutkimukset olisi voitava aloittaa ennen tulevaa vuosikymmenen vaihdetta.

#### 234. Puuston käsittely

Puuntuotostutkimuksen keskeinen tehtävä on puuston käsittelyn kasvu- ja tuotosvaikutusten tutkiminen. Metsäntutkimuslaitoksessa omaksutun työnjaon mukaisesti puuntuotoksen tutkimussuunta keskittyy kuitenkin vain kivennäismaiden metsikköiden kasvu- ja tuotoskysymyksiin.

Tämän aiheryhmän tutkimusten kohteet ovat seuraavat:

1. Tavoitepuustot
2. Talousmetsät
3. Puunkorjuun kasvu- ja tuotosvaikutukset
4. Ulkoilumetsät

Tavoitepuuston tutkiminen on perinteisintä puuntuotostutkimusta. Sen tehtävänä on selvittää, minkälainen on se metsänkasvatuksen toimenpideketju, joka johtaa korkeimpaan mahdolliseen kasvuun, tuotokseen tai tuottoon erilaisten metsikkölajien puitteissa. Lyhyellä tähtäyksellä ongelmaa voidaan pyrkiä ratkaisemaan tilapäiskoeala-aineistoin, mutta tulevaisuudessa on välttämätöntä hankkia laadullisesti jatkuvas-  
ti paranevaa aineistoa:

- istutusvälilokeista
- taimikon käsittelykokeista
- tavanomaisista harvennuskokeista
- laatuharvennuskokeista
- karsimiskokeista
- sekametsikkökokeista
- siementävän puuston kasvusta luontaisessa uudistamisessa
- alikasvosten elpymisnopeudesta.

Tutkimussuunnan kesto-koeket on alunperin suunniteltu käsittelyiltään niin laaja-alaisiksi, että tavoitepuustoa voidaan testata hyvin vaihtelevista lähtökohdista käsin. Suuretkin muutokset metsänkasvatuksen tavoitteissa jäävät muodostettavan simulointimallin taustana olleen aineiston vaihtelurajoihin. Korostettakoon, että tavoitepuuston muodostamisessa kysymys ei ole vain tilavuusmitoista, vaan yhtä hyvin puulajisuhteista, järeysjakaumasta ja teknisestä laadusta.

Talousmetsät ovat keskimäärin kaukana tavoitetasosta. Talousmetsien kehittämismahdollisuuksien selvittämiseksi on jatkettava

- Inka-projektia

Käytännössä tämä merkitsee sitä, että vuonna 1983 kokonaisuudessaan valmistuvan kestokoesysteemin koealat mitataan viiden vuoden väliajoin. Näin syntyy nopeasti lisääntyvä aineisto, joka muodostaa valtakunnallisen simulointimallin taustaineiston ydinosa.

Metsien käsittelyyn on tullut uusi puuntuotannollinen tekijä sen vuoksi, että puunkorjuu on myös kasvatushakkuissa koneistumassa. Puunkorjuun kasvu- ja tuotosvaikutusten selvittely on lähinnä niiden kielteisten vaikutusten tutkimista, jotka johtuvat

- ajouriin käytetystä kasvutilasta
- korjuun aiheuttamista erilaisista vaurioista juuristossa ja rungossa

Alustavia tutkimuksia puunkorjuun kielteisistä vaikutuksista on tehty, mutta jatkotutkimukset ovat ehdottoman välttämättömiä. Tilapäiskoealojen sijaan tarvitaan lisää

- kontrolloituja vauriokokeita

Ennen pitkää saattaa tulla tarpeelliseksi kohdistaa erityis-  
huomiota myös ns. ulkoilumetsien (maisemanhoitometsien)  
kasvu- ja tuotoskysymyksiin. Valtakunnallisen simulointimal-  
lin taustamateriaalia tulisi hankkia myös tätä tarkoitusta  
silmällä pitäen.

### 235. Kehitysyhteistyö

Kehitysmaiden metsätalouden eräs ongelma on se, ettei perus-  
tettujen viljelymetsiköiden puuntuotantokapasiteettia tunne-  
ta. Tutkijavoimat ja niiden koulutustaso eivät ole yleensä  
riittävät vaativiin puuntuotostutkimuksiin.

