

HAKKAUKSILLA KÄSITELTYJEN  
MÄNNIKÖIDEN RAKENTEESTA  
JA KEHITYKSESTÄ

AARNE NYSSÖNEN

*ON THE STRUCTURE AND DEVELOPMENT OF FINNISH  
PINE STANDS TREATED WITH DIFFERENT CUTTINGS*

*SUMMARY*

HELSINKI 1954

## Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston toiminta kohdistuu tärkeältä osaltaan metsän puuston määrää, rakennetta ja kasvua koskeviin tutkimuksiin, joilla pyritään luomaan pohjaa puuston kehityksen ja metsän tuoton tuntemukselle sekä metsän edullisimmalle käsittelylle. Tähän aihepiiriin kuuluu myös nyt valmistunut tutkimus, jonka olen saanut suorittaa mainitussa osastossa Suomen Akatemian assistenttina toimiessani. Tutkimusaineiston keräämiseksi tarvittavat maastotyöt on tehty kesäkausina 1948—50.

Tutkimustyöni suuntautumiseen hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden rakennetta ja kehitystä koskevaksi on paljon vaikuttanut esimieheni Suomen Akatemian jäsen, professori Yrjö Ilvessalo. Erityisen suuriarvoisia ja samalla jatkuvaan työhön innoittavia ovat olleet ne neuvot, joita hän on auliisti antanut tämän tutkimuksen eri vaiheissa. Olen hänelle syvästi kiitollinen.

Hyvin kiitollisena haluan mainita, että kunnioitetun opettajani, professori Erik Lönnrothin ohjeet ovat antaneet työlleni tärkeitä suuntaviivoja. Sitä paitsi on se mielenkiinto, jota hän korkeissa yliopiston johtotoimissa suorittamistaan virkatehtävistä huolimatta on tutkimustani kohtaan osoittanut, ollut omiaan kannustamaan minua eteenpäin työssäni.

Tutkimusta suorittaessani olen saanut keskustella esille tulleista ongelmista useiden muiden metsätiedemiesten kanssa. Parhaimmat kiitokset pyydän lausua varsinkin niistä arvokkaista neuvoista, joita ovat antaneet professorit Valter Keltikangas, Erkki Laitakari, Vilho Lihtonen ja Risto Sarvas sekä tohtorit Erkki K. Kalela ja Peitsa Mikola.

Hyvin merkitseväinä pidän yhteistyötä tohtori Kullervo Kuuselan ja lisensiaatti Yrjö Vuokilan kanssa sekä maastotöiden aikana että aineistoa käsiteltäessä. Heille samoin kuin kandidaatti Pentti Koivistolle ja metsänhoitaja Pentti Räisäselle, joilta myös olen apua saanut, lausun vilpittömät kiitokseni.



Laajoissa laskentatöissä on minua avustanut Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston henkilökunta maisteri Alli Salovaaran johdolla. Tutkimukseen sisältyvät kuvat on piirtänyt rouva Irma Nylander. Selostuksen ovat englannin kielelle kääntäneet maisteri Hilka Kontiopää ja Mr. L. A. Keyworth. Kaikkia heitä kiitän hyvin suoritusta työstä.

Maastotöitä tehtäessä on saatu kaikkialla kokea aulista ja ymmärtävistä suhtautumista sekä paikallisten metsäammattimiesten että metsänomistajien taholta. Tällä tavalla saatu apu ja tuki on suuresti helpottanut maastotöiden suoritusta. Koealojen mittauksen joustavaan sujumiseen on hyvillä apumiehillä ollut osuutensa.

Suomen Metsätieteellinen Seura on auttanut tutkimustani ottamalla sen julkaisusarjaansa. Vielä haluan kiittäen mainita sen taloudellisen tuen, jonka sain Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiöltä työn viimeistelyvaiheessa.

Helsingissä, lokakuussa 1953.

Aarne Nyysönen.

## Sisällysluettelo

|  | Sivu |
|--|------|
| Johdanto .....                                   | 7    |
| Tutkimusmetsiköiden luokitustapa .....           | 13   |
| Tutkimusaineisto, sen keruu ja käsittely .....   | 27   |
| Aineiston hankkimismahdollisuudet .....          | 27   |
| Männiköiden runsaus .....                        | 27   |
| Metsien käsittely .....                          | 28   |
| Tutkimusmetsiköissä suoritettavat tehtävät ..... | 30   |
| Metsiköiden valinta .....                        | 30   |
| Metsikön käsittelytavan määrittäminen .....      | 32   |
| Puiden luokitus latvuserroksiin .....            | 34   |
| Puiden ja kantojen luku .....                    | 37   |
| Koepuiden mittaaminen .....                      | 37   |
| Metsikön ja kasvupaikan kuvaus .....             | 40   |
| Erikoistutkimukset .....                         | 41   |
| Aineisto .....                                   | 41   |
| Aineiston käsittely .....                        | 45   |
| Kasvun vaihteluiden aiheuttamat korjaukset ..... | 45   |
| Kuusi- ym. alikasvoksen käsittely .....          | 54   |
| Tasoitukset .....                                | 55   |
| Tutkimuksen tulokset .....                       | 58   |
| Runkoluku .....                                  | 59   |
| Valtapuusto .....                                | 59   |
| Järeä puusto .....                               | 61   |
| Keskiläpimitta .....                             | 64   |
| Laskentatapa .....                               | 64   |
| Metsikön keskiläpimitta .....                    | 66   |
| Pohjapinta-ala .....                             | 69   |
| Pituus .....                                     | 72   |
| Laskentatavat .....                              | 72   |
| Valtapituus .....                                | 75   |
| Keskipituus .....                                | 77   |
| Latvuksen pituus .....                           | 78   |
| Iän mukainen kehitys .....                       | 79   |
| Riippuvaisuus puun läpimitasta .....             | 83   |
| Puuston laatu .....                              | 85   |
| Oksien karsiutuminen .....                       | 85   |
| Muut havainnot .....                             | 88   |

|   |     |
|---|-----|
| Runkomuoto .....  | 90  |
| Kuvaamistavat .....   | 90  |
| Solakkuus .....   | 92  |
| Täyteläisyys .....  | 97  |
| Kuutiomäärä .....   | 98  |
| Koealametsiköiden kuutiomäärien muuntaminen ennen tasoitusta .... | 99  |
| Metsikön kuutiomäärä .....  | 101 |
| Kuutiomäärän jakaantuminen latvuserroksiin .....                  | 104 |
| Kuoren osuus kuutiomäärästä .....                                 | 105 |
| Kuutiokasvu .....   | 106 |
| Kasvunlaskentamenetelmä .....                                     | 106 |
| Toistuvasti harvennetut metsiköt .....                            | 110 |
| Toistuvasti harsitut ym. metsiköt .....                           | 115 |
| Kuutiokasvun jakaantuminen metsikössä .....                       | 120 |
| Kuutiopoistuma .....  | 125 |
| Kuutiomäärän, -kasvun ja -poistuman synteesi .....                | 126 |
| Laadintatapa .....  | 126 |
| Tulosten tarkastelua .....  | 128 |
| Kuutiomäärän ja -poistuman jakaantuminen läpimittaluokkiin .....  | 134 |
| Kuutiomääräsarjojen laadintatapa .....                            | 135 |
| Toistuvasti harvennetut metsiköt .....                            | 139 |
| Toistuvasti harsitut metsiköt .....                               | 144 |
| Kiertoaajan kuluessa poistettavien puiden läpimittasuhteet .....  | 146 |
| Tutkimustulosten luotettavuus .....                               | 150 |
| Aineiston laajuus ja edustavuus .....                             | 150 |
| Silmävaraiset luokitukset .....                                   | 152 |
| Mittaukset ja niihin perustuvat tulokset .....                    | 154 |
| Yhdistelmä .....  | 158 |
| Loppukatsaus .....  | 161 |
| Kirjallisuusluettelo .....  | 164 |
| Summary in English .....  | 175 |

## Johdanto

Metsikön rakennetta ja kehitystä tutkittaessa ovat niin sanotut luonnonnormaalit metsiköt muodostaneet sen kohteen, johon Suomessa on tähän mennessä eniten huomiota kiinnitetty. Toisaalta Cajanderin (1909) luoma metsätyyppiteoria ja toisaalta Cajanuksen (1914) suorittama matemaattis-tilastollisten menetelmien soveltaminen metsätieteen olivat merkittävimmät tapahtumat, jotka saattoivat tutkimustyön tällä alalla vauhtiin. Ensimmäisenä suurena työnä valmistuivat Y. Ilvessalon (1920 a, 1920 b) tutkimukset metsätyyppien taksatorisesta merkityksestä sekä niihin liittyvät kasvu- ja tuottotaulukot maan eteläpuoliskon männiköille, kuusikoille ja koivikoille. Hyvin syvälle kävivät Lönnrothin (1925) tutkimukset saman alueen männiköiden sisäisestä rakenteesta ja kehityksestä. Myöhemmin ovat ilmestyneet Lappi-Seppälän (1930) mänty-koivusekametsiköitä, Miettisen (1932) harmaalepiköitä ja Y. Ilvessalon (1937) Perä-Pohjolan luonnonnormaaleita metsiköitä koskevat tutkimukset. Läheisesti tähän samaan piiriin liittyy myös Kalelan (1933) viljelyskuusikkoihin kohdistuva selvitys.

Mainittujen tutkimusten johdosta Suomi on tietyllä tavalla omassa ja onnellisessa asemassaan. Missään muussa maassa ei ole käytettävissä näin laajaa perustietoutta luonnontilaisista metsiköistä, sillä esitetyistä tutkimuksista käy selville monien tärkeiden metsikkölajien rakenteen ja kasvun kehitys. Lienee oikeutettua sanoa, että ne muodostavat metsikön kasvun ja rakenneopin selkärangan (vrt. Petterson 1924, s. 81). On myös korostettu, että kasvatushakkausten suorittamista koskevat ohjeet ovat luettavissa luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoista (Aaltonen 1935). Ne ovatkin välttämättömänä perustana luonnonmukaiselle metsien käsittelylle, josta erityisesti sodan jälkeen on tullut tavaksi puhua. Tietävästi johdonmukaisimpina tälle käsittelytavalle ominaiset piirteet esiintyvät Kalelan (1945, 1948, 1951) kirjoituksissa.

Samalla kun todetaan luonnonnormaaleihin metsikköihin kohdistuvien tutkimusten merkitys, on kuitenkin muistettava myös niiden rajoitukset.

Sanotut tutkimukset ovat metsätaloudelle riittämättömiä siinä mielessä, ettei hakkauksilta säästyneitä, varsinkaan varttuneita metsiköitä ole enää juuri lainkaan maan eteläpuoliskossa; nehan olivat jo yli 30 vuotta sitten suhteellisen harvinaisia (Y. Ilvessalo 1920 a, s. 40; Lönnroth 1925, s. 75). Yhä enemmän on ruvettu kaipaamaan nyky- eli talousmetsikköihin kohdistuvia tutkimuksia, joille luonnonnormaaleista metsiköistä laaditut selvitykset muodostavat tarvittavan pohjan (Metsätieteellinen... 1949, s. 18).

Hakkauksilla käsiteltyihin metsikköihin suuntautuvien tutkimusten tarvetta on jo kauan esiintynyt. On erityisesti kaivattu hoidettujen metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoita. Tällaisten tutkimusten toteuttaminen on kuitenkin kohdannut monia vaikeuksia, jotka ovat johtuneet esille tulevien ongelmien luonteesta. Ennen muita on noussut eteen eräs toisia suurempi vaikeus: tarkoituksen mukaisen aineiston hankkiminen on ollut sitkeän työn takana tai se on ainakin joiltain osilta osoittautunut suorastaan ylivoimaiseksi tehtäväksi. Luonnonnormaalien metsiköiden rakenteen ja kehityksen tutkiminen on ollut useassa mielessä selviäpiirteistä. Kasvu- paikan sekä metsikön syntyvän ja kehityksen on pitänyt täyttää tietyt vaatimukset, puuston on täytynyt olla vapaa ainakin huomattavista vaurioista ja sairauksista jne., mutta metsikön käsittelyn vaikutuksia ei ole tarvinnut ottaa huomioon. Juuri tämä seikka on muistettava, kun verrataan keskenään luonnonnormaalien ja hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden tutkimista. Ennen muuta metsikön kehitykselle ominainen pitkäjännitteisyys vaikeuttaa aineiston hankkimista jälkimmäisistä. Kiertoaajan ollessa esim. 80—100 vuotta vaaditaan hyvin pitkäaikaista ja johdonmukaista metsikön käsittelyä ennen kuin luotettavia päätelmiä sen vaikutuksista voidaan tehdä.

Taimistoihin tai nuoriin metsikköihin perustettavat, aina päätehakkauksiin saakka mitattavat kestokoealat on katsottava varmimmaksi rakenne- ja kehitystutkimusten pohjaksi (vrt. esim. Mattsson - Mårn 1920, s. 168; Wiedemann 1948 b, s. 51; Weck 1951 a, s. 20). Järjestelmällinen metsätalous tarvitsee kuitenkin hakkauksilla käsiteltyihin metsikköihin kohdistuvia selvityksiä kohtuullisessa ajassa. Kun sitä paitsi käsitykset harvennushakkausten suoritustavoista vaihtelevat, niin on olemassa se mahdollisuus, että alun perin asetetut ongelmat vanhenevat kovin pitkänä tutkimusaikana (vrt. Y. Ilvessalo 1920 a, s. 6; Petrin 1948, s. 231). Sen johdosta esim. Metsäntutkimuslaitoksen toimeenpanemissa metsikön harvennustutkimuksissa, joita on suoritettu v:sta 1924 alkaen, koealoja on sijoitettu myös keski-ikä sivuuttaneisiin metsikköihin. Näin on menetelty, vaikka on tiedetty, etteivät vasta myöhemmällä iällä

ensimmäisen kerran harvennetut metsiköt voi antaa moitteetonta vastausta kysymykseen, miten ne olisivat kehittyneet pitkäaikaisen käsittelyn alaisina (vrt. Näslund 1936, s. 10; Peterson 1937, ss. 10—11; Assmann 1949, s. 420).

Lukuisia tutkimuksia nyt kysymyksessä olevalta alalta on suoritettu myös sijoittamalla tilapäisluontoisia koealoja tietyillä tavoilla käsiteltyihin talousmetsiin. Niinpä esim. Ruotsin metsäntutkimuslaitos on ruvennut käyttämään tällaisia koealoja, joita on sijoitettu aluksi luonnontilaisiin sekä myöhemmin myös eri tavoilla käsiteltyihin metsikköihin ja joilla tehdään tarkka analyysi metsikön kehityksestä (Berättelse... 1947, s. 10). Näiden tilapäisten koealojen avulla tutkimukseen kuluva aika lyhenee. Toinen huomattava etu on se, että tällä tavalla suoritettavat tutkimukset ehkä kuvaavat todellisia metsiköitä paremmin kuin verraten kaavamaisesti käsitelty kestokoealat (vrt. Martin 1920, s. 46; Wobst 1943, ss. 123—124; Vanselow 1951 a, s. 411; v. Arnswaldt 1951, s. 395).

Hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden tutkimisessa kestokoealoilla on erityisesti Keski-Euroopassa voitu nojata jo pitkäaikaisiin ja monipuolisiin harvennuskokeisiin. Esimerkkinä tämän työn tuloksista siellä mainittakoon vain Wiedemannin (1935, 1937, 1948 a, 1949, 1950) laajat tutkimukset. Myös Skandinavian maissa on suoritettu joukko merkittäviä tutkimuksia, osaksi kestokoealoja, osaksi tilapäisiä koealoja hyväksi käyttäen. Tärkeimpiin näistä tutkimuksista kuuluvat Hagbergin (1938) taksatoriset analyysit keskiruotsalaisista sekametsistä, Eiden ja Langsaeterin (1941) laatimat tuottotaulukot eri vahvuusilla hakkauksilla käsitellyille norjalaisille kuusikoille, Näslundin (1942) selvitys vanhan norlantilaisen kuusikon hakkuureaktioista sekä Petersonin (1950, 1951) laatimat tuottotaulukot eräille ruotsalaisille metsikkölajeille. Niin ikään Pohjois-Amerikassa on julkaistu lukuisia tutkimuksia hakkausten vaikutuksista.

Suomessa saadaan hakkauksilla käsitellyistä metsiköistä eniten tietoja valtakunnan metsien arviointien tulosten (Y. Ilvessalo 1927, 1942) ohella Sarvaan (1944) tukkipuun harsintojen vaikutusta Etelä-Suomen yksityismetsiin koskevasta tutkimuksesta. Myös edellä jo mainittujen Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealojen pohjalla on eräitä tuloksia käytettävissä (Y. Ilvessalo 1948 c, ss. 24—25; 1952 a; Nyssönen 1950). Lisäksi on vielä mainittava Nyssönen (1949), Vuokilan (1950) ja Kuuselan (1951) tälle tutkimukselle läheiset työt.

Ulkomailla suoritetuista hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden tutkimuksista on todettava, ettei läheskään kaikista niistä ole suomalaisiin

oloihin sovellettavaa hyötyä. Erityisesti juuri metsien käsittelyssä näet on osoittautunut, että mikä toimenpide on oikein yhdessä paikassa, ei ehkä ole sitä enää jossain toisessa (S c h e n k 1951, s. 54). Sitä paitsi ulkomaiset tutkimukset eivät pohjautu suomalaisten kanssa samoille perusedellytyksille erityisesti kasvupaikkojen luokituksen suhteen. Kun monet ulkomaisten tutkimusten tulokset ovat lisäksi keskenään ristiriitaisia (vrt. H e i k i n h e i m o 1938), puuttuu toistaiseksi suomalaista metsätaloutta silmällä pitäen monia tärkeitä tietoja. Seuraavassa viitataan eräihin tällaisiin kohtiin.

Kun puhutaan metsien järkevän hoidon antamista tuloksista, olisi tutkimuksilla osoitettava, että niitä todella saavutetaan. Lukuisat tutkimukset ovat kyllä johtaneet esim. siihen päätelmään, että määrältään luonnonnormaalien metsiköiden kuutiokasvun veroiseen kasvuun voidaan päästä vähäisemmällä puustolla kuin sanotuissa metsiköissä on. Kuitenkaan ei ole selvitetty, millä seuduilla ko. suhteessa näyttää olevan optimialue, ja millaisessa suhteessa kasvu näyttää vähenevän eri tapauksissa kasvatettaessa määrältään tätä optimipuustoa vähäisempää puustoa.

Nykyisin ollaan johtavien metsänhoitomiesten taholla yksimielisiä Suomen oloihin soveltuvien kasvatushakkaustapojen pääpiirteistä. Tämä käy ilmi muutamia vuosia sitten annetusta julkilausumasta, jossa harsinnan luonteiset ja niihin vivahtavatkin käsittelytavat ovat saaneet tuomionsa (J u l k i l a u s u m a 1948). Esim. Ruotsissa sen sijaan on tässä suhteessa esiintynyt erilaisia mielipiteitä; keskustelua vain on siellä käyty etupäässä ns. ala- ja yläharvennusten merkeissä (esim. P e t t e r s o n 1937, 1950; V e l a n d e r 1940 a, 1940 b; A n d e r s s o n 1940; U i l l é n 1940). Kuitenkaan tämä hakkaustapojen arvostelu ei perustu kovinkaan suuressa määrin tutkimuksiin eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden kasvusta. Niinpä esim. S a r v a s (1944; vrt. myös 1949 a) on joutunut vertaamaan voimakkailla määrämittaharsinnoilla käsiteltyjen metsiköiden kehitystä lähinnä vain luonnonnormaalien metsiköiden kehitykseen. Tarvitaan kuitenkin vertailua myös voimakkaasti toisesta suunnasta, alhaalta lähtien käsiteltyihin metsikköihin. Lisäksi tarvitaan monipuolisia tietoja metsikön kasvun jakaantumisesta erilaisiin puihin ennen kuin harvennustapojen kehittämisessä voidaan paremmin vapautua subjektiivisista kannanotoista (vrt. B u n d y 1949, s. 134).

Edelleen on tuntematonta, miten voimakkaasti kyetään metsikköä käsittelemällä jouduttamaan puiden siirtymistä järeämpiin läpimittaluokkiin. Niin ikään ei ole tietoa siitä, kuinka suuri on eri iänkohdissa eri tavoilla käsitellyistä metsiköistä tapahtuva poistuma.

Tämän tutkimuksen syntyyn on vaikuttanut senkaltaisten tietämyksen aukkojen olemassaolo, joita edellä on mainittu. Tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena on selvittää erilaisilla hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden rakennetta ja kehitystä ja valaista siinä yhteydessä esille tulevia ongelmia. Tutkimus on täytynyt liiallisen laajuuden välttämiseksi rajoittaa yhteen metsikkölajiin. Sellaiseksi on valittu Suomen eteläpuoliskon keskisen osan puhdas, tasaikäinen männikkö, kuitenkin kolmella tällaiselle metsikölle luonteenomaisella metsätyypillä, nimittäin mustikka-, puolukka- ja kanervatyypeillä. Hyvin tarpeellisina vertauskohteina vastaavista luonnonnormaaleista metsiköistä ovat käytettävissä aiemmin jo mainittujen Y. I l v e s s a l o n (1920 a, 1920 b) ja L ö n n r o t h i n (1925) tutkimusten tulokset. Myös S a r v a a n (1944) tutkimuksessa käsitellyt harsintamänniköt muodostavat sopivan vertauskohteen.

Tutkimuksen rungon muodostaa kahdella eri tavalla, nimittäin toistuvilla harvennuksilla ja toistuvilla harsinnoilla, käsiteltyjen metsiköiden kehityksen tarkastelu. Aineistoksi on mitattu koealoja nykymetsistä, joten tuloksia voitaneen näitä metsiä koskevana soveltaa käytäntöön monella tavalla. Juuri tällaisia tietoja esim. L i h t o n e n (1952, s. 16, ss. 36—37) katsoo erityisesti kaivattavan. Kohdistamalla tutkimus myös erittäin voimakkaasti ja eri suunnista, alhaalta ja ylhäältä päin lähtien, hakattuihin metsikköihin on saavutettu tutkimukselle tarpeellista laajaa vaihtelua ja arvokkaita vertausmahdollisuuksia. Aineistoon on näin saatu myös sellaisia metsiköitä, joiden käsittelyssä sovinnaiset rajat on ylitetty. Vain tällaisten metsiköiden perusteella voidaan näet tehdä päätelmiä mainittujen rajojen sijainnista (vrt. N ä s l u n d 1936, s. 12). Lähinnä juuri tässä mielessä on ymmärrettävä voimakkailla määrämittaharsinnoilla käsiteltyjen metsiköiden sisällyttäminen aineistoon.

Tutkimuksessa sovelletaan vertailevaa tutkimusmenetelmää. Koealametsiköiden perusteella rakennetaan tietyt keskimääräiset kehityssarjat. Tietenkin on muistettava, etteivät tällaiset rakennelmat yhtä vähän kuin mitkään tuottotaulukot sellaisinaan esitä kaikissa suhteissa jonkin todellisen metsikön kehitystä (vrt. M a c K i n n e y, S c h u m a c h e r ja C h a i k e n 1937, s. 531; D i e t e r i c h 1949, s. 303; K ö s t l e r 1950, s. 227). Tarkoituksena onkin laatia vain apukonstruktio (vrt. W i e d e m a n n 1949, s. 2; P r o d a n 1951 a, s. 79), johon nojaten tulosten tarkastelu voidaan suorittaa. On kyllä niin, että »todellinen metsän tuntemus syvemmissä mielessä on tuskin täydellisesti ja korrektisti koottavissa numeroiksi. Erityisesti tämä koskee sitä varmastikin merkityksellistä intuitiivista panosta, joka on monilla taitavilla metsän hoitajilla. Siinä määrin kuin mennään hienoista karkeampiin piirteisiin



metsien rakenteessa, numeroilmaisu kuitenkin tulee ei vain käyttökelpoiseksi vaan suorastaan tarpeelliseksi tukena ja runkona metsän tuntemukselle» (H a g b e r g 1938, s. 498; suomenn.).

### Tutkimusmetsiköiden luokitustapa

Erilaisilla hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden vertailevaa tutkimusta suoritettaessa on tutkimusmetsiköt jaettava luokkiin tarkoituksen mukaisella tavalla. Seuraavassa selostetaan se luokitusmenetelmä, jota tässä tutkimuksessa on käytetty. Perusteeksi sille luodaan aluksi katsaus eräihin aiempiin metsiköiden luokitustapoihin.

Vv. 1936—38 suoritettussa II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa arvosteltiin metsikön m e t s ä n h o i d o l l i n e n t i l a käyttämällä 5-jakoista asteikkoa, jonka perusteella erotettiin hyviä, tyydyttäviä, epätyydyttäviä, pilattuja ja hävitettyjä metsiköitä (Y. I l v e s s a l o 1936, ss. 18—19; vrt. myös 1942, ss. 192—193). Myös III:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa (Y. I l v e s s a l o 1951 b, ss. 25—28) metsiköt jaettiin luokkiin metsänhoidollisen tilansa mukaisesti. Arvosteluasteikko on aiemmasta arvioinnista perusteellisesti uusittu. Uudelle asteikolle on ominaista metsiköiden jakaminen kahteen pääryhmään, kehittämiskelpoisiin ja kehittämiskelvottomiin. Molemmissa pääryhmissä erotetaan neljä luokkaa. Mainittakoon vielä, että myös II:ssa Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa (V i d a n d r a . . . 1947, s. 39, 140) on määritetty metsänhoidollinen tila. Sovellettu asteikko on 3-jakoinen.

Nämä asteikot ovat käytännössä yleensä osoittautuneet tarkoitustaan vastaaviksi. Niiden avulla on koottu tietoja, joita on voitu käyttää hyväksi monella tavalla. Niin ollen oli luonnollista, että myös tätä tutkimusta suunniteltaessa sekä sen aineistoa koottaessa tarkasteltiin, olisiko II:n valtakunnan metsien arvioinnin asteikko sopiva tutkimusmetsiköiden jaottelemiseksi. Erityisesti kiinnitettiin huomiota siihen, näyttääkö asteikon avulla saavutettavan jokseenkin yhtenäisiä kehityssarjoja. Tällöin havaittiin, ettei luokitus ainakaan sellaisenaan sovellu mainittuun tarkoitukseen. Niinpä esim. tyydyttäväksi joudutaan merkitsemään toisistaan tuntuvasti poikkeavia metsiköitä: sellaisia, joiden hakkauksissa on etupäässä heikointa puustoa poistettu, mutta myös sellaisia, missä hakkaukset ovat kohdistuneet pääasiassa järeimpään puustoon, kunhan tässä suhteessa tiettyä rajaa ei ole sivuutettu. Niin ikään saatetaan erityisesti uudistamis-

vaihetta lähenevissä metsiköissä asteikkoa sovellettaessa joutua vaikeuksiin, kun metsikkö voi näyttää miltei pilatulta, mutta uudistamisnäkökohdista ensisijaisesti silmällä pidettäessä sen tila voi olla jopa tyydyttävä. Myös luokituksen olemukseen kuuluva metsänhoidollisen tilan parantamisen ajatus (Y. Ilvessalo 1942, s. 193) on yleensä vieras yhtenäisten kehityssarjojen muodostamiselle.

Edellä esitettyjen näkökohtien lisäksi on otettava huomioon, että metsänhoidollisen tilan arvosteluasteikko edellyttää soveltajaltaan tiettyä ennakoasennetta tutkimusmetsiköiden suhteen. Hänen on kyettävä jo metsikössä ollessaan, ennen tutkimusaineiston käsittelyä, yleisesti hyväksyttyjen metsänhoidollisten käsitysten mukaisesti sanomaan, onko metsikkö hyvä vai tyydyttävä vai jotakin muuta. Sen laatuissa tutkimustyössä kuin valtakunnan metsien arvioinnissa tämä todella on tarpeellista ja tarkoituksen mukaista. Arvioimisryhmien johtajina olevilla metsänhoitajilla on siihen myös vaaditut edellytykset, kun heidät on ennakkovalmennuksen ja jatkuvan opastuksen avulla perehdytetty tehtäviinsä.

Tämän tutkimuksen luonne on kuitenkin toinen kuin valtakunnan metsien arviointien. Tarkoituksena on nyt selvittää eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden rakennetta ja kehitystä sekä pyrkiä näiden metsiköiden kesken tehtävien vertailujen avulla tavallaan saamaan selville; millainen metsikkö on hyvä ja millainen sitä ei ole. Tässä siis oikeastaan vasta tutkitaan samaa ongelmaa, mistä sanotussa metsien arvioinnissa edellytetään arvostelijalla olevan yleiskäsitys. Voitaneen myös todeta, ettei tulos varmaankaan olisi sen parempi yritettäessä soveltaa jakoa kehitysluokkiin, jota varsinkin Ruotsissa on käytetty (esim. Vid andra... 1947, ss. 39—47) ja joka Suomessakaan ei ole tuntematon (Osara 1948, s. 22; Y. Ilvessalo 1951 b, s. 26).

Luonnollisinta on pyrkiä suorittamaan metsiköiden luokitus niiden aiemman käsittelyn pohjalla sellaisenaan. Sama metsikön rakenne ja sama nykyinen tila näet voivat helposti johtua siitä, että eri metsiköiden kehityskäyrät tilapäisesti leikkaavat toisensa, ja kuitenkin sen jälkeen niiden kehitys taas voi muodostua erilaiseksi. Käsittelyn yhtäläisyys on siis asetettava perusvaatimukseksi, jotta metsiköt kuuluisivat samaan kehityssarjaan (Cajanus: Aineiston... ss. 3—4, s. 12).

Tähän mennessä sovelletuista metsiköiden käsittelyluokituksista lienevät harvennuskokeissa käytetyt jaottelut tarkimmin määriteltyjä. Niinpä esim. Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla toimitettavat harvennushakkaukset jaetaan ns. ala- ja yläharvennuksiin, ja nämä taas puolestaan lieviin, vahvoihin ja erittäin vahvoihin. Lisäksi erotetaan eräitä

muita hakkauksia (vrt. L. Ilvessalo 1929, ss. 6—9). Luonnollista kuitenkin on, ettei nyt tutkitussa aineistossa tätä luokitusta voida käyttää. Ainakaan varhaisempien harvennushakkausten vahvuutta ei nimittäin voida määrittää asteikon edellyttämällä tarkkuudella. Lisäksi asteikko on talousmetsiä silmällä pitäen verraten suppea. Siitä puuttuvat mm. harsitut metsiköt, jotka tämän tutkimuksen aineistosta muodostavat olennaisen osan.

Sekä I:ssä että II:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa arvosteltiin myös, miten metsiköitä oli käsitelty viime 10-vuotiskautena (Y. Ilvessalo 1942, ss. 185—192). Viimeksi mainitussa arvioinnissa erotettiin seuraavia hakkauksia: harvennushakkaus, väljennyshakkaus, uudistushakkaus, laadultaan epämääräinen hakkaus sekä täydellinen hävitys- eli »ryöstö»hakkaus. Vastaavasti mm. Ruotsin II:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa määritettiin, millaisia hakkauksia metsiköissä mahdollisesti oli suoritettu (Vid andra... 1947, s. 39, 140). Tällaiset tiedot tietenkin osoittavat, miten metsiä on käsitelty arviointia edeltäneinä vuosina. Jos tilastoja lisäksi on eri ajanjaksoihin kohdistuvina, saadaan selvyttä myös käsittelytapojen muuttumisesta. Jos sen sijaan pyritään varta vasten tutkimaan erilaisen käsittelyn vaikutusta metsikön rakenteeseen ja kehitykseen, on välttämättä koetettava saada selville myös metsikön käsittely ennen viimeksi kulunutta 10-vuotiskautta.

Myös Sarvas (1944) tutkiessaan tukkipuun harsintojen vaikutusta Etelä-Suomen yksityismetsiin on ottanut käsittelytavan jaotteluperusteeksi ja muodostanut sanotulla tavalla käsitellyistä metsiköistä itsenäisiä kehityssarjoja. Nämä sarjat kuvaavat voimakkaasti harsittujen metsiköiden jatkuvaa kehitystä, joten esim. metsikön synty tapa ja kehitys taimistovaiheessa edellytetään sen mukaisiksi.

Tässä tutkimuksessa on katsottu tarkoituksen mukaiseksi rajoittaa käsittelemään metsiköitä, jotka ovat syntyneet alkukehitykseltään samankaltaisia, mutta joiden myöhemmässä käsittelyssä on eroja. Luokituksen lähtökohtana on luontaisesti, tasatiheäksi ja tasaikäiseksi syntynyt metsikkö, joka on kehittynyt taimistokautensa ainakaan mainittavasti ylispuuston alla kitumatta. Vaikka näissä suhteissa eroja varmaan onkin, niin niiden kuitenkin ei ole edellytetty muodostuneen niin suuriksi, ettei metsikkö ennen siihen kohdistuneita ja sen rakenteeseen olennaisesti vaikuttaneita hakkauksia olisi ehtinyt sulkeutua ja käydä läpi sitä vaihetta, jolloin puiden erilaistuminen biologisiin puoluokkiin varsinaisesti tapahtuu. Eri metsätyyppien luonnonnormaaleissa männiköissä tämä vaihe Lönrothin (1925, kuva 8) mukaan on ohi jo noin 30 v:n iällä. Tämän tutki-

muksen aineistoon kuuluvissa metsiköissä sama ilmiö tapahtuu keskimäärin ehkä vähän myöhemmin, koska ne eivät varmaankaan täytä yhtä korkeita normaalisuusvaatimuksia.

Edellä sanotusta käy ilmi mm., ettei tutkimusaineistoon kuulu ns. hakamaan luonteisia metsiköitä (vrt. Y. Ilvessalo 1951 b, s. 20), joissa puusto ilmeisesti karjan laiduntamisen johdosta on harvahkoa, aukkoista, lyhyenpuoleista, oksikasta jne.

Koska meikäläiset metsiköt ovat erilaisten taloudellisten olojen sekä vaihdelleiden metsänhoidollisten käsitysten johdosta joutuneet hyvin monenlaisten hakkausten kohteiksi, vaatii käsittelyluokkiin jako suurta harkintaa silloin, kun tarkastelu kohdistetaan viimeksi suoritettuja toimenpiteitä kauemmaksi. Käsittelyluokkia muodostuisi ilmeisesti varsin runsaasti, jos luokituksessa pyritäisiin ottamaan huomioon kaikki metsiköt niissä suoritettujen hakkausten suunnan, voimakkuuden sekä ajankohdan mukaisesti. Tässä tutkimuksessa tuollaisen luokituksen laatiminen ja sen puitteissa tapahtuva tarkastelu eivät luonnollisestikaan tule kysymykseen, vaan on rajoituttava muutamiiin tässä tarkoituksessa parhaiten kuvaaviin luokkiin. Tietenkään näiden luokkien nimityksiä ei voida niin laatia, että ne tarkalleen määrittäisivät luokkiin kuuluvien metsiköiden luonteen. Kunkin luokan metsiköt onkin katsottava vain suurempaan käsittelytyyppiryhmään sisältyvien metsiköiden edustajiksi.

Luonnonnormaalien männiköiden sisäistä rakennetta koskevassa tutkimuksessaan Lönnroth (1925, kuv. 60) on osoittanut, että vallitseviin latvuserroksiin kuuluu metsikön kuutiomäärästä valtaosa, yleensä vähintään 80 %. Niin ollen on selvää, että metsikön rakenteen ja kehityksen pääpiirteissään määrää se, millaisen käsittelyn kohteeksi vallitseva puusto on joutunut. Luokitusta muodostettaessa on sen takia syytä kiinnittää huomiota ensi sijassa vallitsevien latvuserrosten — erikoisesti 1. latvuserroksen — puihin.

Metsiköitä käsittelyn perusteella jaettaessa voidaan aluksi erottaa kaksi toisistaan eroavaa ryhmää. Ensimmäiseen kuuluvat tällöin ne metsiköt, joissa hakkaukset on suoritettu vallitsevan puuston parhaan osan kasvatamiseksi poistamalla ensi sijassa heikkoa puustoa sekä vallituista latvuserroksista että myös vallitsevista latvuserroksista itsestään. Näissä metsiköissä on siis suoritettu hakkauksia, jotka yleisesti tunnetaan harvennusia väljennyshakkausten nimellä. Kysymyksessä olevat metsiköt kuuluvat tässä tutkimuksessa samaan harventaen käsiteltyjen metsiköiden ryhmään. Hakkausten tarkoituksena siis on ollut metsikön tuoton kohottaminen (vrt. Oiberg 1950, s. 14), joten näitä metsiköitä voitaisiin sanoa myös hoidetuiksi. Mainittua sanontaa on kuitenkin vältetty,



Kuva 1. Epämääräisesti käsitelty (B) metsikkö puolukkatyyppiltä. Koeala 92, Juva.  
Figure 1. A stand treated with indefinite cuttings (B-class) on *Vaccinium* site type. Sample plot 92, Juva.

koska muutkin tarkastelun kohteeksi nyt joutuvat metsiköt voivat olla ainakin osaksi hoidettuja.

Toiseksi ryhmäksi erotetaan metsiköt, joissa vallitsevan puuston kasvattaminen on laiminlyöty. Ainakin jokin voimakas hakkaus on niissä kohdistettu sanotun puuston järeimpään ja teknillisesti arvokkaimpaan osaan (vrt. Sarvas 1944, s. 11). Useimmiten tällaiset hakkaukset on aloitettu järeimmän puuston vartuttua tukkipuiksi, mutta joskus myös aikaisemmin (esim. Saimaan vesistöalueen parrunhakkaukset). Käsittelyryhmään kuuluvia metsiköitä nimitetään tässä harsien käsiteltyiksi metsiköiksi.

Mainittujen kahden pääryhmän lisäksi erotetaan omaksi ryhmäkseen vielä ns. epämääräisesti käsitellyt metsiköt. Niissä suoritetuilla hakkauksilla ei yleensä ole ollut niin selvää parhaan puuston kasvatuspyrkimystä kuin harventaen käsiteltyjen metsiköiden ryhmässä suoritetuilla toimenpiteillä, mutta toisaalta niissä esim. puuston kuutiomäärä on puuston ikään katsoen yleensä kohtalaisen suuri. Muutamia metsiköitä on tähän ryhmään joutunut sen takia, että niistä on poistettu



jonkin sairauden tai vaurion vuoksi myös sellaista järeää puustoa, jota muuten olisi vielä kasvatettu. Sanotun puuston hakkaaminen on voinut tulla ajankohtaiseksi esim. tervasroson tai lumituhojen esiintymisen johdosta. Metsiköiden luonne poikkeaa siten sekä harvennetuista että harsituista.

Metsiköiden tultua näin jaotelluiksi kolmeen ryhmään on vielä tarkasteltava, millä tavalla näitä ryhmiä olisi edelleen jaoteltava tarpeellisten kehityssarjojen muodostamiseksi. Aineistoon on näet sisällytetty erilaisia metsiköitä, jotka halutaan säilyttää mukana ainakin eräissä tulosten esittelyn vaiheissa. Voidaan hyvin ymmärtää edellä mainittujen ryhmien puitteissa esiintyvän vielä niin laajaa vaihtelua, että on syytä pyrkiä yhtenäisempiin luokkiin. Niinpä harventaen käsitellyissä metsiköissä hakaukset ovat olleet voimakkuudeltaan niin eri asteisia, että kaikkien metsiköiden yhdistäminen samaan sarjaan ilmeisestikään ei olisi tarkoituksen mukaista. Tavoitteeksi asetettiin sen vuoksi tutkimuksen tarkoitusta silmällä pitäen riittävän yhtenäisen toistuvasti harvennettu-jen metsiköiden kehityssarjan muodostaminen. Tehtävänä oli erottaa sopivaa kriteeriä käyttäen tästä sarjasta omiin luokkiinsa koealat, jotka näyttivät poikkeavan siitä.

Epäilemättä luotettavin tulos nyt ko. suhteessa saavutettaisiin, jos käsittelyn voimakkuusaste voitaisiin arvioida suoraan käyttämällä apuna mm. kantojen perusteella laskettua poistumaa eri ajankohtina sekä metsikön jäljellä olevaa puustoa ja sen kasvua. Useimmissa koealametsiköissä tämä kuitenkin ei ole mahdollista, sillä esim. poistuma voidaan selvittää riittävän tarkasti vain suhteellisen lyhyeltä ajalta.

Kun siis hakkausten voimakkuutta ei voida suoraan määrittää, on käytettävä hyväksi jotain metsikön puustossa ilmenevää seikkaa. Tietenkin tämä voi tuntua tinkimiseltä ehdottomasta johdonmukaisuudesta, mutta asian luonteen takia sitä ei voida välttää.

Yhtenä mahdollisuutena voi ajatella koealametsiköissä suoritettua puunluokituksen hyväksi käyttöä. Tällaiseen luokitukseen nojautuenhan eri harvennusasteet erotetaan mm. Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla (esim. Y. Ilvessalo 1932, s. 10). Kun toisaalta tunnetaan puiden jakaantuminen latvuserroksiin ja puuluokkiin luonnollisissa määntöissä (Lönnroth 1925), ja toisaalta tietyssä harvennusasteessa voidaan ajatella määrätty puut poistettaviksi, tulee mieleen ajatus käsittelyluokan määrittämisestä selvittämällä, millaisia puita nykymetsikössä on. Nyt on kuitenkin muistettava, että biologinen puunluokitus on lähinnä puiden keskinäisten suhteiden kuvaaja. Hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä tiettyyn luokkaan kuuluvat puuyksilöt ovat luonteeltaan jossain määrin toisenlaisia kuin samannimiset luonnontilaisten metsiköiden puut, eivätkä eri latvuserrosten tai puuluukkien absoluuttiset tai suhteelliset

määrät osoita luotettavasti metsikössä suoritettujen hakkausten voimakkuutta.

Myös esim. rinnankorkeuden sädekasvun voidaan ajatella ilmentävän hakkausten voimakkuutta. Kuitenkin olisi erittäin vaikeaa arvostella mainitun kasvun suhteellista suuruutta. Sitä paitsi erityisesti kehäpäätelmien vaaran takia sädekasvun hyväksikäyttö tässä suhteessa on rajoitettu vain tiettyjen metsikön varhaisempien vaiheiden selvittämiseen.

Runkolukusarjojen suurta merkitystä tutkimusaineiston yhtenäisyyttä selvitettäessä on Cajanus (1914) erityisesti korostanut. Myöhemmin ovat runkolukusarjoja perusteena käyttäneet mm. Y. Ilvessalo (1920 a, 1920 b) ja Jedliński ym. (1932, ss. 285—287). Cajanusen mukaan runkolukusarja voidaan kuvata muutamilla helposti määritettävillä tunnuksilla, joita runkoluvun lisäksi ovat keskiläpimitta, hajonta ja variaatiokerroin. Kun samaan kehityssarjaan yhdistettävillä metsiköillä tulee olla suunnilleen samanlainen runkolukusarja ja siis samat sarjan tunnukset vastaavissa iänkohdissa (vrt. myös Y. Ilvessalo 1920 a, s. 59), saattaa otaksua, että näiden avulla voidaan tarkastella kehityssarjojen yhtenäisyyttä.

Sanottua tapaa ei kuitenkaan voida käyttää tämän tutkimuksen aineistoa tarkasteltaessa. Niin kuin aiemmin (s. 16) mainittiin, on koealametsiköissä suoritettujen hakkausten arvostelu toimitettu ensi sijassa valitsevien latvuserrosten puustoa silmällä pitäen. Myös aineiston käsittelyssä kiinnitetään tähän tärkeimpään puuston osaan eniten huomiota. Eri metsiköissä vaihtelevasti esiintyvä, runkoluvultaan joskus ehkä tuntuva, mutta todellisuudessa suhteellisen vähämerkityksinen vallittujen latvuserrosten puusto sen sijaan jää toissijaiselle huomiolle. Niin ollen äsken mainitut sarjan tunnukset antavat nyt tutkituista metsiköistä usein harhauttavan kuvan. Asiaa valaistaan vielä seuraavalla esimerkillä.

Jäljempänä olevassa asetelmassa on sijoitettu rinnakkain edellä mainitut runkolukusarjan tunnukset eräessä harventaen käsiteltyjen metsiköiden ryhmään kuuluvassa koealametsikössä. Vasemmanpuoleinen lukusarja esittää mittaushetken tilannetta. Oikealla taas nähdään ne luvut, jotka saadaan, jos ajatellaan metsikön kehitykselle hyvin vähän merkitsevät vallittujen latvuserrosten puut poistetuiksi. Metsikön kuutiomäärä pienenee tällöin hehtaaria kohden 4.8 m<sup>3</sup> eli vain 2.9 % 163 m<sup>3</sup>:stä.

|   | Ennen<br>harvennusta | Harvennuksen<br>jälkeen |
|---|----------------------|-------------------------|
| Runkoluku, kpl/ha .....                 | 668                  | 468                     |
| Keskiläpimitta (runkol. punn.), cm .... | 17.5                 | 21.8                    |
| Hajonta, cm .....                       | 7.5                  | 3.7                     |
| Variaatiokerroin .....                  | 42.8                 | 17.1                    |

Kaikki tunnusluvut, mutta varsinkin hajonta ja variaatiokerroin ovat siis olennaisesti erilaiset todellisuudessa hyvin samanlaisissa metsiköissä.



Näyttää sitä paitsi epäilyttävältä, onko edellä puheena olleiden tunnusten avulla aineiston yhtenäisyys määritettävissä siinäkin tapauksessa, että äsken mainittu toisarvoiseksi katsottavan puuston mukana olosta johtuva haitta voitaisiin jollain tavalla välttää. Lönnroth (1925, s. 147—150) on erityisesti korostanut, ettei metsikkösarjoihin voida soveltaa todennäköisyyslaskennasta johdettuja teoreettisia yhtenäisyysvaatimuksia. Siihen metsikköaineisto näyttää olevan liian vaihtelevaa. Ainakin tässä aineistossa johtaisivat sanotut vaatimukset joko aineiston tuntuvaan pirstomiseen tai huomattavan koealajoukon poistamiseen. Poistetut koealat voisivat kuitenkin olla yhtä tyypillisiä kuin aineistoon jäävätkin.

Mainittakoon, että Kuusela (1951, ss. 64—65) on yhdistänyt metsikön iän, kuutiomäärän sekä runkoluvulla punnitun keskiläpimitan yhdeksi tunnuksiksi ja saanut metsänhoidolliselta tilaltaan erilaiset koivikot erotumaan toisistaan paremmin kuin mitään yksityistä tunnusta käyttämällä. Mainitulla yhteistunnuksella suoritettut kokeilut metsiköiden erottelusta saman käsittelytavan puitteissa eivät kuitenkaan tässä aineistossa näytäneet johtavan moitteettomiin tuloksiin.

Haettaessa edelleen sopivaa jaotteluperustetta tarkasteltiin metsikön tiheyttä, jolla tunnetusti ymmärretään kasvualan käyttämisintensiteettiä osoittavaa suhdelukua (vrt. Föreskrifter... 1916; Lönnroth 1919, s. 179; Y. Ilvessalo 1936, ss. 15—16; Sarvas 1945). Tällä tunnuksella onkin vankat oikeutuksensa metsiköiden jaottelussa. Lienee jopa katsottava, että tiheys muodostaa pohjimmaltaan ainoan kestävä luokitusperusteen ko. suhteessa. Jos näet metsikkö käsittelytavaltaan, metsätyypiltään jne. täyttää jollekin sarjalle asetetut vaatimukset, on vaikeaa perustellusti suorittaa jotain muuta kuin tiheyteen nojautuvaa jaottelua.

Tiheys arvioidaan yleensä silmävaraisesti. Kuitenkaan ei hevillä voida ottaa lähtökohdaksi koealametsiköissä näin arvioitua tiheyttä sen tunnetun subjektiivisuuden takia. Tosin tämän tutkimuksen aineistoa kootaessa tiheyden arviointia on toimittanut tutkimuksen suorittajan lisäksi vain yksi henkilö, mutta kun maastotyöt ajallisesti jakaantuvat 3 kesäkauden osalle, on arviointitapa saattanut muuttua tuona aikana. Sitä paitsi ei ole takeita yhtäläisestä arvioinnista sekä vasta hakatuissa että kauan levänneissä, sekä nuorissa että vanhoissa, vieläpä eri metsätyyppien metsiköissä. Eihän toistaiseksi tiedetä niitäkään »normaaliarvoja», joihin arvioitavaa metsikköä eri tapauksissa olisi verrattava.

Esimerkkinä tiheyden silmävaraisen arvioinnin vaikeudesta voi mainita, että tiheys saattaa tulla arvioiduksi huonoilla metsätyypeillä suhteellisesti pienemmäksi kuin hyvillä. Samansuuntaisia eroja saattaa esiintyä Suomen pohjois- ja eteläpuoliskojen

välillä. Siihen näyttävät viittaavan eräiden tärkeiden tutkimusten tulokset. Niinpä II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa (Y. Ilvessalo 1942, taul. 83) on karujen maiden metsiköt saatu rehevillä kasvavia harvemmiksi, samoin kuin Pohjois-Suomen metsien keskitiheys ei ole vastaavan Etelä-Suomen metsien tunnuksen suuruinen. Samanlaisen tuloksen eri metsätyyppien metsiköiden osalta on saanut Osara (1935, s. 201) Suomen pienmetsätaloutta koskevassa tutkimuksessaan. Kun tuskin on otaksuttavissa, että jo luonnostaankin verraten harvoilta näyttäviä karujen maiden metsiköitä käsiteltäisiin suhteellisesti sen voimakkaammin kuin rehevien maiden metsiköitä, lienee mahdollista, että tiheyden arvioinnissa ei yleensä osata riittävässä määrin ottaa huomioon kasvupaikan vaikutusta.

Tiheyden arvioinnin subjektiivisuutta on koetettu välttää lukuisilla laskennallisilla keinoilla (Lönnroth 1919, ss. 188—193; vrt. myös 1925, ss. 144—146; Buckley 1950). Myös tämän tutkimuksen aineistoa tarkasteltiin tässä mielessä ja päädyttiin siihen, että metsikön pohjapinta-ala hehtaaria kohden on ko. suhteessa käyttökelpoinen tunnus. Lähinnä laskentavaikeuksien takia ei voitu käyttää jotain teoreettisesti ehkä pohjapinta-alaa parempaa arviointiperustetta, esim. runkojen pinta-alaa (vrt. Lexen 1943; Wilson 1951).

Pohjapinta-alaa on Keski-Euroopassa jo kauan käytetty tiheyden osoittajana (vrt. esim. Lönnroth 1919, s. 190). Samoin amerikkalaisessa metsäkirjallisuudessa pohjapinta-ala johdannaisineen esiintyy yleisesti tässä tarkoituksessa (Behre 1928, s. 382; Matthews 1935, ss. 26—30; Belyea 1947, s. 262; Chapman ja Meyer 1949, ss. 379—380). Erityisesti se pohjapinta-alan ominaisuus, että sitä määrätystä iänkohdasta lähtien tiettyssä harvennusasteessa näyttää voitavan pitää jokseenkin vakiona (vrt. Schwapach 1908, s. 51; Wiedeman 1948 a, ss. 24—35), tuntuu varsin houkuttelevalta myös eri harvennusasteiden erottelua silmällä pitäen. Niin kuin jäljempää käy ilmi, on myös tämän tutkimuksen aineistossa harventaen käsiteltyjen metsiköiden joukossa selvästi erotettavissa eri metsätyypeillä kehityssarjoja, joihin kuuluvissa metsiköissä pohjapinta-ala on pysynyt kutakuinkin tasasuurena sen jälkeen, kun se on saavuttanut tietyn tason. Tämä näyttää pitävän paikkansa sekä koko metsikön että erikseen vallitseviin latvuserroksiin kuuluvan puuston suhteen. Kuitenkin toisaalta on otettava huomioon pohjapinta-alan riippuvaisuus hakkausten suoritusajoista, mitä tarkastellaan vielä jäljempänä.

Edellä sanotun nojalla voitiin pohjapinta-alaa hyväksi käyttäen erottaa varsinaisesta toistuvasti harvennettujen metsiköiden kehityssarjasta omaksi luokakseen ns. väljentäen harvennetut metsiköt. Tähän luokkaan tulivat ne metsiköt, joiden pohjapinta-ala jäi harventaen käsiteltyjen metsiköiden pohjapinta-alan varsinaisen vaihtelualueen alarajaa



Kuva 2. Toistuvasti harvennettu ( $A_1$ ) metsikkö kanervatyypiltä. Koeala 230, Luumäki.  
Figure 2. A repeatedly thinned ( $A_1$ ) stand on Calluna site type. Sample plot 230, Luumäki.

pienemmäksi. Lähempi tarkastelu osoitti, että näin muodostui varsin luonnollinen, toistuvasti harvennetuista metsiköistä poikkeava luokka. Tätä osoittaa mm. se, että jo koealametsiköiden sanallisissa kuvauksissa oli jokaisen väljentäen harvennettujen metsiköiden luokkaan joutuneen koealan puustoa luonnehdittu sanonnalla väljätkö, väljentäen harvennettu jne.

Epämääräisesti käsiteltyjä metsiköitä ei katsottu tarpeelliseksi jaotella luokkiin.

Harsien käsiteltyjen metsiköiden ryhmään kuuluu pääasiassa kahdenlaisia metsiköitä. Oman luokkansa muodostavat toistuvasti harsitut metsiköt, joissa siis vallitsevaan puustoon voimakkaina kohdistuneet hakkaukset ovat toistuneet aina jonkin ajan kuluttua. Kuitenkin tähän samoin kuin seuraavaan luokkaan kuuluvissa metsiköissä on voitu myöhemmin suorittaa etupäässä lieviä ns. kunnostushakkauksia. Toistuvasti harsituista metsiköistä eroavat ne metsiköt, jotka usein jo ensi-



Kuva 3. Väljentäen harvennettu ( $A_2$ ) metsikkö kanervatyypiltä. Koeala 475, Orivesi.  
Figure 3. A heavily thinned ( $A_2$ ) stand on Calluna site type. Sample plot 475, Orivesi.

kertaisen voimakkaan harsinnan jälkeen ovat saaneet olla enemmiltä samankaltaisilta toimenpiteiltä levossa, monesti jo verraten pitkän ajan. Nämä metsiköt voidaan erottaa harsittujen, lepoa saaneiden metsiköiden luokaksi.

Sen tarkempaa jakoa kuin edellä selostettua ei harsien käsiteltyjen metsiköiden ryhmässä ole ollut tarkoituksen mukaista suorittaa. Tosin esim. toistuvasti harsittujen metsiköiden luokassa on erityisesti vallitsevaksi luettavan puuston pohjapinta-alan suhteen tuntuja eroja, mutta kun otetaan huomioon mm. luokkaan kuuluvien metsiköiden lukumäärä sekä tarkastelutapa tutkimustuloksia selostettaessa, ei yksityiskohtaisempi jaottelu ole tarpeen. Kokonaisuutena nämä metsiköt erottuvat kuitenkin hyvin selvästi esim. toistuvasti harvennetuista metsiköistä.