Puuntuotostutkimuksissa on Suomessa pantu 1960-luvulta alkaen  
suurta painoa menetelmien kehittämiseen. Tutkimussuunnan  
käytettävissä onkin tätä nykyä sellaisia tutkimusmenetelmiä  
ja -kokemuksia, joita voidaan käyttää tuloksellisesti myös  
kehitysmaiden olosuhteissa. Halukkuutta kehitysmaatehtäviin  
esiintyy tutkijoiden piirissä.

Ensimmäinen kehitysmaaprojekti lähti alkuun marraskuussa 1981.  
Tuolloin prof. Yrjö Vuokila tutustui Sambian Metsäntutkimus-  
laitoksen piirissä käynnissä oleviin puuntuotostutkimuksiin  
ja mitattuihin aineistoihin. Syksyllä 1982 MML Jussi Sara-  
mäki aloitti tältä pohjalta Sambiassa työn, jonka tavoitteena  
on kasvu- ja tuotostaulukoiden laatiminen Sambian viljely-  
metsiköille. Vuosi 1983 kuluu olemassa olevien tutkimusai-  
neistojen järjestelyssä ja valmistelussa atk-käsittelyä var-  
ten. Vuoden 1984 aikana työ jatkuu Suomessa. Jatkoaikatau-  
lusta ei voida vielä esittää varmaa suunnitelmaa, koska se  
riippuu paljolta siitä, minkälainen henkilö saapuu Sambiasta  
Suomeen avustamaan aineiston käsittelyssä ja tutkimuksen  
valmistamisessa.

Tämän ensimmäisen projektin jälkeen puuntuotoksen tutkimus-  
suunnan tutkijoilla on entistä parempi valmius vastaaviin  
tehtäviin muissa kehitysmaissa.

Kehitysmaiden auttamista jatketaan mahdollisuuksien mukaan. Sillä on merkitystä myös suomalaisille tutkijoille, koska näin saadaan hyödyllisenä pidettävää lisäkokemusta omiinkin tutkimustehtäviin.

## KIRJALLISUUS

- AALTONEN, V. T. 1925. Metsikön itseharventumisesta ja puiden kasvutilasta luonnonmetsissä. Referat: Über die Selbstabscheidung und den Wuchsraum der Bäume in Naturbeständen. Commun. Inst. For. Fenn. 9.5:1-20.
- " 1951. De finska skogstyperna i markforskningens ljus. Svenska Skogsvfören. Tidskr.:228-242.
- APPELROTH, E., HEIKINHEIMO, O., KALELA, E., LAITAKARI, I., LINDFORS, J. & SARVAS, R. 1948. Julkilausuma. Metsätal. Aikakausl. 11.
- BLOMQUIST, A. G. 1872. Tabeller framställande utvecklingen af jemnåriga och slutna skogsbestånd af tall, gran och björk. Helsingfors.
- " 1887. Iakttagelser angående sibiriska lärkträdet, pichtagranen och cembratallen i deras hemland samt om forstliga förhållanden derstädes. Finska Forstfören. Medd. V:149-181.
- BORG, L. E. T. 1935. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913-1980. Referat: Die 1913-1930 ausgeführten Schneesaaten im Revier Tuomarniemi. Silva Fenn. 38: 1-136.
- BÖCKER, C. C. 1829. Om skogarnas skötsel i nordén. Första delen. Åbo.
- CAJANDER, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. Acta For. Fenn. 1.1:1-175.
- CAJANDER, E. K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelykkuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 19.3:1-101.
- CAJANUS, W. 1914. Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. Acta For. Fenn. 3.1:1-154.
- FRIES, J. 1969. Boniteringskurvor för tall och gran. Site index curves for Pine and Spruce. Skogen 1:20-30.

- GUSTAVSEN, H. & LIPAS, E. 1975. Lannoituksella saatavan kasvunlisäyksen riippuvuus annetusta typpimäärästä. Summary: Effect of nitrogen dosage on fertilizer response. Folia For. 246:1-20.
- GUSTAVSEN, H. G. 1976. Miten puut reagoivat lannoitukseen varttuneissa metsiköissä? Metsä ja Puu 4:15-18.
- " 1977. Valtakunnalliset kuutiokasvuyhtälöt. Abstract: Finnish volume increment functions. Folia For. 221:1-37.
- " 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. Abstract: Site index curves for conifer stands in Finland. Folia For. 454:1-31.
- GYLDÉN, C. V. 1853. Handledning för skogshushållare i Finland. Helsingfors.
- HEIKINHEIMO, O. 1953. Puiden keinollisesta karsimisesta. Metsätal. Aikakausl. 12:399-402.
- " 1956. Tuloksia ulkomaisten puulajien viljelystä Suomessa. Referat: Ergebnisse von einigen Anbauversuchen mit fremdländischen Holzarten in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 46.3:1-129.
- HEIKKILÄ, T. 1914. Tuotantotaulut pääpuulajeillemme. Suomen Metsäyhdistyksen julkaisu. Erikoistutkimuksia 2: 1-35.
- HÄGGLUND, B., KARLSSON, E., REMRÖD, J. & SIREN, G. 1979. Contortatallens produktion i Sverige och Finland. Sveriges Lantbruksuniv., Projekt Hugin. Rapport. 13:1-133.
- HÄMÄLÄINEN, J. 1978. Harvennustavan vaikutus metsikön hakuutuloihin, puuston arvoon ja kasvatuksen edullisuustunnuksiin. Metsäntutkimuslaitoksen 60-vuotisjuhlaretkeilyn opas:15-21.
- HÄNNINEN, T. 1974. Harvennusemetsien puustoisuus ja hakkuumahdollisuudet Suomen eteläpuoliskossa. Summary: The stocking and cutting possibilities in the thinning and accretion forests in the southern half of Finland. Folia For. 208:1-32.
- " 1976. Olemmeko harventaneet liikaa? Metsä ja Puu 2:6-8.
- ILVESSALO, L. 1916. Lehtikuusenviljely Suomessa. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen julkaisu. Erikoistutkimuksia 5.

- ILVESSALO, L. 1920. Ulkomaisten puulajien viljelemismahdollisuudet Suomen oloja silmälläpitäen. Referat: Über die Anbaumöglichkeit ausländischer Holzarten mit spezieller Hinsicht auf die finnischen Verhältnisse. Acta For. Fenn. 17.2:1-154.
- " 1923. Raivolan lehtikuusimetsä. Referat: Der Lärchenwald bei Raivola. Commun. Inst. For. Fenn. 5.3:1-119.
- " 1925. Schwarzwaldilainen lohkoharsinta ja sen soveltaminen Suomen metsiin. Metsätal. Aikakausk. 42:131-140.
- " 1926. Metsätieteellinen tutkimustoiminta Suomessa. Metsätieteellisen tutkimustoiminnan synty ja kehitys sekä yleiskatsaus toimitettuihin tutkimuksiin. Acta For. Fenn. 31.1:1-71.
- " 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. A tree-classification and thinning system. Acta For. Fenn. 34.38:1-15.
- " 1930. Metsikön kasvatus. Maa ja Metsä IV:403-428.
- " & LAITAKARI, E. 1949. Metsikön kasvatus. Suuri Metsäkirja I. Metsänhoito. Porvoo-Helsinki.
- ILVESSALO, Y. 1919a. Metsämaan ja metsikön bonitoinnista (Herra Vilho Lihtosen kirjoituksen johdosta). Metsätal. Aikakausk. 36:11-27.
- " 1919b. Metsämaan ja metsikön bonitointi. (Herra Vilho Lihtosen vastineen johdosta). Metsätal. Aikakausk. 36:201.
- " 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 For. Fenn. 15.3:1-267.
- " 1920b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Refefat: Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. Acta For. Fenn. 15.4:1-94.
- " 1929. Notes on some forest (site) types in North America. Acta For. Fenn. 34.39:1-127.