Edellä pohdittu käsittelyluokitus on siis kokonaisuudessaan seuraava:

- A. Harventaen käsitellyt metsiköt
  - 1. Toistuvasti harvennetut metsiköt
  - 2. Väljentäen harvennetut metsiköt
- B. Epämääräisesti käsitellyt metsiköt



Kuva 4. Toistuvasti harsittu ( $C_1$ ) metsikkö puolukkatyyppiltä. Koeala 322, Lappee.  
*Figure 4. A stand subjected to prolonged selection cuttings ( $C_1$ -class) on Vaccinium site type. Sample plot 322, Lappee.*

### C. Harsien käsitellyt metsiköt

1. Toistuvasti harsitut metsiköt
2. Harsitut, lepoa saaneet metsiköt

Näistä käsittelyluokista käytetään jäljempänä lyhennysmerkintöjä. Merkinnot perustuvat tässä esitettyyn jakoon, jolloin esim. merkintä  $A_1$  tarkoittaa toistuvasti harvennettuja metsiköitä. Kun vertauskohdiksi joudutaan usein ottamaan luonnonnormaalit metsiköt, käytetään niistä lyhennysmerkintää N.

Käsittelyluokista on tässä tutkimuksessa epäilemättä keskeisin toistuvasti harvennettujen metsiköiden muodostama, siis  $A_1$ -luokka. Tämän luokan metsiköt on katsottu voitavan yhdistää metsätyypeittäin yhteisiksi kehityssarjoiksi. Tärkeitä, joskin edellisiä huomattavasti vajavai-sempia ja heterogeenisempia kehityssarjoja muodostavat myös toistuvasti harsitut ( $C_1$ ) metsiköt. Sen sijaan muita koealametsiköitä käytetään hyväksi vain eräissä tutkimuksen vaiheissa.

On jossain määrin vaikeaa suorittaa monipuolista vertailua siitä, miten



Kuva 5. Harsittu, lepoa saanut ( $C_2$ ) metsikkö puolukkatyyppiltä. Koeala 185, Hartola.  
*Figure 5. A selectively cut, rested ( $C_2$ ) stand on Vaccinium site type. Sample plot 185, Hartola.*

nyt kehitetty käsittelyluokitus vastaa niitä aiempia luokituksia, joita tämän luvun alkupuolella käsiteltiin. Kuitenkin lienee paikallaan huomauttaa eräistä eroista ja yhtäläisyyksistä.

Harventaen käsitellyt metsiköt ovat pääosaltaan hyviä metsiköitä II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa käytetyssä metsänhoidollisen tilan luokituksessa. Osa on kuitenkin tyydyttäviin luettavia, joihin menevät myös miltei kaikki tämän tutkimuksen epämääräisesti käsitellyt metsiköt. Toistuvasti harsitut metsiköt vastaavat metsänhoidolliselta tilaltaan epätyydyttäviä ja pilattuja. Harsitut, lepoa saaneet metsiköt on viety enimmäkseen epätyydyttäväiksi, mutta joukossa on jopa hyväkin metsikkö.

Harventaen käsiteltyjen metsiköiden pääosa luettaisiin ilmeisesti hyväksi myös III:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa sovelletussa luokituksessa. Toistuvasti harsitut metsiköt joutuisivat siinä ilmeisesti harsimalla harvennettuihin ja varmaan useimmat vielä voimakkaasti käsiteltyjen alaluokkaan.

II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa erotettiin, niin kuin s. 15 mainittiin, »laadultaan epämääräisiä hakkuita». Nyt muodostetussa epämää-



räisesti käsiteltyjen metsiköiden ryhmässä suoritettuja hakkauksia ei ole ensiksi mainittuihin sekoitettava (vrt. Y. Ilvessalo 1942, s. 188). Vielä on huomattava, ettei nyt muodostettuihin luokkiin kuuluvissa metsiköissä suoritettujen hakkausten voimakkuus ole suoraan rinnastettavissa esim. Metsäntutkimuslaitoksen harvennuskokeissa noudatettujen harvennusasteiden voimakkuuteen.

## Tutkimusaineisto, sen keruu ja käsittely

### Aineiston hankkimismahdollisuudet

Seuraavassa tarkastellaan lähemmin kahta tärkeää tutkimusaineiston hankkimismahdollisuuksiin vaikuttanutta kysymystä, nimittäin männiköiden runsautta ja käsittelyä. Sen lisäksi on tietenkin eräitä muita aineiston hankkimista rajoittavia tekijöitä: metsiköt eivät täytä tutkimuskohteille asetettuja vaatimuksia tasaikäisyytensä ja alkukehityksensä suhteen, metsikkökuvioiden pienuus, metsien epätasainen jakaantuminen ikäluokkiin jne. Näiden seikkojen johdosta koealametsiköiden hakeminen on ollut työlästä varsinkin maastotöiden loppuajkoina, jolloin on pitänyt keskittyä vain tietynlaisten, aineistosta vielä puuttuneiden metsiköiden etsimiseen.

### Männiköiden runsaus

Puhdas männikkö on Suomen yleisin metsikkölaji. Männiköitä, joissa sekapuiden osuus ei ylitä 15 % metsikön kuutiomäärästä, oli II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa Nyky-Suomen eteläpuoliskossa 20 % kasvullisen metsämaan pinta-alasta (Y. Ilvessalo 1951 a, s. 13, 22). Niiden jakaantumisesta eri metsätyypeille ei ole lukuja käytettävissä, mutta myös puhtaista männiköistä saadaan tässä suhteessa jonkinlainen käsitys mäntyvaltaisten metsiköiden perusteella, joissa siis mänty käsittää metsikön kuutiomäärästä suhteellisesti suurimman osan. Niiden osuus oli 45 % maan eteläpuoliskon kasvullisen metsämaan pinta-alasta laskettuna Moskovan rauhaa edeltäneitä rajoja silmällä pitäen (Y. Ilvessalo 1942, s. 82). Kasvullisen metsämaan pinta-alasta oli mustikkatyypin mäntyvaltaisia metsiköitä 13 %, puolukkatyypin 20 % ja kanervatyypin 4 % (Y. Ilvessalo mt., taul. 9, 25). Puhtaiden männiköiden vastaavien sadanneslukujen suhteen on muistettava, että näitä metsiköitä on siis vajaa puolet mäntyvaltaisista metsiköistä, ja että sekapuulajien osuudet lisääntyvät metsätyypin parantuessa.

Tämä tutkimus on rajoitettu, niin kuin aiemmin (s. 11) mainittiin, mustikka-, puolukka- ja kanervatyypin männikköihin. Kysymyksessä on siis yleisin puulaji yleisimmillä kasvupaikoillansa. Tämä merkitsee samalla sitä, että näistä metsiköistä on parhaat mahdollisuudet riittävän aineiston keruuseen.

### Metsien käsittely

Kun seuraavassa hahmoitellaan nykyisten puusukupolvien kehittyessä sovelletuille metsien käsittelytavoille ominaisia piirteitä, pidetään erityisesti silmällä tutkimusaineiston keruuta. Vaikka erikseen ei voida tarkastella männiköitä, on kuvaus ehkä lähinnä niihin sovellettavissa siitä syystä, että männyn menekkiolot ovat olleet kokonaisuudessaan suhteellisesti edullisimmat.

Valtaosaltaan se alue, jolta tutkimusaineisto on peräisin, on varhemmin ollut tyypillistä kaskiviljelysseutua; alueen itäosissa kaskikausi vain on jatkunut myöhempään kuin länsiosissa. Nyt tutkitut metsiköt ovat siten pääasiassa kaskeamisen seurauksena syntyneitä. Niiden kehitysaika tutkimushetkeen mennessä on sattunut kauteen, jona muodossa tai toisessa toimitettu harsinta on ollut vallitseva hakkaustapa noin paria kolmea viimeistä vuosikymmentä lukuun ottamatta (vrt. esim. L i h t o n e n 1944, s. 29; S a r v a s 1944, ss. 45—46), jolloin vasta ns. metsänhoidolliset hakkaustavat ovat alkaneet saada laajempaa merkitystä. Varsin selvästi tätä muutosta osoittavat ne I:ssä ja II:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa saadut tulokset, jotka kuvaavat metsien käsittelyä arviointeja edeltäneinä 10-vuotiskausina (Y. I l v e s s a l o 1942, s. 189). I arvioinnin luvut koskevat suunnilleen vv. 1912—21 suoritettuja toimenpiteitä, kun taas II arvioinnin luvut ovat noin vuosiin 1927—36 kohdistuvia. Ne viittaavat siihen, että ainakin pääpiirtein harvennus- ja väljennyshakkauksilla käsitellyt metsiköt ovat lisääntyneet 9 %:sta 39 %:een kasvullisten metsämaiden pinta-alasta. Selvästi harsinnan luonteisten, laadultaan epä-määräisten ja metsän pilanneiden hakkausten sekä hävityshakkausten yhteinen osuus taas väheni 40 %:sta 10 %:een.

Niin kuin luonnollista, metsien käsittely on ollut läheisessä yhteydessä puutavaran menekkioloihin. Viime vuosisadan jälkipuoliskolla vauhtiin päässyt sahateollisuus oli erityisesti omiaan aiheuttamaan luopumisen kaskeamisesta ja siirtymisen sahapuiden harsintaan. Samalla tavalla 1900-luvun alkupuolella sekä varsinkin itsenäisyyden ajan alusta lähtien kaikenlaiselle ja nimenomaan myös pienelle puulle avautunut menekki on luonut mahdollisuuksia kehittää hakkaustapoja edelleen. Metsien

kohonnut arvo on pakottanut kiinnittämään niiden käsittelyyn yhä enemmän huomiota.

Edellä esitettyä yleistä taustaa vasten ei näytä helpolta koota aineistoa metsiköistä, joita olisi käsitelty alun pitäen johdonmukaisesti samalla tavalla. Niinpä näyttää olevan erittäin vaikeaa löytää sellaisia harventaen käsiteltyjä, nyt yli 100 v:n ikäisiä metsiköitä, joissa ensimmäiset harvennukset olisi suoritettu esim. 40 v:n iällä. Mutta kuitenkin jo ennen harvennushakkausten tuloa yleisiksi niitä oli sentään harrastettu siellä täällä. Esimerkkeinä siitä mainittakoon vain eräät Evon ja Sippolan metsäkoulujen lähitienoiden kauan hoidetut metsiköt. Niinpä K a r l s s o n ja S i l f v e r b e r g (1910, s. 189) jo yli 40 v. sitten julkaistussa tutkimuksessaan mainitsevat Evon metsäalueeseen kuuluneessa Vesijaon kruununpuistossa olleen harvennushakkauksilla käsiteltyjä metsiköitä. Samalla he kuitenkin huomauttavat metsänhoidon silloin olleen maassa hyvin nuorta. Sitä paitsi, jos metsiä noihin aikoihin harvennuksilla käsiteltiin, eivät hakkaukset yleensä liene muodostuneet samassa mielessä tehokkaasti metsikön valitseviin latvuserroksiin kuuluvaa puustoa kasvattaviksi kuin mihin nykyään harvennushakkauksilla pyritään. Kaiken kaikkiaan on selvää, että vanhimpien tutkimusmetsiköiden osalta on varauduttava niiden aiemman käsittelyn suhteen sellaisten puutteiden olemassaoloon, jotka ilmenevät myös tuloksissa. Syynä lienee useimmissa tapauksissa harvennusten liiallinen viivästyminen nuorella iällä.

Harsinnan valta-asemaa metsien aiempana käsittelytapana on edellä jo korostettu. Siirtyminen ns. metsänhoidollisiin hakkaustapoihin ei kuitenkaan ole tapahtunut niin täydellisesti, etteikö hyvinkin selviä harsintoja huomattavassa määrässä tapahtuisi jatkuvasti. Siitä huolimatta on tutkittaviksi sopivien, toistuvilla harsinnoilla käsiteltyjen metsiköiden löytämisessä omat vaikeutensa. Usein on voimakkaiden harsintojen seurauksena viime vuosikymmeninä ollut metsikön rauhoittaminen. Sitä taas on seurannut kunnostus- tai uudistushakkauksia, joiden johdosta metsiköiden luonne on ehkä olennaisesti muuttunut, joten niitä ei ole voitu sisällyttää tutkimusaineistoon harsien käsiteltyinä metsikköinä. Sen sijaan niiden joukossa kyllä on muutamia lievästi kunnostettuja metsiköitä.

Epäilemättä helpointa olisi aineiston hankkiminen jonkinlaisista harventaen ja harsien käsiteltyjen metsiköiden välimuodoista, joita yksityismetsissä on hyvin runsaasti. Tätä käsittelytapaa voidaan sanoa »ikuisiksi harventamiseksi» (S a r v a s 1949 a, s. 360; vrt. myös 1950, s. 5): »metsää hakataan harvennushakkuiden ja erityisesti yläharvennuksiin vivahtavien periaatteiden mukaan siten, että puuston määrä ja elinvoimaisuus käyvät lopulta suhteellisen vähäisiksi, mutta harventamista vain jatketaan uskal-

tamatta tai ehkä paremminkin ymmärtämättä käydä käsiksi metsän uudistamiseen». Tämänkaltaisten metsiköiden sisällyttäminen aineistoon olisi tietenkin ollut hyvin tarpeellista. Koealojen mittausta on kuitenkin täytynyt rajoittaa, joten mittaus on pitänyt suunnitella pääasiassa riittävän aineiston saamiseksi selvästi eri tavoilla käsiteltyjen männiköiden keskinäistä vertaamista varten.

### Tutkimusmetsiköissä suoritettavat tehtävät

#### Metsiköiden valinta

Tutkimusmetsiköille asetettiin vaatimukseksi, että niiden tuli olla puhtaita männiköitä. Kuitenkin absoluuttisesti vain yhden puulajin muodostamat metsiköt ovat verraten harvinaisia. Tarkoituksen mukaista ei olisikaan rajoittua ainoastaan niihin, koska riittävän aineiston saanti siten kävisi ylivoimaiseksi tehtäväksi ja koska vähäinen sekapuumäärä ilmeisesti ei paljon merkitse. Sen takia katsottiin puhtaiksi vielä ne metsiköt, joissa sekapuulajien yhteinen osuus ei ylittänyt 20 % metsikön kuutiomäärästä. Vaatimukset tässä suhteessa asetettiin siis jonkin verran lievemiksi kuin Y. Ilvessalon (1920 a, s. 40) ja Lönnrothin (1925, s. 86) tutkimuksissa, joissa sekapuiden osuuden korkeimpana rajana on pidetty 10 % metsikön kuutiomäärästä tai pohjapinta-alasta. Sen sijaan Sarvas (1944, s. 57) on männikköinä käsitellyt sellaiset mäntyvaltaiset metsiköt, joissa koivun osuus tavallisesti on jäänyt alle 20 % kuutiomäärästä, mutta eräissä tapauksissa sitä on ollut paljon runsaamminkin.

Myöhempi laskenta osoitti sekapuulajien osuuden nousevan äsken mainitulle 20 %:n ylärajalle 2 tutkimusmetsikössä, jota paitsi sekapuulajien suhteellinen määrä on yli 10 % vain 3 muussa yhteensä 190 tutkimusmetsiköstä. Valtaosassa aineistoa sekapuiden määrä on jokseenkin mitätön. Sekapuita käsitellään tasaveroisina pääpuulajin kanssa lukuun ottamatta eräitä erikoistapauksia sekä kuusialikasvosta, joka otetaan puheeksi jäljempänä.

Koealojen tuli myös olla metsätyypiltään mahdollisimman yhtenäisiä. Varta vasten vältettiin pientenkin soistuneiden ja erityisen kivisten paikkojen sisällyttämistä koealaan. Metsätyypille sen sijaan ei voitu asettaa sellaista ehdottoman tyypillisyyden vaatimusta, josta Lönnroth (1925, s. 85) mainitsee, koska edellytykset siihen puuttuivat varsinkin voimakkailla hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden osalta. Koealoja koetettiin saada myös kunkin metsätyypin vaihtelualueen molemmilta laidoilta.

Edelleen kiinnitettiin koealoja valittaessa huomiota siihen, että tutkimusmetsiköt olivat tasaisiä. Tässä suhteessa männikkökoealoilla päästään yleensä verraten helposti tyydyttäviin tuloksiin. Suurin osa tutkimusmetsiköistä on syntynyt, niin kuin aiemmin (s. 28) jo mainittiin, kaski- tai kuloaloille; biologisen luonteensa johdosta mänty on niille muodostanut enimmäkseen tasaisiä metsiköitä. Niinpä suuri osa koealoista voitiin sijoittaa metsikköihin, joissa ikäerot olivat enintään 5 vuoden tienoilla. Kuitenkin on monissa metsiköissä pitänyt tyytyä vähäisempään tasaisuuteen ja sallia jonkinlaisia ääritapauksina 15—20 vuoden ikäeroja. Näin on käynyt ennen muuta kanervatyypillä, jolla männiköt verraten usein ovat ainakin jossain määrin eri-ikäisiä (esim. Y. Ilvessalo 1916, s. 4, ss. 10—11; Sarvas 1944, s. 60). Samoinhan näyttää eri-ikäisyyttä esiintyvän Pohjois-Suomen männiköissä (vrt. esim. Lassila 1920, ss. 79—80; Y. Ilvessalo 1937, s. 18). Mainittakoon, että myös Näslund (1936, s. 9) mainitsee pysyvillä männikkökoealoilla Ruotsissa sallitun 20 v:een nousseita ikäeroja, mutta sitä suurempia erot ovat olleet vain poikkeustapauksissa.

Tutkimusmetsiköiden käsittelyn ja kehityksen oli tietenkin vastattava niille asetettuja vaatimuksia. Aiemmin (ss. 23—24) on jo esitetty, minkä käsittelytyyppien metsiköitä tutkimusaineistoon sisällytettiin, ja jäljempänä tulee puheeksi metsikön aiemman käsittelytavan määrittäminen. Tässä yhteydessä on vain mainittava, että aineistosta jätettiin pois metsiköt, joissa voimakas hakkaus oli suoritettu niin äskettäin, ettei metsiköstä voitu mitata vähintään 5 v:n aikana jokseenkin yhtäläisissä oloissa kehittyntä kasvua. Jonkinlaisena rajana mittausjakson aikana suoritettua hakkauksen voimakkuudelle pidettiin sitä, että kuutiopoistuma ei yleensä saanut ylittää ainakaan 1/3:aa mittaushetken kuutiomäärästä. Maastossa tätä rajaa tosin ei aina voitu suoraan todeta, ja sen vuoksi jouduttiin muutamia metsiköitä jättämään tarkastelun ulkopuolelle poistuman tultua lasketuksi aineistoa käsiteltäessä.

Tutkimusmetsiköissä ei saanut esiintyä pahoja sairauksia tai vaurioita. Siten jouduttiin hylkäämään eräitä muuten sopivia metsiköitä, joissa esiintyi huomattavasti ytimennävertäjän (*Blastophagus*) aiheuttamia tuhoja. Näiden metsiköiden jättäminen pois tällaisesta tutkimuksesta on luonnollista (vrt. Lönnroth 1925, s. 90; Näslund 1942, s. 9; Chapman ja Meyer 1949, s. 369).

### Metsikön käsittelytavan määrittäminen

Metsikön aiempaa käsittelyä selvitetessä turvauduttiin hakkausvuosien ja hakkaustapojen suhteen kirjanpitolaitteisiin, milloin niitä vain oli käytettävissä. Varsinkin valtion ja yhtiöiden metsissä suoritetuista hakkauksista saatiin tällä tavalla paljon hyödyllisiä tietoja. Edelleen voitiin käyttää apuna metsänhoitolautakuntien rauhoitusluetteloita, kunnanmetsälautakunnilla olevia hakkuilmoitustietoja sekä metsätalous- ja metsänhoidon neuvojien muistiinpanoja. Tavallisempaa kuitenkin oli muistitietojen hyväksi käyttö. Niitä saatiin ensi sijassa metsänomistajilta itseltään, mutta usein myös äsken mainituilta neuvojilta, naapureilta sekä asianomaisissa metsiköissä hakkauskäytännöiltä henkilöiltä.

Niin helposti kuin metsikön ulkonäkö aiemman käsittelyn arvostelussa saattaa pettääkin, on sillä kuitenkin oma tärkeä merkityksensä tässä mielessä. Esim. puiden karsiutuminen oksistaan verraten korkealle sekä latvusten alarajan jokseenkin yhtä suuri korkeus maasta saattavat osoittaa metsikön kasvaneen tiheänä verraten kauan.

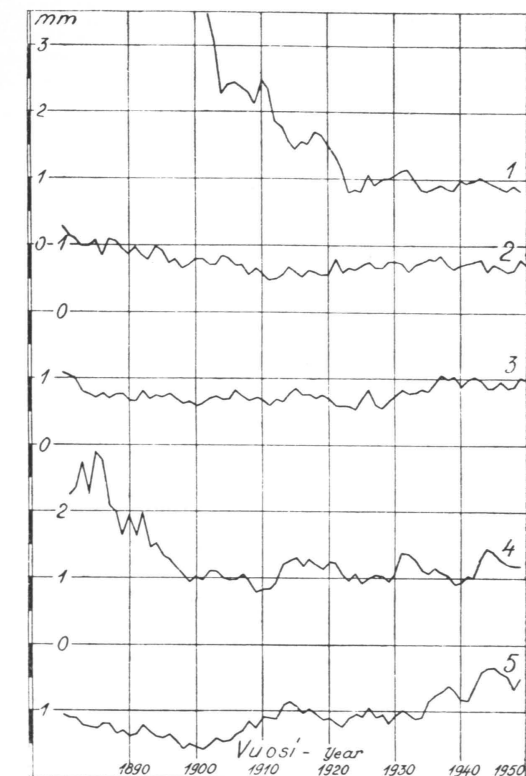
Erityisen tärkeä merkitys aiemmasta käsittelystä päätelmiä tehtäessä on ollut hakkauksissa poistettujen puiden kannoilla. Varsinkin ovat korkeintaan 10—15 vuoden takaiset kannot olleet suureksi avuksi. Mutta paljon vanhempienkin kantojen tutkimisesta voi olla hyötyä, niin kuin esim. *Tertti* (1942) on korostanut. Vaikka kovin vanhoista kannoista poistuman määrää ei kyetäkään saamaan selville, niin niistä kuitenkin usein voidaan nähdä, mihin puuston osaan aiemmat hakkaukset näyttävät lähinnä kohdistuneen. Toisaalta on tietenkin otettava huomioon, että kannot saattavat eräissä tapauksissa johtaa myös harhaan.

Vaikka jo edellä selostetuilla keinoilla saatiin selvitystä tutkimusmetsiköiden aiemmista vaiheista, niin nuo keinot eivät kuitenkaan aina riittäneet. Lähimmässä menneisyydessä suoritettujen toimenpiteiden kyllä yleensä kävivät jo sanotuilla tavoilla ilmi, mutta jokin varhain suoritettu olennainen toimenpide saattoi olla vielä selviämättä (vrt. *Vidandra*... 1947, s. 39). Sen takia valittiin kustakin metsiköstä 6—10 puuta, joista otettiin kasvukairalla lastut rinnankorkeudelta ilmansuuntaa valitsematta, rungon pinnasta aina ytimeen saakka. Lastujen otto keskitettiin lähinnä niiden läpimittaluokkien puihin, joihin suurin osa metsikön kuutiomäärästä kuului. Harsien käsitellyissä metsiköissä katsottiin kuitenkin myös pienten puiden kairauksella olevan merkitystä siinä määrin, että niistäkin otettiin näytteitä.

Jo maastossa saattoi ko. lastujen perusteella usein nähdä, oliko metsikössä suoritettu voimakkaita hakkauskäytännöitä. Nehän aiheuttavat sädekasvun lisääntymistä, useinkaan ei välittömästi hakkauksen jälkeen, mutta kuitenkin jo muutamien vuosien kuluttua siitä (vrt. esim. *Sarvas* 1944, s. 71; *Vaartaja* 1951, s. 32, 34). Tämän perusteella voitiin joskus ryhtyä ottamaan vielä tarkempaa selkoa hakkauksista. Vasta lastujen tultua sisätyönä mitatuiksi voitiin kuitenkin eri metsiköiden käsittelyä tarkemmin arvostella, koska päätelmien teko tällä pohjalla ehdottomasti edellyttää saman aikaisesta suoritettavasta tutkimuksesta kasvun ilmastollisista vaihteluista.

Kuvassa 6 esitetään esimerkkejä koepuista rinnankorkeudelta mitatun sädekasvun kulusta eräissä tutkimusmetsiköissä. Murtoviivat osoittavat koepuiden keskimääräistä vuosilustojen leveyttä sen jälkeen, kun jäljempänä selostettava kasvun vaihteluista johtuva

korjaus on suoritettu. Kuvaa tarkasteltaessa on muistettava, että luonnontilaisissa metsiköissä vuosiluston leveys metsikön iän lisääntyessä yleensä jatkuvasti pienenee verraten nuorella iällä tapahtuvan kulmi-



Kuva 6. Esimerkkejä koepuiden sädekasvun keskimääräisestä kulusta.

Figure 6. Examples of the run of average radial growth in sample trees.

| Numero<br>Number | 1 | A <sub>1</sub> | metsikkö<br>stand | VT | ikä<br>age | 63<br>years | v.<br>years |
|------------------|---|----------------|-------------------|----|------------|-------------|-------------|
| »                | 2 | A <sub>1</sub> | »                 | VT | »          | 125         | »           |
| »                | 3 | A <sub>2</sub> | »                 | CT | »          | 133         | »           |
| »                | 4 | B              | »                 | VT | »          | 87          | »           |
| »                | 5 | C <sub>1</sub> | »                 | CT | »          | 111         | »           |



naation jälkeen, aluksi nopeasti, myöhemmin hitaammin (esim. Mikola 1950, ss. 40—45). Tähän kulkuun erilaiset hakkaukset aiheuttavat tiettyjä muutoksia, joita kuvassa pyritään valaisemaan.

Kuvassa esittävät murtoviivat numerot 1 ja 2 toistuneilla harvennus-hakkauksilla käsiteltyjä ( $A_1$ ) metsiköitä, joissa sädekasvun kulku on ollut verraten tasaista sen jälkeen, kun nuorella iällä tapahtunutta kulminaatia seurannut voimakas laskukausi on laimentunut. Numero 3 kuvaa vv. 1927—28 väljentäen harvennettua ( $A_2$ ) metsikköä, jossa jäljelle jääneiden puiden käytettäväksi vapautunut runsas tila on tehnyt mahdolliseksi sädekasvun suurenemisen. Epämääräisesti käsiteltyjen (B) metsiköiden luokkaan kuuluvaa männikköä valaisee taas numero 4, ja murtoviivan kulusta ilmenee, että metsikössä on voimakkaita hakkauksia suoritettu noin v:sta 1910 alkaen. Numero 5 vihdoinkin kuvaa erästä toistuvasti harsittua ( $C_1$ ) metsikköä, jota on harsittu n. v:sta 1900 alkaen. Kun sädekasvun toipuminen tässä metsikössä on suhteellisesti katsoen hyvin suuri, niin jo tämä sinänsä viittaa siihen, että koepuiden joukossa täytyy olla monia aikoinaan vallittuihin latvuserroksiin kuuluneita puuyksilöitä. Tämä taas merkitsee sitä, että hakkausten on pitänyt olla voimakkaita harsintoja, niin kuin edellä jo sanottiin. Huomattava on kuitenkin, että läheskään aina sädekasvun kulku harsittujen metsiköiden jäljellä olevassa puustossa ei ole keskimäärin tällainen, vaan tämä kulku on yleensä tasaisempaa.

#### Puiden luokitus latvuserroksiin

Tutkimusmetsiköissä suoritettiin puiden luokitus latvuserroksiin. Metsäntutkimuslaitoksen harvennuskokeissa sovelletun luokitustavan mukaisesti erotettiin seuraavat latvuserrokset (L. Ilvessalo 1929, s. 4).

- I. Vallitsevat latvuserrokset
  1. latvuserros, päävaltapuut
  2. latvuserros, lisävaltapuut
- II. Vallitut latvuserrokset
  3. latvuserros, välipuut
  4. latvuserros, aluspuut

Tämän jaottelun voidaan todeta pääpiirteissään olevan Lönnrothin (1925, s. 54) biologisen puunluokituksen vastaavan jaottelun kaltainen, joten näiden tutkimusten tuloksia voidaan verrata keskenään myös tässä suhteessa.

Puunluokituksen lähtökohtana on täysitiheänä kehittynyt, luonnon-tilainen, tasaikäinen ja puhdas metsikkö. Niin pian kuin metsikössä suoritetaan hakkauksia, tällaisen luokituksen luonne tietyllä tavalla muuttuu, koska jo ensimmäinen hakkaus aiheuttaa sen, että puuluokkien muodostuminen ei enää perustu yksinomaan luokituksen pohjana olevaan puuyksilöiden keskinäiseen kilpailuun. Kuitenkin eri latvuserrokset yleensä ovat luokituksessa edellytetyn luonteisina erotettavissa niin kauan kuin metsikössä riittävän tiheän vallitsevan puuston muodostavat siihen varsinaisesti kuuluneet puut. Sen sijaan toistuvasti harsituissa metsiköissä saattaa näyttää siltä, että puunluokitus menettää kokonaan perustansa puiden keskinäisten valtasuhteiden jouduttua monien perinpohjaisten muutosten kohteiksi (Sarvas 1944, s. 17; vrt. myös Curtis 1952, s. 609). Tässä tutkimuksessa kuitenkin on edellytyksiä luokituksen suorittamiseen ainakin sen takia, että tutkittaviksi on pyritty ottamaan vain sellaisia metsiköitä, jotka ovat kehittyneet suurin piirtein sulkeutuneina sen ikäkauden, jolloin erilaistuminen latvuserroksiin ja puuluokkiin tapahtuu (vrt. s. 15). Arvioimalla, mihin latvuserroksiin puut ovat kuuluneet ennen hakkauksia, saavutetaan eräitä arvokkaita vertausmahdollisuuksia, jotka jäisivät käyttämättä esim. pelkkää mekaanista läpimittaluokitusta sovellettaessa.

Yhtenä osoituksena siitä, että latvuserroksiin jaottelun katsotaan näkyvän ainakin pääpiirteissään vielä harsituissakin metsiköissä, on mm. III:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa sovellettavissa metsikön metsänhoidollisen tilan luokitusohjeissa oleva maininta harsimalla harvennettujen metsiköiden latvuserroksista (Y. Ilvessalo 1951 b, s. 26). Biologisella puunluokituksella katsotaan siis olevan merkitystä myös näiden metsiköiden rakenteen kuvaamisessa (vrt. myös Wohlfarth 1938, s. 331, 333).

Puunluokituksen suorittaminen on jo luonnontilaisissa sekä säännöllisesti hoidetuissa metsiköissä melko subjektiivinen tehtävä. Luokittaja jouuu silmävaraisesti arvioimaan, mihin eri tekijäin perusteella muodostettavaan luokkaan kukin puu on vietävä. Metsikön biologian johdosta metsikössä on kuitenkin eri luokkien väliasteita, joten yksityisten luokkien rajat ovat epäselvät, vaikka luontainen erilaistuminen puiden pituudessa, latvuksessa jne. onkin todettavissa (vrt. Mayr 1909, s. 506; Wicht 1934, s. 24). Jos siis johonkin luokkaan selvästi kuuluvat puut arvioidaankin yhtäläisesti, niin lukuisain väliasteiden erilainen, henkilöistä riippuvainen näkemys saattaa aiheuttaa eri henkilöiden luokituksiin tuntuja eroja. Paitsi edellä mainittu Wicht on noihin eroihin kiinnittänyt huomiota mm. Schädlin (1931, s. 8). Hyvin selvästi ne ovat



käyneet ilmi myös tarkasteltaessa eri henkilöiden suorittamia luokituksia eräillä kestokoealoilla hoidettujen ja luonnontilaisten männiköiden rakennetta ja kehitystä koskeneen vertailun yhteydessä (Nyysönen 1950; vrt. myös edellä ss. 18—19). Nyt suoritetussa tutkimuksessa luokituksen on kuitenkin suurimmassa osassa tutkimusmetsiköitä suorittanut sama henkilö. Muutamissa kymmenissä metsiköissä luokituksen toimittanut toinen henkilö taas on harjaantunut yhteisen työnteon aikana samankaltaiseen arviointiin.

Aiemmin sanotusta jo on selvinnyt, että puunluokituksen suorittaminen epäsäännöllisissä metsiköissä on huomattavasti vaikeampaa kuin säännöllisissä. Edellisissä ei aina ole tarpeeksi vertauskohteita, joten luokitus tuntuu niissä jäävän epävarmimmalle pohjalle kuin ainakin likimain sulkeutuneissa metsiköissä, joissa sentään usein tuntuu kuin puun kylkeen olisi jo valmiiksi kiinnitetty sen latvuserrosta osoittava merkintä. Latvuserrosta arvioitaessa epätasaisissa metsiköissä jouduttiin tässä tutkimuksessa panemaan huomattava paino puiden pituussuhteille. Myös poistettujen puiden kantoja käytettiin hyväksi. Lisäksi saatiin tarpeellisia viitteitä mm. pituuskasvusta, koska esim. selvät kitumis- ja toipumiskaudet sen kulussa saattavat osoittaa, milloin puu on ollut vallittuna ja milloin vapaana. Jatkuvasti vallitsevana kasvaneen puun pituuden kehitys sen sijaan on tasaisempaa. Jossain määrin on ko. luokituksessa apua myös sädekasvun tarkastelusta, joka varsinkin puun suhteellisen pituuden ja pituuskasvun yhteydessä voi ilmentää jotakin siitä, mihin latvuserrokseen puun lähinnä olisi katsottava kuuluvan.

Kaiken kaikkiaan latvuserrosten määrittystä hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä on pidettävä siinä määrin epävarmana ja usein myös vähemmän olennaisena kuin luonnontilaisten metsiköiden rakennetta ja kehitystä tutkittaessa, ettei ole tarkoituksen mukaista ryhtyä latvuserrosten puitteissa pitkälle menevään tulosten tarkasteluun. Sen takia tässä tutkimuksessa metsikön rakenteen ja kehityksen kuvaaminen suoritetaan etupäässä koko metsikköä silmällä pitäen. Milloin taas metsikön eri osia joudutaan tarkastelemaan latvuserrosten puitteissa, pyritään tulosten tulokinnassa ottamaan huomioon ko. luokitukseen liittyvät virhemahdollisuudet.

Latvuksen ja rungon laadun sekä puissa esiintyvien vikojen tai sairauksien perusteella muodostettavia puuluokkia ei pääosassa tutkimusmetsiköitä lainkaan erotettu. Tätä tehtävää kyllä suoritettiin muutamissa kymmenissä koealametsiköissä maastotöiden alkuvaiheissa, mutta sitten heräsi epäilyksiä luokituksen jatkamisen hyödyllisyydestä. Niinpä näytti siltä, etteivät latvuksen ja rungon perusteella muodostettavat luokat

kuvaa latvuksen ja rungon laatua hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä ensinkään samalla tavalla kuin luonnonnormaaleissa metsiköissä. Sen takia suoritettiin kaikilla koealoilla vain kahtiajako, jossa selvästi kehityskelvottomat puuyksilöt erotettiin muista. Kehityskelvottomiksi luettiin esim. tervasrosoiset, muuten pahasti sairaat tai vikanaiset, lengot tai mutkarunkoiset, latvuksensa hyvin vähäiseksi menettäneet yms. puuyksilöt. Tämän luokituksen tarkoituksena oli lähinnä saada selville välttämättömän poistamisen tarpeessa olevien puiden määrä.

### Puiden ja kantojen luku

Rinnankorkeudelta (vrt. Ylivesalo 1947, s. 9) mitattiin kaikkien vähintään tälle korkeudelle ulottuneiden, sekä elossa olleiden että kuolleiden puiden läpimitta. Mittaus toimitettiin kuoren päältä latvuserroksittain.

Poistuman laskentaa varten mitattiin hakkauksissa poistettujen puiden kantojen läpimitat kuoren päältä ajassa niin pitkälle taaksepäin kuin mahdollista. Kannot ryhmitettiin hakkausvuosien mukaan. Siinä käytettiin apuna mm. Sarvaan (1944, ss. 34—36) esittämiä lahoamisasteita sekä tämän kirjoittajan valmisteilla olevassa erikoistutkimuksessa selostettavia menetelmiä.

### Koepuiden mittaus

Koealametsiköiden kuutiomäärän ja -kasvun laskenta perustuu Ylivesalon (1948 b) »Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoihin». Kuutiokasvun määrittämisen varmentamiseksi ja eräiden erikoiskysymysten selvittämiseksi tehtiin muutamissa voimakkaasti harsituissa metsiköissä lisäksi runkoanalyyskejä sitä varten kaadetuista puista.

Ylivesalon taulukoiden perusteella tapahtuvaa kuutioimista ja kasvun laskentaa varten mitattujen pystykoepuiden lukumäärä oli luonnollisesti jossain määrin metsikön laadusta riippuvainen. Yleensä varsinaisia koepuita otettiin 25—30 kpl, jota paitsi pituus- ja kapenemishavain-toja tehtiin vielä lisäksi keskimäärin n. 5 puusta. Koepuita eri latvuserroksiin sijoitettaessa kiinnitettiin huomiota siihen, miten suuren osuuden metsikön kuutiomäärästä arvioitiin kuuluvan kuhunkin latvuserrokseen. Sitä paitsi kussakin latvuserroksessa koepuut pyrittiin saamaan mahdollisimman tasasuuria kuutiomääriä edustaviksi (vrt. Tischendorf 1927, s. 127; Näslund 1944, s. 306).

Koepuista mitattiin mm. latvuksen alarajan korkeus alimasta katkaisukohdasta. Latvuksen alarajaksi katsottiin kutakuinkin yhtäjaksoisen vihreän oksiston alkamiskohta. Jokin tämän alapuolella mahdollisesti oleva yksinäinen oksa jäi siis huomioon ottamatta (vrt. Lönnroth 1925, s. 103, alamuist. 2; Näslund 1940, s. 96). Tätä mittausta ei suoritettu kaikissa tutkimusmetsiköissä, mutta kuitenkin pääosassa niitä.

Kuutiokasvun selvittämiseksi määritettiin mm. 10:n viime vuoden sädekasvu rinnankorkeudelta. Milloin esim. kannoista voitiin havaita metsiköstä poistetun puustoa tuntuvasti viime 10-vuotiskauden alkupuoliskolla, mitattiin myös viime 5-vuotiskauden sädekasvu. Usein muutokset olivat selvästi nähtävissä myös sädekasvun toipumisena. Kuitenkaan sen perusteella ei yleensä voitu koealaa mitattaessa sanoa, onko tarkoitukseen mukaisempaa laskea 5:n kuin 10 v:n sädekasvuun nojautuva kuutiokasvu. Kasvun ilmastollinen vaihtelu näet on tutkimusajankohtaa edeltäneenä 10-vuotiskautena ollut keskimääräisestikin hyvin huomattavaa, niin kuin jäljempänä tullaan näkemään. Vielä suurempaa vaihtelu varmaankin on paikallisesti. Kun sen suuruutta koealoja mitattaessa ei viimeksi kuluneilta vuosilta tunnettu kuin aivan summittaisesti, ei maastossa voitu aina päätellä, onko kasvu mahdollisesti suoritettujen hakkausten johdosta muuttunut.

Säde- sekä pituuskasvua mitattaessa jätettiin tutkimusvuosi huomioon ottamatta aina elokuun 20. päivän tienoille saakka, mutta tämän jälkeen se otettiin mukaan. Niin kuin Y. Ilvessalo (1932, ss. 21—23) on osoittanut, on mittauksessa ilmenevä paksuuskasvu jo heinäkuun lopulla — elokuun alussa kutakuinkin päättynyt. Vastaavasti Ruotsin metsätutkimuslaitoksen kestokoealoilla aloitetaan syysrevisio elokuun puolivälin mentyä (Näslund 1936, s. 110). Tämän jälkeen tapahtuvat muutokset eivät siis enää ainakaan mainittavasti näy käytännöllisessä kasvunmittauksessa, vaikka kasvua vielä jossain määrin saattaa tapahtuakin, niin kuin esim. Romellin (1925) meikäläisiä oloja likipitäen vastaaviin oloihin kohdistuvat tutkimukset osoittavat. Myöhemmin syksyllä taas voi olla havaittavissa vuosilustojen kutistumistakin (esim. Y. Ilvessalo mt.; Schöber 1951, ss. 85—86).

Metsikön iän selvittämiseksi suoritettiin kairauksia koepuiden tyvestä, minkä lisäksi ikähavaintoja tehtiin koealalla tai sen välittömässä ympäristössä mahdollisesti olleista tuoreista kannoista. Jo heti tutkimusmetsikköön tultua jouduttiin vähänkin epävarmoilta näyttävissä tapauksissa tekemään havaintoja metsikön tasaikäisyyden selvittämiseksi. Varsinainen iän määrittäminen tapahtui kuitenkin vasta koepuiden mittauk-

sen yhteydessä. Ikähavaintoja tehtiin niin monta, että metsikön ikä saatiin luotettavasti selvitettyksi. Metsikön osoittautuessa hyvin tasaikäiseksi saatettiin tyytyä 4—5 havaintoon, mutta ellei näin ollut asianlaita, jouduttiin niitä tekemään enemmän, aina 20:een saakka.

Milloin ikähavainnot poikkesivat toisistaan, mutta metsiköstä katsottiin voitavan koeala mitata, saatiin metsikön ikä yksinkertaisena aritmeettisena keskiarvona koepuiden ikäluvuista. Tällöin satunnaisesti paljon eroavat puut, kuten jossain määrin alikasvoksen luonteiset yksilöt, jätettiin huomioon ottamatta (vrt. Y. Ilvessalo 1920 a, s. 43). Aritmeettinen keskiarvo tuntuu silloin sopivimmalta, kun metsikössä ei ole iän suhteen havaittavissa selvää kerroksellisuutta ja kun ikäerot eivät ole kovin suuria (vrt. Y. Ilvessalo mt., s. 43; Lönnroth 1925, s. 87; Näslund 1936, s. 80; Petrini 1948, s. 96). Joissakin metsiköissä saattoi kyllä huomata, että suuremmat puut näyttivät olevan ehkä hiukan vanhempia kuin pienemmät, mutta mitään selviä eroja tässä suhteessa ei voitu todeta.

Iän kairaus toistettiin, kunnes osuttiin puun ytimeen. Kokemus näet osoitti, että milloin verraten lähellekin ydintä osuneista kairanlastuista yritettiin arvioida puuttuvien vuosilustojen lukumäärä, siinä helposti erehdyttiin. Sen sijaan valelustojen esiintyminen, johon esim. Schwarz (1899, s. 268) on kiinnittänyt huomiota, näyttää Mikolan (1950, s. 16) mukaan olevan Suomessa harvinaista, joten niiden johdosta ei liene odotettavissa virheellisiä ikälukuja.

Kun ikää kairattaessa ei luonnollisestikaan saavutettu puun syntymäpistettä, täytyi »kannon korkeudelta» otetusta kairanlastusta saatuu lustolukuun suorittaa tietty lisäys todellisena pidettävään ikään pääsemiseksi. Lisäys tapahtui Y. Ilvessalon (1936, s. 15) II:n valtakunnan metsien arvioinnin ohjeissa esittämiä määriä noudatellen, joten mustikka-tyypillä lisättiin yleensä 3—5 v., puolukkatyypillä 4—7 v. ja kanervatyypillä 5—10 v. Vuosilustojen leveydestä ytimen ympärillä saatiin viitetä tälle lisäykselle. Erityisesti kuusikoissa tällainen lisäys näyttää olevan useimmiten aivan riittämätön todelliseen ikään pääsemiseksi (esim. Sirén 1950, ss. 43—45). Myös männiköissä on joskus näin. Niinpä Vaahtaja (1951, ss. 17—19) on todennut, että taimiasteellaan alikasvoksena kituneista männyistä joskus puuttuu yli kymmenenkin lustoa. Tässä tutkimuksessa kuitenkin ei ole pidetty tarkoituksen mukaisena sanotunlaisissa poikkeuksellisissa tapauksissa pyrkiä todelliseen ikään, vaan oikeammaksi on katsottu suorittaa edellä mainitut verraten yhdenmukaiset lisäykset. Kun metsikön eri tunnuksia joudutaan jäljempänä tarkastelemaan lähinnä iän funktiona, ei tuntuisi oikealta »rangaista» jotakin

metsikköä siitä, että sen kehitys esim. keskimäärin 20 cm korkeaksi taimistoksi on kestänyt ehkä muutamia vuosia kauemmin kuin vastaavien muiden metsiköiden kehitys.

Tässä yhteydessä mainittakoon, että muuntamista varsinaiseksi taloudelliseksi iäksi esim. läpimitan tai valtapituuden avulla (vrt. Chapman ja Meyer 1949, s. 322; Sarvas 1951, ss. 12—16) ei ole pidetty aineistoa myöhemmin käsiteltäessäkin tarpeellisenä eikä oikeana. Koealametsiköissähän ei ole esiintynyt ainakaan tuloksiin vaikuttavassa laajuudessa puiden kitumista ylispuuston alla, mikä on voitu todeta mm. tarkasteltaessa sädekavun kulkua aiemmin selostetuista, ytimeen saakka ulottuvista kairanlastuista. Pätevää perustetta taas ei ollut mahdollisen liika-  
tiheyden esim. paksuuskasvulle aiheuttaman hidastumisen korjaamiseksi, joten tämä seikka on koetettava ottaa varauksena huomioon tuloksia selostettaessa.

#### Metsikön ja kasvupaikan kuvaus

Koealametsiköissä määritettiin edellä jo mainittujen käsittelytavan ja metsänhoidollisen tilan lisäksi metsikön tiheys silmävaraisesti. Metsikön sanallista kuvausta laadittaessa luonnehdittiin lyhyesti metsikölle ominaisia, varsinaisista mittaustuloksista ainakin osittain näkymättömiä piirteitä, kuten latvuston ulkonäköä, puuston teknillistä laatua jne. Myöskin arvoitettiin, mitä metsikössä nykyisten metsänhoidollisten käsitysten mukaisesti olisi ensi 10-vuotiskautena tehtävä. Vielä tehtiin merkintä siitä, minkä omistajaryhmän metsässä koeala sijaitti, sekä selitettiin koealan paikka (kunta, kylä jne.). Lukuisista tutkimusmetsiköistä otettiin myös valokuva.

Lähinnä metsätyypin määrittämisen varmentamiseksi suoritettiin pintakasvillisuuden kuvaus, jolloin kasvipeitteen tunnusomaisten lajien runsaus ja peittävyys merkittiin muistiin. Arviointi suoritettiin yleensä silmävaraisesti, mutta osalla koealoista toimitettiin lisäksi tarkistuksia ruutumenetelmää käyttäen. Näillä koealoilla tutkittiin 20 koealan lävistäjille tasaisin välimatkoin sijoitettua 1 m<sup>2</sup>:n suuruista ruutua Sarvaan (1948) selostamalla tavalla.

Maan pinnan kaltevuus arvioitiin kolmea luokkaa käyttäen (Y. Ilvessalo 1936, s. 28). Maalajin määrittäminen tapahtui koealan keskelle kai-  
vetusta n. 1/2 m syvästä kuopasta. Valtaosassa aineistoa käytettiin kentätöiden suoritusaikana ilmestynyttä maalajien luokitusohjetta (Maaperäsanaston... 1949, ss. 42—49); työn alkuvaiheessa sen sijaan siitä jossain määrin poikkeavaa, mainitun ohjeen aiempaa asua. Kivisy-

den tutkimisessa moreenimailla käytettiin apuna Viron (1947, ss. 29—35) kehittämää menetelmää ja havaintoja tehtiin 100 kpl ha kohden. Muilla maalajeilla oli tyydyttävä pelkkään silmävaraiseen arviointiin, jonka avulla vältettiin kivisten koealojen mittausta, niin kuin aiemmin (s. 30) on jo mainittu.

#### Erikoistutkimukset

Neljässä poikkeuksellisen voimakkaasti harsitussa koealametsikössä selvitettiin kasvua runkoanalyysien avulla (vrt. s. 37). Näiden tutkimusten suoritustapaa ja tuloksia on esitetty erillisessä julkaisussa (Nyyssönen 1952).

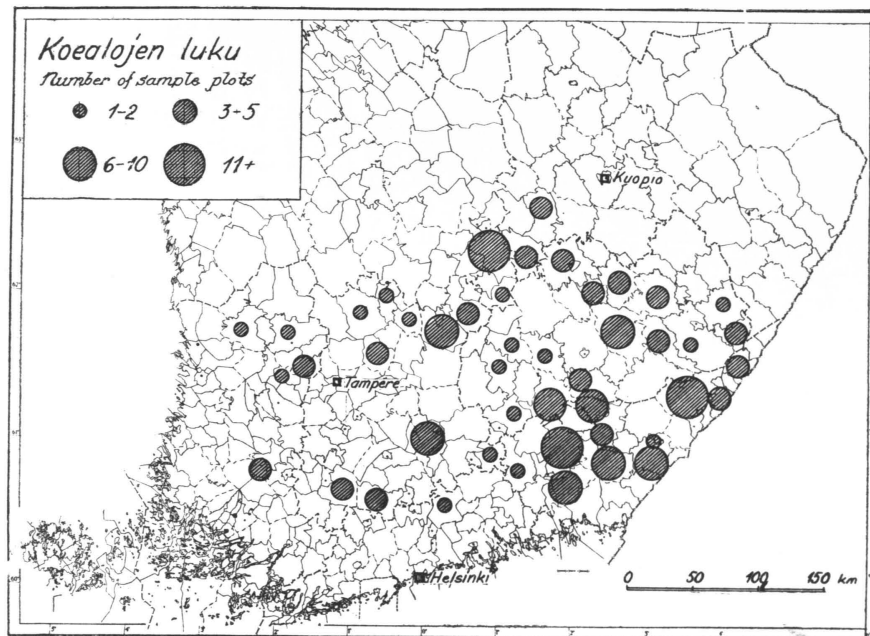
Aiemmin on jo mainittu poistuman selvittämisestä kantojen perusteella, joka sivuutetaan tässä yhteydessä (vrt. s. 37).

#### Aineisto

Kuvasta 7 käy ilmi koealojen sijainti. Niiden havaitaan olevan verraten yhtenäisellä alueella, jossa metsikön kehityksen edellytykset lienevät melko lailla samanlaiset. Aluehan ei toisaalta käsitä ainakin jossain määrin poikkeuksellisia rannikkoseutuja, ja toisaalta siitä puuttuvat maan eteläpuoliskon pohjoisosien seudut, joissa mm. kasvu jo on vähäisempää (vrt. esim. Y. Ilvessalo 1950).

Tutkimusaineiston 190 koealaa jakaantuu yhteensä 46 kunnan alueelle. Vertaamalla tätä jakaantumista Y. Ilvessalon (1948 a) esittämään mäntyvaltaisten metsien esiintymiseen maan eteläpuoliskossa nähdään maastotöiden suuntautuneen pääasiassa tutkimusalueen mäntyvaltaisimille seuduille.

Koealojen sijaintia on syytä verrata myös niiden tutkimusten koealojen sijaintiin, jotka muodostavat tämän tutkimuksen tulosten lähimmän vertauskohteen. Y. Ilvessalon (1920 a, 1920 b) kasvu- ja tuotto-  
taulukoida laatiessaan mittaamista koealoista sijaitsee nyt suoritettujen tutkimuksen alueen etelä- ja kaakkoispuolella n. 10 %, alueella tai sen korkeudella n. 65 % sekä alueen pohjoispuolella n. 25 %. Männikkökoalojen sijaintia ei sanotussa tutkimuksessa erikseen esitetä. Näyttää siltä, että tämän tutkimuksen aineisto on nyt ko. mielessä keskimäärin pääpiirteis-  
sään samanlaisista tai ehkä hiukan edullisemmista olosuhteista. Lönnrothin (1925) männikkötutkimuksen aineistosta sijaitsee tämän tutki-



Kuva 7. Koealojen sijainti. — Figure 7. Location of sample plots.

muksen suoritusalueella 12 koealaa, sen kaakkoispuolella 11 ja siitä koilliseen 7 koealaa, joten aineisto vastaa sijainniltaan likimäärin tämän tutkimuksen aineistoa. Sarvaan (1944) tukkipuun määrämittaharsintoja koskevat koealat ulottuvat eri suunnissa tämän tutkimuksen koealoja laajemmalle, mutta keskimäärin sijaitsevat näiden tutkimusten koealat suunnilleen samalla tavoin.

Taulukko 1 valaisee koealametsiköiden jakaantumista eri metsätyypeille ja käsittelyluokkiin.

Eniten koealoja on puolukkatyypiltä. Mustikka- ja kanervatyypit ovat suunnilleen tasaveroisesti edustettuina. Toistuvasti harvennetut ( $A_1$ ) metsiköt käsittävät puolet tutkimusaineistosta, ja lähinnä eniten on toistuvasti harsittuja ( $C_1$ ) metsiköitä. Näillä kahdella käsittelyluokalla on keskeinen asema tulosten tarkastelussa. Mainittakoon vielä, että mustikkatyypin  $C_1$ -metsiköiden niukkuus johtunee lähinnä siitä, että harsintojen jälkeen tämän verraten rehevän metsätyypin metsiköt usein käsittävät vieraita puulajeja siinä määrin, etteivät ne täytä tutkimusmetsiköille asetettua puhtausvaatimusta.

Nyt mainittujen koealojen lisäksi on eräissä tutkimuksen vaiheissa,

Taulukko 1. Koealojen jakaantuminen eri metsätyypeille ja käsittelyluokkiin.

Table 1. Distribution of sample plots by different forest site types and treatment classes.

| Käsittelyluokka <sup>1</sup><br><i>Treatment class</i> <sup>1</sup> | Metsätyyppi — <i>Forest site type</i> <sup>2</sup>        |    |    | Yhteensä<br><i>Total</i> |
|---|---|----|----|--------------------------|
|   | MT  | VT | CT |                          |
|   | Koealojen lukumäärä, kpl<br><i>Number of sample plots</i> |    |    |                          |
| A <sub>1</sub>  | 27  | 50 | 19 | 96                       |
| A <sub>2</sub>  | 3   | 6  | 5  | 14                       |
| B   | 6   | 12 | 12 | 30                       |
| C <sub>1</sub>  | 5   | 20 | 13 | 38                       |
| C <sub>2</sub>  | 1   | 8  | 3  | 12                       |
| Yhteensä — <i>Total</i>   | 42  | 96 | 52 | 190                      |

mm. poistumain selvittämisessä, käytetty hyväksi useita aineistoon varsinaisesti kuulumattomia metsiköitä. Niin ikään on voitu käyttää hyväksi sekä III:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa saavutettuja tuloksia että Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealasarjoja. Yksinomaan näiden viimeksi mainittujen perusteella ei ole mahdollista tässä vaiheessa tehdä laajoja päätelmiä, koska sarjat ovat vielä suhteellisen lyhyitä ja koska niihin syntyi huomattavia puutteita mm. sodan jälkeisen alueluovutuksen johdosta (Y. Ilvessalo 1952 b).