- ILVESSALO, Y. 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). Selostus: Pysyvien koelajojen perustaminen ja mittaus Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 17.2:1-39.
- " 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in central North-Suomi (Finland). Commun. Inst. For. Fenn. 24.2:1-168.
- " 1952. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the relation between growth and removal in forest stands. Commun. Inst. For. Fenn. 40.1:1-29.
- " 1960. Suomen metsät kartakkeiden valossa. Summary: The forests of Finland in the light of maps. Commun. Inst. For. Fenn. 52.2:1-70.
- " 1967. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Kainuussa ja sen lähiympäristössä. Summary: On the development of natural normal forest stands in south-eastern North-Finland. Acta For. Fenn. 81.5:1-85.
- " 1969. Luonnonnormaalien metsiköiden kehityksestä Pohjanmaan kivennäismailla. Summary: On the development of natural normal forest stands on mineral soils on Ostrobothnia. Acta For. Fenn. 96:1-37.
- " 1970. Metsiköiden luontainen kehitys- ja puuntuottokyky Pohjois-Lapin kivennäismailla. Summary: Natural development and yield capacity of forest stands on mineral soils in Northern Lapland. Acta For. Fenn. 108:1-43.
- " & M. 1975. Suomen metsätyypit metsiköiden luontaisen kehitys- ja puuntuottokyvyn valossa. Summary: The forest types of Finland in the light of natural development and yield capacity of forest stands. Acta For. Fenn. 144:1-101.
- 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 For. 392:1-13.
- " 1983. Menetelmä koelajan puuston kartoittamiseksi. Käsikirjoitus.

- " & NIEMISTÖ, P. 1983. Koealapuuston harvennusvalinta tietokoneohjelman avulla. Abstract: The selection of trees in thinning experiments: A computer method. Käsikirjoitus.
- " & VÄISÄNEN, J. 1980. Harvennustavan vaikutus kasvatettavaan puustoon ja harvennuskertymään. Summary: Thinning method and its influence on the remaining growing stock and on the thinning yield. *Folia For.* 450:1-14.
- KALELA, E. K. 1936. Tutkimuksia Itä-Suomen kuusi-harmaaleppä-sekametsiköiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Fichten-Wersserlen-Mischbestände in Ostfinnland. *Acta For. Fenn.* 44.2: 1-206.
- " 1939. Mänty- ja kuusivaltapuiden kasvusta talvikkityypillä. Referat: Über den Zuwachs der herrschenden Kiefern und Fichten auf Pyrolatyp. *Commun. Inst. For. Fenn.* 27.6:1-43.
- " 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. *Silva Fenn.* 64.2:1-17.
- KALLIO, K. 1957. Käenkaali-mustikkatyyppin kuusikoiden kehityksestä Suomen lounaisosassa. Taksatoris-liiketaloudellinen tutkimus. Summary: On the development of spruce forests of the Oxalis-Myrtillus site type in the southwest of Finland. Forest mensuration and management research. *Acta For. Fenn.* 66.3:1-155.
- " 1960. Etelä-Suomen kylvömänniköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of pine stands established by sowing in the south of Finland. *Acta For. Fenn.* 71.3:1-78.
- KELTIKANGAS, V. 1959. Suomalaisista seinäsammaltypeistä ja niiden asemasta Cajanderin luokitusjärjestelmässä. Summary: Finnish feather-moss types and their position in Cajander's forest site classification. *Acta For. Fenn.* 69.2:1-266.
- KOIVISTO, P. 1957. Etelä-Suomen hoidettujen raudus- ja hieskoivikoiden kehityksestä. Konekirjoite.
- " 1958. Koivikoiden kasvatuksesta ja tuotoksesta. *Metsätal. Aikakausl.* 3-4:88-93.