Koealojen jakaantumista ikäluokkiin esittävästä taulukosta 2 käy ilmi, että tutkimusmetsiköt ovat miltei poikkeuksetta keski-ikäisiä tai sitä vanhempia. Tutkimuksen kohdistaminen niihin on tapahtunut sen takia, että vain sellaisissa metsiköissä hakkausten vaikutukset ja erilaisen käsittelyn aiheuttamat erot ovat varsinaisesti todettavissa (vrt. v. Arnswaldt 1952, s. 165). Verrattaessa eri metsätyypeiltä mitattujen metsiköiden jakaantumista ikäluokkiin havaitaan iän selvästi lisääntyvän metsätyypin huonotessa. On siis tutkittu enemmän samassa kehitysvaiheessa kuin samassa ikäasteessa olevia metsiköitä. Varmaankin tämä on tarkoituksen mukaista eri metsätyyppien keskinäisen vertailun kannalta.

Koealojen jakaantumista ikäluokkiin on kokonaisuudessaan pidettävä verraten tyydyttävänä. Kuitenkin olisivat eräät laitaikäluokat saaneet

<sup>1</sup> Selitys sivuilla 23—24 — Explanation on page 177.

<sup>2</sup> According to Cajander; cf. p. 177.



Taulukko 2. Koealojen jakaantuminen ikäluokkiin.

Table 2. Distribution of sample plots by age classes.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Ikäluokka, v. — Age class, years                  |       |       |        |         |       | Yhteensä<br>Total |
|---------------------------------|---|-------|-------|--------|---------|-------|-------------------|
|                                 | 21—40   | 41—60 | 61—80 | 81—100 | 101—120 | 121 + |                   |
|                                 | Koealojen lukumäärä, kpl — Number of sample plots |       |       |        |         |       |                   |
| MT                              | —   | 15    | 19    | 6      | 1       | 1     | 42                |
| VT                              | 2   | 19    | 35    | 20     | 17      | 3     | 96                |
| CT                              | —   | 2     | 3     | 24     | 16      | 7     | 52                |
| Yhteensä — Total                | 2   | 36    | 57    | 50     | 34      | 11    | 190               |

tulla vahvemmin edustetuiksi. Niin ikään olisi ollut tarpeen saada koealametsiköt vielä paremmin jakaantumaan ikäluokkien puitteissa, mikä olisi ollut omiaan helpottamaan tasoitusten suorittamista ja varmentamaan tuloksia.

Koealojen jakaantuminen eri omistajaryhmien metsiin on seuraava:

|                            |              |              |
|----------------------------|--------------|--------------|
| Yksityiset .....           | 122 koealaa  | 64 %         |
| Yhtiöt .....               | 38 »         | 20 »         |
| Valtio .....               | 21 »         | 11 »         |
| Kunnat, seurakunnat ym. .. | 9 »          | 5 »          |
| <b>Yhteensä .....</b>      | <b>190 »</b> | <b>100 »</b> |

Lähes  $\frac{2}{3}$  koealoista on siis otettu yksityismetsistä. Tähän joukkoon kuuluu osa harventaen käsitellyistä ja osa epämääräisesti käsitellyistä metsiköistä sekä lisäksi vielä kutakuinkin kaikki harsien käsitellyt metsiköt. Muiden omistajaryhmien metsistä mitatut koealat ovat pääasiassa harventaen käsiteltyjä metsiköitä.

Tutkimuskohteiksi otettiin ainoastaan sellaisia männiköitä, joihin voitiin sijoittaa alaltaan riittävän suuria, joko neliön tai suorakaiteen muotoisia koealoja. Niiden suuruus vaihtelee 0.125 ha:sta 0.5 ha:iin, yleisimmän suuruuden ollessa 0.25 ha ja keski-suuruuden 0.27 ha. Kooltaan pienimmät koealat mitattiin nuorenpuoleisista, tasaisista metsiköistä ja suurimmat vanhanpuoleisista sekä varsinkin voimakkaasti ja epätasaisiksi hakatuista metsiköistä, joissa vaihtelu on suurin. Olisi ollut usein hyvin toivottavaa saada vielä suurempia koealoja, mutta maan eteläpuoliskon metsikkökuviot ovat tunnetusti pieniä (vrt. Y. Ilvessalo 1942, s. 259), joten niiltä on vaikeaa löytää tarpeeksi suuria yhtenäisesti käsiteltyjä aloja.

Toisaalta on tietenkin vältettävä turhaa työtä, ja niinpä esim. Wiedemann (1948 b, s. 58) pitää keski-eurooppalaisissa oloissa riittävinä nyt mitattujen suuruisia koealoja.

Vertailun vuoksi mainittakoon vielä, että tutkiessaan vanhojen norlantilaisten kuusikoiden hakkuureaktioita Näslund (1942, s. 9) on mitannut huomattavasti edellä mainittuja pienempiä, vain 5—10 aarin suuruisia koealoja. Tutkimuksen luonne on kuitenkin jossain määrin toinen. Eräissä amerikkalaisissa teoksissa (Belyea 1947, s. 264; Chapman ja Meyer 1949, s. 372) mainitaan tuottotaulukoita varten mitattavien koealojen tarvitsevan olla niin suuria, että niillä on 100—300 puuta. Tässäkin mielessä nyt koottua aineistoa voitaneen pitää tyydyttävänä, sillä koealoilla on yleensä vähintään näin monta puuyksilöä, kun kuusialikasvosta ei oteta huomioon. Alle 100 rungon jää kuitenkin n. 14 % koealoista. Nämä ovat harsien käsiteltyjä, osaksi myös väljentäen harvennettuja metsiköitä.

Taulukossa 3 esitetään mittauksiin perustuvia tuloksia koealametsiköistä.

### Aineiston käsittely

Tutkimusaineiston käsittelyssä suurimman mekaanisen työn aiheuttanut koealametsiköiden kuutiomäärän ja -kasvun laskenta tapahtui latvuserroksittain pääpiirteissään Y. Ilvessalon (1948 b) »Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukoissa» esitettyjen ohjeiden mukaisesti. Menetelmää ei ole tarpeen selostaa tässä yksityiskohtaisesti. Esim. ennen kuutiomäärien ja kuutiokasvujen tasoituksia suoritettavat muuntamiset taas soveltunevat paremmin sanottujen tunnusten yhteydessä kuvattaviksi. Kun samoin useita muita laskentatapoja selostetaan myöhemmin, kosketellaan seuraavassa vain eräitä aineiston käsittelyn vaiheita.

### Kasvun vaihteluiden aiheuttamat korjaukset

Useat tutkijat (esim. Kolmodin 1923, ss. 14—15, s. 24; Y. Ilvessalo 1942, s. 169; Näslund 1942, ss. 22—35; Eklund 1944; Wiedemann 1948 a, s. 17; Mikola 1950, ss. 112—113) ovat korostaneet sitä merkitystä, joka on kasvun ilmastollisilla vaihteluilla. Niinpä Wiedemann huomauttaa, että »jaksoittaiset vaihtelut saman koealan kasvussa ovat paljon suurempia kuin kasvun periaatteelliset erot

Taulukko 3. Mittauksiin perustuvia tuloksia koealametsiköistä.

Table 3. Results from sample stands, based on measurements.

| Kocalan numero<br>Number of Sample plot | Metsikön ikä, v.<br>Age of the stand, years | Runkoluku, kpl/ha<br>Number of stems per ha |                                   |                             | Keskiläpimitta, cm<br>Mean diameter, cm | Pohjapinta-<br>ala, m²/ha<br>Basal area, sq.<br>m. per ha |      | Valtapituus, m<br>Dominant height, m. | Keskipituus, m<br>Mean height, m. | Kuutiomäärä kuorineen,<br>m³/ha¹<br>Volume incl. bark, cu. m.<br>per ha¹ | Kuorisadannes<br>Bark percentage | Kuutiokasvu kuoretta, m³/ha²<br>Volume increment excl. bark,<br>cu. m. per ha² |                       |                                   |   |   |
|---|---|---|-----------------------------------|-----------------------------|---|---|------|---------------------------------------|-----------------------------------|--|----------------------------------|--|-----------------------|-----------------------------------|---|---|
| 1                                       | 2   | Metsikkö<br>The stand                       | Valtapuusto<br>The dominant trees | D1.3 20 + cm<br>Dbh 20 + cm |   | 5   | 6    |                                       |                                   |  |                                  |  | Metsikkö<br>The stand | Valtapuusto<br>The dominant trees | 7 | 8 |
| Mustikkatyyppi — Myrtillus site type    |   |   |                                   |                             |   |   |      |                                       |                                   |  |                                  |  |                       |                                   |   |   |
| A₁-metsiköt — A₁ stands                 |   |   |                                   |                             |   |   |      |                                       |                                   |  |                                  |  |                       |                                   |   |   |
| 40                                      | 75  | 568   | 536                               | 468                         | 26.3                                    | 28.1  | 27.4 | 25.7                                  | 25.2                              | 306  | 12.1                             | 7.5  |                       |                                   |   |   |
| 41                                      | 58  | 1 004                                       | 864                               | 248                         | 19.1                                    | 25.2  | 23.4 | 20.4                                  | 19.2                              | 208  | 13.3                             | 6.7  |                       |                                   |   |   |
| 43                                      | 79  | 525   | 525                               | 430                         | 24.9                                    | 24.2  | 24.2 | 23.1                                  | 22.7                              | 251  | 12.6                             | 5.5  |                       |                                   |   |   |
| 51                                      | 42  | 1 332                                       | 1 056                             | 80                          | 16.3                                    | 21.7  | 20.5 | 16.5                                  | 15.8                              | 168  | 13.5                             | 10.6   |                       |                                   |   |   |
| 55                                      | 68  | 704   | 700                               | 376                         | 21.4                                    | 23.5  | 23.4 | 21.8                                  | 21.3                              | 214  | 13.2                             | 7.5  |                       |                                   |   |   |
| 60                                      | 44  | 1 332                                       | 948                               | 114                         | 17.1                                    | 21.4  | 19.7 | 16.0                                  | 15.0                              | 143  | 14.6                             | 9.8  |                       |                                   |   |   |
| 72                                      | 63  | 925   | 740                               | 415                         | 22.5                                    | 29.0  | 26.9 | 21.0                                  | 20.0                              | 227  | 14.1                             | 7.3  |                       |                                   |   |   |
| 79                                      | 62  | 845   | 665                               | 355                         | 23.4                                    | 26.1  | 24.4 | 22.0                                  | 20.9                              | 226  | 13.2                             | 7.0  |                       |                                   |   |   |
| 87                                      | 65  | 785   | 685                               | 265                         | 20.7                                    | 22.1  | 21.0 | 19.1                                  | 18.3                              | 202  | 14.0                             | 8.8  |                       |                                   |   |   |
| 91                                      | 47  | 1 780                                       | 1 345                             | 115                         | 15.2                                    | 27.1  | 23.4 | 16.0                                  | 15.0                              | 159  | 15.5                             | 10.7   |                       |                                   |   |   |
| 137                                     | 65  | 608   | 584                               | 424                         | 22.9                                    | 22.5  | 22.2 | 19.9                                  | 19.5                              | 207  | 12.5                             | 7.6  |                       |                                   |   |   |
| 236                                     | 89  | 381   | 357                               | 351                         | 32.2                                    | 27.1  | 26.5 | 25.3                                  | 24.7                              | 288  | 13.2                             | 5.9  |                       |                                   |   |   |
| 237                                     | 53  | 804   | 588                               | 380                         | 24.6                                    | 27.6  | 25.8 | 19.0                                  | 18.3                              | 207  | 13.7                             | 9.1  |                       |                                   |   |   |
| 330                                     | 45  | 1 228                                       | 964                               | 204                         | 18.3                                    | 24.8  | 23.1 | 15.6                                  | 14.9                              | 150  | 15.2                             | 10.2   |                       |                                   |   |   |
| 337                                     | 52  | 1 032                                       | 984                               | 414                         | 20.5                                    | 30.7  | 30.1 | 19.5                                  | 18.9                              | 284  | 13.9                             | 13.9   |                       |                                   |   |   |
| 341                                     | 64  | 1 253                                       | 953                               | 433                         | 22.3                                    | 30.7  | 27.2 | 23.2                                  | 21.2                              | 300  | 13.6                             | 10.0   |                       |                                   |   |   |
| 356                                     | 77  | 420   | 396                               | 388                         | 27.9                                    | 23.7  | 23.1 | 24.3                                  | 23.9                              | 239  | 11.8                             | 6.5  |                       |                                   |   |   |
| 494                                     | 74  | 564   | 536                               | 496                         | 27.3                                    | 30.1  | 29.3 | 22.9                                  | 22.3                              | 262  | 13.6                             | 7.1  |                       |                                   |   |   |
| 524                                     | 41  | 2 310                                       | 1 422                             | 12                          | 14.1                                    | 26.0  | 21.9 | 15.2                                  | 14.0                              | 147  | 15.9                             | 8.9  |                       |                                   |   |   |
| 533                                     | 46  | 1 770                                       | 1 176                             | 114                         | 16.2                                    | 28.5  | 24.0 | 16.7                                  | 15.6                              | 200  | 15.4                             | 10.5   |                       |                                   |   |   |
| 542                                     | 78  | 480   | 416                               | 444                         | 28.6                                    | 27.8  | 25.8 | 23.8                                  | 22.9                              | 265  | 12.1                             | 5.1  |                       |                                   |   |   |
| 559                                     | 79  | 548   | 412                               | 432                         | 28.9                                    | 29.3  | 25.7 | 25.0                                  | 23.8                              | 286  | 12.5                             | 4.8  |                       |                                   |   |   |
| 565                                     | 47  | 1 165                                       | 790                               | 250                         | 19.1                                    | 26.0  | 22.4 | 17.8                                  | 17.1                              | 186  | 15.0                             | 8.4  |                       |                                   |   |   |
| 567                                     | 47  | 864   | 720                               | 320                         | 20.4                                    | 24.0  | 21.9 | 17.7                                  | 17.1                              | 176  | 14.4                             | 9.0  |                       |                                   |   |   |
| 607                                     | 115   | 444   | 280                               | 372                         | 33.3                                    | 31.8  | 26.1 | 29.8                                  | 27.7                              | 362  | 11.4                             | 4.2  |                       |                                   |   |   |

<sup>1</sup> Viime 10- tai 5-vuotiskauden keskiarvo (jälkimmäinen kursivilla); vrt. ss. 99—101. — The mean of the last ten- or five-years' period (the latter in italics); cf. p. 186.

<sup>2</sup> Laskentajakson vuotuinen kuutiokasvu; vrt. ss. 106—110. — Periodic annual increment; cf. pp. 186—187.

Taulukko 3 (jatkoa; selitys s. 46) — Table 3 (continued; explanation p. 46)

| 1  | 2   | 3     | 4     | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13  |
|--|-----|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| 608  | 127 | 316   | 292   | 316 | 32.5 | 24.7 | 23.4 | 28.6 | 27.6 | 290 | 12.4 | 3.6 |
| 613  | 95  | 560   | 348   | 396 | 30.1 | 29.4 | 24.3 | 27.1 | 25.0 | 304 | 12.5 | 4.7 |
| A <sub>2</sub> -metsiköt — A <sub>2</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 229  | 62  | 488   | 472   | 320 | 23.8 | 18.8 | 18.5 | 19.4 | 18.9 | 143 | 12.8 | 6.9 |
| 572  | 81  | 324   | 276   | 316 | 29.9 | 21.1 | 19.1 | 24.4 | 23.6 | 194 | 12.3 | 4.7 |
| 614  | 84  | 207   | 159   | 183 | 33.9 | 15.5 | 13.9 | 24.2 | 22.9 | 143 | 12.7 | 3.0 |
| B-metsiköt — B stands                            |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 38   | 65  | 516   | 504   | 392 | 24.1 | 21.9 | 21.7 | 22.6 | 21.5 | 224 | 13.0 | 5.6 |
| 70   | 64  | 710   | 655   | 290 | 20.8 | 21.1 | 20.5 | 21.0 | 20.2 | 185 | 14.0 | 6.2 |
| 76   | 42  | 1 785 | 1 330 | 60  | 14.0 | 22.7 | 20.6 | 15.1 | 14.3 | 126 | 15.9 | 7.5 |
| 96   | 42  | 830   | 680   | 80  | 16.9 | 15.5 | 14.3 | 15.0 | 14.2 | 99  | 15.1 | 7.2 |
| 570  | 80  | 416   | 328   | 348 | 28.2 | 22.2 | 20.0 | 24.2 | 23.2 | 207 | 12.3 | 5.1 |
| 612  | 95  | 604   | 408   | 436 | 26.3 | 28.6 | 23.7 | 26.4 | 24.7 | 294 | 12.7 | 4.8 |
| C <sub>1</sub> -metsiköt — C <sub>1</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 141  | 59  | 296   | 260   | 212 | 26.2 | 12.9 | 12.1 | 18.4 | 17.6 | 104 | 13.5 | 5.7 |
| 531  | 83  | 164   | 160   | 196 | 26.1 | 10.7 | 8.8  | 21.0 | 19.4 | 107 | 12.2 | 3.7 |
| 552  | 60  | 848   | 304   | 216 | 20.8 | 17.4 | 11.7 | 19.4 | 17.4 | 129 | 16.4 | 5.0 |
| 576  | 68  | 246   | 48    | 150 | 23.9 | 8.9  | 2.5  | 22.8 | 17.9 | 75  | 14.0 | 3.1 |
| 577  | 63  | 472   | 264   | 240 | 24.7 | 16.4 | 12.9 | 21.3 | 19.6 | 132 | 13.6 | 6.0 |
| C <sub>2</sub> -metsiköt — C <sub>2</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 90   | 64  | 520   | 368   | 288 | 25.8 | 19.1 | 17.7 | 20.2 | 19.1 | 151 | 12.8 | 6.3 |
| Puolukkatyyppi — Vaccinium site type             |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| A <sub>1</sub> -metsiköt — A <sub>1</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 1  | 117 | 256   | 256   | 256 | 32.3 | 19.0 | 19.0 | 24.8 | 24.6 | 260 | 11.0 | 4.2 |
| 5  | 105 | 274   | 274   | 274 | 34.5 | 22.4 | 22.4 | 24.5 | 24.2 | 240 | 9.8  | 3.3 |
| 13   | 45  | 2 555 | 2 210 | —   | 11.1 | 21.2 | 20.0 | 13.4 | 12.2 | 107 | 16.4 | 5.9 |
| 39   | 80  | 660   | 645   | 330 | 21.6 | 22.4 | 22.2 | 21.2 | 20.3 | 224 | 13.1 | 5.7 |
| 53   | 45  | 1 720 | 1 380 | 55  | 14.7 | 22.0 | 20.8 | 14.7 | 13.9 | 127 | 14.2 | 8.1 |
| 54   | 72  | 684   | 628   | 276 | 20.9 | 20.4 | 19.9 | 19.6 | 18.9 | 163 | 13.6 | 5.3 |
| 56   | 72  | 612   | 524   | 300 | 21.9 | 18.8 | 18.2 | 20.4 | 19.6 | 153 | 14.2 | 5.5 |
| 66   | 83  | 464   | 448   | 348 | 24.6 | 20.2 | 19.7 | 22.6 | 21.8 | 188 | 12.6 | 4.5 |
| 74   | 102 | 464   | 460   | 372 | 24.5 | 20.0 | 20.0 | 21.6 | 21.1 | 209 | 14.1 | 5.0 |
| 80   | 115 | 381   | 360   | 360 | 27.2 | 20.6 | 19.9 | 25.0 | 24.0 | 258 | 11.8 | 4.2 |

Taulukko 3 (jatkoa; selitys s. 46) — Table 3 (continued; explanation p. 46)

| 1   | 2   | 3     | 4     | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13   |
|-----|-----|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|------|
| 82  | 48  | 1 850 | 1 400 | 30  | 14.5 | 24.9 | 22.4 | 15.0 | 14.0 | 165 | 15.8 | 8.9  |
| 143 | 72  | 724   | 608   | 356 | 22.8 | 23.4 | 21.9 | 20.6 | 19.8 | 215 | 13.7 | 7.0  |
| 222 | 80  | 668   | 468   | 320 | 22.9 | 19.0 | 18.1 | 18.5 | 17.7 | 158 | 13.7 | 4.3  |
| 224 | 65  | 684   | 588   | 272 | 21.2 | 19.3 | 18.5 | 19.2 | 18.4 | 153 | 14.0 | 6.7  |
| 235 | 70  | 824   | 744   | 280 | 19.9 | 22.6 | 21.6 | 19.5 | 18.6 | 186 | 13.6 | 7.0  |
| 238 | 53  | 560   | 504   | 368 | 24.0 | 22.1 | 21.4 | 18.2 | 17.6 | 165 | 13.6 | 6.2  |
| 324 | 90  | 450   | 435   | 387 | 26.3 | 22.1 | 21.9 | 21.6 | 21.2 | 223 | 13.2 | 5.5  |
| 325 | 69  | 805   | 720   | 425 | 22.9 | 28.8 | 27.7 | 21.6 | 21.1 | 273 | 13.1 | 8.8  |
| 326 | 53  | 1 536 | 1 160 | 148 | 17.0 | 27.8 | 25.1 | 18.4 | 17.4 | 231 | 14.6 | 11.2 |
| 331 | 58  | 856   | 740   | 292 | 20.3 | 23.0 | 22.0 | 18.1 | 17.5 | 190 | 13.5 | 8.9  |
| 332 | 75  | 726   | 681   | 486 | 24.2 | 29.0 | 28.1 | 21.2 | 20.6 | 276 | 13.1 | 8.4  |
| 342 | 63  | 1 765 | 1 460 | 65  | 15.2 | 28.4 | 25.9 | 16.7 | 15.9 | 208 | 15.3 | 8.1  |
| 346 | 116 | 304   | 304   | 304 | 32.8 | 23.7 | 23.7 | 26.4 | 26.3 | 306 | 12.7 | 4.6  |
| 347 | 117 | 447   | 435   | 399 | 27.8 | 24.4 | 24.2 | 25.1 | 24.6 | 258 | 12.2 | 4.4  |
| 348 | 84  | 432   | 412   | 412 | 29.6 | 26.7 | 26.4 | 24.1 | 23.8 | 268 | 13.7 | 5.6  |
| 357 | 74  | 1 048 | 756   | 372 | 20.9 | 26.6 | 24.2 | 19.4 | 18.4 | 205 | 15.1 | 5.1  |
| 359 | 82  | 540   | 484   | 368 | 26.1 | 23.4 | 22.7 | 21.2 | 20.6 | 209 | 14.0 | 3.7  |
| 361 | 108 | 387   | 384   | 375 | 29.0 | 23.5 | 23.4 | 24.6 | 24.4 | 250 | 12.7 | 3.8  |
| 362 | 76  | 1 114 | 1 007 | 67  | 16.1 | 19.7 | 19.0 | 15.5 | 14.9 | 154 | 14.8 | 5.5  |
| 375 | 63  | 924   | 844   | 512 | 22.1 | 31.0 | 29.8 | 20.6 | 20.2 | 253 | 13.8 | 8.0  |
| 377 | 85  | 459   | 411   | 384 | 26.9 | 22.3 | 21.9 | 20.9 | 20.6 | 207 | 12.7 | 3.8  |
| 378 | 61  | 1 068 | 932   | 156 | 17.7 | 23.0 | 21.7 | 18.1 | 17.5 | 195 | 13.5 | 6.5  |
| 380 | 90  | 608   | 600   | 476 | 23.6 | 24.7 | 24.6 | 21.6 | 21.4 | 233 | 13.2 | 4.4  |
| 451 | 105 | 496   | 496   | 448 | 24.6 | 22.5 | 22.5 | 20.8 | 20.6 | 214 | 12.9 | 3.7  |
| 474 | 100 | 576   | 516   | 344 | 23.9 | 22.3 | 21.3 | 20.8 | 20.1 | 198 | 14.0 | 5.0  |
| 490 | 39  | 2 040 | 1 698 | 6   | 13.0 | 23.3 | 21.9 | 13.2 | 12.6 | 112 | 16.0 | 10.0 |
| 495 | 59  | 1 808 | 1 176 | 104 | 15.0 | 27.2 | 22.2 | 15.6 | 14.4 | 159 | 16.4 | 6.2  |
| 496 | 59  | 1 135 | 930   | 105 | 16.4 | 20.8 | 19.1 | 15.4 | 14.6 | 127 | 15.9 | 6.1  |
| 497 | 40  | 2 560 | 2 032 | —   | 10.3 | 18.7 | 16.7 | 10.7 | 10.1 | 86  | 18.8 | 7.0  |
| 498 | 72  | 1 276 | 912   | 92  | 16.3 | 22.7 | 19.4 | 15.8 | 14.6 | 126 | 15.4 | 6.3  |
| 501 | 72  | 696   | 480   | 316 | 22.3 | 22.3 | 18.8 | 19.0 | 17.6 | 152 | 14.4 | 5.8  |
| 525 | 41  | 3 088 | 1 944 | —   | 11.4 | 22.6 | 19.2 | 12.0 | 11.0 | 98  | 18.0 | 7.1  |
| 528 | 63  | 572   | 564   | 344 | 21.1 | 19.4 | 19.3 | 20.6 | 20.4 | 213 | 13.6 | 9.1  |
| 530 | 80  | 504   | 488   | 404 | 22.6 | 19.3 | 19.0 | 21.5 | 21.1 | 194 | 12.4 | 6.4  |
| 561 | 65  | 532   | 428   | 388 | 24.8 | 22.3 | 20.1 | 19.7 | 19.0 | 171 | 13.3 | 6.4  |
| 566 | 41  | 1 776 | 1 008 | 24  | 13.8 | 17.4 | 14.3 | 14.5 | 13.4 | 88  | 16.4 | 6.0  |
| 575 | 72  | 1 096 | 764   | 412 | 20.7 | 30.4 | 25.5 | 18.8 | 17.9 | 233 | 14.2 | 7.1  |
| 586 | 115 | 309   | 267   | 285 | 30.7 | 20.9 | 19.5 | 25.5 | 24.9 | 240 | 12.6 | 3.6  |
| 598 | 94  | 396   | 316   | 360 | 28.2 | 22.6 | 19.8 | 23.5 | 22.5 | 248 | 12.6 | 3.5  |
| 609 | 125 | 356   | 308   | 352 | 30.7 | 24.5 | 22.4 | 25.7 | 24.7 | 256 | 12.9 | 3.3  |

Taulukko 3 (jatkoa; selitys s. 46) — Table 3 (continued; explanation p. 46)

| 1  | 2   | 3     | 4     | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13  |
|--|-----|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| A <sub>2</sub> -metsiköt — A <sub>2</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 350  | 130 | 268   | 266   | 264 | 29.0 | 16.9 | 16.8 | 24.1 | 23.7 | 223 | 13.2 | 2.9 |
| 473  | 145 | 252   | 228   | 228 | 30.8 | 16.4 | 15.8 | 21.2 | 20.7 | 139 | 14.0 | 3.4 |
| 560  | 111 | 280   | 196   | 276 | 31.0 | 18.9 | 15.1 | 24.6 | 23.4 | 187 | 11.6 | 3.4 |
| 564  | 101 | 171   | 135   | 168 | 29.8 | 11.3 | 9.8  | 23.7 | 22.2 | 174 | 12.2 | 2.3 |
| 571  | 108 | 150   | 120   | 138 | 28.2 | 8.7  | 7.6  | 22.2 | 20.8 | 85  | 12.6 | 1.9 |
| 573  | 72  | 476   | 352   | 324 | 24.7 | 19.3 | 16.9 | 20.0 | 19.0 | 159 | 13.5 | 3.8 |
| B-metsiköt — B stands                            |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 37   | 112 | 426   | 423   | 312 | 24.0 | 17.7 | 17.7 | 21.7 | 21.0 | 206 | 13.2 | 3.8 |
| 63   | 58  | 956   | 728   | 124 | 17.8 | 18.2 | 17.1 | 17.5 | 16.7 | 146 | 14.0 | 7.9 |
| 77   | 60  | 656   | 540   | 257 | 22.4 | 18.8 | 17.7 | 19.3 | 18.7 | 130 | 13.6 | 6.7 |
| 78   | 68  | 1 208 | 860   | 200 | 18.1 | 23.7 | 21.1 | 17.7 | 16.5 | 160 | 15.7 | 4.4 |
| 92   | 45  | 1 168 | 476   | 144 | 18.1 | 15.5 | 12.3 | 15.7 | 13.9 | 92  | 14.8 | 6.0 |
| 95   | 66  | 580   | 535   | 260 | 21.0 | 18.0 | 17.4 | 19.4 | 18.7 | 145 | 13.1 | 7.1 |
| 99   | 78  | 606   | 513   | 249 | 20.8 | 17.3 | 16.4 | 17.7 | 16.9 | 137 | 13.4 | 4.8 |
| 234  | 88  | 516   | 356   | 244 | 25.5 | 17.6 | 16.0 | 19.4 | 18.1 | 142 | 12.8 | 3.6 |
| 354  | 87  | 408   | 396   | 344 | 25.3 | 18.6 | 18.5 | 20.6 | 20.3 | 183 | 14.3 | 4.7 |
| 379  | 110 | 522   | 504   | 354 | 23.4 | 20.5 | 20.2 | 19.7 | 19.2 | 198 | 13.6 | 4.2 |
| 472  | 78  | 584   | 480   | 383 | 23.0 | 21.1 | 19.3 | 18.0 | 17.1 | 158 | 14.2 | 4.7 |
| 521  | 42  | 5 288 | 2 776 | —   | 9.0  | 22.5 | 18.3 | 10.9 | 9.9  | 95  | 20.2 | 7.7 |
| C <sub>1</sub> -metsiköt — C <sub>1</sub> stands |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 73   | 78  | 412   | 212   | 76  | 19.0 | 8.3  | 6.5  | 16.1 | 14.0 | 48  | 14.5 | 2.7 |
| 75   | 62  | 520   | 388   | 200 | 22.4 | 15.4 | 14.0 | 17.7 | 16.8 | 100 | 13.4 | 6.2 |
| 97   | 60  | 918   | 480   | 72  | 16.4 | 14.3 | 10.8 | 16.8 | 14.4 | 90  | 15.5 | 4.7 |
| 165  | 80  | 300   | 210   | 81  | 19.7 | 7.4  | 6.4  | 16.6 | 14.9 | 47  | 15.0 | 2.7 |
| 193  | 68  | 669   | 405   | 159 | 19.2 | 14.9 | 12.2 | 18.0 | 15.9 | 128 | 15.2 | 4.6 |
| 194  | 90  | 186   | 153   | 135 | 24.9 | 7.7  | 7.3  | 18.8 | 17.6 | 63  | 13.5 | 2.3 |
| 213  | 58  | 459   | 255   | 195 | 24.8 | 13.9 | 11.6 | 18.2 | 16.6 | 98  | 14.8 | 5.2 |
| 221  | 77  | 570   | 279   | 111 | 18.7 | 12.1 | 8.8  | 17.2 | 14.8 | 78  | 15.1 | 4.4 |
| 227  | 83  | 312   | 135   | 87  | 22.0 | 7.4  | 5.8  | 17.2 | 14.9 | 48  | 14.7 | 2.2 |
| 239  | 53  | 837   | 282   | 129 | 18.8 | 14.1 | 9.3  | 15.8 | 13.6 | 90  | 15.4 | 4.1 |
| 321  | 46  | 928   | 552   | 44  | 15.6 | 13.5 | 11.1 | 13.8 | 12.3 | 76  | 16.1 | 4.2 |
| 322  | 77  | 502   | 298   | 170 | 20.5 | 12.4 | 10.1 | 16.6 | 15.3 | 97  | 15.4 | 4.2 |
| 328  | 87  | 230   | 184   | 198 | 24.7 | 10.2 | 8.9  | 19.7 | 18.3 | 90  | 13.8 | 3.1 |
| 358  | 110 | 328   | 300   | 288 | 26.1 | 15.5 | 14.9 | 19.2 | 18.8 | 144 | 15.1 | 3.6 |
| 367  | 85  | 300   | 291   | 234 | 25.7 | 14.0 | 13.9 | 21.8 | 21.1 | 139 | 13.0 | 3.4 |
| 372  | 76  | 426   | 237   | 150 | 20.5 | 11.6 | 8.5  | 18.2 | 15.9 | 92  | 14.1 | 3.6 |
| 477  | 109 | 321   | 240   | 222 | 24.6 | 12.7 | 11.3 | 18.8 | 17.7 | 105 | 14.7 | 2.3 |

Taulukko 3 (jatkoa; selitys s. 46) — Table 3 (continued; explanation p. 46)

| 1  | 2   | 3     | 4     | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13  |
|--|-----|-------|-------|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| 499  | 71  | 381   | 294   | 243 | 23.4 | 14.1 | 12.6 | 18.5 | 17.5 | 108 | 14.5 | 4.4 |
| 554  | 82  | 636   | 292   | 244 | 20.5 | 17.9 | 10.7 | 19.4 | 17.0 | 134 | 14.7 | 3.3 |
| 556  | 98  | 231   | 174   | 204 | 25.7 | 11.5 | 9.5  | 20.9 | 19.7 | 102 | 13.2 | 1.8 |
| <i>C<sub>2</sub>-metsiköt — C<sub>2</sub> stands</i> |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 185  | 82  | 600   | 354   | 264 | 23.9 | 18.4 | 15.3 | 19.3 | 17.4 | 137 | 14.0 | 4.7 |
| 186  | 83  | 232   | 212   | 204 | 24.5 | 10.4 | 10.0 | 19.4 | 18.8 | 86  | 13.0 | 3.1 |
| 335  | 56  | 824   | 580   | 364 | 21.6 | 23.1 | 20.5 | 18.4 | 17.4 | 161 | 14.1 | 8.1 |
| 336  | 67  | 988   | 496   | 152 | 17.7 | 18.9 | 13.8 | 17.0 | 15.2 | 133 | 15.0 | 7.9 |
| 353  | 83  | 552   | 472   | 368 | 23.0 | 20.5 | 19.0 | 18.9 | 18.2 | 172 | 15.1 | 4.2 |
| 500  | 76  | 464   | 336   | 268 | 24.6 | 17.7 | 15.4 | 18.6 | 17.5 | 117 | 14.4 | 5.1 |
| 532  | 100 | 580   | 356   | 320 | 24.2 | 21.2 | 16.8 | 21.9 | 19.9 | 199 | 13.0 | 3.8 |
| 582  | 105 | 459   | 363   | 390 | 26.3 | 22.5 | 19.6 | 23.6 | 22.7 | 203 | 13.0 | 4.1 |
| <i>Kanervatyypin — Calluna site type</i>             |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| <i>A<sub>1</sub>-metsiköt — A<sub>1</sub> stands</i> |     |       |       |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 14   | 100 | 972   | 780   | 168 | 18.1 | 18.6 | 17.6 | 15.9 | 14.5 | 137 | 14.4 | 3.8 |
| 23   | 100 | 536   | 436   | 216 | 21.8 | 16.3 | 15.3 | 18.2 | 17.4 | 144 | 14.2 | 4.3 |
| 31   | 76  | 1 004 | 920   | 92  | 16.4 | 18.9 | 18.4 | 16.2 | 15.5 | 140 | 14.3 | 3.3 |
| 33   | 96  | 716   | 628   | 188 | 19.3 | 17.3 | 16.5 | 16.7 | 15.7 | 132 | 14.0 | 3.6 |
| 35   | 105 | 452   | 408   | 308 | 24.4 | 18.1 | 17.6 | 19.1 | 18.4 | 159 | 13.5 | 2.9 |
| 36   | 120 | 436   | 412   | 276 | 23.0 | 16.4 | 16.2 | 18.9 | 18.2 | 170 | 12.0 | 3.7 |
| 45   | 107 | 820   | 780   | 220 | 19.1 | 21.2 | 20.8 | 16.5 | 15.8 | 147 | 14.4 | 2.9 |
| 65   | 115 | 468   | 447   | 249 | 22.1 | 16.8 | 16.5 | 20.4 | 19.4 | 150 | 13.5 | 3.1 |
| 67   | 80  | 2 085 | 1 525 | 20  | 13.4 | 23.5 | 20.8 | 13.9 | 12.5 | 130 | 18.0 | 4.3 |
| 155  | 51  | 1 520 | 905   | 15  | 12.1 | 12.9 | 10.7 | 11.7 | 10.2 | 54  | 17.3 | 4.3 |
| 223  | 56  | 3 325 | 2 375 | —   | 8.4  | 15.9 | 13.5 | 8.6  | 7.7  | 53  | 21.7 | 3.6 |
| 230  | 110 | 446   | 420   | 328 | 25.0 | 19.1 | 18.7 | 19.5 | 19.0 | 172 | 13.0 | 3.7 |
| 233  | 82  | 776   | 628   | 116 | 17.9 | 16.2 | 14.9 | 15.0 | 14.0 | 100 | 15.4 | 4.7 |
| 363  | 95  | 776   | 596   | 156 | 18.8 | 17.3 | 15.8 | 15.9 | 15.3 | 133 | 15.3 | 3.2 |
| 488  | 103 | 440   | 400   | 292 | 22.7 | 16.0 | 15.5 | 16.5 | 16.2 | 128 | 15.0 | 4.1 |
| 489  | 69  | 2 190 | 1 416 | —   | 11.5 | 17.9 | 15.1 | 11.2 | 10.1 | 75  | 18.3 | 3.6 |
| 493  | 87  | 840   | 670   | 95  | 16.7 | 16.5 | 14.9 | 14.0 | 13.2 | 98  | 16.2 | 3.9 |
| 583  | 95  | 832   | 580   | 272 | 20.0 | 22.9 | 18.9 | 18.6 | 17.5 | 185 | 14.4 | 3.5 |
| 585  | 111 | 828   | 560   | 260 | 19.8 | 22.4 | 18.3 | 19.2 | 18.0 | 179 | 14.4 | 3.3 |

Taulukko 3 (jatkoa; selitys s. 46) — Table 3 (continued; explanation p. 46)

| 1  | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   | 13  |
|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| <i>A<sub>2</sub>-metsiköt — A<sub>2</sub> stands</i> |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 475  | 133 | 268 | 236 | 232 | 26.8 | 13.6 | 12.9 | 18.1 | 17.4 | 105 | 14.4 | 2.1 |
| 479  | 135 | 94  | 94  | 94  | 30.4 | 6.8  | 6.8  | 18.2 | 18.0 | 49  | 13.5 | 1.2 |
| 526  | 119 | 285 | 258 | 255 | 27.2 | 15.1 | 14.4 | 20.4 | 19.8 | 137 | 13.3 | 2.1 |
| 602  | 94  | 210 | 144 | 156 | 24.9 | 9.2  | 7.5  | 19.2 | 17.9 | 72  | 13.5 | 1.8 |
| 604  | 94  | 252 | 156 | 162 | 25.6 | 10.1 | 8.2  | 20.0 | 18.4 | 80  | 14.3 | 1.4 |
| <i>B-metsiköt — B stands</i>                         |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 68   | 83  | 836 | 724 | 80  | 17.0 | 16.1 | 15.4 | 16.6 | 15.4 | 133 | 15.6 | 4.1 |
| 231  | 130 | 368 | 328 | 278 | 25.3 | 16.1 | 15.5 | 18.3 | 17.1 | 129 | 13.5 | 2.8 |
| 232  | 130 | 297 | 294 | 285 | 26.2 | 15.4 | 15.3 | 18.6 | 18.3 | 143 | 13.2 | 3.1 |
| 464  | 90  | 420 | 339 | 243 | 23.0 | 14.8 | 13.6 | 17.7 | 17.0 | 123 | 14.2 | 2.3 |
| 465  | 95  | 630 | 435 | 120 | 17.9 | 13.6 | 11.4 | 15.5 | 14.1 | 93  | 15.1 | 2.0 |
| 476  | 103 | 537 | 381 | 228 | 21.4 | 15.7 | 13.5 | 16.5 | 15.2 | 101 | 14.3 | 2.2 |
| 478  | 109 | 402 | 327 | 261 | 24.3 | 17.2 | 15.9 | 18.2 | 17.0 | 108 | 14.6 | 2.6 |
| 480  | 85  | 459 | 285 | 198 | 22.6 | 14.5 | 11.9 | 17.6 | 15.9 | 101 | 15.0 | 2.7 |
| 481  | 85  | 940 | 560 | 92  | 16.6 | 16.4 | 12.9 | 15.1 | 13.4 | 102 | 15.2 | 3.0 |
| 492  | 90  | 680 | 472 | 128 | 18.2 | 15.3 | 12.7 | 14.6 | 13.3 | 97  | 16.9 | 2.6 |
| 579  | 115 | 528 | 316 | 156 | 19.5 | 13.8 | 10.2 | 18.5 | 16.8 | 111 | 14.6 | 2.5 |
| 605  | 121 | 464 | 304 | 288 | 23.2 | 17.4 | 13.6 | 18.2 | 16.8 | 137 | 14.6 | 2.2 |
| <i>C<sub>1</sub>-metsiköt — C<sub>1</sub> stands</i> |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 368  | 130 | 195 | 192 | 192 | 26.2 | 10.0 | 10.0 | 19.4 | 19.0 | 101 | 13.5 | 1.8 |
| 373  | 130 | 240 | 198 | 186 | 25.1 | 10.2 | 9.4  | 18.4 | 17.7 | 84  | 13.1 | 2.3 |
| 463  | 120 | 501 | 210 | 120 | 20.1 | 10.4 | 7.4  | 16.7 | 14.4 | 70  | 14.9 | 1.5 |
| 580  | 110 | 716 | 336 | 204 | 20.4 | 15.4 | 11.6 | 17.5 | 16.2 | 115 | 14.4 | 2.1 |
| 584  | 111 | 405 | 213 | 201 | 22.9 | 12.4 | 9.3  | 18.8 | 17.0 | 94  | 14.6 | 2.2 |
| 587  | 100 | 633 | 123 | 141 | 21.2 | 10.4 | 5.2  | 18.4 | 15.2 | 87  | 15.6 | 2.1 |
| 588  | 95  | 378 | 126 | 75  | 18.8 | 7.4  | 4.3  | 17.8 | 15.4 | 60  | 15.1 | 2.0 |
| 594  | 100 | 272 | 84  | 120 | 22.3 | 8.5  | 4.2  | 18.4 | 15.4 | 60  | 15.2 | 1.5 |
| 595  | 95  | 808 | 332 | 156 | 18.4 | 17.4 | 10.1 | 18.6 | 16.6 | 155 | 14.5 | 2.7 |
| 599  | 112 | 426 | 102 | 123 | 21.2 | 8.7  | 4.4  | 18.3 | 15.0 | 65  | 15.5 | 1.9 |
| 600  | 92  | 396 | 156 | 177 | 23.1 | 12.5 | 7.5  | 19.1 | 16.8 | 103 | 14.5 | 1.7 |
| 601  | 110 | 735 | 207 | 171 | 20.4 | 15.2 | 8.8  | 17.9 | 15.2 | 94  | 15.9 | 2.3 |
| 603  | 93  | 552 | 244 | 216 | 21.3 | 14.3 | 9.4  | 18.4 | 16.3 | 107 | 14.6 | 2.5 |
| <i>C<sub>2</sub>-metsiköt — C<sub>2</sub> stands</i> |     |     |     |     |      |      |      |      |      |     |      |     |
| 491  | 92  | 645 | 468 | 192 | 19.6 | 17.0 | 14.3 | 16.2 | 15.0 | 116 | 16.3 | 2.9 |
| 591  | 93  | 820 | 404 | 136 | 18.4 | 17.6 | 11.9 | 18.5 | 16.5 | 130 | 14.7 | 2.6 |
| 615  | 98  | 696 | 316 | 192 | 19.8 | 18.1 | 11.8 | 19.9 | 17.7 | 146 | 15.1 | 2.1 |



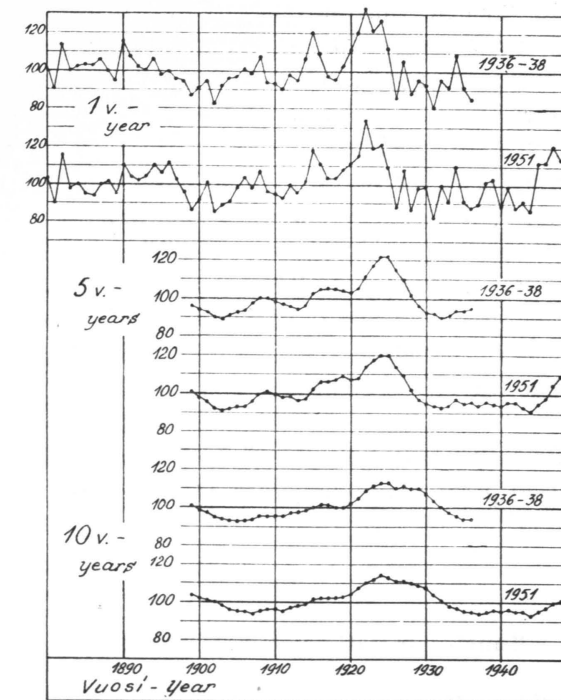
saman boniteetin eri koealojen välillä, vieläpä eri alueiden ja boniteettien välillä» (suomenn.). Sen takia oli tämä kasvun vaihteluiden vaikutus välttämättä huomioon otettava.

Mikola (mt., s. 65, ss. 108—109) on osoittanut, että »sädekasvun ja pituuskasvun pitkäaikaiset vaihtelut seuraavat melko tarkoin toisiaan ja ovat jokseenkin saman suuruksiakin, joten myös kuutiokasvun vaihtelut muodostuvat suhteellisesti yhtä suuriksi. Jos siis halutaan ottaa huomioon ilmastollisten vaihteluiden vaikutus kuutiokasvuun koskeissa tutkimuksissa, saadaan riittävät perusteet tutkimalla vain sädekasvun vaihteluita.» Kuutiokasvun korjaamiseksi oli siis saatava sopiva sädekasvuun nojautuva indeksisarja, jonka laskenta perustui luonnontilaisissa metsiköissä suoritettuihin tutkimuksiin sädekasvun kulusta, koska muuta keinoa ei ollut käytettävissä. Tosin ei ole takeita siitä, että vaihtelu hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä olisi suhteellisesti yhtä voimakasta kuin luonnontilaisissa, mutta ilmeisesti voidaan mainitulla tavalla suoritettua korjausta pitää hyvin oikeutettuna.

Kasvun vaihteluiden aiheuttamaa korjausta ei voitu tehdä valmiiden laskelmien perusteella, sillä tarvittiin aina vuoteen 1950 ulottuva indeksisarja, ja esim. edellä mainitun Mikolan tutkimuksen joissakin pisimmälle ulottuvissa sarjoissa on vuosi 1947 viimeisenä. Sen takia käytettiin hyväksi III:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa ensimmäisenä kesätyökautena v. 1951 otettuja kairanlastuja (Y. Ilvessalo 1951 b, s. 43). Tutkimusalueelta ja sen pohjoisreunaan välittömästi rajoittuvalta vyöhykkeeltä saatiin näin kokoon yhteensä 234 käyttökelpoista mäntykoeputa.

Sädekasvun mittaus lastuista tapahtui sisätyönä Metsäntutkimuslaitoksessa pääpiirteissään Mikolan (mt., ss. 14—17) selostamalla tavalla käyttämällä automaattista lastojenmittauskojetta (vrt. Eklund 1950, ss. 14—42). Ennen mittausta lastuja liotettiin 1 t laimeassa aniliinisulfaatin vesiliuoksessa (vrt. Eklund 1951, s. 24).

Ottamalla huomioon käytettävissä olleen aineiston määrä sekä alueellinen jakaantuminen ei indeksisarjoja voitu laskea alueittain. Ilmastollisten vaihteluiden suuruudessa on kyllä huomattavia eroja ko. suhteessa (vrt. Ilvessalo 1945; Mikola mt., kuva 16), mutta tämän tutkimuksen aineisto ei varsinkaan etelä-pohjoisuunnassa jakaannu laajalle. Yhteisenkin indeksisarjan avulla saadaan tärkeä kokonaiskorjaus suoritetuksi sekä eri vuosijaksoihin perustuvat koalametsiköiden kasvutulokset keskenään verrannollisiksi. Myös voitaneen tarpeellisessa määrin näin saada selville, mitkä muutokset kasvussa ovat metsikössä suoritettujen hakkauksen seurausta.



Kuva 8. Männyn vuosilustoindeksit vv:n 1936—38 aineiston sekä v:n 1951 aineiston perusteella.

Figure 8. The annual ring indices of pine according to the material of 1936—38 and 1951.

Indeksisarjan laskenta suoritettiin siten, että aineisto jaettiin aluksi 6:een ikäluokkaan. Kullekin ikäluokalle laskettiin nyt oma indeksisarjansa Mikolan (mt., ss. 21—22) selostamalla tavalla. Puuluvuilla punnittuina keskiarvoina saatiin näistä vihdoinkin kunkin vuoden lopullinen vuosilustoindeksi.

Kuvassa 8 verrataan näin saatua indeksisarjaa siihen sarjaan, joka saatiin Suomen eteläpuoliskon männylle vv. 1936—38 suoritettussa II:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa. Viimeksi mainittu on otettu Mikolan (mt., s. 48) laskemana. Kuvaa on otettu myös molempien sarjojen perusteella lasketut 5- sekä 10-vuotisindeksit, jotka on saatu laskemalla 5:n tai 10:n peräkkäisen vuosilustoindeksin keskiarvot ja merkitsemällä nämä viimeisen vuoden kohdalle. Itse asiassa juuri niiden perusteella on kuutiokasvun korjaus tapahtunut.

Nämä 13—15 vuoden väliajoin koottuihin aineistoihin perustuvat indeksisarjat näyttävät soveltuvan erittäin hyvin yhteen.

Jos edelleen verrataan nyt laskettua sarjaa noin vuosia 1937—47 koskevalta osaltaan *Mikolan* (mt., kuva 16) esittämiin, männyn kasvua tietyillä Etelä-Suomen alueilla kuvaaviin indeksisarjoihin, havaitaan suurta yhdenmukaisuutta. Nyt lasketun sarjan luvut näyttävät kuitenkin olevan vähän pienempiä. Vuodet 1945—50 ovat näet männyllä olleet keskimääräistä selvästi voimakkaamman kasvun aikaa ja ovat nyt suoritetuissa hyperbelitasoituksissa nostaneet tasoituskäyräin loppupäätä ylöspäin, jolloin vuosilustoindeksit tämän jakson edellisiltä vuosilta ovat jääneet pienemmiksi. *Mikolan* tasoituksissa taas suotuisat kasvuvuodet 1945—50 eivät ole vielä sanottavasti — viimeiset kolme eivät ollenkaan — vaikuttaneet.

Edellä suoritettu vertailu johtaa toteamukseen, että nyt lasketun uuden indeksisarjan perusteella voidaan kasvun korjaus turvallisesti suorittaa.

#### Kuusi- ym. alikasvoksen käsittely

Kuusialikasvoksen esiintyminen männiköissä on tunnetusti hyvin yleistä (vrt. esim. *Y. Ilvessalo* 1942, ss. 86—88). Niin ollen aineistoa hankittaessa ei ole voitu rajoittaa vain sellaisten koealojen mittaukseen, joilla kuusialikasvosta ei lainkaan esiinny. Ilmeisesti se ei olisi ollut tarpeellistakaan.

Sitä rajaa, jonka yli kuusialikasvoksen osuus ei saa nousta, ei määritetty tarkalleen ennakolta. Niin ollen jäi silmävaraisen arvostelun varaan päätelmän teko siitä, milloin tämä osuus oli niin merkitsevä, ettei metsikköä voitu pitää tyydyttävässä määrin yksijaksoisena männikönä. Kun metsiköiden kuutiomäärät oli laskettu, havaittiin kuusialikasvoksen osuuden niistä olevan yleensä enimmillään n. 6 %:n tienoilla, mutta kahdessa tapauksessa kuitenkin n. 10 %. Koska alikasvoksen suhteellinen kasvu on ainakin vanhoissa männiköissä usein suurempi kuin varsinaisen metsikön, nousee alikasvoksen osuus kuutiokasvusta edellä mainittuja lukuja suuremmaksi. Valtaosassa koealametsiköitä kuusialikasvoksen merkitys tässäkin suhteessa on kuitenkin aivan mitätön.

Kun kuusialikasvoksen runsaus on äsken mainitussa suuruusluokassa, ei kuusella liene olennaista vaikutusta männyn kehitykseen. Missään tapauksessa ei tehtäne tuloksiin sanottavasti vaikuttavaa virhettä, vaikka alikasvos jätetään kokonaan huomioon ottamatta. Erityisesti tähän johtaa

se, että kuusialikasvoksen esiintyminen on hyvin satunnaista ja vaihtelevaa, joten sen mukaanotto saattaisi nimenomaan männikön kehitystä silmällä pitäen samanlaiset metsiköt näyttämään jossain määrin erilaisilta, ja päinvastoin.

Mainittakoon, että kasvu- ja tuottotaulukoiden aineistoa käsitellessään *Y. Ilvessalo* (1920 a, s. 48) on katsonut voivansa liittää alikasvoksen eräillä koealoilla kokonaiskuutiomäärään. Sen sijaan *Lönroth* (1925, s. 86, alamuist. 2) luonnonnormaalien männiköiden sisäistä rakennetta ja kehitystä tutkiessaan on jättänyt alikasvoksen huomioon ottamatta. Myöskään *Lappi-Seppälä* (1930, s. 92) mänty-koivusekametsiköitä selvitellessään ei ole alikasvosta lukenut eikä mitannut.

Monissa harvoiksi hakatuissa metsiköissä esiintyi alikasvoksen luonteen senu vähäisessä määrin koivua, haapaa jne. Sitä paitsi saattoi eräillä koealoilla olla myös muutamien metrien pituista männyn taimistoa. Tällaiset selvät, mutta kokonaisuuden kannalta kovin vähän merkitsevät puujaksot jätettiin kuusialikasvoksen tavoin tarkastelun ulkopuolelle.

#### Tasoitukset

Tutkimusaineistoa käsiteltäessä jouduttiin suorittamaan lukuisasti erilaisia tasoituksia. Niinpä esim. jokaiselle koealametsikölle piirrettiin latvuseroksittain pituus- ja kapenemiskäyrät. Sitten laskettiin näiden metsiköiden perusteella metsikköä tietyillä tavoilla kuvaavia tunnuksia. Jo erillisinäkin näillä tunnuksilla on merkitystä, mutta erilaisilla hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden rakenteelle ja kehitykselle ominaisten piirteiden selvittäminen vaati kehityssarjojen muodostamista sekä näiden sarjojen puitteissa suoritettavaa tasoitusta.

Eri tasointimenetelmistä on keskeisellä sijalla graafinen tasointi. Tällä menetelmällä on katsottu olevan parhaiten sitä joustavuutta, jota tässä tutkimuksessa on pidetty tarpeellisena. Esim. pituuskäyrän piirtämiseen on kyllä esitetty eräitä matemaattisia menetelmiä (vrt. esim. *Prodan* 1951 b, ss. 100—101). Mm. *Näslund* (1929, s. 98) ja *Hohenadl* (1939, ss. 265—267) ovat käyttäneet parabelia  $y = a + bx + cx^2$ , mutta myös yksinkertaisempien tasointifunktioiden soveltamista on esitetty (vrt. esim. *Assman* 1936). Nämä menetelmät ovat kuitenkin useimmiten liian karkeita tasaikäisissä metsiköissä käytettäväksi; *Dwight* (1937) osoittaakin esim. parabelin johtavan eräissä tapauksissa erheellisiin tuloksiin. Kun pituushavaintoja on otettu riittävästi, voidaan hyvin turvautua silmävaraiseen graafiseen tasointiin, jossa subjektiivisuudesta aiheutu-

vat virheet eivät ylittäne muista tekijöistä johtuvia virheitä (Prodan mt., s. 101). Erityisesti silloin, kun pituuskäyrät piirretään latvuserroksittain, on parasta käyttää graafista keinoja. Jokaisesta latvuserroksesta erikseen näet ei ole mahdollista ottaa niin monta koepuuta, että jokin analyttinen funktio aina johtaisi luonnollisilta näyttäviin tuloksiin.

Painavimpana muistutuksena graafisen tasoituksen käyttämistä vastaan pidetään yleensä sen subjektiivisuutta, johon jo edellä viitattiin. Varmaan niin onkin, että ensi näkemältä tasoituskäyrän voi johonkin havaintojoukkoon piirtää monella tavalla. Kuitenkaan subjektiivisuus ei muodostune mainittavaksi haitaksi silloin, kun tasoitettavat ominaisuudet ovat mitä monipuolisimmassa riippuvaisuussuhteessa toisiinsa, niin kuin jokseenkin kaikki tämän tutkimuksen tärkeimmät tunnuksot ovat. Pitämällä huolta siitä, että eri yhteyksissä suoritettujen tasoitusten tulokset joka kohdassaan soveltuvat yhteen, tulevat virheet vältettyiksi. Juuri tarkistuksen vuoksi on aineistoa käsiteltäessä suoritettu eräitä ylimääräisiä tasoituksia, jotka ovat olleet omiaan korjaamaan syntyneitä virheitä (vrt. Lönnroth 1925, ss. 132—133).

Toisaalta on otettava huomioon, etteivät myöskään analyttiset tasotusmenetelmät ole kokonaan vapaita subjektiivisuudesta, koska sovellet-tavan lausekkeen valinta riippuu tasoituksen suorittajasta (vrt. Dahlberg 1940, s. 80). Analyttisten tasotusmenetelmien käyttäminen voi sinänsä olla hyvinkin houkuttelevaa, koska niitä soveltaessaan tasoituksen suorittaja saattaa päästä vähemmällä harkinnalla. Niin kuin Lindberg (1927, ss. 178—179) huomauttaa, ei yhdelläkään analyttisellä menetelmällä ole kuitenkaan pätevää teoreettista pohjaa, eivätkä tulokset niitä käytettäessä olisi yhtään pätevämpiä, vaan ehkä päinvastoin, koska tasoituksen suorittajan erikoistiedot asiassa eivät silloin pääse oikeuksiinsa. Edelleen Lindberg muistuttaa siitä vaarasta, että analyttinen menetelmä voitaisiin käsittää takeeksi tuloksen objektiivisuudesta.

Edellä jo on sivuttu myös tasoitusten suoritustapaa. Käyrää piirretäessä on tietenkin ensi sijassa tarkattava, että se tasoittaa havaintojoukon mahdollisimman hyvin. Niin kuin tunnettua, tämä tapahtuu parhaiten silloin, kun käyrästä havaintoihin laskettujen poikkeusten neliöiden summa on minimi. Koska laajaa aineistoa käsiteltäessä tätä koskevan laskennan suorittaminen on sangen työlästä, on tyydyttävä piirtämään käyrä silmällä pitäen sitä, että ordinaattaa pitkin laskettujen positiivisten ja negatiivisten poikkeusten summaksi saadaan 0 sekä samalla poikkeusten itseisarvojen summa minimiksi. Tämän lisäksi on pidettävä huolta siitä, ettei käyrästä tule luonnonvastainen (vrt. Møller 1951, s. 250). Sen takia käyräin piirtäjällä täytyy olla käsitys niiden yleisestä kulusta,

etteivät esim. jotkin poikkeukselliset havainnot vie niitä luonnottomiksi. Niinpä pituushavaintoja latvuserroksittain tasoitettaessa esiintyy joskus suhteellisen paksuja ja lyhyitä sekä toisaalta taas hoikkia ja pitkiä puita, joiden vaikutus pituuskäyräin kulkuun on tarkoin harkittava. Tasoituksessa ei kuitenkaan ole pidettävä asianomaisen käyrän yleisestä kulusta niin tiukasti kiinni, että käsiteltävänä olevan metsikön oma luonne häviää.

Mainittakoon vielä, että apuna käytettiin myös ns. mekaanisia menetelmiä. Usein näet laskettiin osakeskiarvoja, jotka helpottivat tasoituskäyrän piirtämistä. Sitä paitsi toistuvasti harsittujen metsiköiden perusteella muodostetut kehityssarjat katsottiin niin heterogeenisiksi, että niiden eri tunnuksia tasoitettaessa tyydyttiin peräkkäiset 3 pisteen osakeskiarvot yhdistävien murtoviivojen piirtämiseen. Luonnollisesti kuitenkin myös näille metsiköille pituus-, kapenemis- ja latvuksen alarajaa osoittavat käyrät piirrettiin tavalliseen tapaan.

## Tutkimuksen tulokset

Tutkimuksen tulosten tarkastelu suoritetaan etupäässä niiden kuvien ja taulukoiden perusteella, jotka esitetään kunkin tunnuksen ja asian yhteydessä. Kun metsikön eri tunnuksia selvitetään ensi sijassa iän funktiona, esiintyy kuvissa abskissalla useimmiten metsikön ikä aiemmin (ss. 38—40) esitetyllä tavalla laskettuna.

Yleisessä käytännössä olevien metsätyyppien lyhennysmerkintöjen lisäksi toistuvat tekstissä, kuvissa ja taulukoissa alinomaa seuraavat lyhennykset:

$A_1$  = toistuvasti harvennetut metsiköt (piirretty kuviin yleensä yhtäjaksoisilla käyrillä);

$C_1$  = toistuvasti harsitut metsiköt (piirretty murtoviivoilla); ja

N = luonnonnormaalit metsiköt joko Y. Ilvessalon (1920 b) tai Lönnrothin (1925) tutkimusten perusteella (piirretty yleensä katkoviivoilla).

Kuviin ei ole asetettu näkyviin yksityisiä havaintoja. Näin kuvat ovat selvempiä tarkastella. Tarvittaessa ovat jokseenkin kaikki tasoitusten pohjana olevat tunnusten arvot otettavissa taulukosta 3 (ss. 46—51). Kuviin on  $A_1$ -metsiköiden tasoituskäyrien kahden puolen — mustikka- ja puolukkatyypeillä ikävuosien 40, 80 ja 120 kohdalle sekä kanervatyyppillä ikävuosien 50, 80 ja 120 kohdalle — asetettu merkit, jotka osoittavat, miten laajalle havainnot jakaantuvat. Nämä merkit ovat yleensä vaihtelualueen ulkolaidoilla; jokin satunnainen havainto voi kuitenkin olla vielä niitäkin ulompana. Jos uloimmat havainnot ovat toisessa suunnassa kauempana kuin toisessa, on merkit kuitenkin katsottu sopivimmaksi asettaa yhtä kauas tasoituskäyrästä, ja niiden etäisyys käyrästä ordinaattaa pitkin mitattuna on yhtä suuri kuin sanottujen erilaisten etäisyyksien keskiarvo.

## Runkoluku

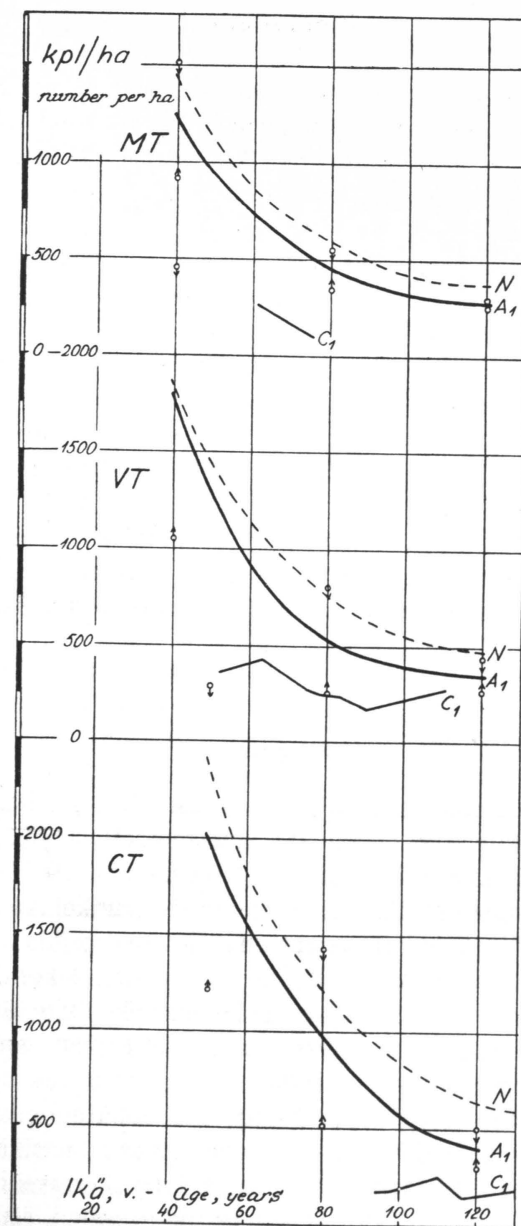
Niin kuin aiemmin (s. 19) on mainittu, voi suhteellisen vähämerkkisen pienen puuston runkoluku suurin piirtein samanlaisissakin koealametsiköissä vaihdella huomattavasti. Tästä syystä ei siihen esim. metsiköitä käsittelyn perusteella luokitettaessa ole kiinnitetty suurta huomiota. Luonnollisesti on silloin runkolukuun metsikön tunnuksena suhtauduttava melkoisin varauksin. Niin ollen seuraavassa tarkastellaan lähemmin ainoastaan vallitsevien, 1. ja 2. latvuserrokseen kuuluvien puiden lukumäärää, ts. valtapuuston runkolukua, minkä lisäksi kohdistetaan erityistä huomiota rinnankorkeudelta kuoren päältä vähintään 20 cm täyttäneiden järeiden puiden lukumäärään. Metsikön kokonaisrunkoluvusta mainittakoon vain karkeina keskiarvosadanneksina, että se toistuvasti harvennetuissa ( $A_1$ ) metsiköissä on mustikkatyyppillä 60—100 v:n iällä n. 60 %, puolukkatyyppillä 60 v:n iällä n. 55 % ja 80—100 v:n iällä n. 50 % sekä kanervatyyppillä 80 v:n iällä n. 55 % ja 120 v:n iällä vain n. 40 % luonnonnormaalien (N) metsiköiden runkoluvusta. Toistuvasti harsituissa ( $C_1$ ) metsiköissä taas vastaavat sadannesluvut ovat keskimäärin huomattavasti pienempiä.

## Valtapuusto

Valtapuuston runkolukua  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköissä valaistaan kuvassa 9. Vertailun helpottamiseksi on samaan kuvaan otettu myös mainittua tunnusta N-männiköissä esittävät käyrät (Lönnroth 1925, kuv. 3). Lisäksi on taulukkoon 4 asetettu näkyviin valtapuuston runkoluku  $A_1$ -metsiköissä sekä sen suhteellinen määrä verrattuna N-metsikköihin.

Vallitseviin latvuserrokseen kuuluvien puiden lukumäärä  $A_1$ -metsiköissä vähenee samaan tapaan kuin N-metsiköissäkin iän lisääntyessä. Kuitenkin erot ainakin suhteellisesti näyttävät olevan vanhemmalla iällä suuremmat kuin nuoremmalla. Tällainen suunta tuntuu hyvin luonnolliselta. Nuorella iällä ei vielä ole ehditty eikä ehkä ole ollut tarpeenkaan voimakkaasti kajota vallitsevaan puustoon, vaan metsikön kasvattamiseksi on katsottu pääasiassa vallittuihin latvuserrokseen kohdistuvien toimenpiteiden riittävän. Tällä on se positiivinen puoli, että valtapuuston latvusto säilyy verraten sulkeutuneena, mikä on omiaan edistämään puiden karsiutumista oksistaan juuri ko. mielessä sopivimpana ikäkautena (vrt. esim. Kallala 1951, s. 42). Suorittamalla ensimmäiset hakkaukset varovaisesti voidaan lisäksi välttää pinta-alayksikköä kohden lasketun





Kuva 9. Valtapuuston runkoluku. Merkkien selitys sivulla 58.  
Figure 9. Number of dominant trees. Explanation on pages 180—181.

Taulukko 4. Valtapuuston runkoluku toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 4. Number of dominant trees of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |       |     |     |     |
|---------------------------------|--|-------|-----|-----|-----|
|                                 | 40   | 60    | 80  | 100 | 120 |
|                                 | Runkoluku, kpl/ha — Number of stems per ha                               |       |     |     |     |
| MT                              | 1 225  | 725   | 455 | 315 | 280 |
| VT                              | 1 755  | 920   | 520 | 380 | 350 |
| CT                              | —  | 1 550 | 970 | 565 | 400 |
|                                 | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |       |     |     |     |
| MT                              | 86   | 85    | 77  | 77  | 73  |
| VT                              | 95   | 82    | 68  | 71  | 72  |
| CT                              | —  | 85    | 79  | 67  | 63  |

kuutiokasvun pienenemistä, joka näyttää seuraavan liian voimakkaita ensikertaisia toimenpiteitä (Nyssönen 1950, s. 42).

Jäljempänä osoitetaan, että nuoremmat  $A_1$ -metsiköt ovat suhteellisesti säästelympä kuin vanhemmat. Iän lisääntyessä siis erot N-metsikköihin todellisuudessa eivät kasvane aivan taulukosta 4 näkyvällä tavalla.

Kuvasta 9 käy myös ilmi, että  $C_1$ -metsiköissä valtapuuston runkoluku on tuntuvasti pienempi kuin  $A_1$ -metsiköissä, useimmiten vain n.  $\frac{1}{3}$  N-männiköiden vastaavasta luvusta. Jo tästä näkyy, että puuston kehityksen edellytykset näissä metsiköissä poikkeavat toisistaan hyvin selvästi.

#### Järeä puusto

Niin kuin edellä jo mainittiin, käsitellään erikseen rinnankorkeudelta vähintään 20 cm täyttäneiden puiden lukumäärää. Näitä puita sanotaan seuraavassa järeiksi puiksi. Tämä puuston osa, joka metsikön kehittyessä saa lisäystä mittaushetkellä rajan alapuolelle jääneistä läpimittaluokista, katsotaan yleensä taloudellisesti tärkeimmäksi, koska se on tavallisesti pääosaltaan tukkipuiksi kelvollista. Viimeksi mainitussa suhteessa on kuitenkin huomattava, että rinnankorkeudelta otetun läpimitan käyttö ei anna sanottujen tukkipuiden osalta täysin vertauskelpoista kuvaa eri metsätyypeillä kasvavista sekä eri tavoilla käsitellyistä metsiköistä.

Tämä johtuu mm. läpimitaltaan samanlaisten puiden toisistaan poikkeavasta pituudesta ja muodosta, jotka muuten jäljempänä otetaan tarkasteltaviksi.

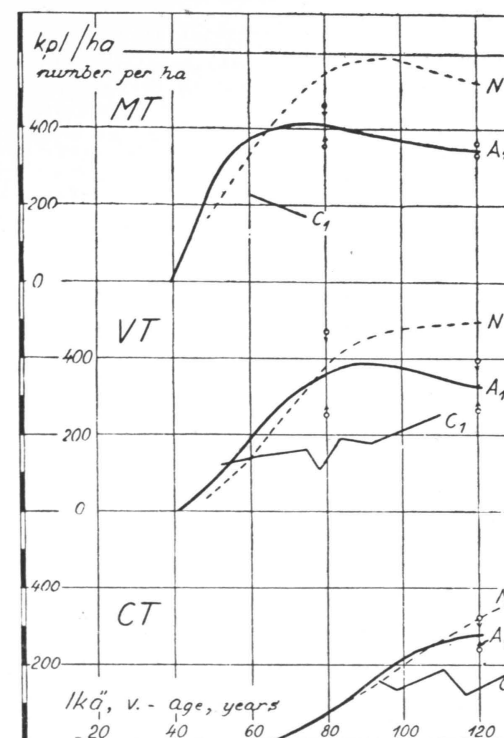
Kuvasta 10 saadaan käsitys järeiden puiden lukumäärän kehityksestä. Sekä mustikka- että puolukkatyyppillä niiden määrä on kasvanut metsikön täytettyä 40 ikävuottansa nopeammin  $A_1$ - kuin N-metsiköissä, kun taas kanervatyyppillä kehitys on ollut näissä metsikkölajeissa aluksi samantapaista. Järeä puusto on saavuttanut runkolukunsa maksimimäärän  $A_1$ -metsiköissä huomattavasti aikaisemmin kuin N-metsiköissä sekä sen jälkeen hitaasti vähentynyt.  $A_1$ -metsiköissä on järeitä puita hehtaaria kohden mustikkatyyppillä metsikön 55 ikävuodesta alkaen keskimäärin n. 350—410 runkoa, puolukkatyyppillä 75 ikävuodesta lähtien 330—390 runkoa, mutta kanervatyyppillä vasta yli 100-vuotias männikkö on sivuuttanut 250 rungon rajan. Esim. 120 v:n iällä järeiden puiden lukumäärä on mustikka- ja puolukkatyypeillä n. 50 % suurempi kuin kanervatyyppillä.

Myöhemmin joudutaan eri tavoilla arvostelemaan, onko  $A_1$ -männiköiden puustoa pidettävä riittävänä tavoiteltaessa esim. mahdollisimman suurta kuutiotuottoa. Kun vastaus näyttää muodostuvan myönteiseksi, soveltunevat tässä esitetyt luvut viitteeksi ns. peruspuuston määristä eri metsätyypeillä.

Edellä mainitut runkoluvut eivät tietenkään kuvaa kaikkien niiden puiden lukumäärää, jotka  $A_1$ -männiköistä voidaan kiertoajan kuluessa rinnankorkeudelta vähintään 20 cm täyttäneinä hakata. Jäljempänä esitettävistä poistuman kuutiomääräsarjoista nähdään, että jo verraten aikaisin on näistä metsiköistä poistettu sanottuja järeitä puita.

$A_1$ -metsiköiden järeiden puiden lukumäärää voidaan verrata myös niiden tilojen vastaavaan suureeseen, joita O s a r a (1934, s. 5, 13) on tutkinut ja joiden hän arvelee edustavan jonkinlaista jatkuvan, kestävän metsätalouden helposti saavutettavissa olevaa tasoa. Kun vähintään 20 cm täyttäneiden puiden lukumäärä noilla tiloilla on ollut keskimäärin 132 kpl/ha, näyttää tämä taso mustikkatyyppin mailla olevan kohtuullisella kiertoajalla saavutettavissa — ikäluokkien jakaantuminen on näet edellytettävä tasaiseksi —, mutta mainitulle tasolle pyrkiminen kasvupaikkojen ollessa keskimäärin heikompia johtaisi verraten pitkiin kiertoaikoihin.

$C_1$ -metsiköissä järeiden puiden lukumäärä on luonnollisesti yleensä pienempi kuin  $A_1$ -metsiköissä, koska jo ensiksi mainittujen erottaminen omaksi käsittelyluokakseen on tapahtunut lähinnä juuri sillä perusteella, että metsiköstä on voimakkaasti hakattu järeintä puustoa. Kuitenkin sekä puolukka- että kanervatyyppin nuorimmissa harsituissa metsiköissä vähin-



Kuva 10. Järeän puuston runkoluku. — Figure 10. Number of large-sized trees.

tään 20 cm täyttäneitä puita on jokseenkin yhtä runsaasti kuin harvennetuissa. Tämä jossain määrin hämmästyttävä seikka saattaa tuoda mieleen, että nuorimpien harsittujen metsiköiden metsätyyppi on keskimäärin parempi kuin vastaavien harvennettujen. Kanervatyyppin osalta tämä saattaa olla mahdollista, mihin mm. jäljempänä tapahtuva valtapituuden tarkastelu näyttää viittaavan. On kuitenkin huomattava, että ensimmäisten harsintojen jälkeen siirtyminen järeän puuston joukkoon on ilmeisesti erittäin voimakasta. Siihen näyttää viittaavan mm. eräs Metsäntutkimuslaitoksen Padasjoella sijaitseva kestokoealasarja, jossa 6 v. toisen harsinnan jälkeen vähintään 20 cm täyttäneiden puiden lukumäärä oli sama kuin luonnontilaisella vertauskoealalla, ja eroja oli vain järeimmän puuston osalla. Sitä paitsi on huomattava, että täysin säännönmukaisissakin ensimmäisissä harvennushakkauksissa joudutaan poistamaan susipuita, siis metsikön paksuimpia puuyksilöitä. Tässä suhteessa ja tässä vaiheessa harvennukset ja harsinnat saattavat niin muodoin muistuttaa toisiaan.

Järeiden puiden lukumäärä  $C_1$ -metsiköissä on yleensä pysynyt metsätyypistä ja metsikön iästä riippumatta jotakuinkin vakiona, vaihdellen tavallisimmin 120—200 kpl ha kohden. Käsittelytavalle näyttää siis olevan ominaista, ettei metsikön hakkauksia sovelleta esim. ikää seurailevan kehityksen rytmin mukaisesti. Toisaalta kuitenkin ei yleensä ole poistettu läheskään kaikkea järeää puustoa. Se olisikin vierasta talonpoikaiselle metsänhakkaajalle, joka on tottunut pitämään kaikkialla edes jonkin verran myös järeitä puita. Osittain juuri siitä syystä lienevät esim. selvät uudistushakkaukset verraten hitaasti levinneet. Kun ne yleensä edellyttävät viimeisessä vaiheessaan vanhan puuston täydellistä poistamista, on siitä aiheutuva »tyhjyyden kammo» estänyt hakkauksia suorittamasta. Sama lienee syy usein myös siihen, että taimistoissa ylispuut joutuvat monesti olemaan kauankin.

### Keskiläpimitta

Puuston paksuussuhteiden kuvaajana on hyvin yleisesti käytetty puiden keskiläpimittaa kuorineen rinnankorkeudelta. Tämä otetaan seuraavassa tarkasteltavaksi. On kuitenkin huomattava, että epäsäännöllisissä metsiköissä, jollaisia esim. tämän tutkimuksen aineistoon kuuluvat harsien käsitellyt männiköt ovat, sanotun tunnuksen merkitys on vähäisempi kuin säännöllisissä (vrt. Prodan 1951 b, s. 67).

### Laskentatapa

Metsikön keskiläpimittaa laskettaessa on suomalaisissa luonnonnormaaleihin metsikköihin kohdistuneissa tutkimuksissa käytetty painolukuna yleensä runkolukua (Y. Ilvessalo 1920 a, 1920 b; Lönnroth 1925), mutta sen ohessa myös pohjapinta-alaa (Y. Ilvessalo 1937). Runkoluvulla punnittua keskiläpimittaa tässä käyttämällä saavutettaisiin siis se merkittävä etu, että vertailu luonnonnormaaleihin metsikköihin voitaisiin suorittaa välittömästi. Tällä tavalla laskettu keskiläpimitta ei kuitenkaan ole tyydyttävä hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä, mikä johtuu juuri runkoluvun olennaisesta merkityksestä ko. tunnuksen suuruudelle. Vaihtelevasti esiintyvän vähämerkityksisen puuston vaikutus näin laskettuun keskiläpimittaan on huomattava, ja jo lievätkin hakkaukset saattavat aiheuttaa siihen melkoisia muutoksia. Epäilemättä olisi pyrittävä sellaiseen keskiläpimittaan, joka olisi luonteeltaan jatkuvampi ja esim. jo lievestä harvennushakkauksista vähemmän riippuvainen.

Kun varsinaisen pohjapinta-alalla punnitun keskiläpimitan laskenta on melko työlästä, käytetään usein metsikön keskipohjapinta-alaa vastaavan puun läpimittaa. Kuitenkin myös siinä tuntuu voimakkaara runkoluvun paino — päinvastoin kuin ehkä yleensä tullaan ajatelleeksi —, sillä sitä laskettaessa joudutaan metsikön pohjapinta-ala jakamaan runkoluvulla.

Sopivimpana keskiläpimitan ilmaisijana on tässä tutkimuksessa pidetty sen puun läpimittaa, joka jakaa metsikön pohjapinta-alan kahteen yhtäsuureen osaan, jos puut ajatellaan sijoitettaviksi läpimittansa mukaiseen järjestykseen. Tämä puu on siis mediani metsikön pohjapinta-alan suhteen. Näin laskettu keskiläpimitta on lukuarvoltaan suurempi kuin esim. runkoluvulla punnittu keskiläpimitta, joten edellinen paremmin osoittaa, millaisia metsikön todella merkitsevät puut ovat paksuudeltaan. Lisäksi tämä keskiläpimitta välttää edellä ilmi käyneitä, toisille keskiläpimitoille ominaisia heikkouksia (vrt. H a g b e r g 1938, ss. 416—417; W i e d e m a n n 1950, s. 45; P r o d a n 1951 b, s. 77). Asiaa valaisee seuraava esimerkki.

Erään  $\frac{1}{4}$  ha:n suuruisen koealametsikön puiden jakaantuminen 2 cm:n läpimittaluokkiin sekä keskipituudet näissä luokissa ovat seuraavat:

| D 1.3 cm | Kpl | Pituus, m |
|----------|-----|-----------|
| 11       | 1   | 13.7      |
| 13       | 7   | 15.3      |
| 15       | 12  | 16.5      |
| 17       | 13  | 17.7      |
| 19       | 25  | 18.7      |
| 21       | 23  | 19.5      |
| 23       | 17  | 20.3      |
| 25       | 16  | 21.0      |
| 27       | 16  | 21.2      |
| 29       | 6   | 21.4      |
| 31       | 4   | 21.4      |
| 33       | 4   | 21.4      |

Ajatellaan nyt, että tässä metsikössä suoritetaan kaavamaisesti alaharvennus, jossa poistetaan kaikki 17 cm:n luokassa olevat ja sitä ohuimmat puut, yhteensä 33 runkoa. Tässä hakkauksessa poistetaan siis lähes  $\frac{1}{4}$  metsikön runkoluvusta, mutta vain vajaa  $\frac{1}{10}$  sen kuutiomäärästä. Toisena vaihtoehtona ajatellaan suoritettavaksi kaavamaisesti harsinta, jossa poistetaan kaikki 27 cm:n luokassa olevat ja sitä paksummat puut, yhteensä 30 runkoa eli n. 36 % metsikön kuutiomäärästä. Eri tavoilla lasketut keskiläpimitat näkyvät taulukosta 5.

Taulukosta käy ilmi, että metsikön kuutiomäärään nähden verraten vähäisen alaharvennuksen johdosta keskiläpimitta on molemmissa tapauksissa suurentunut, mutta ko. medianipuun läpimitan lisääntyminen on tuskin puolta runkoluvulla punnitun keskiläpimitan suurenemisesta. Jos taas hakkaus kohdistuu järeimpään puustoon, ilmenee tämä suhteellisen herkästi medianin läpimitassa.

Taulukko 5. Eri tavoilla lasketut keskiläpimitat eräässä koealametsikössä.

Table 5. Mean diameters in a sample stand, calculated in various ways.

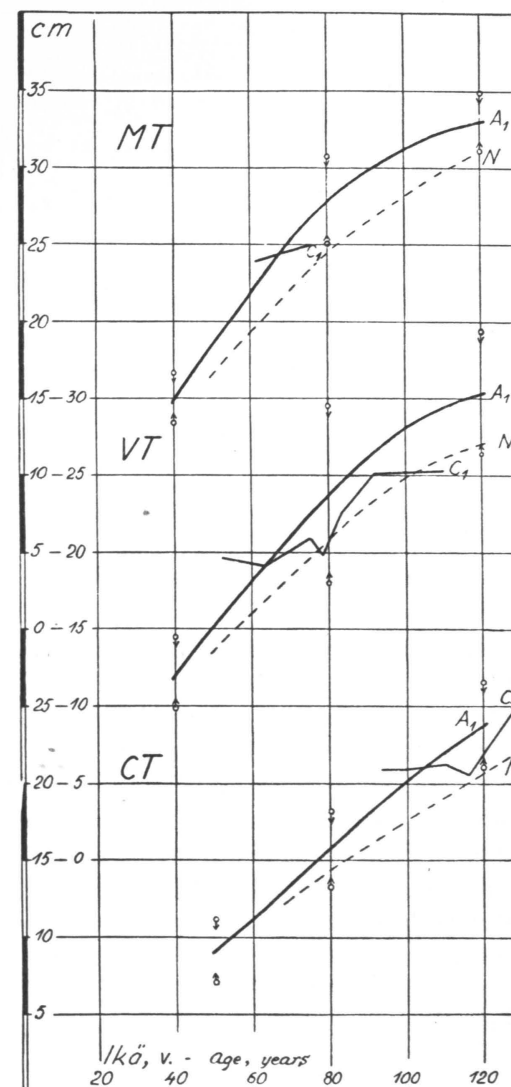
| Laskentatapa<br>Method of calculation                  | 1<br>Koko metsikkö<br>The whole stand  | 2<br>Alaharvennuksen jälkeen<br>After thinning from below | 3<br>Erotus 2-1<br>Difference 2-1 | 4<br>Harsinnan jälkeen<br>After selective cutting | 5<br>Erotus 1-4<br>Difference 1-4 |
|--|--|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
|  | Keskiläpimita, cm — Mean diameter, cm. |   |                                   |   |                                   |
| Runkoluvulla punnittu<br>Weighted by number of stems   | 21.6                                   | 23.5  | 1.9                               | 19.8  | 1.8                               |
| Mediani pohjapinta-alan suhteen — Median of basal area | 23.9                                   | 24.7  | 0.8                               | 21.2  | 2.7                               |

## Metsikön keskiläpimita

Kuvassa 11 esitetään edellä selostetulla tavalla lasketun metsikön keskiläpimitan kehitys  $A_1$ -,  $C_1$ - ja N- metsiköissä. Samaa asiaa valaistaan taulukossa 6  $A_1$ -metsiköiden osalta, minkä lisäksi siitä käy ilmi näiden sekä N-metsiköiden keskiläpimitan suhde. Koska kasvu- ja tuottotaulukoissa (Y. Ilvessalo 1920 b) ei esitetä 40 v:n ikäisen mustikka- ja puolukkatyypin sekä 60 v:n ikäisen kanervatyypin luonnonnormaalin männikön runkolukusarjoja, jotka ovat edellytyksenä nyt kysymyksessä olevan keskiläpimitan laskemiselle, on tämä tunnus pitänyt jättää esittämättä näistä metsiköistä.

Aluksi voidaan havaita, että  $A_1$ -metsiköiden keskiläpimita on kaikilla metsätyypeillä keskimäärin suurempi kuin N-metsiköiden. Suhteellisesti erotus näyttää säilyvän kutakuinkin samana metsikön iän lisääntyessä.

Mainittuja eroavuuksia ei tietenkään ole käsitettävä yksinomaan harvennushakkausten aikaansaaman paksuuskasvun voimistumisen aiheuttamiksi (vrt. Wiedemann 1948 a, s. 50). Luonnollisesti ei myöskään ole ajateltava, että esim. 60 v:n ja 40 v:n ikäisten  $A_1$ -metsiköiden keskiläpimitan erotus ilmaisee sanottujen ikävuosien välillä tapahtuneen keskimääräisen paksuuskasvun näissä metsiköissä. Keskiläpimitan kehityksessä ilmenee näet kahden tekijän, kasvun ja poistuman, yhteisvaikutus. Poistuman vaikutus on hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä sillä tavalla välitön, että esim. jokainen harvennushakkaus, joka kohdistuu etupäässä ohuimpaan puustoon, kohottaa keskiläpimittaa. Kun ote-



Kuva 11. Metsikön keskiläpimita. — Figure 11. Mean diameter of the stand.

taan huomioon, että  $A_1$ -metsiköiden runkoluku useimmiten on vain n. 50 % vastaavista N-metsiköiden luvuista, ei ole ihmeteltävää, vaikka näiden kahden metsikkölajin keskiläpimitan erotus muodostuu jo hakkausten välittömän vaikutuksen johdosta huomattavan suureksi.

Täsmällisesti ei voi sanoa, miten suuri edellä mainitun toisen kompo-



Taulukko 6. Keskiläpimitta toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 6. Mean diameter of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |      |      |      |      |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|
|                                 | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|                                 | Keskiläpimitta, cm — Mean diameter, cm.                                  |      |      |      |      |
| MT                              | 14.9   | 21.9 | 27.9 | 31.3 | 33.1 |
| VT                              | 11.9   | 18.2 | 23.7 | 27.7 | 30.3 |
| CT                              | —  | 11.2 | 15.7 | 20.1 | 23.8 |
|                                 | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |      |      |      |      |
| MT                              | —  | 113  | 113  | 110  | 107  |
| VT                              | —  | 114  | 114  | 111  | 112  |
| CT                              | —  | —    | 110  | 115  | 115  |

nentin, paksuuskasvun voimistumisen vaikutus on  $A_1$ - sekä N-männiköiden keskiläpimitan erotukseen. Kuutiomääräsarjoja jäljempänä tarkasteltaessa joudutaan kysymykseen vielä lähemmin puuttumaan. Jo tässä yhteydessä voidaan kuitenkin mainita, että harvennushakkausten välitön vaikutus näyttää ko. suhteessa olevan suurempi kuin niiden aiheuttaman paksuuskasvun voimistumisen vaikutus.

Kokonaan riippumatta siitä, mistä syystä keskiläpimitan suureneminen  $A_1$ -metsiköissä on lähinnä johtunut, voidaan vielä todeta, että jokin tietty keskiläpimitta on niissä saavutettu varhaisemmin kuin N-metsiköissä. Seuraavan asetelman luvut osoittavat, missä eri iäнкohdissa eri metsätyypeillä tietyt keskiläpimitat on saavutettu.

|          | $A_1$ -metsiköt | N-metsiköt | Erotus |
|----------|-----------------|------------|--------|
| MT 28 cm | 81 v.           | 97 v.      | 16 v.  |
| VT 26 »  | 91 »            | 108 »      | 17 »   |
| CT 22 »  | 110 »           | 129 »      | 19 »   |

Erotus on siis kaikilla metsätyypeillä  $A_1$ -metsiköiden hyväksi varsin merkittävä.

Kuvasta 11 nähdään edelleen, että  $C_1$ -metsiköiden keskiläpimitta on yleensä jokseenkin samassa suuruusluokassa kuin  $A_1$ -metsiköiden vastaava tunnus, sekä tavallisesti vähintään N-metsiköiden keskiläpimitan tasolla.  $C_1$ -metsiköissä keskiläpimitan suureneminen iän lisääntyessä näyttää kuitenkin olevan vähäisempää kuin muissa. Tämä johtuu toisaalta siitä, että jo nuorimmista metsiköistä on poistettu järeimmän puuston lisäksi suhteel-

lisen runsaasti myös heikointa puustoa. Toisaalta taas ei myöhemmin ole järeää puustoa päästetty lisääntymään siinä määrin kuin  $A_1$ -metsiköissä.

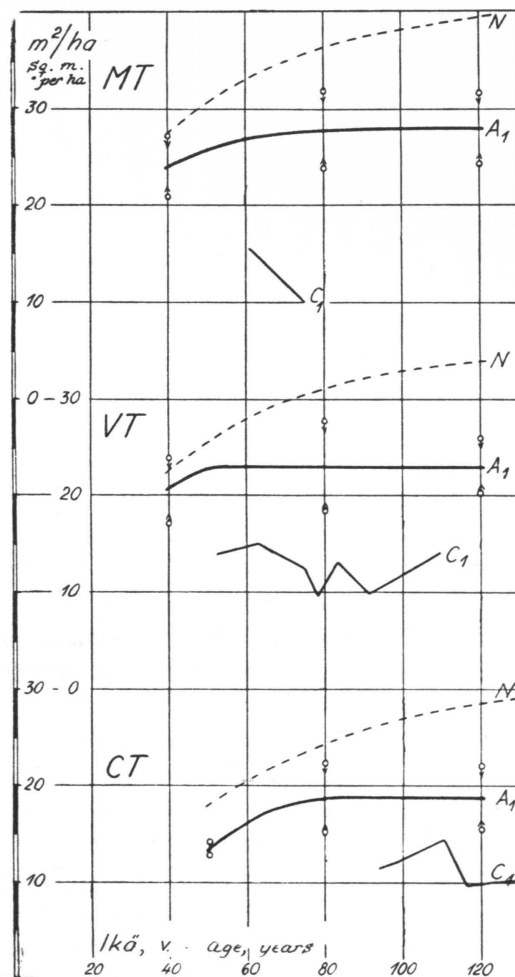
$C_1$ -metsiköiden keskiläpimitta saattaa kaiken kaikkiaan näyttää verraten suurelta. On kuitenkin otettava huomioon, että puuston määrä näissä metsiköissä on suhteellisen vähäinen, niin kuin myöhemmin tullaan selvästi näkemään. Jos niissä olisi alkuperäisen puuston paras osa kuutiomäärältään näin pienenä jäljellä, olisi keskiläpimitakin varmaan selvästi suurempi kuin esim.  $A_1$ -metsiköissä keskimäärin. Siihen viittaavat väljentäen harvennetut ( $A_2$ ) metsiköt, joissa keskiläpimitta on yleensä suurempi kuin  $A_1$ -metsiköissä.

### Pohjapinta-ala

Pohjapinta-alaa on jouduttu koskettelemaan jo aiemmin (s. 21) tarkasteltaessa tutkimusmetsiköiden luokitustapaa. Silloin todettiin, että tätä tunnusta, joka on katsottava lähinnä edellä jo käsiteltyjen runkoluvun ja keskiläpimitan suuruudesta riippuvaiseksi, voidaan käyttää apuna metsikön tiheyden määrittämisessä. Tähän yhteydessä on mm. se, että voimakkuudeltaan erilaiset hakkaukset näkyvät metsikön pohjapinta-alassa verraten herkästi.

Viimeksi mainitulla seikalla on kuitenkin myös tietty negatiivinen puoli. Vaikka tutkimusaineistoon kuuluisi samalla tavalla käsiteltäviä sekä muuten samanlaisia metsiköitä, voivat niiden pohjapinta-alat samoissa iäнкohdissa poiketa toisistaan huomattavasti, jos metsikön mittaus on sattunut esim. välittömästi ennen hakkausta tai kohta sen jälkeen. Vahvat harvennushakkaukset ovat näet esim. Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla ensikertaisia toimenpiteitä suoritettaessa saattaneet käsittää jopa yli 30 % metsikön kuutiomäärästä (vrt. M i e t t i n e n 1930, s. 46). Silloin kun hakkaus kohdistuu alaharvennuksena pääasiallisesti puuston heikoimpaan osaan, poistuu pohjapinta-alasta suhteellisesti vielä enemmän kuin kuutiomäärästä. Tässä valossa tuntuu esim. W i e d e m a n n i n (1948 b, s. 65) mainitsema vaatimus samaan sarjaan yhdistettävien metsiköiden pohjapinta-alasta melkoisen ahtaalta. Hän nimittäin esittää, ettei vaihtelualue Saksan oloissa, missä pohjapinta-alojen absoluuttiset arvot ovat yleensä huomattavan korkeita, saisi olla  $\pm 2.5 \text{ m}^2$ :ia suurempi. Ilmeisesti on silloin erittäin tarkasti otettava huomioon esim. hakkausten suoritusajat.

Pohjapinta-alan vaihtelevuudesta mm. tasoituksiin koitunutta haittaa olisi tietenkin voitu välttää ottamalla huomioon ko. tunnuksen kasvu ja poistuma kasvuineen sekä laskemalla sitä tietä kullekin metsikölle keski-



Kuva 12. Metsikön pohjapinta-ala. — Figure 12. Basal area of the stand.

arvo 5:n tai 10:n viime vuoden pohjapinta-aloista. Vastaavastihan jäljempänä menetellään esim. kuutiomäärän suhteen. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan sanottua vaivalloista ja sen lisäksi epätarkaksi jäävää laskentaa pidetty tarkoituksen mukaisena, vaan tasointa tapahtui mittaushetken tilanteen nojalla. Tasointa suoritettaessa pyrittiin kuitenkin kohdistamaan huomiota tutkimusmetsiköissä suoritettujen hakkausten voimakkuuteen ja ajankohtaan. Tällöin ei unohdettu myöskään sitä esim. puolukkatyyppin toistuvasti harvennettujen metsiköiden kehityssarjalle omi-

Taulukko 7. Pohjapinta-ala toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 7. Basal area of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type  | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years        |      |      |      |      |
|--|---|------|------|------|------|
|  | 40  | 60   | 80   | 100  | 120  |
|  | Pohjapinta-ala, m²/ha — Basal area, sq. m. per ha |      |      |      |      |
| MT   | 24.0  | 26.8 | 27.6 | 28.0 | 28.0 |
| VT   | 20.5  | 23.0 | 23.0 | 23.0 | 23.0 |
| CT   | —   | 16.1 | 18.6 | 18.8 | 18.8 |
| % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |   |      |      |      |      |
| MT   | 88  | 81   | 77   | 73   | 71   |
| VT   | 92  | 82   | 74   | 70   | 68   |
| CT   | —   | 78   | 77   | 70   | 66   |

naista piirrettä, että viimeaikaiset hakkaukset ovat olleet nuorehkoissa metsiköissä verraten lieviä ja vanhoissa voimakkaita.

Metsikön pohjapinta-alan kehityksestä saadaan käsitys kuvan 12 sekä taulukon 7 avulla. Luonteenomaista tälle kehitykselle  $A_1$ -metsiköissä on sanotun tunnuksen pysyminen suuruudeltaan jokseenkin vakiona myöhemmällä iällä (vrt. s. 21). Silloin on näiden metsiköiden keskimääräinen pohjapinta-ala mustikkatyyppillä n. 28, puolukkatyyppillä n. 23 sekä kanervatyyppillä n. 19 m²/ha. Kun N-metsiköiden pohjapinta-ala sitä vastoin lisääntyy vielä tällöinkin, kasvavat näiden metsiköiden väliset erot sekä absoluuttisesti että suhteellisesti.  $A_1$ -männiköiden pohjapinta-ala, oltuaan mustikka- ja puolukkatyypeillä 40 v:n iällä n. 90 % N-metsiköiden vastaavasta tunnuksesta, on eri metsätyypeillä 120 v:n iällä keskimäärin vain runsas  $\frac{2}{3}$  viimeksi mainitusta.

$C_1$ -metsiköiden pohjapinta-ala on keskimäärin noin  $\frac{1}{2}$   $A_1$ -metsiköiden sekä yleensä  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  N-metsiköiden pohjapinta-alasta. Näyttää siltä, ettei ko. tunnus näissä  $C_1$ -metsiköissä ole ainakaan päässyt suurenemaan iän lisääntyessä.

Aiemmin (s. 21) on mainittu pohjapinta-alasta harvennuskokeissa eri harvennustasojen erottelussa. Myös Suomen oloissa kannattanee harkita tämän tunnuksen käyttöä sanottuun tarkoitukseen. Tällä tavalla voitaisiin ehkä pitää eri asteet toisistaan erillään tietyn ohjelman mukaisesti, mikä esim. yksinomaan biologiseen puunluokitukseen nojautuen ei näytä olevan helppoa.

## Pituus

### Laskentatavat

Pituuden tarkastelu suoritetaan lähinnä metsikön valtapituuden sekä keskipituuden perusteella.

Valtapituus on hyvin yleisesti käytetty ja tärkeä metsikön tunnus. Kaikki tutkijat eivät kuitenkaan tarkoita täsmälleen samaa puhuessaan siitä. Niinpä Schwappach (1893, s. 29) jakaa metsikön puut hehtaaria kohden paksuimmista lähtien luokkiin 1—100, 101—200, 201—300 jne. sekä pitää luokan 101—200 keskipituutta valtapituutena. Y. Ilvessalo (1916, 1920 a, 1920 b, 1937) on käyttänyt valtapuiden kasvusuhteita selvittäessään lähtökohtana hehtaaria kohden 100 paksuimman puun keskipuuta, jonka pituus edustaa metsikön valtapituutta. Vastaavalla tavalla on ko. tunnus laskettu useissa muissa suomalaisissa tutkimuksissa (esim. Lakari 1920; Lappi-Seppälä 1930; Miettinen 1932). Sen sijaan Lönnroth (1925) on lähtenyt toiselta pohjalta käyttäen valtapituutena 1. latvuserroksen puiden keskipituutta. Sarvas (1944, s. 73) taas sanoo tukkipuun harsinnoilla käsiteltyjä metsiköitä tutkiessaan ottaneensa valtapituudeksi »valtapuiden keskipituuden». Mainittakoon vielä, että Petersonin (1951) tuottotaulukoissa esiintyvä »övre höjd» tarkoittaa metsikön paksuimman puun pituutta pituus-käyrästä otettuna.

Ratkaistaessa tässä tutkimuksessa sovellettua valtapituuden laskentatapaa on tulosten vertauskelpoisuuden kannalta ollut valittavana joko 100 paksuimman puun tai 1. latvuserrokseen kuuluvien puiden keskipituus. Harsien käsiteltyjen metsiköiden valtapituudella, laskettakoonpa se miten hyvänsä, ei ole samaa merkitystä kuin harventaen käsiteltyjen metsiköiden vastaavalla tunnuksella (vrt. Sarvas 1944, s. 74). Jos edellisissä käytetään 100 paksuimman puun keskipituutta, tulee valtapituuden laskenta suoritetuksi usein hyvinkin erilaisten puiden perusteella. Jos niissä taas käytetään 1. latvuserroksen puiden keskipituutta, voi valtapituuden laskenta tulla suoritetuksi varsin erisuurien runkolukujen perusteella ja latvuserrosten arvostelun subjektiivisuus saattaa aiheuttaa eroja tuloksiin. Viimeksi mainitusta huolimatta on valtapituuden laskenta perustettu 1. latvuserroksen puiden keskipituuteen, jota ainakin harventaen käsitellyissä metsiköissä lienee pidettävä sopivampana varsinkin silloin, kun puiden luokitus latvuserrokseen on toimitettu. Tämä valtapituus edustaa kaikkina ikäkausina saman ja yleensä tärkeimmän kehitysluokan puita, kun taas 100 paksuimman puun pituus kuvaa nuorella iällä ehkä

olennaisesti erilaista metsikön osaa kuin vanhalla iällä. Kuitenkin molemmilla laskentatavoilla on etunsa ja haittansa. Tärkeintä on vain tietää, miten valtapituus kulloinkin on laskettu, ja tarkastella tuloksia sen mukaisesti.

Sopivinta metsikön keskipituuden laskentatapaa haettaessa ei runkoluvulla punnittua keskipituutta voitu pitää parhaana mahdollisena samasta syystä, joka on käynyt ilmi jo keskiläpimitan laskentatavasta puhuttaessa (vrt. ss. 64—66). Sen sijaan pohjapinta-alalla punnittu keskipituus on katsottava sopivaksi mm. sen takia, että tämä keskipituus on useimmissa puhtaissa, tasaikäisissä metsiköissä hyvin lähellä sen puun pituutta, joka on läpimitaltaan medianipuu pohjapinta-alan suhteen (vrt. Wiedemann 1936, s. 408; Weck 1948, s. 37). Viimeksi mainittuun otettiin keskiläpimitan käsittelyn pohjaksi tässä tutkimuksessa.

Seuraava esimerkki havainnollistaa runkoluvulla ja pohjapinta-alalla punnittuja keskipituuksia. Laskennan kohteeksi on otettu s. 65 esitetty metsikkö. Taulukossa 8 tarkastellaan mainituilla tavoilla laskettuja keskipituuksia sekä erilaisten toimenpiteiden vaikutusta niihin.

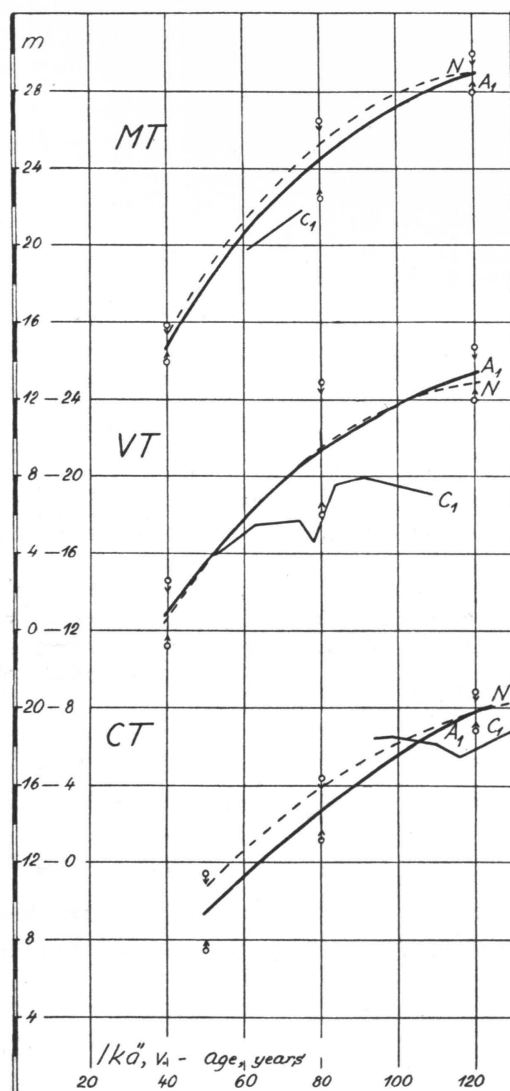
Esimerkissä alaharvennus on vaikuttanut pohjapinta-alalla punnittuun keskipituuteen huomattavasti vähemmän kuin runkoluvulla punnittuun, mitä on pidettävä edellisen etuna kertamittauksiin perustuvaa koeala-aineistoa käsiteltäessä. Harsintojen vaikutus taas näkyy pohjapinta-alalla punnitussa keskipituudessa vähintään yhtä selvästi kuin runkoluvulla punnitussa.

Myös eri latvuserrosten keskipituudet laskettiin, samoin kuin metsikön keskipituus, pohjapinta-alalla punnittuina keskiarvoina. Tämän joh-

Taulukko 8. Eri tavoilla lasketut keskipituudet eräässä koealametsikössä.

Table 8. Mean heights in a sample stand, calculated in various ways.

| Laskentatapa<br>Method of calculation                        | 1                                | 2  | 3                            | 4  | 5                            |
|--|----------------------------------|--|------------------------------|--|------------------------------|
|  | Koko metsikkö<br>The whole stand | Alaharvennuksen jälkeen<br>After thinning from below | Erotus 2—1<br>Difference 2—1 | Harsinnan jälkeen<br>After selective cutting | Erotus 1—4<br>Difference 1—4 |
|  | Keskipituus, m — Mean height, m. |  |                              |  |                              |
| Runkoluvulla punnittu<br>Weighted by number of stems         | 19.3                             | 20.1   | 0.8                          | 18.8   | 0.5                          |
| Pohjapinta-alalla punnittu<br>Weighted by basal area . . . . | 20.1                             | 20.5   | 0.4                          | 19.4   | 0.7                          |



Kuva 13. Metsikön valtapituus. — Figure 13. Dominant height of the stand.

dosta myöskään metsikön valtapituus ei ole 1. latvuserroksen puiden runkoluvulla vaan pohjapinta-alalla punnittu keskiarvo. Tämä poikkeaa laskentatapansa takia Lönrothin (1925, kuva 9) esittämästä valtapituudesta, johon tämän tutkimuksen tuloksia nyt ko. suhteessa jäljem-

pänä verrataan, sillä tavalla, että ensiksi mainittu on nyt tutkituissa metsiköissä keskimäärin 0.1—0.2 m suurempi kuin Lönrothin tavalla laskettuna. Vertailussa on tämä seikka tietenkin huomioon otettava, joskin sen merkitys on suhteellisen vähäinen. Sen sijaan N-metsiköiden keskipituudet on voitu laskea Ylivesalon (1920 b) taulukoista pohjapinta-alalla punnittuina keskiarvoina.

### Valtapituus

Metsikön valtapituuden kehitystä valaisevasta kuvasta 13 sekä taulukosta 9 käy ilmi, että tämä tunnus  $A_1$ -metsiköissä näyttää keskimäärin olevan jotakuinkin tarkoin N-metsiköiden tasolla; vain kanervatyypin poikkeaa keski-ikäällä hieman enemmän. Esim. mustikkatyypillä erot jäävät enimmilläänkin vajaaksi metriksi, mutta kanervatyypillä ne ovat lähes 100 v:n iälle saakka 1.0—1.5 m.  $A_1$ -männiköissä mustikka- ja puolukkatyyppien erot muodostuvat hiukan pienemmiksi sekä puolukka- ja kanervatyypin erot yleensä suuremmiksi kuin N-metsiköissä nyt kysymyksessä olevan tunnuksen suhteen.

Kuvaa 13 tarkasteltaessa kiinnittää edelleen huomiota se, että  $C_1$ -metsiköissä valtapituus on yleensä pienempi ja puolukkatyyppillä, jolta tätä aineistoa on runsaimmin, yleensä hyvin huomattavasti pienempi kuin  $A_1$ - ja N-metsiköissä. Poikkeuksen muodostavat kuitenkin nuorimmat puolukkatyyppiltä ja varsinkin nuorimmat kanervatyypiltä aineistoon sattuneet harsitut metsiköt, joissa on pitkää 1. latvuserroksen puustoa.