- KOIVISTO, P. 1959. (koonnut). Kasvu- ja tuottotaulukoita. Summary: Growth and yield tables. Commun. Inst. For. Fenn. 51.8:1-49.
- " 1960. Om tillväxtskillnaden mellan vårt- och glasbjörkbestånd. Norrlands Skogsförb. Tidskr., Häfte 1.
- " 1970. Regionality of forest growth in Finland. Seloste: Metsän kasvun alueellisuus Suomessa. Commun. Inst. For. Fenn. 71.2:1-76.
- " 1972. Kainuun ja Pohjanmaan talousmänniköiden kehityksestä. Abstract: On the development of Scots pine stands in Central Finland. Folia For. 142:1-19.
- KUKKOLA, M. 1978. Lannoituksen vaikutus eri latvuserosten puiden kasvuun mustikkatyypin kuusikossa. Abstract: Effect of fertilization on the growth of different tree classes in a spruce stand on Myrtillus-site. Folia For. 362:1-15.
- " & SARAMÄKI, J. 1983. Growth response in repeatedly fertilized pine and spruce stands on mineral soil. Seloste: Toistuvilla lannoituksilla saatava kasvunlisäys kivennäismaiden männiköissä ja kuusikoissa. Käsikirjoitus.
- KUUSELA, K. 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. Acta For. Fenn. 60.1:1-136.
- " 1956. Hakkuilla käsiteltyjen koivikoiden rakenteesta ja kasvusta. Summary: On the structure and growth of birch stands treated with cuttings. Silva Fenn. 90.3:1-21.
- " 1974. Metsätalous teollistuvassa Suomessa. Suomen itenäisyyden juhluvuoden 1967 rahasto. Sarja B. 12:1-141.
- " & KILKKI, P. 1963. Multiple regression of increment percentage on other characteristics in Scotch-pine stands. Seloste: Kasvuprosentin ja muiden metsikkötunnusten välinen yhteiskorrelaatio männiköissä. Acta For. Fenn. 75.4:1-40.
- LAITAKARI, E. 1937. Laatupuun kasvattamisesta. Referat: Über die Erziehung von Qualitätsholz. Silva Fenn. 39.21: 259-270.

- LAKARI, O. J. 1919. Ehdotus kasvutaulujen laatimiseksi Pohjois-Suomen metsiä varten. Acta For. Fenn. 12.4:1-9.
- " 1920. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltyypillä. Referat: Untersuchungen über die Zuwachsverhältnisse der Fichte und Kiefer auf dem Dickmoostypus in Nord-Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 2.1:1-180.
- LAPPI-SEPPÄLÄ, M. 1927. Tutkimuksia siperialaisen lehtikuusen kasvusta Suomessa. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der sibirischen Lärche in Finnland. Commun. Inst. For. Fenn. 12.3:1-72.
- " 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke, basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). Tutkimuksia tasakäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. Commun. Inst. For. Fenn. 15.2:1-243.
- " 1942. Siperian lehtikuusen kasvusta sekametsiköissä Evon valtionpuistossa. Referat: Über den Zuwachs der sibirischen Lärche in den Mischbeständen des Staatsforstes Evo. Acta For. Fenn. 50.8:1-19.
- LEIKOLA, M. 1983. Tarvitsemme uuden metsätyypin - seinäsammaltyypin. Metsä ja Puu 2:4-6.
- LIHTONEN, V. 1918. Metsämaan ja metsikön bonitoinnista. Metsätal. Aikakausk. 35:333-345.
- " 1919. Metsämaan ja metsikön bonitoinnista. Metsätal. Aikakausk. 36:151-154.
- LIPAS, E. 1979. Alternative methods for calculating growth response to fertilization. Seloste: Vaihtoehtoisia menetelmiä lannoitusreaktion laskemiseksi. Commun. Inst. For. Fenn. 97.7:1-56.
- " 1981. Faktoriaalisen lannoituskokeen tulosten tulkinta. Summary: Interpretation of the results from factorial fertilization experiments. Folia For. 482:1-15.
- LÄHDE, E., NIEMINEN, J., ETHOLEN, K. & SUOLAHTI, P. 1982. Varttuneet kontortametsiköt Suomen eteläpuoliskossa. Summary: Older lodgepole pine stands in Southern Finland. Folia For. 533:1-38.