Taulukko 9. Valtapituus toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 9. Dominant height of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |      |      |      |      |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|
|                                 | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|                                 | Valtapituus, m — Dominant height, m.                                     |      |      |      |      |
| MT                              | 14.8   | 20.7 | 24.5 | 27.3 | 29.0 |
| VT                              | 13.0   | 17.9 | 21.3 | 23.7 | 25.3 |
| CT                              | —  | 11.3 | 14.7 | 17.6 | 19.8 |
|                                 | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |      |      |      |      |
| MT                              | 97   | 97   | 97   | 98   | 100  |
| VT                              | 102  | 100  | 99   | 100  | 101  |
| CT                              | —  | 90   | 92   | 97   | 100  |



Ansaitsee kohdistaa huomiota myös siihen, ettei valtapituus  $C_1$ -metsiköissä lisäännä ensinkään samoin kuin muissa metsiköissä iän kasvaessa. Näyttää ensiksikin siltä, että harsinnat ovat olleet ensi sijassa pisimpien puuyksilöiden poimintaa. Tietenkin tämä kytkeytyy rungon suuruus- ja laatuksymyksiin, jotka harsintoja suoritettaessa ovat hakkausperusteena. Toiseksi lienee  $C_1$ -männiköiden valtapituuden vähäinen lisääntyminen seurausta myös harsintojen pituuskasvua taannuttavasta vaikutuksesta (S a r v a s 1944, s. 75). Harsinnoissahan poistetaan yleensä metsikön elinvoimaisinta puustoa, joten jäljelle jäävien puiden pituuskasvu ei voi olla paras mahdollinen. Osaksi voidaan pituuskasvun heikkenemistä ajatella johtuvan myös siitä, että harsinnat ovat ainakin nyt tutkituissa  $C_1$ -metsiköissä rikkoneet pysyvästi latvusyhteyden, jolloin se pituuskasvun kiihoke on vähentynyt, minkä puiden välinen keskinäinen kilpailu valosta muodostaa (vrt. L ö n n r o t h 1925, ss. 183—184; M o r o s o w 1928, s. 9).

Keskinäisen kilpailun vähenemisen — enemmän tai vähemmän susimaisten puiden poistamisen ohella — voi ajatella aiheuttavan myös sen, että  $A_1$ -metsiköiden valtapituus jäisi pienemmäksi kuin N-metsiköiden vastaava tunnus. Päävaltapuiden pituuden kehitys on kuitenkin jo v.m. metsiköissä suhteellisen esteetöntä, joten näiden puiden elinehtoja ei voitane muuhun puustoon kohdistuvilla hakkauksilla tässä suhteessa mitenkään olennaisesti muuttaa (C a j a n u s 1914, ss. 9—10). Vaikka harvennushakkaudet eivät siis yleensä aiheuttane huomattavia muutoksia tärkeimmän puuston pituuskasvuun tasaikäisessä metsikössä (vrt. myös esim. H a w l e y 1936, s. 7), on kuitenkin eräitä varteen otettavia poikkeustapauksia. Niinpä N ä s l u n d (1935, ss. 701—714; 1944, s. 98) on todennut pituuskasvun elpyneen voimakkaiden hakkausten seurauksena sekä ns. »stavagranskog»-metsiköissä että vanhoissa norlantilaisissa kuusi-koissa. Samoin eräissä tämän tutkimuksen aineistoon kuuluvissa harsintamänniköissä suoritettut runkoanalyysit ovat osoittaneet jäljelle jääneiden puiden pituuskasvun muutamissa tapauksissa huomattavasti toipuneen (N y y s s ö n e n 1952). Kuitenkin viimeksi mainittujen metsiköiden valtapituus iän funktiona on ilmeisesti pienempi kuin sellaisten metsiköiden, joissa ko. tunnuksen laskenta tapahtuu myöhäiselläkin iällä pääasiassa niiden puiden perusteella, jotka alun perin ovat kuuluneet metsikön pisimpien puiden joukkoon.

Taulukko 10. Keskipituus toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 10. Mean height of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |      |      |      |      |
|---------------------------------|--|------|------|------|------|
|                                 | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|                                 | Keskipituus, m — Mean height, m.   |      |      |      |      |
| MT                              | 14.6   | 19.7 | 23.4 | 25.9 | 27.7 |
| VT                              | 11.7   | 16.5 | 20.3 | 23.1 | 24.8 |
| CT                              | —  | 10.6 | 13.6 | 16.6 | 18.9 |
|                                 | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |      |      |      |      |
| MT                              | —  | 103  | 97   | 98   | 102  |
| VT                              | —  | 103  | 102  | 102  | 103  |
| CT                              | —  | —    | 100  | 102  | 104  |

### Keskipituus

Taulukosta 10 käy selville  $A_1$ -metsiköiden keskipituus sekä tämän suhde N-metsiköiden keskipituuteen. Valtapituutta tarkasteltaessa saadusta kuvasta keskipituus poikkeaa siten, että se on  $A_1$ -metsiköissä kaikilla metsätyypeillä yleensä vähintään samalla tasolla kuin N-metsiköissä ja siis suhteellisesti hiukan valtapituutta suurempi. Syy tähän on ilmeisesti siinä, että edellisissä pientä puustoa on suhteellisesti vähemmän kuin jälkimmäisissä.

Esittämättä erikseen  $C_1$ -metsiköiden keskipituuksia voidaan mainita, että erot  $A_1$ -metsikköihin verrattaessa ovat samankaltaiset, mutta selvemmät kuin valtapituuksien suhteen. Tämä johtuu harsituissa metsiköissä esiintyvistä suurista metsikön sisäisistä pituuseroista sekä pienempuoleisen puuston runsaudesta.

Edelleen on syytä mainita, että latvuserrosten keskipituuksien väliset erot eri ikäkausina ovat  $A_1$ -metsiköissä yleensä jonkin verran suurempia kuin L ö n n r o t h i n (1925, kuva 10) mukaan luonnonnormaaleissa männiköissä. Niinpä jälkimmäisissä 4. latvuserroksen keskipituus mustikka- ja puolukkatyypeillä jää yleensä vain vähän pienemmäksi kuin 3. latvuserroksen keskipituus  $A_1$ -metsiköissä; kanervatyyppillä ko. metsikkölajien erot eivät kuitenkaan ole näin suuria. Syy ilmiöön lienee seuraava. Luonnonnormaalissa, »sulkeutuneessa» männikössä täytyy alimpienkin latvuserrosten puilla yleensä olla pituutta suhteellisen paljon, jotta ne voisivat edes joten kuten elää kituutta. Jäätyään muista selvästi jälkeen

ne yleensä kuolevat. Sen sijaan toistuvasti harvennetuissa metsiköissä — puhumattakaan harsituista — asianlaita on toisin. Hakkausten johdosta latvusto ei niissä ole jatkuvasti samassa määrin sulkeutunut, joten myös 1. latvuserrosta alempana olevilla puilla on paremmat elinmahdollisuudet. Näin latvuserrosten pituuserot tulevat näissä metsiköissä vastaavia luonnonnormaalien metsiköiden pituuseroja suuremmiksi.

Edellä kuvattu ilmiö on jollain tavalla rinnastettavissa siihen, minkä Lönneroth (mt., ss. 174—175) on todennut verratessaan kanervatyypin luonnonnormaaleja männiköitä vastaaviin parempien metsätyyppien metsikköihin. Eri latvuserrosten pituuserot ovat näet suurimmat juuri kanervatyypillä; samoin on pituuden hajonta tämän metsätyypin metsiköissä suurin. Näissäkin metsiköissä valoa pääsee tunkeutumaan mm. erilaisen latvusten suippouden ja kasvupaikan karuudesta johtuvan heikkomman sulkeutuneisuuden takia syvemmälle latvustoon kuin esim. vastaavissa mustikkatyypin metsiköissä. Selostetut pituuserot lienevät tähän ilmiöön läheisessä yhteydessä.

### Latvuksen pituus

Samansuuruisten neulasjoukkojen yhteyttämiskyky voi vaihdella huomattavasti eri olosuhteissa, esim. ennen harvennushakkausta ja sen jälkeen (vrt. Burger 1937, s. 112). Ilmeistä kuitenkin on, että latvuksen yhteyttämiskyky riippuu yleensä läheisesti latvuksen suuruudesta. Jo siitä syystä on paikallaan kiinnittää huomiota myös latvuksen mittoihin verrattaessa keskenään eri tavoilla käsiteltyjä metsiköitä. Latvuksen pituus on lisäksi yleensä läheisessä yhteydessä runkomuotoon, minkä johdosta mainittu pituus esim. ruotsalaisissa kuutioimistaulukoissa esiintyvissä kuutioimisfunktioissa on otettu yhdeksi argumentiksi (Näslund 1940, ss. 96—100). Sitä paitsi latvuksen pituudella on tärkeä merkitys puun teknillisen laadun kannalta.

Tarkastellessaan latvuksen maksimileveyden ja pituuden suhdetta luonnonnormaaleissa männiköissä Lönneroth (1925, ss. 192—193, kuv. 20—22) on todennut, että tämä suhde kussakin puuluokassa yleensä kasvaa alempiin latvuserroksiin päin. Hänen esittämistään piirroksista voi kuitenkin havaita, että keskimääräiset erot ovat verraten pieniä lukuun ottamatta 4. latvuserrosta, jonka merkitys nyt tutkituissa metsiköissä on suhteellisen vähäinen. Mikäli sitä taas niissä esiintyy, ovat siihen kuuluvien puiden latvusten kehittymisen edellytykset yleensä olennaisesti erilaiset kuin luonnonnormaaleissa metsiköissä. Toma (1940, s. 322) on

tutkiessaan männyn latvusta hakkauksilla käsitellyissä metsiköissä tullut siihen tulokseen, että latvuksen leveyden ja pituuden riippuvaisuussuhde on hyvin kiinteä. Hänen mielestään sitä onkin pidettävä luonnollisena. Latvukset näet voivat kehittää leveyttään siellä, missä niiden käytettävänä on tilaa sekä valoa, ja samoissa paikoissa säilyvät oksat elossa alempana. Vieläpä Toma (mt., s. 323), kuvaamalla latvuksen muotoa edellä jo mainitulla maksimileveyden ja pituuden suhteella, on tullut siihen tulokseen, että yleinen latvusmuoto on suunnilleen sama hoikilla ja paksuilla puilla.

Edellä sanotun mukaisesti voitaneen siis latvuksen pituutta tarkastelemalla saada käsitys latvuksen suuruussuhteista yleensä. Kun viimeksi mainitut osoittavat puiden yleistä kasvuvoimaa, saadaan tästä käsitys latvuksen pituuden avulla. Sen onkin mm. Wecck (1951 b, ss. 469—470) tulkinnut mahdolliseksi tarkasteltuaan pohjapinta-alan kasvun ja latvuksen pituuden välistä korrelaatiota.

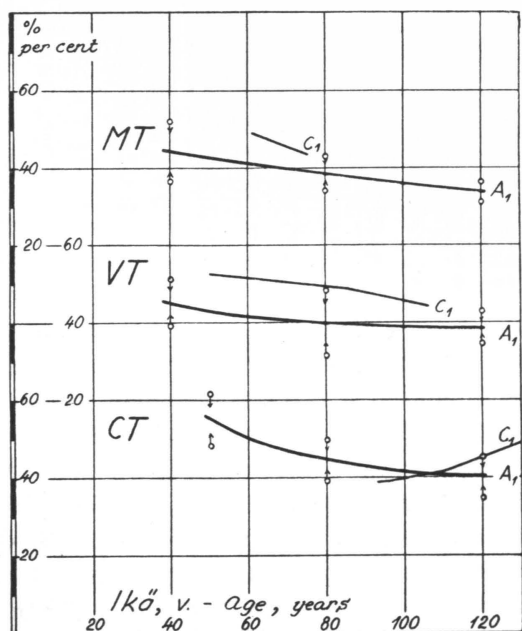
Latvuksen suhteellista pituutta sanotaan seuraavassa lyhyesti »latvus-suhteeksi». Se ilmoittaa, montako % latvuksen pituus on puun pituudesta. Tämä nimitys on käänös vastaavasta ruotsinkielisestä termistä (kronförhållandet; vrt. Näslund 1936, s. 77). Myöhemmin puhutaan vielä karsiutumiskorkeudesta, jolla tarkoitetaan sekä elävistä että kuolleista oksista karsiutuneen rungon osan korkeutta.

### Iän mukainen kehitys

Latvuksen alarajan (vrt. s. 38) keskietäisyys rungon alimmasta mahdollisesta katkaisukohdasta laskettiin metsiköittäin pohjapinta-alalla punnittuna keskiarvona samalla tavalla kuin keskipituus. Kuvasta 16 (s. 87) käy ilmi, millä korkeudella latvuksen alaraja on toistuvasti harvennetuissa metsiköissä keskimäärin.

Kuvasta voidaan nähdä, että latvuksen keskimääräinen pituus kasvaa iän lisääntyessä. Samalla kuitenkin latvuksen alaraja työntyy suoriteista hakkauksista huolimatta voimakkaasti ylöspäin. Tämä ilmiö näyttää käyvän yhteen mm. sen Wiedemannin (1950, s. 13) tuloksen kanssa, että esim. männiköissä verraten voimakkaatkaan harvennukset eivät kovin suuresti estä oksien kuolemista. Niinpä hänen tutkimissaan metsiköissä, joissa runkoluku harvennusten johdosta on  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  tiheimpien vertausmetsiköiden runkoluvusta, latvus on vain 1—2 m pitempi kuin viimeksi mainituissa. Kysymystä tarkastellaan jäljempänä lähemmin.

Muun muassa A<sub>1</sub>-metsiköiden latvussuhdetta valaisee kuva 14. Tämä tunnus näyttää niissä hitaasti pienenevän metsikön iän lisääntyessä. Mus-



Kuva 14. Metsikön keskimääräinen latvussuhde.

Figure 14. Mean crown proportion of the stand.

tikka- ja puolukkatyypeillä latvussuhde on 40 v:n iällä keskimäärin n. 45 % ja 70–80 v:n iällä n. 40 %. Vielä tämän jälkeenkin se on pienentynyt mustikkatyyppillä ja on vanhimmissa metsiköissä n. 35 %. Samanikäisissä metsiköissä puolukkatyyppillä se on lähes 40 %. Kanervatyyppillä latvussuhde on vähän edellä selostettuja suurempi, esim. 70–80 v:n iällä n. 45 %.

Lönnroth (1925, s. 194–197) on tarkastellut puuluokittain oksatoman rungon osan pituutta luonnonnormaaleissa männiköissä. Hänen julkaisemistaan sadanneslukuista saadaan kääntäen latvussuhteen suuruudet. Niiden mukaan latvussuhde on likimain vakio tietyn iänkohdan jälkeen, joka mustikka- ja puolukkatyypeillä on n. 50 v. sekä kanervatyyppillä 100 + v. Tällöin latvussuhde on eri latvuskerroksissa ja puuluokissa 18–33 %. Ilmeisesti metsikön keskiarvo kuitenkin olisi nyt suorite- tussa tutkimuksessa sovellettua laskentatapaa noudattaen lähellä vm. sadanneslukua, ehkä likimain 30 %. Tämä sadannesluku on siis selvästi pienempi kuin vastaava luku  $A_1$ -metsiköissä. Sen sijaan Lappi-Seppälä (1930, ss. 148–150) laskemat latvussuhteet, jotka tarkoittavat

vallitsevaan puustoon kuuluvia mäntyjä vähintään 50-vuotiaissa luonnonnormaaleissa mänty-koivusekametsiköissä sekä Y. Ilvessalon (1920 b) kasvu- ja tuottotaulukkoaineiston puhtaissa männiköissä, ovat keskimäärin n. 40 %. Mainittakoon vielä, että Sarvas (1949 b, ss. 14–16) on männyn siemenpuualoilla saanut latvussuhteelle lukuaroja, jotka ovat suurempia kuin  $A_1$ -metsiköissä. Tämä onkin hyvin luonnollista, koska siemenpuuhakkauksissa yleensä pyritään jättämään puuyksilöitä, joiden latvukset ovat mahdollisimman pitkiä. Nämä puut voivat myös kehittää latvustaan kasvaessaan varsin vapaina sanotun toimenpiteen jälkeen.

Saattaa epäillä, että latvussuhteen pienuuteen nyt tutkituissa  $A_1$ -männiköissä vaikuttaa olennaisesti se, että ne ovat olleet suhteellisen kauan likimain luonnontilaisina. Monien metsiköiden käsittelyssä varmaan onkin toivomisen varaa, niin kuin jo aiemmin on todettu. Mutta kehitys näyttää tapahtuvan kutakuinkin nyt esitettyä vastaavasti hyvinkin säännöllisesti käsitellyissä metsiköissä. Vm. suhteessa ainakin Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealat lienevät malliesimerkkejä. Siinä mielessä tämän kirjoittaja on vertausaineiston hankkimiseksi suorittanut latvuksen pituuden mittauksia muutamissa 22–26 v. kestokoealoina olleissa, vahvoilla alaharvennuksilla käsitellyissä männiköissä. Tulokset ovat koealoittain seuraavat.

Punkaharju 18 a. MT, ikä 53 v., kuutiomäärä 338 m<sup>3</sup>/ha, valtapituus 20 m ja latvussuhde 39 %. Luonnontilaisen vertauskoealan kuutiomäärä 411 m<sup>3</sup>/ha, valtapituus 20.5 m ja latvussuhde 35 %.  $A_1$ -metsiköiden latvussuhde vastaavalla iällä 42 %.

Punkaharju 13 b. MT, ikä 50 v., kuutiomäärä 259 m<sup>3</sup>/ha, valtapituus 19 m ja latvussuhde 40 %.  $A_1$ -metsiköiden latvussuhde vastaavalla iällä 43 %.

Vilppula 1. VT, ikä 65 v., kuutiomäärä 186 m<sup>3</sup>/ha, valtapituus 16.5 m ja latvussuhde 43 %.  $A_1$ -metsiköiden latvussuhde vastaavalla iällä 41 %.

Vahvoilla alaharvennuksilla käsitellyillä kestokoealoilla latvussuhde on siis hyvin yhdenmukainen vastaavan  $A_1$ -metsiköiden tunnuksen kanssa. Näyttää niin ollen siltä, että latvussuhteen mahdollinen tuntuva suurentaminen — jota tosin ei yleensä pidettäne esim. teknillisen laadun kohottamisen kannalta tarkoituksen mukaisena — vaatisi metsikön kasvattamista huomattavan harvana.

Kuvan 14 perusteella saadaan käsitys myös  $C_1$ -metsiköiden latvussuhteen kehityksestä. Latvussuhdetta osoittavan sadanneksen lukuarvo niissä on useimmiten lähes 10:tä suurempi kuin vastaavissa  $A_1$ -metsiköissä, esim. puolukkatyyppillä 50:n kahden puolen. Poikkeuksen muodostavat ainoastaan nuorimmat kanervatyyppin  $C_1$ -metsiköt, joissa latvussuhde on  $A_1$ -metsiköiden tasolla.



Sarvas (1944, ss. 77—81) on tutkinut tukkipuun harsinnoilla käsiteltyjen männiköiden latvussuhdetta ja todennut sen ns. harsintakautena olleen kanervatyypillä yleensä n. 45 % sekä puolukkatyypillä 35 % muissa paitsi järeimmissä puissa ( $D_{1.3}$  25—30 cm), joissa se oli 45 %. Tämän perusteella Sarvas tulee mm. siihen tulokseen, että latvussuhde harsituissa männiköissä on suunnilleen samaa suuruusluokkaa kuin ainakin viime aikoina metsänhoidollisesti käsitellyissä metsiköissä, ja että mitään erityisen lyhyitä eivät nuorena harsittujen männiköiden latvukset ole. Myöhemmin Sarvas (1946, ss. 12—13) mainitsee kaivospuun ja paperipuun määrämittahakkuilla käsitellyissä metsiköissä tekemiensä havaintojen nojalla jäännöspuuston latvusten elpymiskyvyn niissä olleen verraten hyvän. Latvussuhde näet on ollut puolukka- ja kanervatyypeillä keskimäärin n. 50 % siitä huolimatta, että hakkaukset ovat kohdistuneet erityisen voimakkaina puustoon, jonka latvukset ovat olleet parhaiten kehittyneitä.

Edellisen lisäksi ansaitsee vielä vertailun vuoksi tulla mainituksi latvussuhteen kehitys aiemmin mainitussa (vrt. s. 63) käenkaali-mustikkatyypin männikössä sijaitsevassa kestokoealasarjassa. Hakkauksia ja mitauksia siinä on toimitettu n. 15 v:n aikana. Yhtä osaa on käsitelty kaksi kertaa kaavamaisilla tukkipuiden harsinnoilla ja yksi on ollut luonnontilaisena. Kun toisesta harsinnasta oli kulunut 6 v. ja metsikkö oli 56 v:n ikäinen, oli latvussuhde harsitussa osassa 35 % ja luonnontilaisessa 30 %.

Silmällä pitäen mahdollisuuksia suhteellisen suureen kuutiokasvuun näyttää  $C_1$ -metsiköiden latvussuhde kaiken kaikkiaan jotakuinkin edulliselta  $A_1$ - ja varsinkin N-metsikköihin verrattuna. Näin on siitä huolimatta, että harsinnoissa poistetaan yleensä metsikön suurilatuksisimpia puita, niin kuin jäljempää käy ilmi. Ehtona edulliseen latvussuhteeseen tällaisissa metsiköissä lienee nimenomaan hakkausten aloittaminen jo verraten nuorella iällä ja niiden suorittaminen hyvin voimakkaina; ilmeisesti vain silloin latvusten elpyminen on hyvä. Kun ne ehtivät ennen hakkauksia kovin pahoin supistua, pituuskasvu taantua jne., ovat näiden jälkeisen elpymisen edellytykset suhteellisesti huonommat (vrt. esim. Dunnin 1922, s. 389).

Vaikka  $C_1$ -metsiköiden latvussuhde onkin verraten suuri, on kuitenkin muistettava, että nämä metsiköt ovat varsin vähäpuustoisia. Niissä siis tältä kannalta saattaisi olla hyvät mahdollisuudet latvussuhteen kehittymiselle suuremmaksi kuin nyt on tapahtunut, kun kasvamaan ovat jääneet keskimääräistä heikkolatuksisemmat puuyksilöt.

### Riippuvaisuus puun läpimitasta

Latvuksen pituutta läpimitalluokittain tarkasteltaessa on tietenkin metsikön ikä jollain tavalla huomioon otettava, koska rinnankorkeudelta esim. 19 cm paksu puu on ilmeisesti latvukseltaan keskimäärin erilainen 40- kuin 120-vuotiaassa metsikössä. Kun seuraavassa pyritään lähinnä vertaamaan keskenään  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköitä, on sitä varten muodostettavissa metsikköryhmissä saatava riittävästi edustetuiksi nämä molemmat käsittelyluokat. Sen takia tarkastelu rajoitetaan mustikkatyypillä 60—79 v:n ikäisiä, puolukkatyypillä 67—85 v:n ikäisiä ja kanervatyypillä 92—112 v:n ikäisiä metsiköitä koskevaksi. Sanotun ikäisiä koealametsiköitä, joissa latvusmittaukset on suoritettu, on eri metsätyypeillä ja käsittelyluokissa seuraavat määrät.

|    | $A_1$ | $C_1$ |
|----|-------|-------|
| MT | 6 kpl | 3 kpl |
| VT | 13 »  | 7 »   |
| CT | 5 »   | 10 »  |

Taulukossa 11 esitetään mainituista metsiköistä mitattujen koepuiden perusteella latvussuhde sekä latvuksen pituus keskivirheineen runkojen läpimitalluokittain.

Taulukosta havaitaan ensiksi sekä latvussuhteen että latvuksen absoluuttisen pituuden kasvavan melko voimakkaasti suurempiin läpimitalluokkiin päin. Tämä osoittaa mm. sitä monissa männiköissä varsin selvästi näkyvää ilmiötä, että latvuksen alaraja on eri puuyksilöissä huomattavassa määrin samalla korkeudella. Näin on erityisesti niissä metsiköissä, joissa vallitseva puusto on suhteellisen tasainen. Eri puuyksilöiden latvusten erilaiset pituudet ilmenevät siis lähinnä latvusten huippujen porrastuksena. Niinpä puolukkatyypin  $A_1$ -metsiköistä otettujen, taulukossa 11 mukana olevien koepuiden keskipituus on 15 cm:n luokassa 15.8 m ja 27 cm:n luokassa 21.6 m. Kun latvusten alarajat vastaavasti ovat keskimäärin 10.0 ja 12.4 m:n korkeudella, on latvusten huippujen keskimääräinen korkeusero 5.8 m, mutta latvusten alarajain ero vain 2.4 m. Latvusten alarajain tasaisuus on aiemmin käynyt ilmi mm. Toman (1940, s. 318; vrt. Wiedeman 1948 a, s. 51) edellä jo osittain selostetuissa latvustutkimuksissa, ja myös suomalaisissa talouskoivikoissa näyttää näin olevan (Kusela 1951, s. 43).

Kun harsinnat kohdistuvat lähinnä metsikön paksuimpiin puihin, kohdistuvat ne samalla sen suurilatuksisimpiin yksilöihin (vrt. Sarvas 1944, s. 79). Niin ollen lienee pääasiassa hyvän elpymiskyvyn ansioksi



Taulukko 11. Latvussuhde ja latvuksen pituus läpimittaluokittain.

Table 11. Crown proportion and crown length, by diameter classes.

| Metsä-<br>tyyppi<br>Forest<br>site type | Käsittely-<br>luokka<br>Treatment<br>class | D <sub>1.3</sub> -luokat, cm — Dbh-classes, cm. |            |            |             |             | Koe-<br>puiden<br>lukumää-<br>rä, kpl<br>Number<br>of sample<br>trees |
|---|--|---|------------|------------|-------------|-------------|---|
|   |  | 7. 9. 11  | 13. 15. 17 | 19. 21. 23 | 25. 27. 29. | 31. 33. 35  |   |
|   |  | Latvussuhde, % — Crown proportion, per cent     |            |            |             |             |   |
| MT                                      | A <sub>1</sub>                             | 27  | 32         | 37         | 40          | 42          | 196   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 37  | 41         | 46         | 53          | 58          | 94  |
| VT                                      | A <sub>1</sub>                             | 31  | 36         | 40         | 44          | 48          | 418   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 40  | 47         | 48         | 49          | 51          | 237   |
| CT                                      | A <sub>1</sub>                             | 33  | 33         | 41         | 46          | 48          | 180   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 30  | 35         | 41         | 48          | 59          | 438   |
|   |  | Latvuksen pituus, m — Crown length, m.          |            |            |             |             |   |
| MT                                      | A <sub>1</sub>                             | 4.0 ± 0.36                                      | 5.5 ± 0.20 | 7.5 ± 0.23 | 9.0 ± 0.22  | 10.1 ± 0.28 | 196   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 4.4 ± 0.61                                      | 6.5 ± 0.36 | 7.9 ± 0.33 | 9.9 ± 0.26  | 11.7 ± 0.33 | 94  |
| VT                                      | A <sub>1</sub>                             | 3.5 ± 0.16                                      | 5.8 ± 0.14 | 7.5 ± 0.11 | 9.2 ± 0.16  | 10.8 ± 0.20 | 418   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 4.0 ± 0.31                                      | 6.2 ± 0.23 | 8.1 ± 0.18 | 9.2 ± 0.30  | 10.4 ± 0.51 | 237   |
| CT                                      | A <sub>1</sub>                             | 3.7 ± 0.18                                      | 4.9 ± 0.13 | 7.0 ± 0.19 | 8.4 ± 0.22  | 11.5 ± 1.50 | 180   |
|   | C <sub>1</sub>                             | 3.1 ± 0.13                                      | 4.8 ± 0.10 | 6.6 ± 0.11 | 8.4 ± 0.16  | 10.9 ± 0.48 | 438   |

luettava se, että latvussuhdeluvut ovat sekä mustikka- että puolukka-tyypillä kunkin läpimittaluokan puissa C<sub>1</sub>-metsiköissä keskimäärin suurempia kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä. Kanervatyypillä sen sijaan ei johdonmukaisia eroja näytä olevan tässä suhteessa.

Latvusten absoluuttisessa pituudessa ei eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden välillä yleensä ole mitään selviä eroja. Erotukset näyttävät epävarmoilta, käyvät osaksi eri suuntiin ja ovat usein pienempiä kuin niiden kolminkertaiset keskivirheet<sup>1</sup>. Kuitenkin mustikkatyypillä sekä järeimpiä läpimittaluokkia lukuun ottamatta puolukkatyypilläkin latvuksen pituus näyttää C<sub>1</sub>-metsiköissä olevan hyvin epävarmasti keskimäärin hiukan suurempi kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä. Metsätyyppien välisiä eroja ei nyt ko. suhteessa näytä mustikka- ja puolukkatyyppien kesken olevan, mutta kanervatyypillä latvuksen pituus näyttää yleensä jäävän vähän pienemmäksi kuin paremmilla kasvupaikoilla.

<sup>1</sup> Erotuksen keskivirhe on laskettu kaavalla  $\varepsilon(x \pm y) = \pm \sqrt{\varepsilon^2(x) + \varepsilon^2(y)}$  (vrt. Lindeberg 1927, s. 49).



Kuva 15. Kuoltuansa oksat jäävät usein vuosikymmeniksi paikoilleen.

Figure 15. Dead branches often remain in situ for decades.

## Puuston laatu

### Oksien karsiutuminen

Niin kuin tunnettua, eivät oksat varise puista heti kuoltuaan, vaan jäävät aluksi paikoilleen lahotakseen ja vasta sitten vähitellen varistakseen. Erityisesti nuorehkoissa ja keski-ikäisissä männiköissä kiinnittää usein huomiota kuolleiden oksien runsaus. Niinpä kuvasta 15 nähdään varsin tyypillinen näkymä n. 50-vuotiaan, säännöllisillä harvennushakkauksilla käsitellyn männikön latvuston alapuolella olevista rungon osista. Mutta vielä oksien varistuakin saattaa kulua huomattavasti aikaa ennen

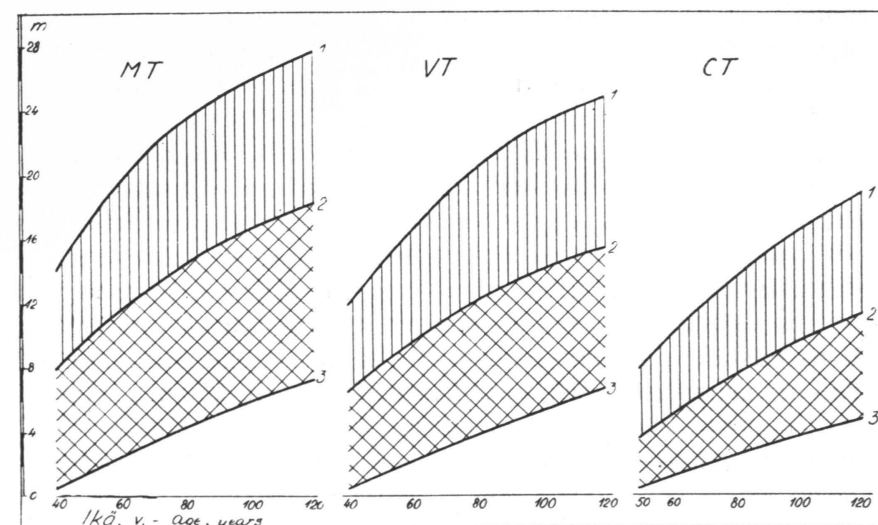
kuin jäljet lopullisesti kylestyvät. Ja kuitenkin tähän lopulliseen umpautumiseen saakka muodostuvat vuotuiset kasvuvaipat rikkonaisina. Moniin tarkoituksiin tällainen puuaines on ehyttä vähäarvoisempaa tai ehkä kokonaan soveltumaton. Sitä paitsi kuolleet oksat eivät ole toivottavia puutavaran valmistamista teknillisesti haittaavina.

Lukuisilla tutkimuksilla on selvitetty, miten kauan eri vaiheet oksan kuolemista sen jälkeen lopulliseen kylestymiseen kestävät. Verraten perusteellisen kuvauksen tästä prosessista esittää esim. Mayer-Wegelin (1936, ss. 10—48) saksalaisia oloja silmällä pitäen. Nyt suoritettussa tutkimuksessa ei kuitenkaan ole voitu kiinnittää huomiota näihin karsiutumissa esiintyviin biologisiin tapahtumiin. Sen sijaan on koetettu saada selville oksistaan kokonaan karsiutuneen rungon osan keskimääräinen pituus tämän tutkimuksen tärkeimmissä, toistuvasti harvennettuja metsiköiden kehityssarjoissa. Kun toisaalta tunnetaan elävän latvuksen osuus, voidaan saada käsitys myös sen rungon osan keskimääräisestä pituudesta, jossa esiintyy kuolleita oksia tai niiden kylestymättömiä jälkiä. Tarkastelu koskee tietenkin vain niitä metsiköitä, joissa oksien karsimista ei ole suoritettu.

Edellä selostetussa mielessä tehtiin eräitä havaintoja sekä varsinaisissa tutkimusmetsiköissä että joillakin Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla. Paljon täydellisemmän havaintoaineiston muodostavat kuitenkin ne III:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa suoritettavat karsiutumista koskevat tutkimukset, jotka perustuvat lähinnä professori R. Sarvan laatimiin ohjeisiin (Y. Ilvessalo 1951 b, s. 24, ss. 40—41).

Valtakunnan metsien arvioinnissa jokaisessa linjalle sattuvassa kasvullisen kovan maan mäntyvaltaisessa metsikössä, joka on keski-ikänsä alkupuolen sivuuttanut tai sitä vanhempi sekä on joko metsänhoidollisesti tyydyttävästi alhaalta päin käsiteltynä tai luonnontilaisena kohtuullisen hyvin sulkeutunut, arvioidaan mm. metsikön karsiutumiskorkeus. Sen pohjana ovat karsiutumiskorkeuden määritykset yksityisissä puissa. Sanottu korkeus arvioidaan samasta lähtökohdasta kuin puun pituus ja siihen sisältyy se rungon osa, joka on karsiutunut täysin puhtaaksi tai jossa on vain tyvestään 1 cm ohuempia oksia yli metrin etäisyyksin toisistaan tai oksan kyhmyjä, joista ei enää pistä esiin oksan tynkää. Metsikön karsiutumiskorkeus arvioidaan hehtaaria kohden 150 paksuimman puun karsiutumiskorkeuden keskiarvona. Nämä arvioinnit tarkistetaan koealoilla suoritettavilla vertausmittauksilla.

Keskimääräisen karsiutumiskorkeuden selvittämiseksi koottiin kaikkiaan 13:lla kesäkausiina 1951 ja 1952 sivulla 42 esitetystä kuvasta 7 näkyvällä tutkimusalueella kuljetulla arvioimislinjalla suoritettuja, edellä selos-



Kuva 16. Keskipituus (1), latvuksen alaraja (2) ja karsiutumiskorkeus (3) toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Figure 16. Mean height (1), lower limit of the crown (2) and height of self-pruning (3) in repeatedly thinned stands.

tettuja havaintoja. Niitä kertyi 427 metsiköstä etupäässä mustikka- ja puolukkatyypeiltä. Puuston pituussuhteita hyväksi käyttäen saatiin käsitys siitä, olivatko linjoille sattuneet metsiköt keskimäärin tutkimusmetsiköiden kaltaisia. Kun tällöin todettiin pituuksien ainakin vanhahkoissa tutkimusmetsiköissä olevan suurempia kuin vastaavissa linjametsiköissä, katsottiin tarpeelliseksi tehdä lisäyksiä linjametsiköiden keskimääräisiin karsiutumiskorkeuksiin. Lisäykset suoritettiin käyttämällä apuna niitä karsiutumiskorkeuksia, jotka n. 100:n ennakoita mitatun männikön perusteella laskettuina ja tasoitettuina ovat valtakunnan metsien arvioinnissa käytettävien karsiutumista koskevien aputaulukoiden pohjana. Kuvasta 16 käyvät ilmi näin saadut karsiutumiskorkeudet sovellettuina toistuvasti harvennettuihin metsikköihin, joiden kaltaisia arvioimislinjoillakin suoritettut havainnot lähinnä koskevat. Kuvasta näkyvän keskiarvokäyrän kahden puolen hajaantuvat yksityiset metsiköt kuitenkin huomattavasti.

Kuva 16 valaisee havainnollisesti, paitsi oksistaan kokonaan karsiutuneen rungon osan, myös kuolleita oksia käsittävän välivyöhykkeen sekä latvuksen pituutta. Iän lisääntyessä karsiutumiskorkeus kasvaa verraten voimakkaasti. Mutta myös välivyöhykkeen pituus lisääntyy, vaikkakaan

ei suhteellisesti. Niin tuttu kuin puun elintoiminnoille hyödyttömän väli-vyöhykkeen olemassaolo onkin, ei varmaan aina tulla ajatelleeksi sen todellista pituutta, joka nyt sovellettua laskentatapaa noudattaen ei tule ainaakaan liioitelluksi.

Rungon eri osien suhteellista suuruutta kuvan perusteella tarkasteltaessa ei kuitenkaan saa unohtaa sitä, että rungon karsiutunut tyviosa on järeämpää puuta ja edustaa siis samaa pituusyksikköä kohden suurempaa tilavuutta kuin ylempänä oleva rungon osa. Niinpä muutamien Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoilla suoritettujen runkoanalyysien perusteella laskettiin, kuinka suuri rungon eri osien osuus keskimäärin on kuutiomäärästä sen kokoisessa puussa, joka rinnankorkeuslähimitaltaan ja pituudeltaan edustaa esim. puolukkatyyppin 80 v:n ikäisen toistuvasti harvennetun metsikön keskipuuta. Lähes 4 m:n korkeudelle ulottuva, oksistaan yleensä täysin puhtaaksi karsiutunut osa käsitti 35 %, siitä ylöspäin aina 12 m:n korkeudelle saakka jatkuvaan kuolleita oksia tai niiden kylestymättömiä jälkiä käsittävään osaan kuului 48 %, kun vihdoin n. 8 m:n pituisen latvuksen sisään jäi 17 % runkopuusta. Näin siis tässä iänkohdassa latvuksen alapuolella olevasta runkopuusta yli puolet on sellaista, jonka ympärille kasvuvaipat kehittyvät rikkonaisina. Karsiutumisen ehdittyä 110 v:n iällä keskimäärin 6 m:n korkeuteen on jo 40—50 % rungon kuutiomäärästä ulospäin oksatonta (vrt. Mitscherlich 1939, ss. 497—500; vrt. myös Y. Ilvessalo 1947, s. 29).

Karsiutumisen tarkastelu johtaa siihen toteamukseen, että luontainen kehityksen kulku tässä suhteessa on verraten hidasta. Viimeistään silloin kun tavallinen tyvitukki on täysin karsiutunut, on jo yleensä loppuhakkausten aika käsillä. Tämä ulkonäöltään moitteeton tukki on kuitenkin sisältä aivan toisen laatuista kuin sellainen, joka on keinollisesti karsittu esim. 60 v. aiemmin. Näyttääkin siltä, että asianmukainen karsiminen on yksi tehokkaimpia metsikön kasvatustoimenpiteitä (vrt. Lappi-Seppälä 1934; Heikinheimo 1935; Y. Ilvessalo 1942, s. 129; Kalela 1945, ss. 264—272; L. Ilvessalo ja Laitakari 1949, ss. 263—268).

#### Muut havainnot

Koealametsiköiden sanallisissa kuvauksissa kiinnitettiin huomiota mm. puiden teknilliseen laatuun niissä puitteissa kuin se oli arvioitavissa suuripiirteisen silmävaraisen tarkastelun perusteella. Näiden kuvausten pohjalla on verraten vaikeaa suorittaa  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköiden keskinäistä vertailua. Näyttää kuitenkin siltä, että vaikka vm. metsiköiden puustoa

usein kuvataankin epätasaiseksi, aukkoiseksi jne., sen keskimääräisestä teknillisestä laadusta näkyy lomakkeissa mainintoja »hyvä», »täysin tyydyttävä» ym. Tietenkin myös heikompa laatua osoittavia merkintöjä esiintyy, mutta mitään varmaa eroa puoleen tai toiseen ei ole todettavissa eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden välillä.

Itse asiassa harsinnat ainakin tietyllä tavalla ja tietyssä vaiheessa saattavat olla omiaan parantamaan jäljelle jäävän puuston teknillistä laatua. Ainakin aluksi hakkaukset ehkä joudutaan kohdistamaan usein puuston huonolaatuisimpaan osaan, oksikkaisiin 1. latvuserroksen puihin (vrt. Sarvas 1949 a, s. 364). Metsikön kehitys jää vähitellen pienikokoisempien syrjäytettyjen puiden varaan. Niistä Jalava (1945, s. 55) toteaa: »Ainakin mäntymetsissä syrjäytettyjen puiden puuaines on siksi hyvää, että näihin puihin olisi myös kiinnitettävä entistä enemmän huomiota ja harkittava tarkoin, mitä puita harvennushakkauksissa olisi poistettava». Toisaalta kand. V. Heiskasen laatuluokitusta koskevasta tutkimuksesta ystävällisesti antamien ennakkotietojen mukaan näyttää siltä, että tukkipuiden keskimääräinen laatuluokka tasaikäisessä metsikössä yleensä paranee pienempiin läpimittaluokkiin päin; tehokkaasti hoidetut metsiköt ovat kuitenkin poikkeuksena. Näidenkään tutkimusten mukaan ei siis syrjäytettyjä puita ole pidettävä nyt ko. suhteessa suinkaan huonoina. Mutta vaikka sanottujen verraten pieniläpimittaisten puiden ulospäin näkyvä laatuluokka onkin verraten hyvä, on kuitenkin huomattava, että niistä saatava sahaustulos on suhteellisen heikko siksi kunnes ne ehtivät saavuttaa suuremmat mitat.

II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa suoritettujen mäntytukkien laatua koskeneet tutkimukset osoittivat esim. Suomen eteläpuoliskossa laadun yleensä paranevan tukin koon suuretessa (Y. Ilvessalo 1942, ss. 124—125). Tämän tuloksen ei tarvitse olla ristiriidassa edellä mainittujen Heiskasen tulosten kanssa. Ilvessalon luvut tarkoittavat näet eri ikäisissä metsissä olevia tukkeja, jolloin järeämmät tukit ovat yleensä vanhemmista ja siis korkeammalle karsiutuneista puista. Sitä paitsi voivat esim. suurien puiden oksaiset latvatukit Ilvessalon lukusarjoissa huonontaa pienien tukkien laatua koskevia lukuja, kun taas mainituissa Heiskasen tuloksissa nämä latvatukit huonontavat suurien puiden keskimääräistä laatuluokkaa.

Aiemmin (s. 37) on mainittu, että tutkimusmetsiköissä suoritettiin puiden jako kahteen luokkaan. Seuraavan asetelman luvut osoittavat, miten suuri kehityskelvottomien puiden osuus on keskimäärin metsikön runkoluvusta niissä metsiköissä, joiden sivulla 83 mainitaan olleen pohjana latvuksen pituuden riippuvaisuutta puun läpimitasta koskeville laskelmille.



|                                | MT   | VT   | CT     |
|--------------------------------|------|------|--------|
| A <sub>1</sub> -metsiköt ..... | 7.2  | 12.1 | 4.8 %  |
| C <sub>1</sub> » .....         | 17.0 | 16.1 | 20.8 » |

Ko. puita näyttää siis C<sub>1</sub>-metsiköissä olevan suhteellisesti enemmän kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä. Vallitsevien latvuserrosten osalta valaisee samaa seikkaa seuraava asetelma.

|                                | MT  | VT  | CT    |
|--------------------------------|-----|-----|-------|
| A <sub>1</sub> -metsiköt ..... | 26. | 3.8 | 1.0 % |
| C <sub>1</sub> » .....         | 0.3 | 4.0 | 1.5 » |

Huonojen puiden osuus tässä metsikön tärkeimmässä osassa on siis ollut hyvin vähäinen, eikä eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden välillä ole mainittavia eroja. Vastaavasti ei myöskään vallituissa latvuserroksissa ole johdonmukaisia eroja. Kun näihin vm. latvuserroksiin on C<sub>1</sub>-metsiköissä luettu runkoluvusta suhteellisesti enemmän kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä, johtuvat juuri siitä ensimmäisen asetelman osoittamat, kehityskelvottomien puiden suuremmat sadannesluvut C<sub>1</sub>-metsiköissä. Kun tiedetään eri latvuserroksiin kuuluvien puiden erilainen keskisuuressa, näyttävät erot kaiken kaikkiaan olevan kysymyksessä oleviin kahteen käsittelyluokkaan kuuluvien metsiköiden välillä suhteellisen vähäisiä.

### Runkomuoto

#### Kuvaamistavat

Hyvä runkomuoto on verraten subjektiivinen käsite, niin kuin esim. Sarvas (1944, s. 31) toteaa ja jatkaa: »Voitaneen kuitenkin sanoa, että useimmissa tapauksissa on taloudellisesti sitä edullisempaa, mitä enemmän puun runko lähentelee lieriön muotoa (täyteläisyys) ja mitä pitempi tämä lieriö on (solakkuus).» Myös seuraavassa keskitytään runkomuotoa käsiteltäessä lähinnä näiden seikkojen selvittämiseen.

Niin kuin tunnettua, sanotaan kahden eri korkeudelta otetun läpimitan suhdetta muotosuhteeksi. Jos läpimitat ovat määrättyiltä osakorkeuksilta, saadaan pituuden vaikutus muotosuhteen lukuarvoon tietyllä tavalla eliminoiduksi. »Vasta täten määrätty muotosuhde ansaitsee... itse asiassa todellisen muotosuhteen nimityksen» (Lappi-Seppälä 1936, s. 38). Tämän tutkimuksen verraten laajaa aineistoa mitattaessa olisi kuitenkin osakorkeuksilta suoritettavien mittausten toimittaminen ollut perin hankalaa (vrt. Lappi-Seppälä mt., s. 49). Mutta kuu-

tiomista varten pystykoepuista mitattuja kapenemislukuja, niin epätodellisia kuin ne eri pituisten puiden muodon vertailussa saattavat ollakin, voidaan käyttää hyväksi lähinnä täyteläisyyttä tutkittaessa laskemalla pituusluokittain suhde  $D_{6.0} : D_{1.3}$ . Tämä suhde ilmaistaan seuraavassa sadanneslukuna. Näin siis oikeastaan tullaan osakorkeuksilta otettujen läpimittojen ilmaisemaan, teoreettisesti hyvään muotosuhteeseen (vrt. Cajanus 1911, s. 365). Kuitenkaan eri pituusluokkien muotosuhteet eivät ole keskenään verrannollisia, mikä tarkastelussa on muistettava. Mitä pitempiä näet puut ovat, sitä vähäisempää osuutta siitä edustaa 6 m:n korkeudelle ulottuva rungon osa. Kun tarkoituksena tässä on lähinnä vain erilaisten metsiköiden vertailu, ei ole sanottavaa haittaa siitä, että eri pituusluokkiin kuuluvia puita ei voida välittömästi verrata keskenään.

Rungon solakkuutta taas selvitetään seuraavassa tarkastelemalla rinnankorkeuteen perustuvien läpimitaluokkien puitteissa puiden pituuksia eri metsätyypeillä ja käsittelyluokissa. Kuvaus koskee siten vain sen rungon osan muotoa, joka on rinnankorkeuden yläpuolella (vrt. Lappi-Seppälä 1929, s. 3).

Läpimitat ovat luonnollisesti kuorellisia. Kun männyn kuori tälle puulajille ominaisen kaarnanmuodostuksen takia on rinnankorkeudella yleensä huomattavasti paksumpi kuin 6 m:n korkeudella, on suhde  $D_{6.0} : D_{1.3}$  kuorellisena yleensä aina pienempi kuin kuorettomana (vrt. Wiedeman 1948 a, s. 41; 1950, s. 27). Lisäksi kuoren paksuuden oikukkaan vaihtelun takia voi rungon muoto kuorettomana poiketa kuorellisesta. Vielä on huomattava, että kuori saattaa jossain määrin peittää eri olosuhteiden kuorettomana määritettyyn runkomuotoon aiheuttamia muutoksia. Kuitenkaan eivät kuoren mukanaolosta johtuvat haitat liene olennaisia eivätkä johtane erheellisiin päätelmiin.

Metsikön ikä otetaan huomioon siten, että tarkastelun kohteeksi asetetaan vain tietyn ikäisiä metsiköitä. Rajat ovat melko tarkasti samat kuin s. 83 latvuksen pituuden yhteydessä on mainittu. Näihin ikäryhmiin kuuluvia toistuvasti harvennettuja ja toistuvasti harsittuja koealametsiköitä on kaikkiaan seuraavat määrät.

|    | A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> |
|----|----------------|----------------|
| MT | 13 kpl         | 4 kpl          |
| VT | 18 »           | 10 »           |
| CT | 11 »           | 10 »           |

Näistä metsiköistä mitatut,  $D_{1.3}$ -luokkiin 9–31 cm kuuluvat 2141 pystykoepuuta ovat seuraavan tarkastelun pohjana.



Taulukko 12. Puiden keskipituus läpimittaluokittain.

Table 12. Mean height of trees by diameter classes.

| D <sub>1-3</sub> , cm<br>Dbh, cm.       | Metsätyyppi — <i>Forest site type</i>    |                |                |                |                |                |
|---|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   | MT                                       |                | VT             |                | CT             |                |
|   | Käsittelyluokka — <i>Treatment class</i> |                |                |                |                |                |
|   | A <sub>1</sub>                           | C <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> |
| Keskipituus, m — <i>Mean height, m.</i> |  |                |                |                |                |                |
| 9                                       | 11.9 ± 0.51                              | 8.5 ± 0.33     | 10.7 ± 0.36    | 9.1 ± 0.45     | 9.1 ± 0.54     | 10.2 ± 0.42    |
| 11                                      | 14.5 ± 0.49                              | 11.5 ± 1.05    | 12.6 ± 0.30    | 10.5 ± 0.29    | 11.9 ± 0.35    | 11.2 ± 0.34    |
| 13                                      | 15.9 ± 0.45                              | 13.8 ± 1.28    | 14.1 ± 0.28    | 11.7 ± 0.33    | 13.3 ± 0.26    | 12.8 ± 0.30    |
| 15                                      | 17.4 ± 0.32                              | 15.6 ± 0.71    | 15.8 ± 0.25    | 13.3 ± 0.25    | 14.5 ± 0.21    | 13.3 ± 0.32    |
| 17                                      | 18.8 ± 0.37                              | 15.5 ± 0.55    | 17.1 ± 0.27    | 15.2 ± 0.23    | 15.6 ± 0.23    | 14.6 ± 0.25    |
| 19                                      | 19.7 ± 0.20                              | 16.9 ± 0.41    | 18.2 ± 0.20    | 15.6 ± 0.27    | 16.7 ± 0.25    | 15.8 ± 0.21    |
| 21                                      | 20.1 ± 0.38                              | 17.5 ± 0.45    | 19.3 ± 0.23    | 16.7 ± 0.24    | 17.1 ± 0.23    | 16.7 ± 0.17    |
| 23                                      | 21.3 ± 0.33                              | 18.1 ± 0.43    | 19.9 ± 0.24    | 17.5 ± 0.23    | 17.9 ± 0.24    | 17.1 ± 0.19    |
| 25                                      | 22.0 ± 0.26                              | 18.9 ± 0.67    | 20.4 ± 0.26    | 18.2 ± 0.33    | 18.2 ± 0.23    | 17.6 ± 0.17    |
| 27                                      | 23.0 ± 0.36                              | 19.0 ± 0.43    | 21.6 ± 0.25    | 18.4 ± 0.35    | 18.7 ± 0.38    | 17.9 ± 0.24    |
| 29                                      | 22.8 ± 0.37                              | 20.1 ± 0.35    | 21.2 ± 0.36    | 20.7 ± 0.56    | 19.3 ± 0.44    | 18.2 ± 0.39    |
| 31                                      | 23.6 ± 0.33                              | 20.7 ± 0.72    | 22.2 ± 0.33    | 21.0 ± 1.08    | 21.2 ± 0.49    | 19.0 ± 1.15    |

## Solakkuus

Taulukossa 12 esitetään edellä puheena olleiden koealojen perusteella laskettuina läpimittaluokittaiset keskipituudet niihin liittyvine keskivirheineen A<sub>1</sub>- ja C<sub>1</sub>-metsiköissä eri metsätyypeillä. Eri luokkien keskipituudet on otettu taulukkoon sellaisinaan, siis tasoittamattomina. Jo tämän taulukon luvuista voidaan nähdä eroja eri metsätyyppien ja käsittelyluokkien välillä, mutta havainnollisemmin niitä valaisevat taulukot 13 ja 14, joihin lisäksi on otettu N-metsiköiden perusteella laskettuja tuloksia. Luonnonnormaalin männikön lukuina on käytetty Y. Ilvessalon (1920 b) kasvu- ja tuottotaulukoiden lukusarjoja mustikkatyyppin 70-vuotiaasta, puolukkatyyppin 80-vuotiaasta sekä kanervatyyppin 100-vuotiaasta metsiköstä. Milloin erotuksen ensimmäisenä jäsenenä on esiintynyt N-metsikköä koskeva luku, ei erotuksen keskivirhettä ole voitu laskea. Taulukosta 13 nähdään metsätyypeittäin, millaisia ovat kussakin läpimittaluokassa eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden erot, kun taas taulukko 14 on tavallaan päinvastainen edelliselle. Jos taulukoista ilmi käyvissä vähennyslaskuissa vähentäjä on ollut vähennettävää suurempi, on erotuksen eteen asetettu minus-merkki.

Taulukko 13. Keskipituuksien erotukset läpimittaluokittain eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden välillä.