- LÖNNROTH, E. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. Acta For. Fenn. 30.1:1-313.
- " 1929. Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgang des Waldbestandes. Acta For. Fenn. 34.32:1-17.
- MERILUOTO, M. 1982. Inka - nykymetsien kasvu- ja kehitystietoa metsätalouden suunnittelun avuksi. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 70:22-29.
- METSÄNHEIMO, U. 1926. Murrayn mänty. Suomen tuleva massapuu. Tapio. Lahti. 19:363-366.
- MIELIKÄINEN, K. 1975. Männiköiden ja kuusikoiden kuutio- kasvuyhtälöt ja niiden laadinta. Konekirjoite. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitos. 103 s.
- " 1978. Puun kasvun ennustettavuus. Abstract: Predictability of tree growth. Folia For. 363:1-15.
- " 1979. Alaharvennusten vaikutus männikön tuotokseen ja arvoon. Abstract: The influence of low thinnings on the wood production and value of a pine stand. Folia For. 401:1-23.
- " 1980. Mänty-koivusekametsiköiden rakenne ja kehitys. Summary: Structure and development of mixed pine and birch stands. Commun. Inst. For. Fenn. 99.3:1-82.
- MIETTINEN, L. 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. Commun. Inst. For. Fenn. 18.1:1-100.
- " 1930. Harvennusasteikoista ja niiden soveltamisesta. Referat: Über Durchforstungskalen und ihre Anwendung. Commun. Inst. For. Fenn. 16.3:1-105.
- " 1952. Piirteitä Murrayn männyn kasvusta ja kehityksestä. Summary: On the growth and development of lodgepole pine stands (*Pinus contorta latifolia* S. Wats.). Commun. Inst. For. Fenn. 40.9:1-14.
- MÄKINEN, V. 1959. Harvennuksen aiheuttamasta muutoksesta nuoren männikön rakenteeseen. Summary: On the structural changes caused by thinning in young Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 51.7:1-31.

- MÄLKÖNEN, E. 1978. Kasvupaikkatekijät. KOP:n taloudellinen katsaus B27: Metsien kasvun kohottamisen rajat.: 4-13.
- NYSSÖNEN, A. 1950. Vertailevia havaintoja hoidettujen ja luonnontilaisten männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: Comparative observations on the structure and development of tended and natural pine stands. *Silva Fenn.* 68:1-48.
- " 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 40.4:1-20.
- " 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: On the structure and development of finnish pine stands treated with different cuttings. *Acta For. Fenn.* 60.4:1-194.
- " & MIELIKÄINEN, K. 1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. *Acta For. Fenn.* 163:1-40.
- OIKARINEN, M. 1983. Etelä-Suomen viljeltyjen rauduskoivikoiden kasvatustallit. Käsikirjoitus.
- " & PYYKKÖNEN, J. 1981. Harvennuksen ja lannoituksen vaikutus turvekankaan hieskoivikon kehitykseen Pohjanmaalla. Abstract: The effect of thinning and fertilization on the growth of pubescent birch (*Betula pubescens*) on drained Myrtillus spruce swamp in Ostrobothnia. *Folia For.* 486:1-15.
- OSARA, N. A. 1935. Suomen pienmetsätalous. Referat: Die Kleinwaldwirtschaft in Finnland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 21.1:1-486.
- PURO, T. 1977. Operaatio metsänlannoitus. II. Tuloksia uusintalannoituksesta. Summary: Results of the second fertilization with nitrogen. *Folia For.* 304:1-15.
- RAULO, J. 1977. Development of dominant trees in *Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh. plantations. Seloste: Viljeltyjen raudus- ja hieskoivikoiden valtapuiden kehitys. *Commun. Inst. For. Fenn.* 90.4:1-15.

- RAULO, J. & KOSKI, V. 1975. Erilaisten rauduskoivujälkeläistöjen pituuskasvu Etelä- ja Keski-Suomessa. Summary: Height growth of different progenies of *Betula verrucosa* Ehrh. in South and Middle Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 84.7:1-30.
- ROIKO-JOKELA, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä Pohjois-Suomessa. Summary: The effect of altitude on the forest yield in northern Finland. *Folia For.* 452:1-21.
- " 1982. Valtakunnan metsien inventointeihin liittyvät puuntuotostutkimukset. Toimenpiteiden seurantajärjestelmää rakennetaan. *Metsä ja Puu* 11:14-16.
- SAARI, E. & ILVESSALO, Y. 1929. Näkökohtia Suomen metsätalouden tehostamiseksi. Summary: Prospects for promoting forestry in Suomi. *Silva Fenn.* 12:1-22.
- SARAMÄKI, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*Betula pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern Central Finland. *Commun. Inst. For. Fenn.* 91.2:1-59.
- " 1978. Kainuun vajaapuustoisten kuusikoiden lannoitus ja sen kannattavuus. Abstract: Profitability of fertilization in the understocked spruce stands of Kainuu, Finland. *Folia For.* 352:1-14.
- " & VALTANEN, E. 1981. Toistuvan typpilannoituksen vaikutus nuoren metsikön rakenteeseen ja kehitykseen. Summary: The effect of repeated nitrogen fertilization on the structure and development of the young pine and spruce stands. *Folia For.* 479:1-16.
- SARVAS, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 33.1:1-268.
- " 1951. Tutkimuksia puolukkatyyppin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of *Vaccinium* type. *Commun. Inst. For. Fenn.* 39.1:1-82.