Table 13. Differences in stands under different treatment of mean heights by diameter classes.

| D <sub>1-3</sub> , cm<br>Dbh, cm | Metsätyyppi — Forest site type                             |                                |                  |                                |                  |                                |
|----------------------------------|--|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
|                                  | MT   |                                | VT               |                                | CT               |                                |
|                                  | Käsittelyluokat — Treatment classes                        |                                |                  |                                |                  |                                |
|                                  | N—A <sub>1</sub>   | A <sub>1</sub> —C <sub>1</sub> | N—A <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> —C <sub>1</sub> | N—A <sub>1</sub> | A <sub>1</sub> —C <sub>1</sub> |
|                                  | Keskipituuksien erotus, m — Difference of mean heights, m. |                                |                  |                                |                  |                                |
| 9                                | 1.1  | 3.4 ± 0.60                     | 1.3              | 1.6 ± 0.57                     | 1.9              | — 1.1 ± 0.58                   |
| 11                               | 0.5  | 3.0 ± 1.16                     | 1.4              | 2.1 ± 0.42                     | 0.1              | 0.7 ± 0.49                     |
| 13                               | 1.1  | 2.1 ± 1.36                     | 2.4              | 2.4 ± 0.43                     | 0.7              | 0.5 ± 0.40                     |
| 15                               | 1.1  | 1.8 ± 0.78                     | 2.2              | 2.5 ± 0.36                     | 1.0              | 1.2 ± 0.38                     |
| 17                               | 1.2  | 3.3 ± 0.66                     | 1.9              | 1.9 ± 0.35                     | 0.9              | 1.0 ± 0.34                     |
| 19                               | 1.3  | 2.8 ± 0.45                     | 1.3              | 2.6 ± 0.34                     | 0.3              | 0.9 ± 0.33                     |
| 21                               | 1.9  | 2.6 ± 0.59                     | 1.2              | 2.6 ± 0.33                     | 0.9              | 0.4 ± 0.29                     |
| 23                               | 1.7  | 3.2 ± 0.54                     | 1.1              | 2.4 ± 0.33                     | 0.6              | 0.8 ± 0.31                     |
| 25                               | 1.5  | 3.1 ± 0.71                     | 1.1              | 2.2 ± 0.42                     | 0.8              | 0.6 ± 0.28                     |
| 27                               | 1.0  | 4.0 ± 0.56                     | 0.4              | 3.2 ± 0.43                     | 0.8              | 0.8 ± 0.45                     |
| 29                               | 1.7  | 2.7 ± 0.51                     | 0.7              | 0.5 ± 0.67                     | 0.2              | 1.1 ± 0.58                     |
| 31                               | 1.4  | 2.9 ± 0.79                     | 0.3              | 1.2 ± 1.13                     | —                | 2.2 ± 1.25                     |

Taulukosta 13 voidaan havaita se miltei poikkeukseton sääntö, että kussakin läpimittaluokassa keskipituus on N-metsiköissä suurempi kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä sekä näissä taas suurempi kuin C<sub>1</sub>-metsiköissä. Esim. kahden viimeksi mainittuun käsittelyluokkaan kuuluvien metsiköiden erotukset ovat mustikka- ja puolukkatyypeillä useimmiten vähintään 4 kertaa keskivirheensä suuruisia. Kanervatyyppillä erotukset sen sijaan ovat vähäisempiä ja yleensä epävarmoja.

Huomattakoon, että tässä solakkuuden suhteen ilmi käynyt suunta näyttää olevan riippuvainen edellä (ss. 78—84) käsitellystä latvuksen pituudesta siten, että mitä suurempi latvussuhde, sitä vähäisempi on yleensä pituus kussakin läpimittaluokassa.

Hakkaukset vaikuttavat tietenkin jo välittömästi puiden keskimääräiseen solakkuuteen. Niinpä harvennushakkauksissa poistetaan suhteellisen lyhyiden puiden ohessa mm. tiheissä ryhmissä kasvavaa, ehkä lyhytlatvuksista mutta solakkaa puustoa, mikä on omiaan pienentämään solakkuutta. Harsinnoissa taas poistetaan eri vaiheissa erilaista puustoa: ehkä

Taulukko 14. Keskipituuksien erotukset läpimittaluokittain eri metsätyyppien välillä.

Table 14. Differences in different forest site types of mean heights by diameter classes.

| D <sub>1.3</sub> , cm<br>Dbh, cm. | Käsittelyluokka — Treatment class                          |                |                |         |                |                |
|-----------------------------------|--|----------------|----------------|---------|----------------|----------------|
|                                   | N  | A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> | N       | A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> |
|                                   | Metsätyypit — Forest site types                            |                |                |         |                |                |
|                                   | MT — VT  |                |                | VT — CT |                |                |
|                                   | Keskipituuksien erotus, m — Difference of mean heights, m. |                |                |         |                |                |
| 9                                 | 1.0  | 1.2 ± 0.62     | — 0.6 ± 0.56   | 1.0     | 1.6 ± 0.65     | — 1.1 ± 0.50   |
| 11                                | 1.0  | 1.9 ± 0.57     | 1.0 ± 1.09     | 2.0     | 0.7 ± 0.46     | — 0.7 ± 0.45   |
| 13                                | 0.5  | 1.8 ± 0.53     | 2.1 ± 1.32     | 2.5     | 0.8 ± 0.38     | — 1.1 ± 0.45   |
| 15                                | 0.5  | 1.6 ± 0.41     | 2.3 ± 0.75     | 2.5     | 1.3 ± 0.33     | 0 ± 0.40       |
| 17                                | 1.0  | 1.7 ± 0.45     | 0.3 ± 0.60     | 2.5     | 1.5 ± 0.36     | 0.6 ± 0.34     |
| 19                                | 1.5  | 1.5 ± 0.28     | 1.3 ± 0.49     | 2.5     | 1.5 ± 0.32     | — 0.2 ± 0.34   |
| 21                                | 1.5  | 0.8 ± 0.44     | 0.8 ± 0.51     | 2.5     | 2.2 ± 0.32     | 0 ± 0.30       |
| 23                                | 2.0  | 1.4 ± 0.40     | 0.6 ± 0.49     | 2.5     | 2.0 ± 0.34     | 0.4 ± 0.30     |
| 25                                | 2.0  | 1.6 ± 0.37     | 0.7 ± 0.74     | 2.5     | 2.2 ± 0.35     | 0.6 ± 0.37     |
| 27                                | 2.0  | 1.4 ± 0.44     | 0.6 ± 0.55     | 2.5     | 2.9 ± 0.46     | 0.5 ± 0.43     |
| 29                                | 2.5  | 1.6 ± 0.52     | — 0.6 ± 0.66   | 2.5     | 1.9 ± 0.57     | 2.5 ± 0.68     |
| 31                                | 2.5  | 1.4 ± 0.46     | — 0.3 ± 1.30   | —       | 1.0 ± 0.59     | 2.0 ± 1.58     |

aluksi oksikasta ja siis huonomuotoista (vrt. s. 63), mutta ainakin myöhemmin myös pitkää ja solakkaa, teknilliseltä laadultaan yleensä hyvää puustoa. Valtapituutta tarkasteltaessa (s. 76) onkin jo huomautettu siitä, että harsinnoissa näyttää selvästi poimitun metsikön pisimpiä puita.

Välillisesti hakkaukset huonontavat solakkuutta antaessaan puustolle tilaa lisätä paksuuskasvuun vaikuttamatta yleensä ainakaan olennaisesti pituuskasvuun. Nimenomaan pituuskasvun lisääntymistä ei hakkausten johdosta keskimäärin tapahtune ainakaan samassa suhteessa kuin paksuuskasvun voimistumista. Kun C<sub>1</sub>-metsiköissä kullakin puuyksiköllä on ollut tilaa keskimäärin runsaammin kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä, ovat myös solakkuuserot näiden metsiköiden välillä aiheutuneet ehkä pääasiallisesti juuri mainitusta syystä.

Taulukosta 14 käy ilmi, että kunkin läpimittaluokan puut ovat sitä pitempiä, mitä parempi on metsätyyppi. Erot ovat selviä N- sekä A<sub>1</sub>-metsiköissä, kun taas C<sub>1</sub>-metsiköissä ne näyttävät olevan vähintään epävarmoja.

Viimeksi suoritettua havainnosta johdetaan kysymykseen: ovatko

toistuneet harsinnat, jotka ovat vieneet metsikön hyvin harvaksi, aiheuttaneet puuston solakkuuden huononemista enemmän hyvällä kuin huonolla metsätyypillä? Sekä mainittu havainto että kanervatyypin vertailu muihin metsätyyppeihin taulukon 13 nojalla osoittavat tosiaan niin olevan. Tästä taulukosta voidaan nähdä, että pituuserot N- ja A<sub>1</sub>-metsiköiden sekä varsinkin näiden ja C<sub>1</sub>-metsiköiden välillä ovat kanervatyypillä yleensä selvästi vähäisempiä kuin puolukka- ja mustikkatyypeillä. Huomioon on kuitenkin otettava, että nyt tarkasteltavassa aineistossa esim. mustikkatyypin C<sub>1</sub>-metsiköt verrattuina A<sub>1</sub>-metsikköihin ovat kasvupaikan laadun huomioon ottaen suhteellisesti harvempia kuin kanervatyypin vastaavat metsiköt, mikä seikka voidaan havaita esim. sivulla 70 esitetystä, metsikön pohjapinta-alan kehitystä valaisevasta kuvasta 12. Äsken mainittu ilmiö ei siis todellisuudessa liene niin selvä kuin taulukosta 13 näkyy.

Sarvaan (1949 b, s. 14) havainnot verraten vanhoilta siemenpuualoilta sopivat hyvin yhteen edellä esitettyjen tulosten kanssa. Esim. hänen tutkimuksensa »tärkeimmässä läpimittaluokassa, 31—35 cm, siemenpuiden keskipituus on puolukka- ja mustikkatyypeillä vain n. 10 % suurempi kuin kanervatyypillä, kun sitä vastoin esim. luonnonnormaaleissa metsiköissä... vastaava ero puolukka- ja kanervatyypin kesken on 22 % sekä mustikka- ja kanervatyypin kesken 34 %.

Jo edellistä aiemmin Lappi-Seppälä (1929) on tutkinut I:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa kootun aineiston perusteella mäntyjen solakkuutta maan eteläpuoliskon mäntyvaltaisissa metsiköissä. Hän on todennut, että solakkuus lisääntyy metsätyypin parantuessa ja on tiheissä metsiköissä parempi kuin harvoissa; samat toteamukset on edellä tehty myös tässä tutkimuksessa.

Keskipituudet läpimittaluokittain ovat Lappi-Seppälän tutkimuksessa yleensä selvästi pienempiä kuin taulukossa 12 esitetty. Samaan tapaan Sarvas (1944, s. 86) toteaa, että hänen tutkimiansa harsintamänniköiden puuston solakkuus vastaa lähinnä Lappi-Seppälän tiheämpien metsiköiden luokkaan kuuluvan puuston solakkuutta. Myös edellä (s. 87) karsiutumista puhuttaessa on huomautettu valtakunnan metsien arvioinnin linjametsiköissä valtapituuden olevan pienemmän kuin nyt tutkituissa metsiköissä. Näyttää siis siltä, että erikoistutkimuksissa on johdettu eräiden tunnusten suhteen suurempiin lukuarvoihin kuin maan eteläpuoliskossa keskimäärin. Syyt siihen ovat monet. Viitattakoon vain esim. metsikkökuvioiden reunaosien vaikutukseen valtakunnan metsien arvioinnin tuloksissa. On myös huomattava, että ko. erikoistutkimusten aineistoa ei yleensä ole ensinkään hankittu verraten laajalta alueelta maan eteläpuoliskon pohjoisosista.

Edelleen Lappi-Seppälä (mt., s. 12) sanoo: »Runsasravinteisella metsämaalla eivät... metsikön aukkoisuus ja epätäydellinen sul-

keutuneisuus näytä huonontavan männyn solakkuutta samassa määrin kuin karulla kasvupaikalla» (suomenn.). Niin kuin edeltä kävi ilmi, on nyt suoritetussa tutkimuksessa siis tultu toisenlaiseen tulokseen. Kun Lappi-Seppälä suppeassa tutkimuksessaan ei ole hakenut selitystä sanottuun tulokseensa (vrt. Y. Ilvessalo 1952 c), on kysymystä tarkasteltava lähemmin ns. mekaanisen runkomuototeorian valossa. Tätä teoriaa, jonka Schwendener (1874) on esittänyt ja jota Metzger (1893) on edelleen kehittänyt, on Ylinen (1952) äskettäin perusteellisesti tutkinut ja todennut, että teoria selittää varsin tyydyttävällä tavalla runkomuotoa.

Metsikössä suoritettujen voimakkaan hakkausten jälkeen alkavat jäljelle jääneet puut, niihin kohdistuvan tuulen paineen lisääntyessä, vahvistaa ensiksi lähinnä tyveään uusia olosuhteita vastaavasti sillä tavalla kuin mekaaninen runkomuototeoria edellyttää. Vahvistumista tapahtuu sekä huonolla että hyvällä metsätyypillä. Nyt kuitenkin esim. kanervatyypin luonnonnormaalissa metsikössä puuston solakkuus on huonompi kuin vastaavalla kehitysasteella olevassa mustikkatyypin metsikössä, ts. kanervatyypin puusto on lähempänä sitä olotilaa, jota kohden myös mustikkatyypin puusto riittävän voimakkaiden hakkausten jälkeen pyrkii. Rungon ja ennen muuta sen tyviosan vahvistamisen tarve on siis mustikkatyypillä suurempi kuin kanervatyypillä. Myös mahdollisuudet verraten nopeaan vahvistamiseen ovat edellisellä tyyppillä suuremmat; niin kuin näet Näslund (1942, s. 57) on osoittanut, on kasvureaktiokyky hyvällä metsämaalla suhteellisesti voimakkaampi kuin huonolla. Siten käy ymmärrettäväksi se tulos, johon tässä tutkimuksessa on tultu, että toistuneet voimakkaat harsinnat, jotka ovat vieneet metsikön varsin harvaksi, ovat aiheuttaneet solakkuuden huononemista suhteellisesti enemmän hyvällä kuin huonolla metsätyypillä.

Syytä Lappi-Seppälän mainitussa tutkimuksessaan saaman tuloksen erilaisuuteen ei voi varmasti päätellä. Aihe erheelliseltä näyttävään tulokseen piilee ehkä siinä tekijän itsensä mainitsemassa seikassa, ettei tutkimusmetsiköiden kehittyessä vallinneita olosuhteita tunnettu. Toinen mahdollisesti eroja aiheuttanut syy on se, että Lappi-Seppälä on tutkinut kaikilla metsätyypeillä 41—100 v:n ikäisiä metsiköitä. Nyt suoritettujen tutkimusten koealametsiköt taas eivät ole samalla ikä- vaan paremminkin samalla kehitysasteella, joten kasvupaikan laatu on otettu huomioon. Tämä menetelmä lieneekin oikeampi nimenomaan nyt kysymyksessä olleessa mielessä.

### Täyteläisyys

Rungon täyteläisyyttä osoittavan suhteen  $D_{6.0} : D_{1.3}$  havaittiin olevan hyvin samanlaisen eri metsätyypeillä samojen pituusluokkien puissa. Seuraavat luvut osoittavat tämän suhteen keskimääräisen suuruuden sadanneksina eräiden pituusluokkien puissa  $A_1$ -metsiköissä.

|                         |    |    |    |    |
|-------------------------|----|----|----|----|
| Puun pituus, m          | 12 | 16 | 20 | 24 |
| $D_{6.0} : D_{1.3}$ , % | 74 | 79 | 82 | 83 |

Ko. suhde näyttää siis hitaasti suurenevan pituuden lisääntyessä, mikä onkin luonnollista (vrt. s. 91).  $C_1$ -metsiköissä kehitys tässä suhteessa on hyvin samantapaista. Kuitenkin kanervatyypillä vm. metsiköissä täyteläisyyttä osoittava sadannesluku eri pituusluokissa on keskimäärin 3 pienempi. Samoin mustikka- ja puolukkatyyppillä tämä sadannesluku on pisimmissä, 22—24 m:n pituisissa puissa  $C_1$ -metsiköissä 2—3 pienempi kuin vastaavissa  $A_1$ -metsiköiden puissa.

Edellä sanotun perusteella lieenee  $C_1$ -metsiköiden rungon täyteläisyyttä pidettävä verraten tyydyttävänä. Samoin Sarvas (1944, s. 86) toteaa, että harsintamänniköissä puuston täyteläisyys näyttää olevan paremmin kehittynyt kuin solakkuus. Voimakkaita hakkauksia seuraavat kasvureaktiot, jotka aiheuttavat paksuuskasvun keskittymistä lähinnä puun tyviosaan ja joita männyn kohdalta ovat todenneet mm. Fahlcrantz (1901, ss. 133—134), Nyblom (1927), Kalela (1934, ss. 7—8), Petrini (1937, s. 571), Hagberg (1942, esim. s. 39), Lehto (1948) sekä Nyyssönen (1952, ss. 7—12), näyttävät jäävän siinä määrin lyhytaikaisiksi, ettei niiden johdosta rungon täyteläisyyteen yleensä aiheudu olennaista muutosta. Tietenkin on toisaalta huomattava myös harsintahakkausten luonteesta johtuvien positiivisten tekijäin vaikutus.

Mainittakoon vielä, että edellä olevien kuvausten perusteella saadaan jonkinlainen käsitys myös rungon kapenemisen ( $D_{1.3} - D_{6.0}$ ) absoluuttisesta suuruudesta läpimitta- ja pituusluokittain. Taulukko 15, jossa esitetään eräihin läpimittaluokkiin kuuluvien puiden keskikapenemiset niille laskettuine keskivirheineen, valaisee sanottua asiaa läpimittaluokkien puitteissa.

Kapeneminen läpimittaluokittain näyttää siis olevan  $C_1$ -metsiköissä suurempi kuin  $A_1$ -metsiköissä sekä huonon metsätyypin metsiköissä suurempi kuin niihin verrannollisissa hyvän metsätyypin metsiköissä. Erot ovat kuitenkin vähäisiä ja keskivirheen perusteella päätellen useissa tapauksissa epävarmoja.

Taulukko 15. Kapeneminen ( $D_{1.3}$ — $D_{6.0}$ ) läpimittaluokittain.Table 15. Taper ( $Dbh$ — $D_{3.0}$  m) by diameter classes.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Käsittelyluokka<br>Treatment class | $D_{1.3}$ , cm — $Dbh$ , cm. |            |            |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------|------------|
|                                 |                                    | 15                           | 21         | 27         |
|                                 |                                    | Kapeneminen, cm — Taper, cm. |            |            |
| MT                              | A <sub>1</sub>                     | 3.1 ± 0.13                   | 3.7 ± 0.14 | 4.7 ± 0.16 |
|                                 | C <sub>1</sub>                     | 3.3 ± 0.16                   | 4.3 ± 0.23 | 5.1 ± 0.31 |
| VT                              | A <sub>1</sub>                     | 3.1 ± 0.09                   | 3.8 ± 0.09 | 4.8 ± 0.15 |
|                                 | C <sub>1</sub>                     | 3.2 ± 0.16                   | 4.1 ± 0.12 | 5.2 ± 0.30 |
| CT                              | A <sub>1</sub>                     | 3.2 ± 0.10                   | 4.0 ± 0.13 | 5.1 ± 0.23 |
|                                 | C <sub>1</sub>                     | 4.0 ± 0.12                   | 4.7 ± 0.10 | 6.6 ± 0.13 |

### Kuutiomäärä

Kuutiomäärällä tarkoitetaan seuraavassa runkopuuta kuorineen kiinto-kuutiometreinä, vähennettynä keskimääräistä käytäntöä todennäköisesti vastaavilla kantojen kuutiomäärillä. Sellaisinaan yksikkökuutiot saadaan Y. Ilvessalon (1947) kuutioimistaulukoista. Kun sen sijaan kantojen kuutiomäärät sisältyvät esim. kasvu- ja tuottotaulukoiden kuutiolukuihin (Y. Ilvessalo 1920 b, s. 15, alamuist.), eivät luonnonnormaalien ja tämän tutkimuksen metsiköiden kuutiomäärät tarkoita täsmälleen samaa jäljempänä tapahtuvissa vertailuissa. Tästä syystä aiheutuvat erot ovat kuitenkin vähäisiä, koska kannon osuudeksi Y. Ilvessalo (1947, s. 10) mainitsee 1—2.5 % rungon koko kuutiomäärästä.

Jo aiemmin on kiinnitetty huomiota siihen, että koealoja on mitattu viimeksi suoritettun hakkausten ajankohdasta riippumatta, kunhan hakkausten voimakkuus ei ole ylittänyt tiettyä rajaa. Voidaan tietenkin ajatella, että käytettäessä hyväksi vain mittaushetken tilannetta eri tunnusten tasoituksessa erilaisuudet puoleen ja toiseen tasoittuvat. Kuitenkaan ei ole takeita siitä, että tällainen tasoittuminen tapahtuisi kaikilla metsätyypeillä ja sekä nuorimmissa että vanhimmissa metsiköissä niin hyvin, ettei sanottavia virheitä aiheutuisi eri tunnuksista saatavaan kuvaan. Erityisesti on syytä pyrkiä eliminoimaan systemaattisten virheiden mahdollisuudet käsiteltäessä tämän tutkimuksen kannalta tärkeimpiä tunnuksia, kuten esim. kuutiomäärää ja kuutiokasvua.

Taulukko 16. Alaharvennuksen vaikutus keskiläpimittaan, keskipituuteen ja kuutiomäärään eräissä koealametsiköissä.

Table 16. Effect of thinning from below on the mean diameter, mean height and volume on a sample plot.

| Metsikön tunnus<br>Stand characteristic | Ennen harvennusta<br>Before thinning | Harvennuksen jälkeen<br>After thinning | Erotus verrattuna sarakkeeseen 2<br>Difference compared with column 2 |
|---|--------------------------------------|--|---|
| 1                                       | 2                                    | 3                                      | 4   |
| Keskiläpimitta — Mean diameter .....    | 22.3 cm                              | 24.3 cm                                | 9 %   |
| Keskipituus — Mean height ..            | 21.2 m                               | 23.2 m                                 | 9.5 »   |
| Kuutiomäärä — Volume ....               | 347 m <sup>3</sup> /ha               | 262 m <sup>3</sup> /ha                 | 24.5 »  |

Esimerkkinä siitä, että juuri kuutiomäärässä harvennushakkaukset näkyvät selvemmin kuin eräissä muissa tärkeissä tunnuksissa, olkoon eräs koealametsikkö. Siinä ajatellaan suoritettavaksi kaavamainen alaharvennus, jossa poistetaan kaikki 2., 3. ja 4. latvuserroksen puut. Toimenpiteen vaikutus tiettyihin tunnuksiin nähdään taulukosta 16.

Tässä metsikössä alaharvennuksen vaikutus kuutiomäärään on siis suhteellisesti paljon voimakkaampi kuin keskiläpimittaan ja -pituuteen, joiden laskentatapa on sovellettu nimenomaan tähän tutkimukseen sopivaksi. Kun harvennukset harvoin kohdistuvat näin yksipuolisesti tiettyyn puuston osaan, on niiden vaikutus keskiläpimittaan ja -pituuteen yleensä vielä vähäisempi kuin nyt esitettyssä esimerkissä.

Mittaushetkellä metsikössä olleen puuston kuutiomäärän sekä viime 10-vuotiskauden kuutiopoistuman lisäksi on tutkimusmetsiköissä selvitetty jäljellä olevan puuston kuutiokasvu viime 5- tai 10-vuotiskautena keskimäärin. Nämä selvitykset tarjoavat mahdollisuuden käyttää hyväksi kuutiomäärää koskevilla laskelmissa viime 5- tai 10-vuotiskauden keskiarvoa kustakin koealametsiköstä. Tilapäiset koealat voidaan siis näin muuttaa tietyllä tavalla pysyvien luonteisiksi.

### Koealametsiköiden kuutiomäärien muuntaminen ennen tasoitusta

Kuutiomäärää käsiteltäessä otettiin edellä selostetun mukaisesti kusakin tutkimusmetsikössä mittaushetkellä olleen kuutiomäärän tilalle luku, joka saatiin seuraavalla tavalla, jos metsikössä sattumalta ei ollut poistumaa viime 10-vuotiskautena. Mittaushetken kuutiomäärästä vähennettiin 10 kertaa vuotuinen, kasvunlaskentataulukoilla saatu kuutiokasvu (10-vuotisjakson keskikasvu, niin kuin jäljempää käy ilmi) ilman kasvun



ilmastollisista vaihteluista johtuvaa korjausta. Eräistä harsintametsiköistä kuutiokasvu kuitenkin selvitettiin runkoanalyysien perusteella. Ennen sanottua vähennyslaskua tämä kuoreton kuutiokasvu muunnettiin kuorelliseksi lisäämällä siihen metsikön mittaushetken kuorisadanneksen osoittama määrä kuorta. Lopullisissa laskelmissa käytetty kuutiomäärä on mittaushetken tuloksen ja 10 v. aiemman kuutiomäärän keskiarvo. Graafisissa tasoituksissa tämä kuutiomäärä sijoitettiin siihen iänkohtaan, joka saatiin vähentämällä mittaushetken iästä 5 v. Kun osassa tutkimusmetsiköitä käytettiin kuutiokasvun määrittämisessä 5 v:n sädekasvua, otettiin niiden »uuden» kuutiomäärän laskennassa huomioon vain tämä jakso. Vm. suure sijoitettiin tasoituksissa 2 1/2 v. mittaushetkeä aiemmaksi.

Koska kuitenkin enimmissä koealametsiköissä viime 10- (tai 5-) vuotiskauden kuluessa oli suoritettu hakkauksia, tapahtui kuutiomäärän muuntaminen tasoituskelpoiseksi niissä seuraavan esimerkin osoittamalla tavalla.

Olkoon metsikön ikä mittaushetkellä 60 v., kuutiomäärä kuorineen 200 m<sup>3</sup>/ha, kuorisadannes 15, vuotuinen kuutiokasvu kuoretta 10 v:n kairausta apuna käyttäen 6.0 m<sup>3</sup>/ha ja hakkuupoistuma 2 v. ennen mittausta 40 m<sup>3</sup>/ha kuorineen. Jäljellä olevan puuston vuotuiseksi kuutiokasvuksi kuorineen saadaan edellä selostetuista perusteista 6.9 m<sup>3</sup>/ha. Poistuman kasvu lasketaan käyttämällä jäljellä olevalle puustolle saatua kuutiokasvusadannesta sekä poistuman kuorisadannekseksi otetaan jäljellä olevan puuston kuorisadannes mittaushetkellä (perustelu suoritetaan jäljempänä). Vuotuiseksi poistuman kasvuksi saadaan siten kuoretta 1.2 m<sup>3</sup>/ha ja kuorineen 1.4 m<sup>3</sup>/ha. Metsikön kuutiomäärä hehtaaria kohden 10 v. aiemmin, 50 v:n iällä on siis 200 m<sup>3</sup> - (10 × 6.9 m<sup>3</sup> + 8 × 1.4 m<sup>3</sup>) + 40 m<sup>3</sup> = 159.8 m<sup>3</sup>. Siitä lähtien saadaan eri vuosille seuraavat kuutiomäärät (m<sup>3</sup>/ha): 51 v:n iällä 159.8 + 8.3 = 168.1, 52 v. 168.1 + 8.3 = 176.4, 53 v. 176.4 + 8.3 = 184.7, 54 v. 184.7 + 8.3 = 193.0, 55 v. 193.0 + 8.3 = 201.3, 56 v. 201.3 + 8.3 = 209.6, 57 v. 209.6 + 8.3 = 217.9, 58 v. 217.9 + 8.3 = 226.2, 59 v. 226.2 + 8.3 = 234.5, 60 v. 234.5 + 8.3 = 242.8. Näiden kuutiomäärien keskiarvoksi saadaan 190 m<sup>3</sup>/ha. Tämä luku sijoitetaan tasoituksissa 55 v:n iälle.

Mainittakoon, että laskenta suoritettiin vastaavalla tavalla myös silloin, kun jakson aikana tapahtunut poistuma oli ryhmitetty kahdeksi eräksi.

Edellä kuvatuissa laskelmissa on kuoreton kuutiokasvu muunnettu kuorelliseksi. Kuoren lisäyksen tarpeellisuus nyt ko. suhteessa käy ilmi jo siitä, että kuoren absoluuttinen määrä esim. toistuvasti harvennetuissa metsiköissä lisääntyy metsikön vanhetessa, niin kuin jäljempänä esitettävien kuutiomäärien ja kuorisadannesten perusteella voidaan nähdä. Kun kuorta sitä paitsi poistuu hakkauksissa, on kuoren kasvu näissä laskelmissa ollut huomioon otettava.

Jo kuoren suhteellisen määrän vähenemisestä puun koon lisääntyessä

voidaan päätellä, että kuoren kasvu, tai oikeammin lisääntyminen (kuorella on näet myös negatiivista kasvua), ei ole suhteellisesti yhtä voimakasta kuin kuorettoman puun kasvu. Johnson (1929, ss. 23—24) on esittänyt eräitä kaavoja, joita käyttäen voidaan laskea, miten paljon kuorettoman puuston kasvusadanneksia on vähennettävä laskettaessa kuorellisen puuston perusteella kuutiokasvu kuorineen. Näillä kaavoilla on laskettu Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnin aineiston pohjalla kertoimet läpimittaluokittain kasvusadannesten korjaamiseksi (Uppskattning... 1932, s. 140; Hagberg 1938, s. 458). Männylle ne ovat seuraavat.

|                 |      |      |      |      |      |      |        |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Läpimittaluokka | 0—   | 5—   | 10—  | 15—  | 20—  | 25—  | 30+ cm |
| Korjaustekijä   | 0.88 | 0.93 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.98   |

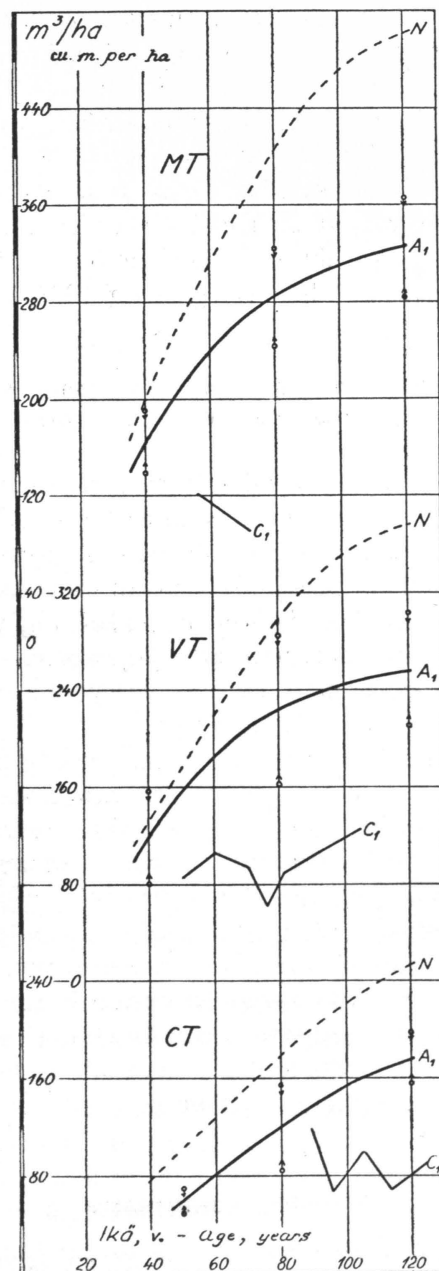
Tämän tutkimuksen yleensä suhteellisen varttuneille koealametsiköille korjaukset muodostuisivat ilmeisesti verraten vähäisiksi. Kun lisäksi ottaa huomioon itse poistuman laskennassa helposti syntyvän negatiivisen virheen, lienee kuorettomalle puulle käytettävän kasvusadanneksen soveltaminen myös kuoren kasvuun jokseenkin paikallaan, vaikkei sitä voidaakaan pitää teoreettisesti oikeana. Myös jäljempänä esitettävän kuutiomäärän, -kasvun ja -poistuman synteysin yhteydessä suoritettujen laskelmien tulokset ovat tukeneet tätä käsitystä.

Tässä selostettu kuutiomäärien muuntamistapa on tietyllä tavalla kaavamainen, mutta muunnettu kuutiomäärä vastannee joka tapauksessa paremmin kuin mittaushetken kuutiomäärä niitä olosuhteita, joissa esim. jäljempänä selostettava kuutiokasvu on muodostunut. Niin ikään saatetaan edellä kuvattua muuntamistapaa arvostella mm. siitä, että siinä joudutaan nojautumaan eräihin epämääräisesti selvitettäviin tekijöihin. Niitä ovat ainakin poistuman kasvu sekä kuoren kasvu. Näiden epävarmojen tekijöiden vaikutus muuntamisessa on kuitenkin suhteellisen vähäinen. Vaikka niissä esiintyisi huomattaviakin virheitä, ei virhe muunnetussa kuutiomäärässä ole suuri, sillä runkona oleva mittaushetken kuutiomäärä on voitu selvittää jokseenkin luotettavasti.

#### Metsikön kuutiomäärä

Metsikön kuutiomäärän kehitystä valaistaan kuvassa 17 ja taulukossa 17.

A<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiomäärä lisääntyy jatkuvasti metsikön iän kasvaessa. Tästä siis havaitaan, että vanhimmissakaan tutkimusmetsiköissä



Kuva 17. Metsikön kuutiomäärä (kuorineen).

Figure 17. Volume of the stand (incl. bark).

Taulukko 17. Kuutiomäärä (kuorineen) toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 17. Volume (incl. bark) of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type            | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |     |     |     |     |
|--|--|-----|-----|-----|-----|
|  | 40   | 60  | 80  | 100 | 120 |
| Kuutiomäärä, m³/ha — Volume, cu. m. per ha |  |     |     |     |     |
| MT   | 165  | 240 | 283 | 310 | 324 |
| VT   | 118  | 185 | 225 | 245 | 255 |
| CT   | —  | 79  | 119 | 153 | 176 |
|  | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stands |     |     |     |     |
|  | 40   | 60  | 80  | 100 | 120 |
| MT   | 82   | 76  | 70  | 66  | 64  |
| VT   | 88   | 84  | 75  | 70  | 68  |
| CT   | —  | 62  | 67  | 69  | 69  |

ei ole vielä suoritettu varsinaisia uudistushakkauksia, vaikka edullisin kiertoaika ainakin mustikka- ja puolukkatyypeillä on todennäköisesti jo sivuutettu. Hehtaaria kohden laskettuna on A<sub>1</sub>-metsiköissä mustikkatyypeillä 200 m³:n raja sivuutettu keskimäärin 48 v:n iällä sekä 300 m³:n raja 90 v:n iällä. Vastaavasti puolukkatyypeillä, jolla hajonta on huomattavan suuri, 150 m³ on saavutettu keskimäärin 48 v:n iällä sekä 250 m³ n. 115–120 v:n iällä. Kanervatyypeillä taas 100 m³:iin on päästy n. 70 v:n iällä ja 150 m³:iin metsikön ollessa lähes 100 v:n ikäinen.

Erotus N-metsikköihin on mustikka- ja puolukkatyypeillä nuorimpien tutkimusmetsiköiden kohdalla verraten vähäinen. Iän lisääntyessä se kuitenkin kasvaa myös suhteellisesti niin, että A<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiomäärä näillä metsätyypeillä on 100–120 v:n iällä keskimäärin n. 2/3 vastaavasta N-metsiköiden kuutiomäärästä. Viimeksi mainittu suhde näyttää kuvaavan näiden metsiköiden välistä eroa myös kanervatyypeillä nuorimmista vanhimpiin metsikköihin. Kehityksen kulku ja suunta tällä metsätyypillä verrattuna N-metsikköihin näytävät jossain määrin poikkeuksellisilta, mihin ainakin osittaisena syynä voi olla nuorien A<sub>1</sub>-metsiköiden vähälukuisuus.

Kuvasta 17 käy selville kuutiomäärän suuruus myös C<sub>1</sub>-metsiköissä. Mustikkatyypeillä sen voi sanoa olevan hehtaaria kohden keskimäärin n. 105 m³, puolukkatyypeillä n. 95 m³ ja kanervatyypeillä n. 80–90 m³. Ansaitsee kiinnittää huomiota siihen näille metsiköille luonteenomaiseen piirteeseen, ettei niissä kuutiomäärä ole päässyt mainittavasti suurene-

maan. Ainakin vanhanpuoleisissa ko. käsittelyluokkaan kuuluvissa tutkimusmetsiköissä kuutiomäärä on usein alle puolet vastaavasta  $A_1$ -metsiköiden kuutiomäärästä. N-metsikköihin verrattuna jää puheena olevien  $C_1$ -metsiköiden kuutiomäärä puolukkatyypillä, jolta koealoja on eniten, 60 v:n iällä vajaaseen  $\frac{1}{2}$ :een ja n. 80 v:n iältä lähtien n.  $\frac{1}{3}$ :aan sekä käy välillä tätäkin vähäisempänä.

Vaikka  $C_1$ -metsiköiden kuutiomäärä usein poikkeaaakin Sarvaan (1944, ss. 92—95) harsintamänniköiden vastaavista luvuista, on suuruusluokka monesti jokseenkin sama. Kuitenkaan nyt tutkitut metsiköt eivät näytä yleensä olevan puuston kuutiomäärän puolesta vähäisempiä kuin Sarvaan metsiköt.

Jos taas II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa saadut Suomen eteläpuoliskon mäntyvaltaisia metsiköitä koskevat tulokset (Y. Ilvessa 1942, taul. 35) otetaan vertauskohteiksi, havaitaan, että niissä keskikuutiomäärä ikäluokittain esim. mustikka- ja puolukkatyypeillä on  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$   $A_1$ -metsiköiden luvuista ja yleensä vain vähän  $C_1$ -metsiköiden kuutiomäärää suurempi. Vertailussa on kuitenkin otettava huomioon senkaltaisia tekijöitä, joihin aiemmin (s. 95) on viitattu.

#### Kuutiomäärän jakaantuminen latvuserroksiin

Asiaa koskevia piirroksia tai taulukoita esittämättä mainittakoon, että  $A_1$ -metsiköissä kuuluu 1. latvuserrokseen yleensä 70—80 % kuutiomäärästä. Nuorehkoissa metsiköissä tämän latvuserroksen osuus on vähäisempi kuin vanhemmissa. 2. latvuserros käsittää yleensä keskimäärin 15—20 % kuutiomäärästä, ja sen suhteellinen määrä näyttää metsikön iän lisääntyessä vähenevän. Kehityksen suunta on sama myös 3. latvuserroksella, jonka osuus useimmiten on keskimäärin 5 %:n tienoilla. 4. latvuserros näissä metsiköissä on jokseenkin aina merkityksetön.

$C_1$ -metsiköissä latvuserrosten arvostelulla ei ole samaa merkitystä kuin  $A_1$ - ja varsinkaan N-metsiköissä (vrt. ss. 34—37). Kuitenkin voidaan todeta, että vaihtelu  $C_1$ -metsiköissä näyttää olevan hyvin laaja, niin kuin luonnollista onkin. Niitä tutkimusaineistoon valittaessa on näet kiinnitetty huomiota etupäässä siihen, että niissä suoritettujen hakkausten on pitänyt kohdistua olennaisessa määrin vallitsevien latvuserrosten puuston parhaaseen osaan. Yhtä paljon ei ole välitetty siitä, miten muuta puustoa on käsitelty. Eri latvuserrosten osuudet kuutiomäärästä voivat sen johdosta vaihdella huomattavasti. Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että 1. latvuserroksen osuus kuutiomäärästä näissä metsiköissä on keskimäärin

vain noin  $\frac{1}{2}$  siitä, mitä se on  $A_1$ -metsiköissä. Vastaavasti ovat yleensä kaikkien muiden latvuserrosten suhteelliset määrät  $C_1$ -metsiköissä suurempia kuin  $A_1$ -metsiköissä.

Luonnonnormaaleissa männiköissä (Lönnroth 1925, kuv. 58) 1. latvuserroksen osuus kuutiomäärästä on eri metsätyypeillä n. 50 v:n iältä lähtien yleensä n. 60—65 %. Tämä latvuserros on siis  $A_1$ -metsiköissä suhteellisesti suurempi, samalla kun niissä muiden latvuserrosten suhteelliset määrät ovat pienempiä kuin N-metsiköissä.

#### Kuoren osuus kuutiomäärästä

Kuoren osuus kuutiomäärästä vaihtelee huomattavasti ja sitä paitsi usein varsin oikukkaasti (Lönnroth 1925, ss. 229—230; Y. Ilvessa 1947, s. 15; vrt. myös esim. Heijbel 1929; Wiedemann 1932). Keskimääräisiä kuorisadanneksia tarkasteltaessa on tämä seikka otettava huomioon.

Taulukkoon 18 on otettu  $A_1$ -metsiköiden keskimääräiset kuorisadannekset, jotka on saatu tasoittamalla tähän käsittelyluokkaan kuuluvien tutkimusmetsiköiden mittaushetken kuorisadannekset. Tavan mukaisesti taulukossa esitetään myös vastaava N-metsiköiden kehitys.

Kuoren suhteellinen määrä siis pienenee metsikön iän lisääntyessä. Myöhemmällä iällä näyttää kuitenkin tapahtuvan tasaantumista tässä

Taulukko 18. Kuoren osuus metsikön kuutiomäärästä.

Table 18. Bark as a percentage of stand volume.

| Metsätyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                   |      |      |      |      |
|--------------------------------|--|------|------|------|------|
|                                | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|                                | Kuorisadannes — Bark percentage                              |      |      |      |      |
|                                | Toistuvasti harvennetut metsiköt — Repeatedly thinned stands |      |      |      |      |
| MT                             | 15.6   | 13.4 | 12.4 | 12.0 | 12.0 |
| VT                             | 17.0   | 14.5 | 13.4 | 12.8 | 12.5 |
| CT                             | —  | 18.5 | 16.1 | 14.3 | 12.8 |
|                                | Luonnonnormaalit metsiköt — Naturally normal stands          |      |      |      |      |
|                                | 40   | 60   | 80   | 100  | 120  |
|                                | Kuorisadannes — Bark percentage                              |      |      |      |      |
|                                | Toistuvasti harvennetut metsiköt — Repeatedly thinned stands |      |      |      |      |
| MT                             | 19.0   | 13.9 | 12.0 | 11.1 | 11.0 |
| VT                             | 21.0   | 15.5 | 13.6 | 12.8 | 12.5 |
| CT                             | —  | 25.0 | 18.0 | 15.5 | 14.0 |

suhteessa. Kullakin iällä kuoren osuus kuutiomäärästä on suurin kanervatyypillä ja pienin mustikkatyypillä. Lähinnä tämä on tietenkin seurausta näiden metsätyyppien samanikäisten puiden erilaisesta keskimääräisestä koosta; kuorisadannes on näet yleensä sitä suurempi mitä pienempi puu on (vrt. esim. Y. Ilvessalo 1937, s. 74). Pääasiallisesti samasta syystä johtune se, että  $C_1$ -metsiköissä kuorisadannoksen lukuarvo näyttää olevan keskimäärin n. 1 suurempi kuin  $A_1$ -metsiköissä. Näiden viimeksi mainittujen kuoren suhteellinen määrä ei poikkea vastaavista N-metsiköistä aina täysin johdonmukaisesti, mutta ko. suure on kuitenkin nuorella iällä edellisissä selvästi vähäisempi kuin jälkimmäisissä. Syynä siihen ovat harvennushakkaukset, joissa varsinkin aluksi on poistettu etupäässä pienikokoista puustoa.

### Kuutiokasvu

Metsikön kuutiokasvu sekä sen jakaantuminen puuston eri osiin tulevat tässä tutkimuksessa verraten keskeiselle tilalle, mikä on hyvin luonnollista, kun tietää kuutiokasvun suuren merkityksen talousmetsissä. Kuitenkin on otettava huomioon, että kasvun ilmaiseminen kuutioyksikköinä saattaa johtaa eräissä tapauksissa myös harhaan (vrt. Jalava 1945, s. 56; Sirén 1952 a, 1952 b). Lisäksi kuutiokasvun määrittämiseen liittyy melkoinen virhemahdollisuus, niin kuin jäljempää käy ilmi.

Kuutiokasvusta seuraavassa puhuttaessa tarkoitetaan yleisen käytännön mukaisesti kasvua kuoretta. Se ilmaistaan tavallisesti kiintokuutiometreinä.

### Kasvunlaskentamenetelmä

Koealametsiköiden kuutiokasvun laskenta on suoritettu pääasiallisesti Y. Ilvessalon (1948 b) laatimien pystypuiden kasvunlaskentataulukoiden nojalla (vrt. s. 37). Niin kuin tunnettua, on kasvun laskenta kertamittauksiin perustuvilla koealoilla meillä varhemmin tapahtunut yleensä kaadettujen, päätettäin mitattujen koepuiden perusteella kahden ajankohdan kuutiomäärän erotuksen a. Viime aikana on erotusmenetelmää tällaisilla koealoilla alettu soveltaa Ruotsissa sikäläisiin kuutioimistaulukoihin nojaten (Vidandra ... 1947, ss. 90—93). Kasvun laskenta on ehdotettu suoritettavaksi myös kotimaisten kuutioimistaulukoiden perusteella erotuksena siten, että aiempi  $D_{6.0}$  selvitetään maastakäsin tapahtuvaa kairasta apuna käyttäen, jota varten tarvittava erikois-

kaira on rakenteilla (Keltikangas 1952). Mainittakoon, että kesto-koealoilla kasvun laskenta erotuksena on jo kauan ollut yleistä joko päätettäin mitattujen kaato- tai pystykoepuiden perusteella taikka pystypuiden kuutioimistaulukoihin nojaten.

Sen johdosta että varsinkin yksityismetsissä, joista pääosa tämän tutkimuksen koealoista on otettu, ei ole voitu ajatellakaan riittävän koepuunmäärän kaatamista, laskenta päätettäin mitattavien pystykoepuiden perusteella on huomattavan hidasta ja hankalaa eivätkä kuutioimistaulukoihin nojautuvat erotusmenetelmät ole olleet ko. laskentaan tyydyttäviksi kehitettyjä, on se perustettu ensi sijassa mainittuihin Ilvessalon taulukoihin. Tietenkin tätä menetelmää on voitu käyttää vain sillä edellytyksellä, että se tarkkuus, joka jäljempänä suoritettavan tarkastelun mukaan näyttää näin saaduilla tuloksilla olevan, voidaan tässä tutkimuksessa katsoa riittäväksi.

Tarkin Ilvessalon taulukoissa esitetty menetelmä perustuu yksityisten koepuiden kasvusadannosten ja niiden avulla metsikön kuutiokasvusadannoksen määrittämiseen. Koepuiden kuutiokasvusadannokset saadaan 6 m lyhempiä puita lukuun ottamatta kaavaan

$$p_v = p_g + p_{fh}$$

nojautuen, jossa  $p_v$  = kuutiokasvusadannes,  $p_g$  = pintakasvusadannes rinnankorkeudella ja  $p_{fh}$  = muotokorkeuden kasvusadannes. Mainittakoon, että kaavan on suunnilleen tässä muodossa esittänyt Andersson (1912, s. 20—21), joka toteaa sen periaatteeltaan Breymannin kaavan kaltaiseksi (vrt. esim. Prodan 1951 b, s. 193).

Teoreettiset perusteet edellä olevan kaavan soveltamiseen kasvun laskennassa nyt käytetyissä taulukoissa esitetyllä tavalla käyvät ilmi Jonsonin (1928, ss. 473—495) ja Y. Ilvessalon (1939, 1942, ss. 45—48, 1948 b) kirjoituksista. Näitä perusteita ei tässä ole tarpeen ryhtyä lähemmin kertaamaan. Huomattakoon vain, että pintakasvusadannes saadaan 5:n tai 10:n viime vuoden sädekasvun sekä puun kuoretoman läpimitan avulla. Muotokorkeuden kasvusadannes taas saadaan havupuihin 5:n viime vuoden keskimääräisen pitiuskasvun sekä puun pituus- ja kapenemislukan avulla. Tämä sadannes on ko. taulukoissa keskimäärin niin suuri, että se lisättynä 5:n viime vuoden sädekasvua hyväksi käyttäen saatuun pintakasvusadannekseen ilmaisee, mikä on 5:n viime vuoden keskimääräisen kuutiokasvun sadannessuhde puun kuorettoon kuutiomäärään mittaushetkellä. Koepuiden edustamalla kuutiopai-



noilla punnittuna keskiarvona saadaan vastaava metsikön kuutiokasvusadannes, jonka avulla taas voidaan helposti laskea, mikä on metsikössä mittaushetkellä olevan puuston keskimääräinen vuotuinen kuutiokasvu 5:n viime vuoden jaksona.

Silloin kun laskentamenetelmän pohjana olevat edellytykset pitävät paikkansa, saadaan edellä selostetun laskennan tulokseksi metsikön vuotuinen kuutiokasvu mittaushetkellä. Tämän tutkimuksen koealametsiköissä, joissa hakkaukset mittaussajankohtiin nähden saattavat olla hyvin eri aikoina sekä eri tavoilla suoritettuja, eivät sanotut edellytykset luonnollisestikaan olleet aina voimassa. Poikkeukset puoleen ja toiseen koealametsiköiden kesken eivät tietenkään olisi kovin haitallisia, mutta eri käsittelyluokkiin kuuluvien metsiköiden välisten systemaattisten erojen mahdollisuus on sitä pahempi. Niin ollen katsotaan, että nyt sovellettu menetelmä on kuitenkin antanut jotakuinkin oikean tuloksen menneen jakson keskikasvulle ja käsitellään saatuja kuutiokasvuja mittausjakson keskimääräisinä vuotuisina kasvuina.

5:n viime vuoden sädekasvun avulla on kuutiokasvu selvitetty runsaassa  $\frac{1}{4}$ :ssa koealametsiköistä, joten suurimmassa osassa niitä on käytetty 10 v:n sädekasvua. Näin menettelemällä pyrittiin ennen muuta kuutiomäärän käsittelyssä metsikön kehitys sitomaan pitemmältä kuin 5 v:n ajalta, jota käyttäen hakkausten aiheuttamat satunnaiset vaihtelut häiritsisivät enemmän. Myös kasvun ilmastollisista vaihteluista johtuva korjaus pyrittiin tällä tavalla saamaan luotettavammalle pohjalle. Eriksen oli kuitenkin tarkasteltava, näyttikö 10:n viime vuoden sädekasvun mittaus johtavan tämän jakson keskimääräiseen vuotuisen kuutiokasvuun. Tätä koskevia vertailuja suoritettiin 10 koealametsikössä, joista useimmat olivat Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoja. Lisäksi käytettiin hyväksi mm. poistuman avulla tehtyjä päätelmiä. Todettiin, että myös 10:n viime vuoden sädekasvun kairaus näyttää johtavan ko. suhteessa sellaisiin tuloksiin, jotka ovat rinnastettavissa 5 v:n sädekasvun perusteella saatuihin.

Aiemmin on jo viitattu 4:ssä poikkeuksellisen voimakkaasti harsitussa metsikössä kuutiokasvun selvittämiseksi suoritettuihin runkoanalyysihin, joita on selostettu erillisessä julkaisussa (Nyssönen 1952). Kasvunlaskentataulukoiden todettiin antavan sanottujen hakkausten jälkeisenä aikana eräissä tapauksissa jossain määrin todellista suurempia tuloksia. Syynä siihen oli paksuuskasvun kohdistuminen tällöin lähinnä puun tyviosaan. Usein kuitenkin paksuuskasvu rungon ylemmissä osissa näytti seurailevan verraten kiinteästi pituuskasvun vaihteluita, joten muoto- ja korkeuden kasvusadannes saatiin taulukoilla jokseenkin oikeaksi. Tutki-

malla koealametsiköittäin hakkauksia seuranneiden reaktioiden voimakkuutta rinnankorkeudelta otetuissa kairanlastuissa sekä ottamalla huomioon mm. metsikön ikä, puiden muoto sekä pituuskasvun suuruus katsottiin tarpeelliseksi suorittaa puheena olevien analyysien osoittamia korjauksia 4 muussa metsikössä. Siinä mielessä vähennettiin pystykoepuilla saatua kuutiokasvua 2 tapauksessa 5 % sekä 2:ssa 10 %.

Edellä selostetuilla tavoilla on siis saatu selville koealametsiköissä mittaushetkellä olleen puuston keskimääräinen vuotuinen kuutiokasvu 5:n tai 10:n viime vuoden jaksona. Mahdollisen poistuman kasvu siitä sen sijaan puuttuu (vrt. esim. Langsaeter 1944, s. 134; Vid andra... 1947, s. 93; Kuusela 1953, s. 89). Tutkimusaineiston hankkimista ei näet ole rajoitettu sellaisiin metsikköihin, joissa poistumaa ei ole ollut 5:n tai 10:n viime vuoden kuluessa. Sellainen rajoitushan olisi koealojen mittaushetkellä olevien puiden pienenemisen ohella merkinnyt monessa suhteessa harhaan johtavia tuloksia. Kuutiokasvun laskennassa on sen vuoksi ollut otettava huomioon kasvunmittausjakson kuluessa tapahtuneen kuutiopoistuman kasvu. Hyvin selvästi sen tarpeellisuus käy ilmi ajateltaessa jo esim. säännöllisillä harvennuksilla käsiteltävää metsikköä. Siinä saadaan mittaushetken puuston perusteella ehkä suurestikin toistetaan poikkeavat kasvutulokset riippuen siitä, onko koealan mittaus satunut ennen hakkausta vai välittömästi sen jälkeen. Sen vuoksi on pyrittävä ottamaan huomioon menneen jakson keskimääräinen kokonaiskasvu samoin kuin kuutiomääräkin käsiteltäessä laskettiin keskiarvo ko. jakson ajalta.

Poistuman kasvun laskennassa sovellettavien kuutiokasvusadannesten täsmällinen arviointi on luonnollisesti vaikea ja epävarma tehtävä. Tässä tutkimuksessa on kuitenkin poistuman kasvua määritettäessä käytetty sitä sadannesta, joka äsken selostetulla tavalla saatiin mittaushetken puustolle. Esim. toistuvasti harvennetuissa metsiköissä tällaisen sadanneksen käyttöön on tietyt perusteet olemassa. Niin kuin tunnettua, kuutiokasvusadannes yleensä pienenee metsikön iän lisääntyessä. Kun metsikkö on ollut huomioon otettavan hakkausten aikoihin nuorempi kuin mittaushetkellä, olisi poistumalle sovellettava kasvusadannes tällä perusteella oleva suurempi kuin mittaushetken puustoon nojautuva sadannes. Toisaalta kuitenkin harvennushakkauksissa poistetaan yleensä keskimääräistä huonokasvuisempia yksilöitä, joten tämä tekijä pienentää poistuman suhteellista kasvua verrattuna jäljelle jäävän puuston kasvuun. Vastaavasti eri näkökohdat huomioon ottaen voitaneen poistumalle harsituissa metsiköissä melkoisen todennäköisesti perusteltuna soveltaa mittaushetkellä metsikössä olevan puuston kasvusadannesta. Jo tässä yhteydessä lienee

paikallaan huomauttaa myös siitä, että poistuman kasvusadanneksen määrittämisessä syntynyt ehkä tuntuvakin virhe on suhteellisen vähämerkityksinen lopullisten kasvutulosten kannalta.