- SIRÉN, G. 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. Lyhennelmä: Pohjois-Suomen paksusammalkankaiden kuusimetsien kehityksestä ja sen ekologiasta. Acta For. Fenn. 62.4:1-408.
- TEIVAINEN, L. 1952. Pohjois-Suomen tuoreiden kangasmetsien kasvillisuudesta. Ann. Bot. Soc. Vanamo 25.
- TIGERSTEDT, P. & MALMIVAARA, E. 1970. Metsänjalostuksen mahdollisuudet. I. Pluspuiden valintaero ja siemenviljelysten valintahyöty. Summary: The possibilities in forest tree breeding. I. Selection differential of plus trees and genetic gain in seed orchards. Silva Fenn. 4.2:101-118.
- TIKKA, P. 1954. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. I. Rakenne. Summary: Structure and quality of aspen stands. I. Structure. Commun. Inst. For. Fenn. 44.4:1-33.
- " 1955. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. II. Laatu. Summary: Structure and quality on aspen. II. Quality. Commun. Inst. For. Fenn. 45.3:1-54.
- VAARTAJA, O. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. Acta For. Fenn. 59.3:1-133.
- VARMOLA, M. 1980. Männyn istutustaimistojen ulkoinen laatu. Summary: The external quality of pine plantations. Folia For. 451:1-21.
- " 1981. Kasvatustiheys määrää laadun. Metsä ja Puu 8:10-12.
- " 1982. Taimikko- ja riukuvaiheen männikön kehitys harvennuksen jälkeen. Summary: Development of Scots pine stands at the sapling and pole stages after thinning. Folia For. 524:1-31.
- von WEISSENBERG, K. 1972. Experiments of lodgepole pine in Finland. Paper presented at the meeting of the Nordic Working Group on Provenance Research and Seed Procurement. Varparanta 15-19. Aug. 73 s.

- VIRO, P. J. 1965. Estimation of the effect of forest fertilization. Seloste: Metsän lannoituksen vaikutuksen arvioiminen. Commun. Inst. For. Fenn. 59.3:1-42.
- " 1970. Time and effect of forest fertilization. Commun. Inst. For. Fenn. 70.5:1-17.
- " 1974. Fertilization of birch. Seloste: Koivun lannoitus. Commun. Inst. For. Fenn. 81.4:1-38.
- VUOKILA, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands in southern Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 48.1:1-138.
- " 1957. Hoidetun kuusikon puutavaran tuotoksesta. Metsätal. Aikakausl. 3-4:53-56.
- " 1960a. Lehtikuusen kuutioimisyyhtälöt ja -taulukot. Summary: Tree volume functions and tables for larch. Commun. Inst. For. Fenn. 51.10:1-89.
- " 1960b. Siperialaisten lehtikuusikoiden kehityksestä ja merkityksestä maamme metsätaloudessa. Summary: On development of Siperian larch stands and their importance to forestry in Finland. Commun. Inst. For. Fenn. 52.5:1-111.
- " 1960c. Ala- ja yläharvennuksesta sekä niiden vaikutuksesta puuston kehitykseen Raution istutuskuusikossa. Summary: On low thinning and crown thinning, and their effect on development of growing stock in planted spruce stand of Rautio. Commun. Inst. For. Fenn. 52.8:1-29.
- " 1960d. Männyn kasvusta ja sen vaihteluista harventaen käsitellyissä ja luonnontilaisissa metsiköissä. Summary: On growth and its variations in thinned and unthinned Scots pine stands. Commun. Inst. For. Fenn. 52.7:1-38.
- " 1960e. Elävien oksien karsimisen vaikutuksesta männyn kasvuun. Summary: The effect of green pruning on the growth of Scots pine. Commun. Inst. For. Fenn. 52.1:1-27.