Poistumalle juuri selostettua kasvusadannesta käyttäen laskettu vuotuinen kuutiokasvu kerrottiin sillä erotuksella, joka saatiin vähentämällä mittaushetken ja hakkauksen välinen aika metsikön kuutiokasvun laskentajaksoon kuuluvista 5:stä tai 10:stä vuodesta. Näin saatu tulo jaettiin mainitulla laskentajakson vuosien lukumäärällä, minkä jälkeen osamäärä lisättiin mittaushetken puuston keskimääräiseen vuotuisen kuutiokasvuun ko. jaksona. Kun vielä kasvun ilmastollisista vaihteluista aiheutuva korjaus oli suoritettu, oli selvillä lopullisissa laskelmissa käytetty kasvutulos, jota voidaan sanoa laskentajakson vuotuiseksi kuutiokasvuksi (vrt. Spurr 1952, s. 208). Esim. graafisissa tasoituksissa se on asetettu muunnettua kuutiomäärää vastaavasti (vrt. ss. 99—101) laskentajakson keskikohdalle. Koska juokseva kuutiokasvu nyt tutkittuna kehityskautena esim. toistuvasti harvennetuissa metsiköissä on pääosaltaan alenevassa suunnassa, muodostuvat tasoitusten tulokset näissä metsiköissä nyt käytettyjen kasvulukujen perusteella suuressa määrin samankaltaisiksi kuin jos poistuman kasvua ei olisi otettu huomioon, mutta mittaushetken puuston perusteella saatu laskentajakson keskimääräinen kasvu olisi käsitetty mittaushetken kasvuksi.

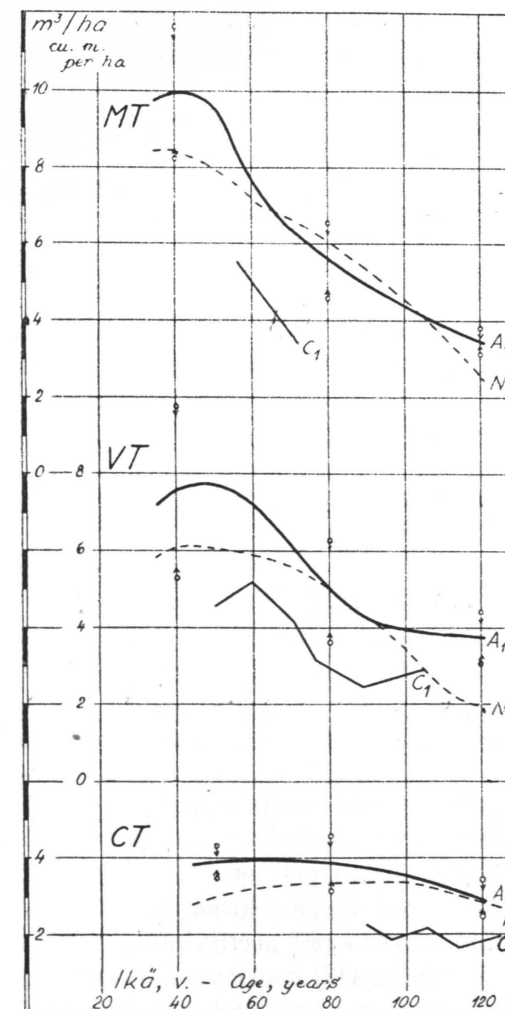
Kaiken kaikkiaan voitaneen todeta, että nyt esitetyllä menetelmällä erikseen määritettyine mittaushetken puuston sekä poistuman kasvuineen on kasvun laskenta saatu kestäväälle pohjalle (vrt. Langsäter 1944, s. 134). Menetelmän luotettavuutta tarkastellaan jäljempänä vielä erikseen.

#### Toistuvasti harvennetut metsiköt

Laskentajakson vuotuisesta ja samalla myös vuotuisesta juoksevasta kuutiokasvusta toistuvasti harvennetuissa metsiköissä saadaan käsitys kuvasta 18 sekä taulukosta 19.

Aluksi voidaan havaita juoksevalle kuutiokasvulle luonteenomaisten piirteiden käyvän ilmi myös tässä aineistossa. Varsinkin hyvillä metsätyypeillä kasvu lisääntyy nuorella iällä suhteellisen nopeasti, kulminoi ja pienenee jälleen sitä nopeammin, mitä parempi metsätyyppi on.

Luonnonnormaaleihin metsikköihin verrattuna näyttää kuutiokasvu toistuvasti harvennetuissa metsiköissä olevan yleensä vähintään samassa suuruusluokassa. Jälkimmäisten kasvu on ollut kaikilla metsätyypeillä nuorimmissa tutkimusmetsiköissä keskimäärin suurempi kuin edellisten.



Kuva 18. Metsikön kuutiokasvu (kuoretta).

Figure 18. Volume increment of the stand (excl. bark).

Edelleen näyttävät erityisesti puolukkatyyppin vanhimmat metsiköt osoittavan, että kasvatushakkauksia suorittamalla on voitu estää sitä kuutiokasvun voimakasta vähenemistä, joka esim. n. 100 v:n ikäisille luonnonnormaaleille metsiköille näyttää olevan ominaista. Kuutiokasvun kokonaismäärää kuoretta mustikka- ja puolukkatyypeillä ikävuosien 40 ja 120

Taulukko 19. Vuotuinen juokseva kuutiokasvu (kuoretta) toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 19. Current annual volume increment (excl. bark) of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                              |     |     |     |     |
|---------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|
|                                 | 40  | 60  | 80  | 100 | 120 |
|                                 | Kuutiokasvu, m <sup>3</sup> /ha — Volume increment, cu. m. per ha       |     |     |     |     |
| MT                              | 10.0  | 7.6 | 5.5 | 4.4 | 3.5 |
| VT                              | 7.5   | 7.2 | 4.9 | 4.0 | 3.7 |
| CT                              | —   | 3.9 | 3.8 | 3.5 | 2.9 |
|                                 | % luonnonnormaaleista metsiköistä<br>Per cent of naturally normal stand |     |     |     |     |
| MT                              | 119   | 107 | 92  | 96  | 140 |
| VT                              | 125   | 122 | 100 | 118 | 195 |
| CT                              | —   | 122 | 115 | 103 | 103 |

välillä sekä kanervatyypillä ikävuosien 50 ja 120 välillä osoittavat seuraavan aselman luvut.

|                          |     |     |                        |
|--------------------------|-----|-----|------------------------|
|                          | MT  | VT  | CT                     |
| A <sub>1</sub> -metsiköt | 485 | 433 | 253 m <sup>3</sup> /ha |
| N »                      | 469 | 366 | 226 »                  |

Tällä tavalla joudutaankin tarkastelemaan kysymystä, miten harvennushakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden kuutiotuotto<sup>1</sup> suhtautuu luonnontilaisten metsiköiden kuutiotuottoon. Niin kuin tunnettua, on tätä ongelmaa paljon tutkittu ja siitä paljon kirjoitettu. Niinpä esim. B a a d e r (1934, s. 393, 400; 1935, ss. 173—180) ja erityisesti W i e d e m a n n (1935, s. 104; 1948 a, s. 165; 1950, s. 112) osoittavat keski-eurooppalaisiin oloihin perustuvien tutkimustensa nojalla, ettei harvennushakkauksilla näytä yleensä olevan sanottavaa vaikutusta tässä suhteessa. Tietenkin hyvin voimakkaat toimenpiteet muodostavat poikkeuksen. Samantapaisia käsityksiä esiintyy monissa muissa kirjoituksissa (esim. A a l t o n e n 1935, s. 98; V a n s e l o w 1942, s. 59; 1943, s. 1; M ø l l e r 1952; E t t e r 1952, s. 15). Myös ne männikköihin asetetut kestokoealaparit, joita on kuvattu erillisessä julkaisussa (N y y s s ö n e n 1950), viittaavat samaan.

<sup>1</sup> L ö n n r o t h i n (1929) johdonmukaisen erittelyn pelkkää tuotto-nimitystä on tässä tutkimuksessa vältetty, jotta ei sekaannusta muihin tuoton käsitteisiin aiheutuisi (vrt. S a a r i 1929). Kuutiotuotto-sanaa käytetään L i h t o s e n (1943, s. 61) tavoin biologisesta tuotosta.

Mutta myös edellisistä poikkeavia tuloksia on saatu. P e t t e r s o n i n (1937, s. 31) tutkimusten mukaan kuutiotuotto pienenee harvennuspoistuman suuretessa. Erot eivät kuitenkaan ole suuria, tietenkään hyvin voimakkaita toimenpiteitä lukuun ottamatta. Toisaalta näyttää sitovasti osoitetun, että ainakin eräissä poikkeuksellisissa oloissa harvennushakkauksilla on kuutiotuottoa lisäävä vaikutus. Esimerkkinä niistä voi mainita norlantilaisen ns. »stavagranskog»-metsikön, jossa voimakkaat harvennukset ovat edistäneet kuutiotuottoa (R o n g e 1928; N ä s l u n d 1935).

Harvennushakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden verraten edulliseen kuutiokasvuun vaikuttaa ilmeisesti se ravinteiden mobilisaatio, jonka hakkaukset saavat aikaan maassa. Huomioon on tietenkin otettava myös hakkuutähteiden maahan tuoma ravinteiden lisä (vrt. H e s s e l m a n 1937, s. 663; P e t t e r s o n 1937, ss. 22—26; R o m e l l 1938; S a r v a s 1944, s. 72). Tämän tutkimuksen toistuvasti harvennettuja metsiköitä silmällä pitäen on muistettava, että erityisesti vanhimpien metsiköiden käsittely on aiemmin saattanut olla keskimäärin lievähköä (vrt. s. 29). Varmaankin niissä on esim. sellaisia metsiköitä, joista kuusialikasvos on poistettu verraten myöhään. Kun kuutiokasvuun vaikuttavat reaktiot humuksessa saattavat kestää melko kauan hakkauksen jälkeen (vrt. P e t t e r s o n m t., s. 25), ei ole ihmeteltävää, vaikka vanhimpien toistuvasti harvennettujen metsiköiden suhteellisen suuri kuutiokasvu olisi osittain seurausta aiemmin kokoontuneiden ravinnevarastojen hyväksi käyttämisestä. Jos nämä metsiköt sen sijaan olisivat alusta alkaen riittäväillä harvennuksilla käsiteltyjä, saattaisi niiden kuutiokasvu olla tasoltaan ehkä nyt ilmi käynnyttä alempana.

Toistuvasti harvennettujen sekä luonnonnormaalien metsiköiden kuutiokasvun vertailussa on lisäksi huomattava mm. se, että koealametsiköt eivät ehkä ole keskimäärin samanlaisilta metsätyypeiltä. Mitään suuria eroja tässä suhteessa ei kuitenkaan liene olemassa, niin kuin esim. valtapituuden tarkastelu (vrt. ss. 75—76) on osoittanut. Aiemmin (s. 41) on viitattu myös siihen, että nyt koottu aineisto on ilmastollisesti keskimäärin ehkä hiukan edullisemmista oloista kuin kasvu- ja tuottotaulukoiden aineisto (Y. I l v e s s a l o 1920 b). Vielä on muistettava yksityisten koealojen melkoinen hajaantuminen keskiarvokäyrien kahden puolen, kasvunlaskentamenetelmien erilaisuus sekä niihin liittyvät virhemahdollisuudet. Sitä paitsi Y. I l v e s s a l o (1952 a, s. 6) mainitsee, että kasvu- ja tuottotaulukoita laadittaessa sovellettu menetelmä on poistuman suhteen johtanut minimimäärään. Kun hän on kuutiokasvun saanut kuutiomäärän ja -poistuman avulla, esittänevät taulukot myös luonnonnormaalien metsiköiden kuutio k a s v u a varovasti laskettuna.



Kun edellä mainitut näkökohdat otetaan huomioon, lienee uskallettua päätellä, että männiköissä suoritettut harvennushakkaukset suurentavat kuutiotuottoa. Mutta oikeutetulta tuntuu katsoa harvennushakkauksilla käsiteltävien metsiköiden kuutiotuoton olevan vähintään luonnonnormaalien tasolla siitä huolimatta, että puuston kuutiomäärä edellisissä jää iän mukana suhteellisesti yhä selvemmin jälkeen viimeksi mainituista (vrt. Y. Ilvessalo 1948 c, s. 24). Koska kuitenkin vaihtelua on suhteellisen paljon, niin kuin edellä jo mainittiin, voi harvennushakkauksissa oikein suoritettava yksilövalinta mahdollisesti johtaa kuutiotuoton kohoamiseen (vrt. W e c k 1951 a, s. 16); ainakaan ei tätä mahdollisuutta ole pois suljettava.

Siinä määrin kuin kuvan 18 perusteella voidaan tehdä päätelmiä vuotuisen juoksevan kuutiokasvun kulminaatiokohdista, näyttää siltä, että mustikka- ja puolukkatyypeillä nämä kohdat ovat toistuvasti harvennetuissa metsiköissä vähän myöhemmin kuin luonnonnormaaleissa. Kuitenkin kuutiokasvun vähenemisen nopeus kulminaation jälkeen näyttää viittaavan siihen, ettei kasvun vähenemisen alkamista voida harvennushakkauksilla siirtää huomattavasti myöhäisemmäksi. Tässä suhteessa ei siis P e t r i n i n (1925, s. 163) muutamien koealojen perusteella tekemä päinvastainen päätelmä näytä saavan tukea.

Edellä jo ohimennen kiinnitettiin huomiota siihen, että juoksevan kuutiokasvun pieneneminen on sitä nopeampaa, mitä parempi metsätyyppi on. Jos kuutiokasvua 120 v:n iällä merkitään 1:llä, ovat kasvua osoittavat suhdeluvut 40 ja 80 v:n iällä eri metsätyypeillä seuraavat:

|          | 40 v. | 80 v. |
|----------|-------|-------|
| MT ..... | 2.9   | 1.6   |
| VT ..... | 2.0   | 1.4   |
| CT ..... | (1.2) | 1.3   |

Asetelmasta näkyvät erot viittaavat siihen, että hyvillä kasvupaikoilla pitkät kiertoajat ovat vain silloin kohdallaan, kun on kysymys sellaisen laatupuun kasvatuksesta, jonka arvo kuutiokasvun kohden nousee tunnustavasti järeyden lisääntyessä. Suomalaisissa männiköissä alikasvoksen avulla ei näet yleensä voitane korvata vallitsevan jakson kuutiokasvun taantumista (vrt. W i e d e m a n n 1948 a, ss. 47—48). Tietenkin mainittu arvon nousu todella saattaa olla niin suuri, että ansaitsee tavoitella kasvun kerääntymistä järeihin puihin, mitä esim. O s a r a (1934, ss. 17—20) pitää ainakin yksityistiloilla tärkeänä.

Jos kuvasta 18 ilmi käyvää kuutiokasvun kulkua toistuvasti harvennetuissa metsiköissä verrataan Suomen eteläpuoliskon mäntyvaltaisten

metsien kuutiokasvuun eri metsätyypeillä ja ikäluokissa (Y. Ilvessalo 1942, taul. 74), havaitaan jälkimmäisen olevan tasoltaan hyvin paljon edellistä alempana. Mutta sitä paitsi kiinnittää sanottujen mäntyvaltaisten metsien kasvussa huomiota melkoinen tasaisuus, ts. iän mukainen kehityksen rytmi näkyy niissä paljon vaimeampana kuin nyt tutkituissa metsiköissä. Hakkausten lisäksi lienee tähän huomattavana syynä se, että esim. vanhoihin ikäluokkiin valtakunnan metsien arvioinnissa joudutaan viemään vallitsevan puuston mukaisesti metsiköitä, joissa saattaa olla kasvua kohottavaa nuorta puustoa. Päinvastoin taas nuoriin ikäluokkiin joutuneiden metsiköiden kasvussa voi näkyä vanhemman puuston hidastavaa vaikutusta.

#### Toistuvasti harsitut ym. metsiköt

Kuvasta 18 käy ilmi myös toistuvasti harsittujen metsiköiden laskentakakson vuotuinen kuutiokasvu. Se on niissä keskimäärin selvästi pienempi kuin toistuvasti harvennettujen sekä luonnonnormaalien metsiköiden vastaava tunnus. Niinpä puolukkatyyppillä, jolta koealoja on eniten, C<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiokasvu on keskimäärin vain jonkin verran yli 60 % A<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiokasvusta. Iän lisääntyessä kasvu näyttää pienenevän myös C<sub>1</sub>-metsiköissä.

Mutta absoluuttisen kasvun rinnalla on talousmetsissä hyvin tärkeä merkitys myös suhteellisella kasvulla. Tämä koskee niin hyvin harsinnoilla käsiteltyjä kuin muitakin metsiköitä. Aina näet on tietty mielenkiintonsa sillä, miten runsasta puustoa edellyttää määrättyä suuruutta oleva kuutiokasvu. Jos esim. A<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiokasvu voitaisiin saavuttaa huomattavasti vähäisemmällä puustolla kuin niissä nyt on ollut, voitaisiin valioyksilöiden kasvua vastaavasti jouduttaa. Puuston ja sen kasvun välisen suhteen merkitystä ei tietenkään vähennä esim. se, että tunnettuun kontrollimenetelmään sellaisenaan voi sisältyä väärä ajatus suomalaisissa oloissa, niin kuin L i h t o n e n (1952) huomauttaa. Siinähan asetetaan ns. normaalimetsätilan tavoitteeksi tuottaa mahdollisimman pienellä pääomalla mahdollisimman suuri määrä arvokasta puuainesta (B i o l l e y 1919; vrt. K n u c h e l 1923, s. 234).

Jo kuutiomäärää ja kuutiokasvua koskevien kuvien 17 ja 18 rinnakkainen tarkastelu osoittaa, että kuutiokasvu C<sub>1</sub>-metsiköissä ei ole suhteellisesti yhtä vähäinen kuin kuutiomäärä, kun vertauskohdiksi otetaan A<sub>1</sub>-ja varsinkin N-metsiköt. Perusteellisempaa valaistusta asiaan saadaan kuitenkin vasta kuvasta 19, jossa eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden kuutiomäärän ja kuutiokasvun suhde A<sub>1</sub>-metsiköiden vastaaviin tunnuk-



siin otetaan tarkasteltavaksi. Perusteeksi tälle tarkastelulle lienee kuitenkin paikallaan lyhyt kuvaus väljentäen harvennettujen, epämääräisesti käsiteltyjen sekä harsittujen, lepoa saaneiden metsiköiden luonteesta.

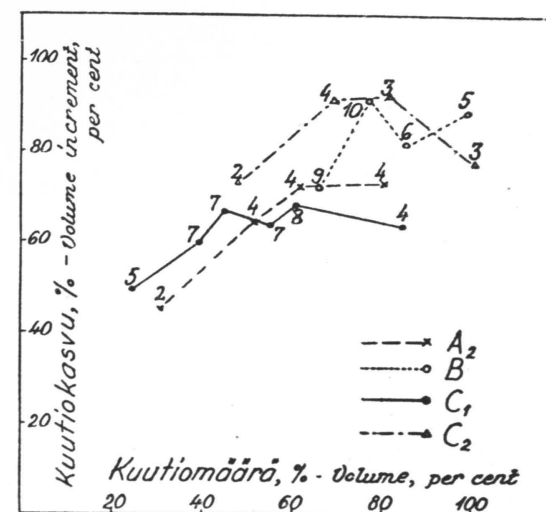
Tutkimusmetsiköiden luokitustapaa ss. 16–26 kuvattaessa on jo saatu käsitys sanottuihin käsittelyluokkiin kuuluvien metsiköiden peruspiirteistä. Tärkeimpien edellä käsiteltyjen metsikön tunnusten avulla voidaan näitä metsiköitä edelleen luonnehtia seuraavaan tapaan ottamalla vertauskohdaksi näiden tunnusten keskimääräiset luku-arvot vastaavissa  $A_1$ -metsiköissä. Niinpä väljentäen harvennetuissa ( $A_2$ ) metsiköissä vallitsevan puuston runkoluku on pienempi, keskiläpimitta yleensä suurempi ja pohjapinta-ala pienempi kuin vertausmetsiköissä. Valtapituudessa taas ei ole mainittavia eroja, mutta latvussuhde on  $A_2$ -metsiköissä vähän suurempi. Niiden kuutiomäärä on useimmiten  $1/2$ – $2/3$   $A_1$ -metsiköiden kuutiomäärästä.

Epämääräisesti käsitellyissä (B) metsiköissä vallitsevan puuston runkoluku vaihtelee, mutta on usein pienempi, keskiläpimitta on jokseenkin samansuuruinen sekä pohjapinta-ala usein pienempi kuin  $A_1$ -metsiköissä. Valtapituudessa ja latvussuhteessa näiden metsiköiden välillä ei ole mainittavia eroja, mutta kuutiomäärä on B-metsiköissä yleensä vähäisempi.

Harsitut, lepoa saaneet ( $C_2$ ) metsiköt ovat vallitsevan puuston runkoluvun suhteen  $A_1$ -metsiköistä jäljessä. Keskiläpimitassa ei ole suuria eroja, mutta pohjapinta-ala ja valtapituus ovat edellisissä yleensä pienempiä kuin jälkimmäisissä. Latvussuhteessa on jonkin verran vaihtelua, mutta kuutiomäärä on kysymyksessä olevissa  $C_2$ -metsiköissä keskimäärin pienempi kuin  $A_1$ -metsiköissä, kuitenkin yleensä suurempi kuin  $C_1$ -metsiköissä.

Kuvaa 19 laadittaessa eri käsittelyluokkien metsiköt ryhmitettiin aluksi sen mukaan, montako sadannesta niiden kuutiomäärä oli vastaavasta  $A_1$ -metsiköiden kuutiomäärästä. Näille ryhmille laskettiin keskiarvot mainituista sadannesluvuista. Samoin laskettiin ryhmittäin keskiarvot niistä sadannesluvuista, jotka osoittivat, miten vastaavien metsiköiden kuutiokasvut suhtautuivat  $A_1$ -metsiköiden kuutiokasvuun. Kuvassa on asetettu näkyviin, monenko metsikön perusteella kunkin ryhmän keskiarvo on saatu. Kaikki kolme metsätyyppiä on yhdistetty samaan akselistoon, mutta koealojen lukumäärän johdosta suurin paino on puolukkatyyppin metsiköillä. Mainittakoon vielä, ettei metsikön ikä näyttänyt vaikuttavan nyt kysymyksessä oleviin sadannessuhteisiin niin paljon, että metsiköt olisi pitänyt erotella myös sen mukaisesti.

Kuvan perusteella voidaan ensiksi hakea vastausta kysymykseen, näyttääkö puustoa voitavan yleensä vähentää  $A_1$ -metsiköiden keskimääräisistä luvuista kuutiokasvun samalla pienenemättä. Vastaus jää pakostakin jossain määrin epävarmaksi, mihin syy on aineiston suppeudessa. Mutta joitakin päätelmiä voidaan tehdä  $A_2$ - sekä B-metsiköiden perusteella; harsitut metsiköt on tässä tarkastelussa jätettävä aluksi erilleen. Sen sijaan mainitut  $A_2$ -metsiköt ovat nyt ko. mielessä vertauskelpoisia



Kuva 19. Eri käsittelyluokkien metsiköiden kuutiomäärä ja kuutiokasvu verrattuna toistuvasti harvennettujen metsiköiden vastaaviin tunnuksiin.

Figure 19. Volume and volume increment of stands of different treatment classes compared with the corresponding characteristics of repeatedly thinned stands.

$A_1$ -metsikköihin. Edelliset näet eroavat jälkimmäisistä pääasiassa vain käsittelynsä voimakkuuden johdosta. Myös B-metsiköitä on kuutiokasvun suhteen pidettävä vertauskelpoisina. Niissähän vallitsevaa puustoa on yleensä melko runsaasti jäljellä, eikä liene syytä uskoa, että niissä edellytykset kuutiokasvuun ovat suhteellisesti tuntuvasti heikommat kuin  $A_1$ -metsiköissä.

Tarkasteltaessa kuvasta kysymyksessä olevia  $A_2$ - ja B-metsiköitä tulee yleisenä suuntana selvästi näkyviin, että kuutiokasvu pienenee kuutiomäärän vähetessä. Näyttää niin ollen ilmeiseltä, ettei kuutiomäärää voida ainakaan olennaisesti vähentää  $A_1$ -metsiköiden tasolta jos metsikön kuutiokasvu tahdotaan säilyttää mahdollisimman suurena. Siitä huolimatta voi tietenkin jossakin ikäluokassa ja jollakin metsätyypillä olla mahdollisuuksia puheena olevaan vähentämiseen kuutiokasvun pienenemättä.

Edellä sanotun valossa saattavat esim. Pettersonin (1950, 1951) eräille ruotsalaisille hoidetuille metsikkölajeille äskettäin julkaisemien tuottotaulukoiden kuutiomäärät näyttää ihmeteltävän vähäisiltä. Noiden taulukoiden kehityssarjoja laadittaessa ei kuitenkaan ole pidetty tavoitteena esittää mahdollisimman suureen kuutiotuottoon johtavien puustojen kehitystä kullakin kasvupaikalla, vaan tarkoituksena on ollut esittää

keskimääräisiä lukuja jostakin yleisemmin saavutettavissa olevasta tasosta. *Petterson* (1950, s. 18) toteaaakin, että rahatuottoa voidaan kohottaa huomattavasti, jos harvennushakkaukset voidaan saada taulukoiden osoittamia lievemiksi.

Toinen tärkeä kysymys on seuraava: miten suhtautuu harsien käsiteltyjen metsiköiden kuutiokasvu harventaen käsiteltyjen metsiköiden kuutiokasvuun? Vastaus siihen on haettava lähinnä kuvasta 19 sekä jäljempänä esitettävistä metsikön kasvun jakaantumista koskevista tuloksista.

Kuvasta näkyy ensiksikin se luonnollinen ja jo edellä todettu seikka, että kuutiokasvu on harsien käsitellyissä ( $C$ ) metsiköissä yleensä verraten selvästi pienempi kuin  $A_1$ -metsiköissä. Mutta varsinkin suhteellisen vähäpuustoisten  $C$ -metsiköiden perusteella näyttää siltä, että kuutiokasvun väheneminen niissä ei kuitenkaan tapahdu samassa suhteessa kuin kuutiomäärän pieneneminen (vrt. s. 115). Vaikka murtoviivojen kulussa esiintyy tuntuvasti ehkä lähinnä koealametsiköiden vähälukuisuudesta aiheutuvaa epäsäännöllisyyttä, voitaneen kuitenkin sanoa, että  $A_1$ -metsiköiden puustoon verrattuna määrältään esim. puolta vähäisemmän puuston kuutiokasvu näyttää olevan 60—70 % sanottujen vertausmetsiköiden kasvusta. Mainittakoon, että samaan tapaan näyttää kuutiokasvun pieneneminen puuston kuutiomäärän vähetessä tapahtuneen myös *Näslundin* (1942, s. 114) tutkimissa vanhoissa norlantilaisissa kuusikoissa.

$C$ -metsiköille muodostavat hyvin tärkeän vertauskohteen väljentäen harvennetut ( $A_2$ ) metsiköt, joissa puuston kuutiomäärä on samoissa suuruusluokissa kuin ensiksi mainituissa. Kuvan 19 perusteella näyttää kyllä kuutiokasvu  $C_2$ -metsiköissä olevan voimakkaampaa kuin  $C_1$ -metsiköissä, mutta kun  $C$ -metsiköitä kokonaisuutena verrataan  $A_2$ -metsikköihin, ei mitään selviä eroja voi havaita. Tämä toteamus johtaa siihen päätelmään, että harsien käsiteltyjen metsiköiden kuutiokasvun pienuus johtuu ensi sijassa niiden kuutiomäärän vähyydestä. Itse asiassa tämän saman on todennut myös *Sarvas* (1944, s. 99), joka lisäksi mainitsee, että kasvusadannekset hänen tutkimissaan harsintamänniköissä ovat yleensä olleet suuria, ainakin luonnonnormaalien männiköiden kasvusadanneksiin verrattavia. Myös *Sjöströmin* (1937, s. 437) tutkimusten tulokset ns. alaja yläharvennuksista antavat tukea nyt tehdyille päätelmille.

Nyt tutkitut harsien käsitellyt metsiköt eivät kuitenkaan ole aivan »puhdasoppisesti» määramittaan harsittuja, koska niissä on esim. tukkipuiden järeysluokkiin kuuluvaa puustoa suhteellisen paljon. Myös aiemmin (s. 29) jo mainitut, muutamissa harsituissa metsiköissä suoritettut lievät kunnostushakkaukset ovat omiaan johtamaan siihen, että nyt kysymyksessä olevassa vertailussa harsituista metsiköistä on saatu suhteellisen

edullinen käsitys. Kuitenkin on syytä korostaa, että aineistoon kuuluvat  $C$ -metsiköt ovat tyypillisimpiä harsintametsiköitä, mitä kolmen kesäkauden kuluessa on laajalta tutkimusalueelta löydetty.

Usein mainitaan harsintojen jälkeen kuluvan jonkin aikaa, kunnes jäljelle jäänyt, siihen saakka pääosaltaan syrjäytettynä ollut puusto on toipunut käyttämään hyväkseen sille vapautuneet mahdollisuudet. Jäljempänä kuitenkin osoitetaan, etteivät hakkaukset tämän aineiston  $C_1$ -metsiköissä ainakaan viime 10-vuotiskautena ole olleet keskimääräistä vähäisempiä, joten hakkausten jälkeen kuutiokasvun suhteen »hukkaan» menevien kausien vaikutus näkyy riittävässä määrin jo laskentajakson vuotuisessa kuutiokasvussa. Sitä vastoin nyt kysymyksessä olevat laskentajakson vuotuisen kuutiokasvun avulla tehdyt päätelmät voivat suosia jonkin käsittelyluokan metsiköitä, jos hakkaukset niissä on yleensä suoritettu tietyllä tavalla ennen kasvunlaskentajakson alkua (vrt. esim. *Carbönier* 1952, s. 7\*). Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, ettei tästä syystä ole johdettu virheellisiin päätelmiin nyt ko. suhteessa.

Toistuvasti harsittujen metsiköiden latvusten pituuden tarkastelu (ss. 81—84) on jo antanut aiheen päätellä, että tämän käsittelyluokan metsiköiden edellytykset kuutiokasvuun eivät olisi heikot. Mainituissa yhteydessä sanotun lisäksi on otettava huomioon, että ko. metsiköissä valaistusolot latvuksen pinta-alayksikköä kohden lienevät verraten suotuisat suurilatuksisten puiden poiston ja latvuskatokseen siten syntyneen porrastuksen takia (vrt. myös *Sarvas* 1944, ss. 80—81). Erikseen ovat tietenkin ne metsiköt, joissa harsinnat on suoritettu vasta verraten myöhäisellä iällä ja joissa latvukset ovat siten supistuneet jo hyvin vähäisiksi. Niissähän esim. valaistusolojen paranemisen vaikutus kasvuun voi jäädä merkityksettömäksi (*Wecck* 1951 b, s. 470).

Jos järeimpään puustoon yksipuolisesti kohdistuvat hakkaukset jatkuvat kauan, alkavat niiden vaikutukset lopulta selvästi näkyä myös metsikön suhteellisen kuutiokasvun pienenemisenä. Niinpä jo edellä sivumennen kiinnitettiin huomiota siihen, että kuutiokasvu  $C_2$ -metsiköissä näyttää olevan voimakkaampaa kuin  $C_1$ -metsiköissä. Tämä ilmiö lienee katsottava viitteeksi harsintojen jatkumisesta  $C_1$ -metsiköissä liian pitkälle; sen sijaan lepo olisi vaikuttanut edullisesti myös suhteelliseen kuutiokasvuun. Seuraavassa luvussa mainitaan alimpaan latvuserrokseen, samalla tietenkin yleensä kaikkein pienimpiin läpimittaluokkiin kuuluvien puiden jäävän suhteellisessa kasvussa suuremmista jälkeen. Jos metsikön kehitys jäisi huomattavaksi osaksi sanottujen pienimpien puiden varaan, olisi siitä seurausena kasvun väheneminen. Lisäksi on toistuvasti harsittujen metsiköiden kuutiotuoton tarkastelussa muistettava, että kasvatusvaiheessa

järeimpään puustoon kohdistuvat hakkaukset lienevät omiansa johtamaan kiertoajan jatkumiseen. Kun metsikön juokseva kuutiokasvu pienenee tietyn kulminaatiokohdan jälkeen varsinkin hyvillä metsätyypeillä suhteellisen nopeasti (vrt. s. 114), koituu kiertoajan jatkuminen kuutiotuoton kannalta ajanoloon tappiolliseksi.

#### Kuutiokasvun jakaantuminen metsikössä

Tarkasteltaessa kuutiokasvun jakaantumista metsikössä on luonnollisesti rajoitettava mittaushetken puustoon. Niin ollen on ymmärrettävää, että samankin käsittelyluokan metsiköiden kesken esiintyy melkoista vaihtelua esim. sen mukaan, miten pitkä aika viimeksi suoritetusta hakkauksesta on kulunut. Siitä huolimatta eri metsiköiden keskiarvoina voitaneen kuitenkin saada käsitys eräistä mielenkiintoisista kasvun jakaantumista koskevista kysymyksistä.

Aiemmin (ss. 104—105) on jo valaistu metsikön kuutiomäärän jakaantumista latvuserroksiin. Kuutiokasvun vastaava jakaantuminen on pääpiirteissään hyvin samankaltainen. Toistuvasti harvennetuissa metsiköissä yleensä ja varsinkin niistä nuorimmissa 1. latvuserroksen osuus kuutiokasvusta näyttää kuitenkin usein olevan hiukan suurempi kuin kuutiomäärästä; vastaava ero päinvastaiseen suuntaan tulee muiden latvuserrosten osalle (vrt. Weise 1893, s. 9).

Toistuvasti harsituissa metsiköissä sen sijaan 2:seen, mutta myös 3:nteen latvuserrokseen kuuluvalla puustolla on suurempi osuus kuutiokasvusta kuin kuutiomäärästä. Harsintahakkaukset, jotka ovat yleensä suhteellisesti voimakkaimpina kohdistuneet 1. latvuserroksen puihin, näyttävät siis eniten elvyttäneen keskikokoisten puiden kasvua. 1. latvuserroksen puuthan ovat jo aiemmin olleet suhteellisen vapaina, ja 4. latvuserroksen puut taas ovat menettäneet toipumiskykynsä jo ennen hakkauksia (Dengler 1930, s. 461).

Eri latvuserrosten puiden kuutiokasvua  $C_1$ -metsiköissä keskenään verrattaessa on tietenkin pitänyt ottaa huomioon paksuuskasvun keskittyminen lähinnä puun tyvi-osaan välittömästi hakkausten jälkeen (vrt. s. 97). Kun 2. ja 3. latvuserroksen puut ovat täysitiheässä metsikössä usein varsin solakoita, voidaan hakkauksen jälkeisen rinnankorkeudelta mitatun sädekasvun odottaa johtavan juuri näiden puiden kohdalla kuutiokasvun arvioimiseen todellista suuremmaksi. Kirjoittajan suorittamat runkoanalyysit (Nyysönen 1952) eivät kuitenkaan osoittaneet mitään selviä eroja eri latvuserrosten puille. Sitä paitsi valtaosassa  $C_1$ -metsiköitä voimakkaita hakkauksia on suoritettu niin aikaisin, että se vaihe on jo ollut ohi, jolloin kasvun kohdistuminen ensi sijassa tyviosaan on tapahtunut.

Taulukko 20. Puuston eri osien kuutiokasvun vertailua eri tavoilla käsitellyissä metsiköissä.

Table 20. Comparison of volume increment of different parts of growing stock in stands treated in various ways.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Käsittelyluokka — Treatment class   |                |    |                |                |
|---------------------------------|---|----------------|----|----------------|----------------|
|                                 | A <sub>1</sub>  | A <sub>2</sub> | B  | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> |
|                                 | Pienikokoisen puuston osan suhteellinen kasvu suurempi, %<br>Relative increment of small-sized trees superior, per cent |                |    |                |                |
| MT                              | 3   | 15             | 3  | 12             | 34             |
| VT                              | 6   | 14             | 12 | 18             | 11             |
| CT                              | 5   | 3              | 8  | 15             | 1              |

Kuutiokasvun jakaantumista metsikössä voidaan tarkastella myös läpimitaltaan erilaisten puiden perusteella. Näin suoritettavan tarkastelun tulokset valaisevat nyt selvitettävää kysymystä edelliseen verrattuna toisella tavalla (vrt. esim. Japing 1911; Lönnroth 1925, ss. 64—65).

Aluksi jaettiin metsikön puusto rinnankorkeudelta otetun läpimittansa mukaisesti kahteen, kuutiomäärältään yhtä suureen osaan. Ensimmäiseen tulivat tällöin kaikki tiettyä läpimittaa paksummat ja toiseen kaikki sitä ohuimmat puut. Rajaläpimitta esim.  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköissä on keskimäärin vähän suurempi kuin sivulla 67 esitetystä kuvasta 11 näkyvä metsikön keskiläpimitta. Kussakin metsikössä laskettiin mainituille puuston osille kuutiokasvusadannes aiemmin esitetyllä tavalla. Näiden kuutiokasvusadannesten suhteet kuvasivat tietenkin samalla myös ko. metsikön osien kuutiokasvujen suhteita. Nyt voitiin laskea, montako sadannesta suurempi tai pienempi ohuemmän puuston kuutiokasvu oli verrattuna paksumman puuston kuutiokasvuun sekä edelleen metsätyypeittäin ja käsittelyluokittain näin saatujen sadanneslukujen keskiarvot. Ne nähdään taulukosta 20.

Kaikki mainitussa taulukossa esitetyt sadannesluvut ovat plus-merkkiä, joten ohuemmän puuston kuutiokasvu on ollut kaikissa koelaryhmissä keskimäärin suurempi kuin paksumman. Suhteellisesti pienin (3—6 %) ero on runsaskuutioisimmissa,  $A_1$ -metsiköissä, joissa vallitseva puusto muihin verrattuna on jotakuinkin tasatiheänä jäljellä. Metsikön iällä ei näytä ko. suhteessa olevan mainittavaa vaikutusta, koska ainoan poikkeuksen yleisestä säännöstä muodostavat muutamat puolukkatyyppien nuorimmat metsiköt, jotka tosin eivät erikseen näy taulukosta, mutta joissa ohuemmän puuston kasvu on ollut keskimäärin pienempi kuin pak-



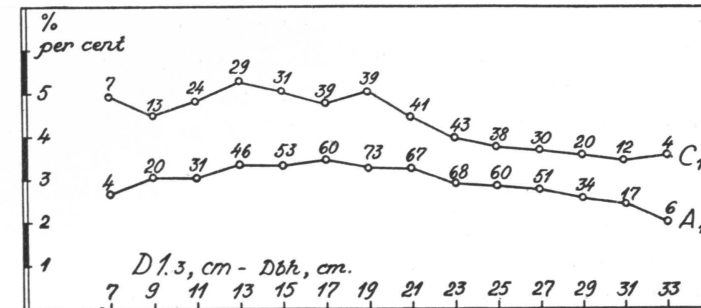
summan. Mitä voimakkaammin metsikköä käsitellään, sitä voimakkaampaa näyttää olevan ohuemman puuston kasvu suhteellisesti. Niinpä  $C_1$ -metsiköissä tämän puuston kasvu on keskimäärin 12–18 % suurempi kuin läpimitaltaan suuremman puuston kasvu.

Kun taulukon 20 perusteella paksumman ja ohuemman puuston kuutiokasvun suhteen voidaan siis päätellä olevan riippuvainen metsikön tiheydestä, laskettiin vielä tämän sekä mainitun suhteen korrelaatiokerroin. Tiheyden mittana käytettiin metsikön pohjapinta-alan suhdetta mm. kuvasta 12 (s. 70) näkyvään  $A_1$ -metsiköiden tasoitettuun pohjapinta-alaan. Korrelaatiokertoimeksi saatiin koko aineiston, 190 koealan, perusteella  $-0.355 \pm 0.063$ . Kun aineiston laajuus sekä korrelaatiokertoimen suuruus keskivirheeseensä verrattuna otetaan huomioon, voitaneen riippuvaisuutta katsoa esiintyvän (vrt. esim. Exner 1913; Koller 1943, ss. 48–51). Tiheyden lisääntyessä näyttää siis ohuemman puuston kasvu verrattuna paksumman puuston kasvuun heikkenevän. Tämä johtuu siitä, että tiheässä metsikössä kooltaan suurempi puusto hidastaa kooltaan pienemmän puuston kasvua suhteellisesti enemmän kuin harvassa. Ylitiheissä, luonnonnormaaleissa männiköissä ohuemman puuston kuutiokasvu saattaa olla ehkä tuntuvastikin pienempi kuin paksumman. Siihen viittaavat myös edellä mainitut, verraten tiheet puolukkatyyppin nuorimmat metsiköt. Sanottuun ilmiöön yhteydessä on varsinkin luonnonnormaaleille, mutta myös esim. alaharvennuksilla käsitellyille männiköille (vrt. Nyysönen 1950) ominainen puiden siirtyminen iän lisääntyessä alempiin latvuserroksiin ja etupäässä niistä käsin tapahtuva itseharveneminen.

Edellä suoritetun tarkastelun perusteella voidaan myös päätellä, että metsiköissä suoritetut hakkaukset merkitsevät yleensä aina suhteellisesti enemmän kooltaan pienemmän kuin kooltaan suuremman puuston kuutiokasvulle.

Huomattakoon tässä yhteydessä, että mitä ohuempaan puustoon kuutiokasvu keskittyy, sitä epäedullisemmin metsikön arvon kehittyminen tapahtuu. Tässä mielessä  $A_1$ -metsiköt siis ovat suhteellisesti edullisemmassa asemassa kuin  $C_1$ -metsiköt.

Kuvassa 20 valaistaan edelleen kuutiokasvun jakaantumista eri paksuusluokkien puihin. Runkolukusarjan laajuuden suhteen jokseenkin yhtäläisistä, 60–100 v:n ikäisistä puolukkatyyppin männiköistä koottiin aluksi koepuiden kuutiokasvusadannekset läpimittaluokittain. Tarkoitukseen sopivia koepuita saatiin 22:sta  $A_1$ -metsiköstä 590 kpl sekä 14:stä  $C_1$ -metsiköstä 370 kpl. Mainituista kasvusadanneksista lasketut keskiarvot näkyvät kuvasta, jossa kunkin läpimittaluokan kohdalla olevat numerot osoittavat, kuinka monen puun perusteella lasketusta keskiarvosta on kysymys.



Kuva 20. Kuutiokasvusadannekset läpimittaluokittain toistuvasti harvennetuissa ja toistuvasti harsituissa metsiköissä.

Figure 20. Volume increment percentages by diameter classes in repeatedly thinned stands and in stands subjected to prolonged selection cuttings.

Läpimittaluokittaiset kuutiokasvusadannekset  $C_1$ -metsiköissä ovat siis keskimäärin suurempia kuin  $A_1$ -metsiköissä. Tärkeämpää kuin eri tavoilla käsiteltyjen metsiköiden kasvusadanneksten vertailu on kuitenkin tässä yhteydessä eri kokoisten puiden tarkastelu. Näyttää ilmeiseltä, että mainituista erilaisista käsittelytavoista riippumatta kuutiokasvu on suhteellisesti voimakkainta runkolukusarjan keskiluokissa. Mainittakoon, että ko. keskiluokkien verraten voimakkaan suhteellisen kasvun ovat jo aiemmin todenneet mm. Hagberg (1938, ss. 461–464), Eide ja Langsaeter (1941; vrt. Langsaeter 1941, s. 154) sekä Lihtonen (1943, s. 95).

Edellä (s. 120) on jo viitattu niihin syihin, jotka aiheuttavat metsikön suurimpien ja pienimpien puiden muita heikomman suhteellisen kuutiokasvun. Edellisten osalta lienee otettava yhtenä syynä huomioon myös se, että niiden assimilaatiosta menee verraten suuri osa elintoimintojen ylläpitämiseen niin, että assimiloivan neulasmassan suhde kuutiokasvuun vähitellen laskee (Wiedemann 1950, s. 112). Toisaalta sikäli kuin säännönmukaisissa, yleensä kooltaan suurinta puustoa suosivissa harvennushakkauksissa jätetään jäljelle pienikokoisia puita, ne joudutaan jättämään etupäässä aukkoihin ja yleensä sellaisiin kohtiin, joissa niiden kasvumahdollisuudet ovat verraten hyvät.

Aiemmin (s. 39) on myös mainittu, että joissakin metsiköissä on havaittu pieniä ikäeroja suurempien ja pienempien puiden välillä. Silloin kun jälkimmäiset ovat edellisiä nuorempia, ovat edellä ilmi käyneet piirteet kasvun jakaantumisessa luonnollisia: alussa ikänsä vuoksi jälkeen jääneet puuyksilöt käyttävät tilaisuutta hyväksensä sopivan ajankohdan



koitettua. Vaikka luontaisesti syntyneissä männiköissä pieniä ikäeroja on pidettävä hyvin tavallisina, ei niillä liene tuntuvaa vaikutusta nyt kysymyksessä olevassa suhteessa. Täytynee katsoa, että puun jostain muusta syystä, esim. edullisesti sattuneen kasvukohdan ansiosta, kehityksensä alkutaipaleella naapureihinsa verrattuna saavuttama etumatka on tiennyt sille yleensä hyviä mahdollisuuksia selvittää myöhemmässä puuyksilöiden keskinäisessä kilpailussa.

Tutkimusmetsiköissä ei suoritettu ns. koeleimauksia tiettyjen periaatteiden mukaan. Niin ollen ei saada suoraa vastausta kysymykseen, miten suuria ovat eri tapauksissa jäljelle jäävän sekä poistettavan puuston suhteelliset kuutiokasvut. Mainittua kysymystä on kuitenkin lyhyesti tarkasteltava.

Y. Ilvessalo (1942, ss. 215—216) on laskenut II:n valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä ns. metsänhoidollisen hakkuumäärän sekä sen kasvun. Viimeksi mainitun laskennassa hän on kasvu- ja tuottotaulukoiden sekä muiden tutkimusten perusteella käyttänyt  $\frac{3}{4}$  vastaavista keskimääräisistä kuutiokasvusadanneksista. Tällöin on mm. se otettu huomioon, että hakattaviksi arvioidut metsiköt ovat olleet jonkin verran metsien keski-ikää vanhempia, vaikkakaan ero ei ole varsin suuri. Kun kuutiokasvusadannes yleensä pienenee metsikön iän lisääntyessä, on sanotun suuntainen korjaus jo tästä syystä perusteltua (vrt. Längsäter 1944, s. 134).

Myös kasvatushakkauksilla käsiteltävän metsikön puitteissa poistuman suhteellinen kasvu on yleensä pienempi kuin jäljelle jäävän puuston (Lihtonen 1943, ss. 88—95; Petrini 1948, s. 107; 1949, s. 1). Niinpä Lihtonen on suorittanut koeleimauksia erilaisiin metsikköihin sijoitetuilla koealoilla noudattaen metsänhoidollisia näkökohtia. Hakkaukset ovat olleet luonteeltaan erilaisia: ala- ja yläharvennuksia sekä varsinaisia harvennus- ja väljennyshakkauksia. Poistuman kuutiokasvusadannes on eri tapauksissa ollut 56—93 % koko metsikön kasvusadanneksesta. Suurimpia erot ovat olleet luonnontilaisissa tai niissä metsiköissä, joissa aiemmasta hakkauksesta oli kulunut pitkä aika. »Tällaisissa metsiköissä harvennus tulee olemaan lähinnä surkastuneiden yksilöiden ja tungoksessa kasvavien puiden poistamista.»

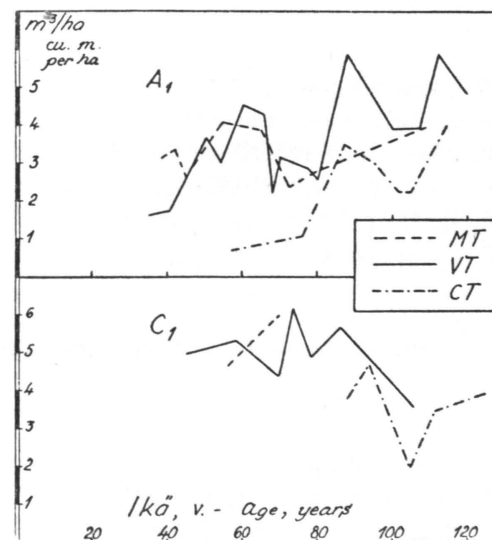
Metsikön kuutiokasvun jakaantumista koskeneen, edellä suoritettun tarkastelun perusteella voisi mahdollisesti pitää todennäköisenä, että poistuman kasvusadannekset hoidetuissa metsiköissä muodostuvat tämän aineiston perusteella Lihtosen esittämiä suuremmiksi. Toisaalta kuitenkin on huomattava, että tarkastelu on tapahtunut keskiarvolukujen perusteella. Kun kasvu vaihtelee hyvin tuntuvasti puuyksilöstä toiseen,

voidaan oikein suoritetuilla hakkauksilla metsikön suhteellista kasvua välittömästi kohottaa. Hyväkasvuisia yksilöitä on kaikenkokoisten puiden joukossa, ja ratkaiseva merkitys lienee puun asemalla metsikössä. Vapaa tila merkitsee yleensä edullisia olosuhteita ja puun koosta riippumatta suurta suhteellista kasvua (Lihtonen mt., s. 95).

### Kuutiopoistuma

Tutkimusmetsiköissä suoritettuun kantojen lukuun nojautuen on laskettu viime 10-vuotiskautena poistettujen puiden kuutiomäärä. Edellä jo on sitä tai osassa tutkimusmetsiköitä viime 5-vuotiskauden poistumaa käytetty hyväksi kuutiomäärän ja kuutiokasvun selvittelyssä. Seuraavassa otetaan poistuma erikseen tarkasteltavaksi. Kuitenkin on syytä huomauttaa, että tässä yhteydessä käsitellään vain kannoista laskettua poistumaa sellaisenaan. Esim. toistuvasti harvennetuissa metsiköissä näin saatu poistuma ei ole välittömästi sen näiden metsiköiden kehityskulun mukainen, joka esitetään seuraavassa luvussa.

Kuvasta 21 saadaan käsitys kantojen perusteella lasketusta keskimääräisestä vuotuisesta kuutiopoistumasta kuorineen. Kuvasta näkyvien murtoviivojen piirtämiseksi laskettiin aluksi kunkin tutkimusmetsikön



Kuva 21. Keskimääräinen vuotuinen kuutiopoistuma (kuorineen) kantojen perusteella laskettuna.

Figure 21. Mean annual removal (incl. bark) calculated from stumps.

poistuma viime 10-vuotiskautena. Jos hakkauksia oli vain yksi, sijoitettiin hakkuumäärä 10:llä jaettuna akselistoon metsikön silloisen iän osoittamalle kohdalle. Milloin taas hakkuupoistuma oli ryhmitetty 2 eräksi, sijoitettiin poistuman määrä akselistoon sille kohdalle, minkä on katsottu keskivuotena parhaiten edustavan koko poistuman ajankohtaa. Niinpä jos mittaushetkellä esim. 67-vuotiaasta metsiköstä on laskettu 61 v:n iällä poistetun  $30 \text{ m}^3$  ja 65 v:n iällä  $10 \text{ m}^3$ , on viime 10-vuotiskauden keskimääräiseksi vuotuiseksi poistumaksi saatu  $4 \text{ m}^3$  sijoitettu 62 v:n kohdalle. Jos taas poistumaa ei ollut lainkaan, asetettiin merkintä 0-viivalle sille kohdalle, johon tultiin vähentämällä metsikön mittaushetken iästä 5 v. Näin saaduille tuloksille laskettiin 3 pisteen osakeskiarvot, ja peräkkäiset osakeskiarvot yhdistämällä saatiin kuvassa 21 näkyvät murtoviivat. Käyräviivaiseen tasoitukseen ei voitu mennä, koska näyttää olevan niin, että hakkaukset eivät verraten hyvinkään käsitellyissä talousmetsissä salli tasoitusta esim. kuutiokasvua vastaavaan tapaan. Vaihtelua ko. suhteessa saatua aiheutua monista syistä, kuten puutavaran kuljetus- ja menekkiolojen muutoksista, erilaisista subjektiivisista näkökohdista jne.

Toistuvasti harvennetuissa metsiköissä poistuma on ollut mustikkatyypillä keskimäärin vuotta kohden  $3\text{--}4 \text{ m}^3$ . Puolukkatyypillä poistuma on n. 80 v:n iälle saakka suunnilleen samansuuruinen sekä sen jälkeen  $4\text{--}5 \text{ m}^3$ :n tienoilla. Nuorimmissa kanervatyypin männiköissä hakkuumäärä on ollut keskimäärin vuotta kohden n.  $1 \text{ m}^3$ , mutta n. 80 v:n iältä alkaen n.  $3 \text{ m}^3$ .

Toistuvasti harsituista metsiköistä on mustikka- ja puolukkatyypeillä poistettu keskimäärin vuotta kohden n.  $5 \text{ m}^3$  sekä kanervatyypillä vastaavasti likimain  $3.5 \text{ m}^3$ . Kun näitä määriä verrataan  $A_1$ -metsiköistä poistettuihin puumääriin, havaitaan tutkimusaineiston pääpiirteissään kuvastavan luonnollista suhdetta: poistuma on nuorehkolla iällä  $C_1$ -metsiköissä, vanhemmalla iällä  $A_1$ -metsiköissä suurempi.

### Kuutiomäärän, -kasvun ja -poistuman synteesi

#### Laadintatapa

Edellä on tarkasteltu toistuvasti harvennettujen ja toistuvasti harsitujen männiköiden kuutiomäärää, -kasvua ja -poistumaa kutakin erikseen. Niiden perusteella on teoreettisesti mahdollista laatia sanottujen metsiköiden kuutiokehitystä valaisevat rakennelmat. Seuraavassa tämä suoritetaan  $A_1$ -metsiköiden osalta, minkä lisäksi koetetaan saada suuri-  
piirteinen käsitys myös  $C_1$ -metsiköistä puolukkatyypin koealojen nojalla.

Vm. metsiköiden vaihtelevuus ja niukkuus aineistossa asettavat näet tietyt rajoituksensa nyt kysymyksessä olevassa mielessä.

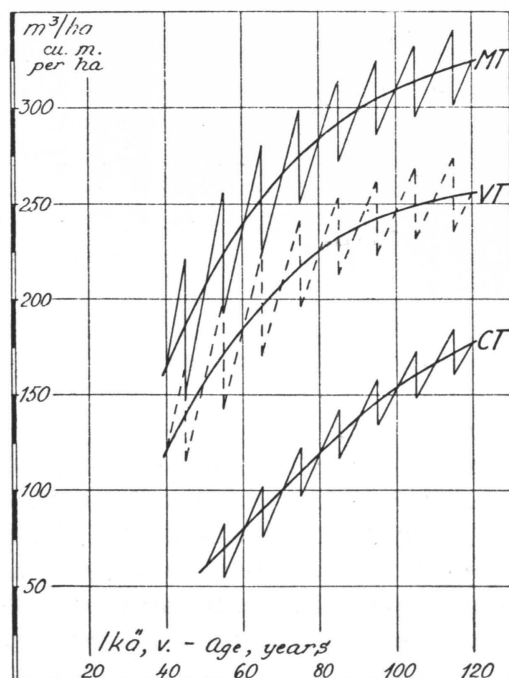
Jos koealametsiköiden käsittely olisi ollut hyvin säännöllistä, olisi kuutiokehitystä koskevien rakennelmien laadinta toteutettavissa ehkä sellaisenaan äsken mainittujen kolmen tunnuksen avulla. Kun niin ei kuitenkaan ole ollut ja kun lisäksi poistumien määrittämisaajan lyhyys sekä niiden laskentaan liittyvät mahdolliset virheellisuudet ovat haittana, täytyy perussuureiksi valita suhteellisen luotettavasti selvitetty kuutiomäärä ja kuutiokasvu. Kuutiopoistuma taas voidaan johtaa näiden suureiden avulla. Mainittakoon, että jo aiemmin ovat vastaavanlaista tapaa poistumien laskennassa soveltaneet mm. Hagberg (1938, s. 482) ja Vanselow (1951 a, s. 414).