- VUOKILA, Y. 1962. The effect of thinnings on the yield of pine and birch stands. *Commun. Inst. For. Fenn.* 55.12:1-12.
- " 1965. Functions for variable density yield tables of pine based on temporary sample plots. *Selostus: Tilapäiskoealoihin perustuvat yhtälöt männyn kasvu- ja tuotostaulukoita varten.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 60.4:1-86.
- " 1967. Eriasteisin kasvatushakkuin käsiteltyjen männiköiden kasvu- ja tuotostaulukot maan eteläistä sisäosaa varten. *Summary: Growth and yield tables for pine stands treated with intermediate cuttings of varying degree for southern Central-Finland.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 63.2:1-123.
- " 1968. Karsiminen ja kasvu. *Summary: Pruning and increment.* *Commun. Inst. For. Fenn.* 66.5:1-61.
- " 1970. Harsintaperiaate kasvatushakkuissa. *Summary: Selection from above in intermediate cuttings.* *Acta For. Fenn.* 110:1-45.
- " 1971. Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. *Sammanfattning: Gallringsmallar för icke planterade tall- och granbestånd.* *Summary: Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland.* *Folia For.* 99:1-18.
- " 1972. Taimiston käsittely puuntuotannolliselta kannalta. *Summary: Treatment of seedling stands from the viewpoint of production.* *Folia For.* 141:1-36.
- " 1975. Nuoren istutuskuusikon harvennus puuntuotannollisena ongelmana. *Summary: Thinning of young spruce plantations as a problem of timber production.* *Folia For.* 247:1-24.
- " 1976a. Karsimisen vaikutus männyn ja koivun terveystilaan. *Summary: Effect of green pruning on the health of pine and birch.* *Folia For.* 281:1-13.
- " 1976b. Pystypuun kairaus vikojen aiheuttajana. *Summary: The boring of standing trees as a source of defects.* *Folia For.* 282:1-11.

- VUOKILA, Y. 1977a. Hyvän kasvupaikan haavikoiden kasvukyvyistä. Abstract: On the growing capacity of aspen stands on good sites. *Folia For.* 299:1-11.
- " 1977b. Talvikkityypin puuntuotannollinen asema metsätyyppijärjestelmässä. Abstract: Position of the Pyrola type in the forest site type system of Cajander. *Folia For.* 303:1-10.
- " 1977c. Puolukkatyyppi kuusen kasvupaikkana. Abstract: Vaccinium type as a spruce site. *Folia For.* 324:1-14.
- " 1977d. Harsintaharvennus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Abstract: Selective thinning from above as a factor of growth and yield. *Folia For.* 298:1-17.
- " 1980a. Metsänkasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY. Helsinki-Porvoo. 256 s.
- " 1980b. Kasvatustiheyden vaikutus istutuskuusikon kasvuun ja tuotokseen. Summary: The dependence of growth and yield on the density of spruce plantations in Finland. *Folia For.* 448:1-15.
- " 1981. Nuoren männikön kasvureaktio ensiharvennuksen jälkeen. Summary: The growth reaction of young pine stands to the first thinning. *Folia For.* 468:1-13.
- " 1982a. Metsien teknisen laadun kehittäminen. Summary: The improvement of technical quality of forests. *Folia For.* 523:1-55.
- " 1982b. Luonnonnormaaleista viljeltyihin metsiköihin. *Metsä ja Puu* 11:10-12.
- " 1983. Viljelymetsiköiden harvennusmallit. Käsikirjoitus.
- " , GUSTAVSEN, H. & LUOMA, P. 1983. Lehtikuusikoiden kasvupaikkojen luokittelu ja harvennusmallit. Käsikirjoitus.
- " & VÄLIAHO, H. 1980. Viljeltyjen havumetsiköiden kasvatusmallit. Summary: Growth and yield models for conifer cultures in Finland. *Commun. Inst. For.* 99.2:1-271.
- VÄLIAHO, H. & VUOKILA, Y. 1973. A system for simulation of the development of stem-diameter distributions. Seloste: Runkolukusarjan kehityksen simulointimenetelmä. *Commun. Inst. For. Fenn.* 78.9:1-28.