Toistuvasti harvennettujen metsiköiden kuutiokehitystä koskeva konstruktio laadittiin sitä silmällä pitäen, että hakkaukset tapahtuvat metsikön iän jokaisen viiteen päättyvän vuosiluvun kohdalla, siis 10 v:n väliajoin. Tarkoituksen mukaisten hakkausten väliajat tietenkin todellisuudessa vaihtelevat mm. metsikön iästä ja metsätyypistä riippuen, mutta laskelmien yksinkertaistamiseksi käytettiin 10 v:n väliaikoja. Muuten oli menettelytapa kokonaisuudessaan seuraava.

$A_1$ -metsiköiden keskimääräisen kuorellisen kuutiomäärän sekä kuorisadanneksen perusteella piirrettiin metsätyypeittäin kuoretonta kuutiomäärää kuvaavat käyrät akselistoihin, joissa abskissalla oli metsikön ikä ja ordinaatalla kuutiomäärä. Kun tiedettiin, että kuutiokasvu kuoretta oli esim. mustikkatyypillä 45 ja 55 ikävuoden välisenä 10-vuotiskautena  $93 \text{ m}^3$ , lisättiin 50 v:n iällä metsikössä olleeseen kuorettomaan kuutiomäärään,  $175 \text{ m}^3$ , puolet mainitusta kasvusta, siis  $47 \text{ m}^3$ . Näin saatua  $222 \text{ m}^3$ :iä osoittava merkki sijoitettiin 55 v:n kohdalle.  $175 \text{ m}^3$ :stä  $46 \text{ m}^3$  vähentämällä saatua  $129 \text{ m}^3$ :iä osoittava merkki asetettiin 45 v:n kohdalle. 60 v:n iällä kuutiomäärä on  $207 \text{ m}^3$ . Edellistä vastaavilla perusteilla siihen  $38 \text{ m}^3$  lisäämällä saatu  $245 \text{ m}^3$  merkittiin 65 v:n kohdalle sekä samasta  $207 \text{ m}^3$ :stä  $38 \text{ m}^3$  vähentämällä saatu  $169 \text{ m}^3$  sijoitettiin 55 v:n kohdalle. Vastaavasti meneteltiin muiden 10-vuotiskausien ja metsätyyppien suhteen.

Juuri selostettua menettelyä soveltaen saatiin siis metsikön iän kunkin viiteen päättyvän vuosiluvun kohdalle kaksi uutta lukuarvoa, mustikka- ja puolukkatyypeillä 45—115 v:n sekä kanervatyypillä 55—115 v:n ajalle. Sanottujen kahden kuutiomäärän erotuksena saatiin nyt tietää metsikön kuutiopoistuma kuoretta. Sellaiseksi tuli esim. mustikkatyypillä 55 v:n iällä edellä selostetun mukaisesti  $222 - 169 = 53 \text{ m}^3$ . Sen jälkeen poistumat muunnettiin kuorellisiksi käyttämällä 3. latvuserroksen puuston keskimääräisiä kuorisadanneksia. Niiden käyttö lienee perusteltua sen takia, että harvennushakkauksissa on poistettu johdonmukaisesti etupäässä suhteellisen runsaskuorista pientä puustoa, niin kuin esim. jäljempänä kuutiomääräsarjoja tarkasteltaessa nähdään. Kuitenkin näyttää siltä, että poistuman kuorisadannes näin on tullut mieluummin liian suureksi kuin pieneksi.

$C_1$ -metsiköitä koskevia suhteellisen yksinkertaisia laskelmia selostetaan jäljempänä.



Kuva 22. Toistuvasti harvennettujen metsiköiden kuutiokehitys (kuorineen).

Figure 22. Development of volume (incl. bark) in repeatedly thinned stands.

#### Tulosten tarkastelua

Kuvassa 22 havainnollistetaan kaavamaisesti keskimääräistä kuutiokehitystä toistuvasti harvennetuissa metsiköissä. Kuorellisen kuutiomäärän keskitasoa edustavan käyrän ohella näkyy kuvasta vastaava kuutiomäärän kehitys silloin, kun hakkuupoistuman ajatellaan tapahtuvan 10 v:n väliajoin. Jo kuvasta saadaan käsitys kuutiopoistuman absoluuttisesta ja suhteellisesta suuruudesta eri ajankohtina ja eri metsätyypeillä, mutta helpommin tämä käy ilmi taulukosta 21. Puolukkatyyppin osalta näitä lukuja tarkastellaan yksityiskohtaisemmin vielä seuraavassa luvussa.

Niin kuin taulukosta voidaan havaita, johtaisi harvennushakkausten suorittaminen 10 v:n väliajoin näissä metsikkösarjoissa nuorehkolla iällä suhteellisen voimakkaisiin hakkauksiin verrattuna vanhemmissa metsiköissä suoritettaviin toimenpiteisiin. Näyttääkin ilmeiseltä, että mainittujen väliaikojen soveltaminen nuorehkoissa metsiköissä ei kävisi päinsä.

Taulukko 21. Kuutiopoistuma (kuorineen) toistuvasti harvennetuissa metsiköissä.

Table 21. Volume removal (incl. bark) of repeatedly thinned stands.

| Metsätyyppi<br>Forest site type | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years                               |    |    |    |    |    |     |     |
|---------------------------------|--|----|----|----|----|----|-----|-----|
|                                 | 45   | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 |
|                                 | Poistuma, m³/ha — Removal, cu. m. per ha                                 |    |    |    |    |    |     |     |
| MT                              | 73   | 64 | 54 | 48 | 44 | 40 | 38  | 38  |
| VT                              | 51   | 58 | 55 | 46 | 41 | 40 | 39  | 40  |
| CT                              | —  | 28 | 27 | 26 | 26 | 25 | 25  | 24  |
|                                 | Poistuma, % metsikön kuutiomäärästä<br>Removal, per cent of stand volume |    |    |    |    |    |     |     |
|                                 | 45   | 55 | 65 | 75 | 85 | 95 | 105 | 115 |
|                                 |  |    |    |    |    |    |     |     |
| MT                              | 33   | 25 | 19 | 16 | 14 | 12 | 11  | 11  |
| VT                              | 31   | 29 | 25 | 19 | 16 | 15 | 15  | 15  |
| CT                              | —  | 34 | 27 | 21 | 18 | 16 | 15  | 13  |

Varmaankaan kaikki puuyksilöt eivät pysyisi elossa näissä kovin tiheiksi kehittyvissä metsiköissä, joten osa poistumasta jouduttaisiin korjaamaan pystyyn kuivuneina, koska latvusto mm. voimakkaan pituuskasvun seurauksena sulkeutuu nuorella iällä suhteellisen nopeasti (vrt. Wilson 1951).

Kysymyksessä olevista konstruktoista saadaan käsitys myös siitä, miten pitkiksi hakkausten väliajat muodostuisivat A<sub>1</sub>-metsiköissä, jos kusakin hakkauksessa poistettaisiin esim. 20 % metsikön kuutiomäärästä. Seuraavan aselman luvut osoittavat näiden väliaikojen pituuksia. Mustikkatyyppillä on ensimmäisen hakkauksen ajateltu tapahtuvan 40 v:n iällä ja viimeisen 118 v:n iällä. Vastaavat ikäluvut ovat puolukkatyyppillä 40 ja 116 v. sekä kanervatyyppillä 50 ja 115 v. Todellisuudessa hakkaukset aloitetaan tietenkin jo ensiksi mainittuja ikälukuja varhemmin — sitä edellyttävät myös nyt kysymyksessä olevat kehityssarjat —, mutta tarkastelu rajoitetaan jälleen vain tässä tutkimuksessa käsiteltävään ikäkauteen.

|    |   |   |   |    |    |    |    |      |
|----|---|---|---|----|----|----|----|------|
| MT | 6 | 6 | 8 | 10 | 14 | 16 | 18 | v.   |
| VT | 6 | 6 | 7 | 8  | 9  | 12 | 14 | 14 » |
| CT | 5 | 6 | 7 | 9  | 11 | 12 | 15 | »    |

Asetelman lukuja tarkasteltaessa kiinnittää huomiota harvennusvälin voimakas suureneminen metsikön iän lisääntyessä. Myöskin havaitaan, että suhteellisesti yhtä voimakkaita harvennuksia käytettäessä eivät har-



vennukset näissä sarjoissa näytä karuilla metsätyypeillä muodostuvan ainakaan pitemmiksi kuin rehevillä; metsätyyppien väliset kuutiomäärien erot ovat siis suhteellisesti ainakin niin suuria kuin vastaavat kuutiokasvujen erot. Kun talousmetsien käsittelyssä on myös harvennustien väliajat absoluuttinen suuruus otettava huomioon, tulevat harvennusten väliajat kuitenkin todellisuudessa karuilla metsätyypeillä pitemmiksi kuin rehevillä.

Siirtyminen metsikön uudistamiseen tapahtuu käytännössä ainakin paremmilla metsätyypeillä yleensä jo huomattavastikin ennen tässä raja-kohtana olevaa 120 v:n ikää. Hoidetun talousmetsikön kuutiomäärän kehitys poikkeaa siis nyt esitetyistä  $A_1$ -metsiköiden sarjoista siihen suuntaan, mikä käy ilmi esim. Petersonin (1951) laatimista tuotto-aulukoista. Mainitut taulukot näet on konstruoitu siten, että metsikön kuutiomäärästä ajatellaan tasapitkin väliajoin poistettavaksi kutakuinkin yhtä monta sadannesta. Kun myöhemmällä iällä suhteellinen kasvu alkaa vähentyä, seuraa sitä myös metsikön kuutiomäärän pieneneminen. Tämä vaihe vastaa männikössä suoritettavien voimakkaiden väljennysjaksojen ja ns. tukkipuuasennon kautta tapahtuvaa siirtymistä siemenpuuasentoon.

Taulukon 21 sekä kuvan 21 (s. 125) perusteella voidaan verrata keskenään kahta tietä suoritettujen kuutiopoistumaa koskevien laskelmien tuloksia  $A_1$ -metsiköissä. Kannoista laskettujen hakkuumäärien havaitaan olevan nuoremmista tutkimusmetsiköissä keskimäärin pienempiä ja vanhemmissa yleensä vähintään samansuuruisia kuin kuutiomäärän ja -kasvun avulla laskettujen. Tähän saattaa ainakin rehevimmällä metsätyypillä, nimittäin mustikkatyypillä, olla syynä se, ettei kaikkia viime 10-vuotiskauden kantoja ole kyetty löytämään ja mittaamaan. Mutta näyttää myös siltä, että nuorempia metsiköitä on säästetty viime 10-vuotiskautena suhteellisesti enemmän kuin vanhempia. Sen sijaan nuoremmat metsiköt eivät liene metsätyypiltään keskimääräistä parempia, niin kuin mm. näiden metsiköiden sekä luonnonnormaalien metsiköiden valtapituuden vertailu on osoittanut.

Aiemmin on käynyt ilmi, että kuutiomäärää ja kuutiokasvua käsiteltäessä on käytetty viime 10- tai 5-vuotiskauden keskiarvoa. Kun äsken sanotun mukaisesti kannoista laskettu poistuma viime 10-vuotiskautena  $A_1$ -metsiköissä on nuorella iällä pienempi kuin näiden metsiköiden todellinen kehityskulku ilmeisesti edellyttää, olisi pelkän mittaushetken puuston perusteella tasoitettuna esim. kuutiomäärä tullut nyt saatua suuremmaksi. Vastaavasti olisi vm. tavalla ainakin puolukkatyyppien vanhimpien metsiköiden kuutiomäärä jäänyt vähän pienemmäksi.

Juuri mainitun ilmiön vaikutusta on pyritty ottamaan huomioon niitä

tunnuksia käsiteltäessä, joiden laskenta on ollut perustettava tutkimusmetsiköissä mittaushetkellä vallinneeseen tilanteeseen (vrt. esim. s. 70). Esim. tutkimuksessa sovelletut keskiläpimitan ja -pituuden laskentatavat taas vaikuttanevat osaltaan siihen, että näiden tunnusten lukuarvot vastaavat verraten tarkoin samaa kehityksen kulkua, jota myös kuutiomäärätiedot edustavat.

Niin kuin aiemmin mainittiin, on toistuvasti harsittujen metsiköiden tarkastelu rajoitettava nyt ko. suhteessa runsaimmin näitä metsiköitä käsittelevää metsätyypistä, nimittäin puolukkatyyppiä koskevaksi. Niin epätasaista kuin sanottujen metsiköiden kuutiomäärän kehitystä esittävän murtoviivan kulku sivulla 102 esitetyssä kuvassa 17 onkin, näyttää siltä, ettei sanotulla tunnuksella ole mitään selvää nousu- tai laskusuuntaa metsikön iän lisääntyessä. Hakkuumäärä siis on ollut jokseenkin sama kuin metsikön kuutiokasvu. Kuvasta 18 (s. 111) voidaan niin ollen laskea, että  $C_1$ -metsiköiden kuutiotuotto ja kuutiopoistuma ovat puolukkatyyppillä ikävuosien 50—100 välillä n. 180 m<sup>3</sup>/ha kuoretta.  $A_1$ -metsiköissä taas kuutiotuotto tänä aikana on n. 280 m<sup>3</sup>/ha sekä kuutiopoistuma jonkin verran suurempi kuin  $C_1$ -metsiköissä eli n. 200 m<sup>3</sup>/ha.

Edellä olevista luvuista käy ilmi muuan varsin mielenkiintoinen piirre  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköiden keskinäisistä suhteista. Metsikön kehityksen kannalta pitkänä ja erittäin tärkeänä ajanjaksona on näet edellisistä hakattu puuta määrältään enemmän kuin jälkimmäisistä. Mutta siitä huolimatta  $A_1$ -metsiköiden kuutiomäärä on jatkuvasti suurentunut, kun taas  $C_1$ -metsiköissä sitä on pidetty suurin piirtein samalla tasolla.

Näyttää siltä, että näihin käsittelyluokkiin kuuluvien metsiköiden kehityskulku on lähtenyt eri suuntiin jo 50 v:n iälle tultaessa. Ilmeisesti hakkuumäärät hehtaaria kohden eivät tällöin ole nousseet kovin huomattaviksi niissä metsiköissä, jotka nyt ovat  $C_1$ -metsiköiden käsittelyluokassa, vaikkakin hakkaukset tänä ylimenokautena ovat poikenneet olennaisesti  $A_1$ -metsiköiden hakkauksista sekä poistuman määrän että sen rakenteen suhteen. Kun harsinnat ovat toistuneet voimakkaina, on väistämättömänä seurauksena ollut vähäisempi kuutiotuotto; lähinnä puuston vähäisen kuutiomäärän johdosta kuutiokasvu on jäänyt  $A_1$ -metsiköiden kuutiokasvuun verrattuna pieneksi. Itse kuutiopoistumakin on jo 50—70 v:n iällä ollut viimeksi mainituissa samalla tasolla kuin  $C_1$ -metsiköissä.

Kohtalokas vaihe männikön kehityksessä näyttää siis olevan ensimmäisten hakkausten suorittaminen väärin. Vastaavasti K u u s e l a (1951, s. 58) on koivikoiden läpimittasuhteita tarkastellessaan todennut, että nämä metsiköt ovat n. 50 v:n vaiheilla ratkaisevimmissa iässänsä; kuitenkin 50 v. on verraten myöhäinen ikä käenkaali-mustikkatyypin ja myöskin

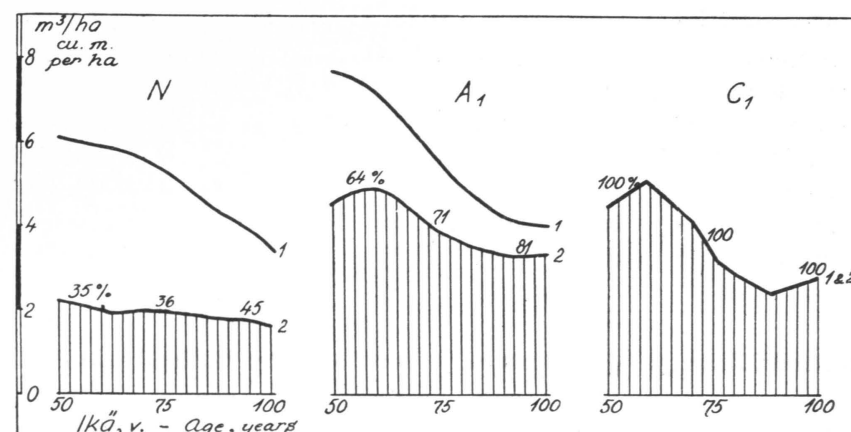


Taulukko 22. Ala- ja yläharvennuksissa poistetun puuston vertailua.  
Table 22. Comparison between removals by thinnings from below and removals by crown thinnings.

| Selitys<br>Explanation                         | Käsittelytapa<br>Method of treatment | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years |      |      |      |
|--|--------------------------------------|--|------|------|------|
|  |                                      | 30   | 36   | 43   | 48   |
| Poistettu, m <sup>3</sup> /ha<br>(kuorineen)   | Alaharvennus<br>Thinning from below  | 19   | 27   | 80   | 55   |
| Removed, cu. m. per ha (incl. bark)            | Yläharvennus<br>Crown thinning       | 28   | 40   | 81   | 52   |
| Poistettu, % met-<br>sikön kuutiomää-<br>rasta | Alaharvennus<br>Thinning from below  | 9  | 10   | 22   | 16   |
| Removed, per cent of<br>volume of the stand    | Yläharvennus<br>Crown thinning       | 13   | 14   | 23   | 16   |
| Poistuman keski-<br>läpimitta, cm              | Alaharvennus<br>Thinning from below  | 10.9                                       | 14.3 | 16.6 | 19.2 |
| Mean diameter of the<br>removal, cm.           | Yläharvennus<br>Crown thinning       | 14.8                                       | 19.2 | 17.8 | 18.1 |

mustikkatyyppin koivikolle. Jos sen sijaan tämän »kynnyksen» yli päästään pienentämättä puuston määrää liian vähäiseksi, voidaan siitä alkaen metsikön kuutiotuotosta huolehtivissa harvennushakkauksissa poistaa yleensä ainakin saman verran kuin niissä hakkauksissa, jotka estävät puuston luonnollisen kartuttamisen.

Periaatteeltaan edellä selostettua muistuttava ilmiö tulee näkyviin myös verrattaessa keskenään erilaisilla harvennushakkauksilla johdonmukaisesti käsiteltyjä metsiköitä. Poistettavat puumäärät ovat pääte-hakkauksia lukuun ottamatta olennaisesti erilaisia ehkä vain ensimmäisissä hakkauksissa, ts. sinä ylimenokautena, jona tietyn harvennustavan edellyttämä tila on saavutettu (vrt. W i e d e m a n n 1948 b, s. 211; 1950, s. 86). Samantapainen ilmiö on havaittavissa myös poistuman läpimittasuhteisiin nähden. Hyvin selvässä muodossa ko. asiaa valaisemaan on taulukkoon 22 otettu tietoja erään käenkaali-oravanmarjatyyppin kuusikossa sijaitsevan Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealaparin poistumasta. Yhtä osaa on käsitelty vahvoilla alaharvennuksilla ja toista vahvoilla yläharvennuksilla. Sekä poistuman määrissä että läpimittasuhteissa on siis



Kuva 23. Vuotuisen juoksevan kuutiokasvun (1) ja -poistuman (2) suhde puolukkatyyppillä (kuoretta).

Figure 23. Relation between the current annual volume increment (1) and removal (2) excl. bark on Vaccinium site type.

aluksi eroja, mutta jo 48 v:n iällä ne ovat koealan molemmissa osissa jokseenkin yhtäläiset.

Mitä tulee erityisesti A<sub>1</sub>- ja C<sub>1</sub>-männiköiden poistuman järeyssuhteisiin edellä esitettyä karummilla metsätyypeillä, niin näyttää siltä, että tässä suhteessa A<sub>1</sub>-metsiköt tulevat C<sub>1</sub>-metsiköiden tasolle huomattavasti myöhemmällä iällä (vrt. seuraavaan lukuun).

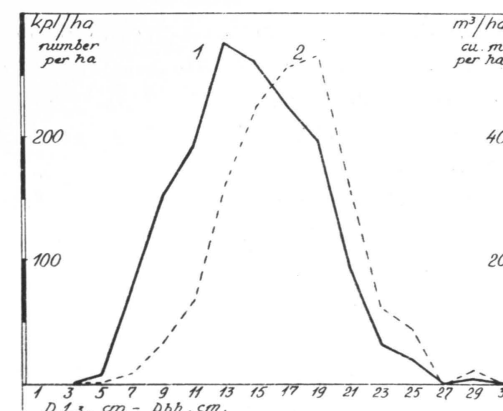
Verrattaessa keskenään puolukkatyyppin C<sub>1</sub>-metsiköiden kuutiopoistumaa toisaalta kuutiomäärän ja -kasvun perusteella hahmoiteltuna sekä toisaalta kannoista laskettuna, havaitaan jälkimmäisen olevan ikävuosien 50—100 välisenä aikana n. 215 m<sup>3</sup>/ha kuoretta ja edellisen, niin kuin aiemmin mainittiin, n. 180 m<sup>3</sup>/ha. Tutkimusmetsiköiksi on siis pyrkinyt tulemaan metsiköitä, joissa viime 10-vuotiskautena on toimitettu jossain määrin voimakkaampia harsintoja kuin C<sub>1</sub>-metsiköiden sarjassa tapahtuva kehityskulku edellyttää. Siitä huolimatta aineistoa on kuitenkin pidettävä tässä suhteessa verraten hyvänä. Niinpä näyttää mm. siltä, että vain mitaushetken puustoon perustuvien tunnusten (keskiläpimitta, keskipituus ym.) tarkastelu soveltuu myös näissä metsiköissä melko hyvin yhteen 10- tai 5-vuotisjaksojen nojalla suoritettujen kuutiomäärän ja -kasvun tarkastelun kanssa. Mainittakoon, että esim. S a r v a n (1944, ss. 97—98) koeala-aineistossa ilmenee keskittyminen tuoreiden harsintojen jäljille huomattavasti voimakkaampana.

Kuvassa 23 havainnollistetaan vielä N-, A<sub>1</sub>- ja C<sub>1</sub>-metsiköiden vuotuisen juoksevan kuutiokasvun ja kuutiopoistuman keskinäistä suhdetta puolukkatyyppillä 50—100 v:n iällä. A<sub>1</sub>-metsiköissä poistuma on suhteellisesti katsoen likimain kaksinkertainen N-metsiköiden poistumaan verrattuna, kun taas C<sub>1</sub>-metsiköistä on katsottu poistuvan koko kuutiokasvua vastaavan määrän, niin kuin jo aiemmin on käynyt ilmi. Niin N- kuin A<sub>1</sub>-metsiköissä poistuman suhteellinen määrä kasvuun verrattuna lisääntyy metsikön iän kasvaessa.

### Kuutiomäärän ja -poistuman jakaantuminen läpimittaluokkiin

Puuston järeysuhteiden tarkastelulla on tärkeä merkitys verrattaessa keskenään eri tavoilla käsiteltyjä metsiköitä. Osaltaan tätä merkitystä korostavat ne aiemmin suoritettujen tarkastelujen tulokset, ettei metsikön käsittelytavan erilaisuudella näytä tietyissä rajoissa olevan olennaista vaikutusta metsikön suhteelliseen kuutiotuottoon (vrt. ss. 118—119). Myöskään erot tutkimusmetsiköissä jäljellä olleen puuston teknillisessä laadussa eivät ole näyttäneet kovin tuntuilta (vrt. ss. 88—90). Niin ollen on kohdistettava tarpeellista huomiota siihen, miten eri käsittelytavat ovat vaikuttaneet puuston järeysuhteisiin. Tarkastelun kohteeksi on tällöin otettava sekä jäljellä oleva metsikkö että eri ajankohtina tapahtuva poistuma (vrt. B a a d e r 1934, s. 393; E t t e r 1952, s. 15). Vasta tämän tarkastelun jälkeen saavuttavat esim. kuutiokasvua koskeneet selvittelyt täyden merkityksensä (vrt. esim. B e l y e a 1947, s. 252). Vuosittain muodostuvilla kasvuvaipoilla ei näet sellaisinaan ole muusta puustosta irrallista arvoa, kuten jokainen kasvun kulkua tunteva tietää ja niin kuin S a a r i k i n (1940) korostaa.

Aiemmin (ss. 66—69) jo on tarkasteltu metsikön keskiläpimittaa, minkä lisäksi järeysuhteista on saatu käsitystä runkoluvun tarkastelun yhteydessä (vrt. ss. 61—64). Kuitenkin kuva tässä suhteessa on toistaiseksi yksipuolinen. Tämän vuoksi sitä on täydennettävä koskettelemalla vielä puuston jakaantumista rinnankorkeudelta otettuihin läpimittaluokkiin. Usein tätä seikkaa valaistaan ns. runkolukusarjoilla. Edellä on kuitenkin eri yhteyksissä korostettu runkoluvun heikkoutta nyt puheena olevien metsikkösarjojen tunnuksena, ja niinpä tarkastelu rajoitetaan tässä vain kuutiomäärää koskeväksi. Yleisesti käytettyä runkolukusarja-nimitystä vastaavasti sanotaan seuraavassa k u u t i o m ä ä r ä s a r j o k s i niitä lukusarjoja, jotka osoittavat tiettyjen kuutiomäärien jakaantumisen läpimittaluokkiin.



Kuva 24. Erään koealametsikön runkoluku- ja kuutiomääräsarjat 2 cm:n luokkavälein. (1=runkoluku, 2=kuutiomäärä.)

Figure 24. Stem and volume distribution series of a sample stand by 2 cm. class intervals. (1=number of stems, 2=volume.)

Runkoluku- ja kuutiomääräsarjojen keskinäisestä suhteesta on muistettava, että pienissä läpimittaluokissa samansuuruisesta runkoluvusta koostuu vähäisempi kuutiomäärä kuin suurissa läpimittaluokissa. Esimerkin tästä tarjoaa kuva 24, joka esittää erästä toistuvasti harvennettua, 53 v:n ikäistä puolukkatyyppin männikköä. Kuutiokasvun vastaava jakaantuminen muistuttaa suuresti kuutiomäärän jakaantumista, joskin kuutiomääräsarjojen keskivaiheilla olevien läpimittaluokkien osuus kuutiokasvusta on yleensä suhteellisesti suurempi kuin kuutiomäärästä (vrt. ss. 122—123).

### Kuutiomääräsarjojen laadintatapa

Eri koealametsiköiden kuutiomääräsarjat, samoin kuin niiden muutkin tunnuksat, poikkeavat myös samaan käsittelyluokkaan kuuluvissa, iältään ja metsätyypiltään yhtäläisissä tapauksissa usein huomattavan paljon. Yksityisten koealametsiköiden erillisellä tarkastelulla on siten suuret rajoituksensa, eikä sillä tavalla ole helppoa tehdä oikeita päätelmiä mm. erilaisten käsittelytapojen vaikutuksista. Sen takia on pyrittävä laatimaan tässäkin suhteessa keskimääräisiä sarjoja. Tietenkään ei täsmälleen näiden kaltaisia ole vaihtelevassa metsikköaineistossa, mutta juuri keskimääräisinä on myös näillä sarjoilla merkitystä, niin kuin Y. I l v e s s a l o (1920 a, s. 92) huomauttaa.

Keskimääräisten kuutiomääräsarjojen laadintamahdollisuuksia tarkasteltaessa tultiin siihen tulokseen, että sellaiset voidaan esittää vain puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuille metsiköille, joiden joukkoa voitiin pitää riittävän suurena ja yhtenäisenä ko. tarkoitukseen. Sarjojen laadinnassa ei katsottu voitavan välivaiheessakaan käyttää apuna runkoluku-sarjoja. Niin ollen jäi mahdollisuuksien ulkopuolelle mm. sen todennäköisyyslaskentaan perustuvan menetelmän soveltaminen, jota Y. Ilvessa lo (1920 a, 1920 b) Suomen eteläpuoliskon luonnonnormaalien metsiköiden kasvu- ja tuottotaulukoiden laadinnassa on pääasiassa Cajanusen (1914) mukaan käyttänyt ja jota Lönnroth (1925) on edelleen kehittänyt; samankaltaista menetelmää on myöhemmin sovellettu myös Pohjois-Amerikassa (esim. Meyer 1930).

Kuutiomääräsarjoja puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuille metsiköille laadittaessa käytettiin graafista menetelmää Miettisen (1932, s. 43) aiemmin soveltamaan tapaan. Periaatteeltaan samankaltaiselle pohjalle perustuvaa menetelmää on käyttänyt Y. Ilvessa lo (1937, ss. 49—53) Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden runkoluku- ja kuutiomääräsarjoja laskiessaan. Molemmat nämä menetelmät vaativat kaksi peräkkäistä tasoitusta. Tässä tutkimuksessa tehtiin ensiksi kullekin 2 cm:n läpimittaluokalle oma akselistonsa, jossa abskissalla oli metsikön ikä ja ordinaatalla kuutiomäärä kuorineen. Näihin akselistoihin kerättiin nyt ko. kuutiomäärät koealoittain sekä piirrettiin tasoituskäyrät. Sen jälkeen suoritettiin uudet tasoitukset, jolloin tarpeellisiksi katsotuille ikäasteille — viiteen päättyville vuosiluvuille ikävuosina 45—115 — laadittiin akselistot, joihin abskissalle otettiin  $D_{1.3}$ -luokat sekä ordinaatalle kuutiomäärät. Näihin uusiin akselistoihin saatiin edellä selostetuista läpimittaluokittain tasoitetuista akselistoista asianomaiset kuutiomäärät.

Poistuman kuutiomääräsarjojen laskemiseksi muunnettiin aluksi graafista menetelmää käyttäen (vrt. Lönnroth 1919, s. 53) kaikkien kysymykseen tulevien koealametsiköiden poistuman sarjat 2 cm:n luokkaväleille. Tämän jälkeen suoritettiin poistumalle samanlainen tasoitus kuin edellä on selostettu toimitetun jäljellä olevalle metsikölle.

Kuutiomäärän, -kasvun ja -poistuman synteessissä (vrt. s. 130) on todettu, että kantojen perusteella selvitetty poistuma on nuorenpuoleisissa puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuissa metsiköissä määrältään pienempi kuin se, joka saadaan kuutiomäärän ja -kasvun avulla ja joka käy ilmi mm. taulukosta 21. Niin ollen ei äsken selostetulla tavalla laadituista poistuman kuutiomääräsarjoista kerry läpimittaluokittain yhteenlaskemalla mainitussa taulukossa esitettyjä määriä 45—75 v:n iällä. Kannoista lasketun hakkuupoistuman pienuuden johdosta ovat myös mittaus-

hetken kuutiomääriin perustuvista kuutiomääräsarjoista lasketut eri läpimittaluokkien kuutiomäärien summat äsken mainitulla ikäkaudella suurempia kuin ne kuutiomäärät, jotka tasoitettuna käyvät ilmi mm. kuvasta 17 (s. 102) ja jotka perustuvat koealametsiköiden kuutiomäärien viime 10- tai 5-vuotisjakson keskiarvoihin. Luonnollista oli tietenkin sovittaa kuutiomääräsarjojen luvut yhteen mainittujen aiemmin esitettyjen tulosten kanssa. Sen takia n. 40—75 v:n ikäisten metsiköiden kohdalla suoritettiin äsken selostetulla tavalla saaduissa kuutiomääräsarjoissa korjauksia siten, että jäljellä olevan metsikön lukuja pienennettiin sekä poistuman lukuja suurennettiin. Edellistä suoritettaessa otettiin tällöin huomioon mm. se, että säännölliset harvennukset kohdistuvat lähinnä ohuimpaan puustoon, kun taas jälkimmäisessä tehtävässä pidettiin erityisesti mielessä sitä, että pienimpien puiden kannot häviävät yleensä nopeimmin pois mittauksen ulottuvilta.

Koska kannoista laskettu poistuma oli n. 85—120-vuotiaissa metsiköissä keskimäärin suurempi kuin kuutiomäärän ja -kasvun avulla johdettu, jouduttiin näiden metsiköiden sarjoissa suorittamaan edellä selostetulle päinvastainen korjaus. Lisäksi tietenkin verrattiin vierekkäisten ikälukujen sarjoja keskenään.

Tässä selostetulla menetelmällä on ennen muuta se ansio, että se perustuu myös poistuman osalta todellisia hakkauksia koskeviin mittauksiin. Siitä huolimatta erityisesti nuorimpia metsiköitä kuvaavat poistuman kuutiomääräsarjat ovat jossain määrin epävarmoja. Kuitenkin jo 45 v:n iällä tapahtuvaa poistumaa esittävä sarja antanee hyvän kuvan puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuista metsiköistä ikävuosien 40—50 välillä poistettavasta puustosta.

Houkutus tasoitettujen kuutiomääräsarjojen laadintaan myös toistuvasti harsituille metsiköille puolukkatyyppillä on hyvin suuri. Niin menetelmällä saavutettaisiin erittäin arvokkaita vertausmahdollisuuksia. Epäilemättä se olisikin jollain tavalla suoritettavissa, kun ottaa huomioon mainittuun kehityssarjaan kuuluvien koealametsiköiden lukumäärän. Lähempi tarkastelu kuitenkin osoitti ko. kehityssarjan olevan siinä määrin heterogeenisen, että tasoituksessa olisi jouduttu jopa hävittämään eräitä näille metsiköille olennaisia piirteitä. Sen takia katsottiin parhaaksi niiden osalta tyytyä joihinkin suuripiirteisiin keskilukuihin sekä esimerkkisarjoihin.

Taulukko 23. Kuutiomääräsarjoja (kuorineen) puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuista metsiköistä.  
Table 23. Volume distribution series (incl. bark) of repeatedly thinned stands on *Vaccinium* site type.

| Metsikön<br>ikä, v.<br>Age of the<br>stand, years     | D <sub>1-3</sub> , cm — Dbh, cm.   |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Yhteensä<br>m <sup>3</sup> /ha<br>Total<br>cu. m. per<br>ha |      |      |      |     |
|---|--|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|-----|
|   | Jäljellä oleva metsikkö, m <sup>3</sup> /ha — Surviving stand, cu. m. per ha |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |      |      |      |     |
|   | 5  | 7   | 9    | 11   | 13   | 15   | 17   | 19   | 21   | 23   | 25   | 27   | 29   | 31   | 33   |   | 35   | 37   | 39   | 41  |
| 40  | 1.5  | 9.1 | 19.9 | 26.6 | 26.3 | 20.0 | 11.0 | 3.2  | 0.4  |      |      |      |      |      |      |   |      |      |      | 118 |
| 50  |  | 3.0 | 10.3 | 20.4 | 27.5 | 29.3 | 26.2 | 19.5 | 12.7 | 6.1  | 2.0  |      |      |      |      |   |      |      |      | 157 |
| 60  |  | 0.4 | 3.2  | 8.9  | 18.3 | 26.8 | 30.6 | 30.5 | 26.0 | 19.9 | 12.6 | 6.0  | 1.8  |      |      |   |      |      |      | 185 |
| 70  |  |     | 0.6  | 3.2  | 8.2  | 16.1 | 25.5 | 31.9 | 33.7 | 31.3 | 25.7 | 17.8 | 10.0 | 4.0  |      |   |      |      |      | 208 |
| 80  |  |     |      | 0.6  | 2.1  | 7.0  | 14.9 | 24.3 | 32.4 | 36.0 | 35.8 | 30.9 | 21.7 | 12.2 | 5.3  | 1.8   |      |      |      | 225 |
| 90  |  |     |      |      | 0.5  | 3.1  | 7.9  | 16.0 | 25.1 | 33.5 | 37.1 | 36.9 | 32.0 | 22.2 | 13.2 | 5.9   | 2.4  | 1.3  |      | 237 |
| 100   |  |     |      |      |      |      |      |      | 1.1  | 3.8  | 9.8  | 18.4 | 27.5 | 34.8 | 37.9 | 36.6  | 29.7 | 20.8 | 12.9 | 245 |
| 110   |  |     |      |      |      |      |      |      | 2.0  | 5.7  |      | 12.7 | 21.0 | 29.1 | 36.0 | 38.4  | 35.5 | 27.7 | 19.1 | 251 |
| 120   |  |     |      |      |      |      |      |      | 0.6  | 2.5  |      | 7.7  | 15.5 | 23.8 | 31.2 | 37.2  | 38.3 | 32.9 | 25.0 | 255 |
| Poistuma, m <sup>3</sup> /ha — Removal, cu. m. per ha |  |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |   |      |      |      |     |
| 45  | 1.4  | 6.5 | 10.3 | 10.9 | 8.5  | 5.8  | 3.7  | 2.1  | 1.2  | 0.6  |      |      |      |      |      |   |      |      |      | 51  |
| 55  |  | 2.5 | 6.3  | 10.1 | 10.3 | 9.2  | 6.9  | 4.9  | 3.6  | 2.4  | 1.2  | 0.6  |      |      |      |   |      |      |      | 58  |
| 65  |  | 0.4 | 2.6  | 6.0  | 8.4  | 8.8  | 7.9  | 6.5  | 5.3  | 4.0  | 2.7  | 1.7  | 0.7  |      |      |   |      |      |      | 55  |
| 75  |  |     | 0.5  | 2.1  | 4.2  | 6.2  | 6.8  | 6.5  | 5.8  | 4.7  | 3.7  | 2.9  | 1.9  | 0.7  |      |   |      |      |      | 46  |
| 85  |  |     |      | 0.3  | 1.3  | 3.7  | 5.5  | 5.9  | 5.7  | 5.0  | 4.3  | 3.7  | 3.0  | 1.9  | 0.7  |   |      |      |      | 41  |
| 95  |  |     |      |      | 0.3  | 2.0  | 3.9  | 5.1  | 5.4  | 5.1  | 4.7  | 4.2  | 3.8  | 3.0  | 1.9  | 0.6   |      |      |      | 40  |
| 105   |  |     |      |      |      | 0.5  | 2.1  | 4.0  | 5.1  | 5.3  | 5.1  | 4.7  | 4.2  | 3.7  | 2.6  | 1.4   | 0.3  |      |      | 39  |
| 115   |  |     |      |      |      |      | 0.9  | 2.8  | 4.7  | 5.5  | 5.4  | 5.2  | 4.7  | 4.2  | 3.1  | 2.1   | 1.1  |      |      | 40  |

### Toistuvasti harvennetut metsiköt

Toistuvasti harvennettujen metsiköiden kehitystä puolukkatyyppillä esittää taulukko 23, josta nähdään sekä jäljellä olevan metsikön että poistuman kuutiomääräsarjat 10 v:n väliajoin. Aluksi voidaan kiinnittää huomiota edellisiin.

Kuutiomääräsarjoista käy ilmi mm. iän mukainen kehityksen rytmi kysymyksessä olevissa A<sub>1</sub>-metsiköissä. Siihen näyttää kuuluvan esim. se, että myös näissä metsiköissä iän lisääntyessä kuutiomääräsarja laajenee, joskaan ei samassa määrin kuin luonnonnormaaleissa metsiköissä (vrt. esim. Y. Ilvessalo 1937, s. 54; Mitscherlich 1939, s. 520). Syynä vm. eroavuuteen on tietenkin säännöllisten harvennushakkausten metsikön tasaisuutta myös tässä suhteessa lisäävä vaikutus.

Taulukon 23 luvut tarjoavat hyvän lähtökohdan A<sub>1</sub>- ja N-metsiköiden keskinäiseen vertailuun. Niinpä esim. laskettiin sanotusta taulukosta, miten suuri A<sub>1</sub>-metsiköissä oli eri ikäasteissa sellaisen puuston suhteellinen määrä, jonka läpimitta rinnankorkeudelta kuoren päältä oli: 1) vähintään 20 cm, 2) vähintään 28 cm. Vastaavat laskelmat suoritettiin N-männiköille (Y. Ilvessalo 1920 b, ss. 57—60). Kun A<sub>1</sub>-metsiköiden sadannesluvut koskevat kuorellista ja N-metsiköiden taas kuoretonta kuutiomäärää, muodostuu vertailu siltä osaltaan edellisille hiukan epäedulliseksi, koska kuorisadannes on suurin pienimpien läpimittaluokkien puissa. Tällä seikalla ei kuitenkaan ole mainittavaa käytännöllistä merkitystä. Kysymyksessä olevien laskelmien tulokset käyvät ilmi taulukosta 24.

Taulukko 24. Järeän puuston suhteellinen määrä puolukkatyyppillä.

Table 24. Large-sized trees as a percentage of stand volume on *Vaccinium* site type.

| D <sub>1-3</sub> , cm<br>Dbh, cm. | Käsittelyluokka<br>Treatment class                | Metsikön ikä, v. — Age of the stand, years            |    |    |     |     |
|-----------------------------------|---|---|----|----|-----|-----|
|                                   |   | 40  | 60 | 80 | 100 | 120 |
|                                   |   | % metsikön kuutiomäärästä<br>Per cent of stand volume |    |    |     |     |
| 20 +                              | A <sub>1</sub> -metsiköt<br>A <sub>1</sub> stands | —   | 36 | 78 | 94  | 99  |
|                                   | N-metsiköt<br>N stands                            | —   | 21 | 60 | 83  | 91  |
| 28 +                              | A <sub>1</sub> -metsiköt<br>A <sub>1</sub> stands | —   | 1  | 18 | 45  | 68  |
|                                   | N-metsiköt<br>N stands                            | —   | —  | 11 | 33  | 47  |



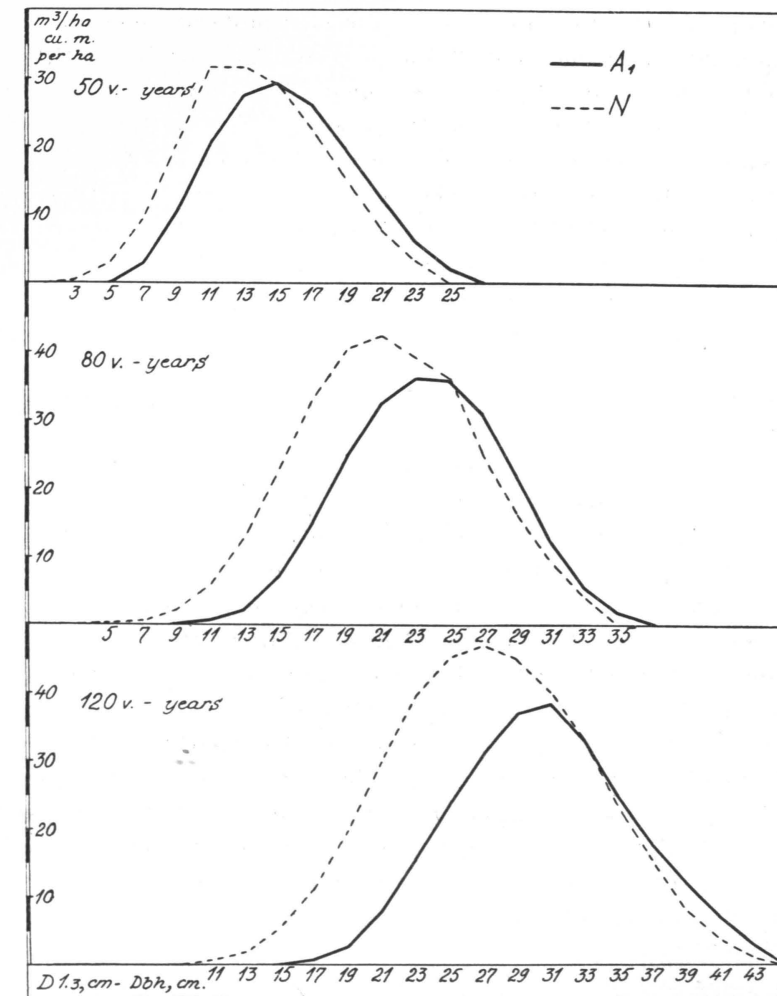
Taulukosta nähdään hyvin selvästi, että  $A_1$ -metsiköissä kuuluu kaikissa ikäasteissa suhteellisesti suurempi osa kuutiomäärästä järeisiin läpimittaluokkiin kuin N-metsiköissä. Niin ikään taulukosta voidaan saada käsitys siitä, millä iällä puiden siirtyminen tiettyjen läpimittaluokkien muodostamien »kynnysten» yli pääasiassa tapahtuu. Niinpä ainakin  $A_1$ -metsiköissä siirtyminen 20 cm:n järeämmälle puolelle tapahtuu etupäässä 40–80 ikävuoden välillä, kun taas siirtyminen 28 cm:n yli näyttää jatkuvan kutakuinkin tasaisena vielä 120 v:n iällä.

Edellä siis todettiin, että puusto on keskimäärin järeämpää  $A_1$ - kuin N-metsiköissä. Sama on käynyt ilmi jo aiemminkin, mm. keskiläpimittaa tarkasteltaessa (ss. 66–69). Edelleen on mainittu, että runkoluku on  $A_1$ -metsiköissä pienempi kuin N-metsiköissä (s. 59). Kuitenkin edellisten kuutiokasvun on todettu olevan vähintään jälkimmäisten tasolla (s. 114). Niin ollen tulee välittömästi esille kysymys: miten selvästi kasvun keskittyminen harvalukuisempiin ja keskimäärin järeämpiin puuyksilöihin käy ilmi kuutiomääräsarjoista?

Ilmeisesti  $A_1$ - ja N-metsiköiden välisten erojen olisi oltava mainitussa suhteessa nähtävissä kussakin ikäasteessa lähinnä metsikössä jäljellä olevan paksuimman puuston kohdalla. Harvennushakkauksissahan on kiinnitetty eniten huomiota juuri tämän puuston kasvattamiseen, niin kuin mm. taulukossa 23 esitetyistä poistuman kuutiomääräsarjoista käy ilmi. Toisen tärkeän vertaustavan muodostaa myöhemmin suoritettava tietyn kiertoajan kuluessa tuotetun puuston järeysuhteiden tarkastelu.

Kuvaan 25 on otettu  $A_1$ - ja N-metsiköiden kuutiomääräsarjat puolukkatyyppillä 50, 80 ja 120 v:n iällä. Vaikka N-metsiköiden sarjat esitetään kasvu- ja tuottotaulukoissa kuorettomaan puuhun kohdistuvina, on ne kuvaan muunneltu kuorellisiksi käyttämällä N-männikön kuorisadanneksia sekä ottamalla huomioon, että kuoren suhteellinen määrä kasvaa pienempiin läpimittaluokkiin päin.

Kysymyksessä olevien sarjojen keskinäinen vertailu osoittaa aluksi, että olennaisimmat erot erilaisten metsiköiden välillä kussakin iänkohdassa ovat kooltaan pienimpien puiden määrässä, joita harvennushakkauksissa ensi sijassa on poistettu. Kuitenkin nämä erot ovat hyvin selviä esim. 80 v:n iällä vielä 19 ja 21 cm:n puiden kohdalla sekä 120 v:n iällä vielä 25 ja 27 cm:n puiden kohdalla. Mitä taas järeämpään puustoon tulee, niin näyttää sitä kaikissa ikäasteissa olevan  $A_1$ -metsiköissä jonkin verran enemmän kuin N-metsiköissä. Esim. 50 v:n iällä on yli 15 cm:n paksuisia puita  $A_1$ -metsiköissä 25 % enemmän kuin N-metsiköissä. Vastaava sadannesluku on 80 v:n iällä yli 25 cm:n puiden kohdalla 20 ja 120 v:n iällä yli 33 cm:n puiden kohdalla 16. Harvennushakkaukset näyttävät siis vaikut-



Kuva 25. Kuutiomääräsarjoja (kuorineen; 2 cm:n luokkavälein) puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuista sekä luonnonnormaaleista metsiköistä.

Figure 25. Volume distribution series (incl. bark; by 2 cm. class intervals) of repeatedly thinned stands and of naturally normal stands on Vaccinium site type.

taneen suotuisasti puuston läpimittasuhteisiin, vaikkakaan erot eivät ole kovin tuntuvia eivätkä myöskään näytä metsikön paksuimpien puiden osalta suurenevan iän lisääntyessä.

Aiemmin suoritettussa tutkimuksessa on verrattu keskenään runkoluku-

sarjojen perusteella Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoina olleita, keskimäärin n. 20 v:n aikana säännöllisillä hakkauksilla käsiteltyjä männiköitä sekä niiden luonnontilaisia rinnakkaismetsiköitä (Nyssönen 1950, ss. 19—21). Siinä yhteydessä esitetyistä koealapareista otettiin myöhemmin erikseen tarkasteltavaksi vain sen puuston kuutiomäärän jakaantuminen läpimittaluokkiin eri ajankohtina, joka viimeksi suoritettussa mitauksessa oli metsikössä jäljellä. Tällaisella tarkastelutavalla näet pitäisi saada näkyville kasvatushakkausten mahdollisesti aiheuttama puiden nopeampi siirtyminen suurempiin läpimittaluokkiin, koska esim. suhteellisen suurten puiden poistamisen vaikutus kuutiomääräsarjoihin ei jää epäsuorasti tehtävien päätelmien varaan. Tälläkään tavalla suoritettussa vertailussa kasvatushakkausten seuraukset eivät kuitenkaan olleet selvästi havaittavissa.

Sytä  $A_1$ - ja N-metsiköiden kuutiomääräsarjojen ehkä vähäisiltä näyttäviin eroihin nimenomaan järeimmän puuston osalla voi olla useita. Ensiksikin on otettava varteen se jo aiemmin mainittu seikka, johon mm. Cajanus (1914, ss. 9—10; vrt. myös Vanselow 1942, s. 58) on kiinnittänyt huomiota, että metsikön suurimmat puut jo luonnontilaisissa metsiköissä kasvavat verraten vapaina. Niiden kehitykseen siis tavanomaiset harvennushakkaukset eivät vaikuta ollenkaan siinä määrin kuin niitä pienempien puiden kehitykseen. Osansa vähäisiin eroihin lienee myös sillä, että erikoisesti vanhimpien tutkimusmetsiköiden käsittelyssä koko niiden kehittymisaikaa sekä hakkausten tehokkuutta silmällä pitäen lienee varmaan toivomisen varaa. Sitä paitsi ei ole kokonaan suljettava pois sellais-takaan mahdollisuutta, että joistakin  $A_1$ -luokan koealametsiköistä on niiden mittauksen yhteydessä suoritettusta seulonnasta ja selvittelystä huolimatta poistettu metsiköiden aiemmissa kehitysvaiheissa myös kaikkein järeintä puustoa.

Harvennushakkausten vaikutukset tuntuvat ilmeisesti voimakkaimpina kuutiomääräsarjan keskivaiheilla, jossa kuutiomäärä on suurin ja lisäksi myös kuutiokasvu suhteellisesti voimakkainta (vrt. s. 123). Kun kuitenkin näistä läpimittaluokista tapahtuu poistumaa jatkuvasti, eivät seuraukset jäljellä olevan metsikön kuutiomääräsarjoihin ole välittömästi todettavissa. Sen sijaan jäljempänä suoritettavassa kiertoajan kuluessa poistettavien puiden läpimittasuhteiden tarkastelussa odottaisi myös nyt mainitun seikan vaikutuksen tulevan jollain tavalla näkyviin.

Kuutiomääräsarjat saataisiin tietenkin suurimpien läpimittaluokkien osalta näyttämään edullisilta, jos vain niihin kuuluvia puita erityisesti suositeltiin kaikissa hakkauksissa. Seurauksena siitä olisi helposti metsikön kuutiotuoton pienenemisen ohella mainittujen puiden kehittyminen

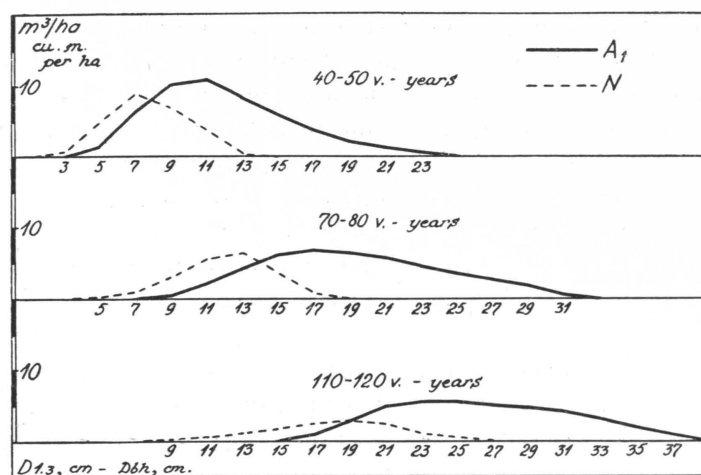
oksikkaiksi ja huonolaatuisiksi (vrt. Kallala 1933, ss. 55—56).  $A_1$ -metsiköiden kehityssarja ei kuitenkaan edellytä vain verraten vähälukuisten puiden kasvattamista nopeasti mahdollisimman järeiksi, vaan ehkä pikemminkin parasta kokonaistulosta, kun myös kuutiotuoton suuruutta pidetään silmällä. Tietenkin riippuu talouden päämääristä, mitä menettelyä milloinkin noudatetaan. Jos tavoitteeksi asetetaan kasvattaa erityisen järeitä puita lyhyessä ajassa, on ehkä luovuttava mahdollisimman suuresta kuutiokasvusta pinta-alayksikköä kohden ja järjestettävä kaikki edellytykset järeimpien puuyksilöiden kehittymiselle (vrt. Hummel 1950, s. 89).

Metsäkirjallisuudessa todetaan yleisesti harvennushakkausten vaikut-tavan edullisesti paksuuskasvuun ja sitä tietä myös runkoluku- ja kuutiomääräsarjoihin. Varsinaisia tutkimuksia tältä alalta ei kuitenkaan ole kovin runsaasti. Sitä paitsi monissa tutkimuksissa esitettyihin tietoihin on suhtauduttava tietyllä varovaisuudella.

Eräänä esimerkkinä harvennushakkausten edulliseksi todetusta vaikutuksesta nyt kysymyksessä olevassa mielessä mainittakoon Hawley'n (1936, ss. 6—7) esittämä kahden 30 v. seuratun Strobis-mäntyä koskevan rinnakkaiskoealan vertailu. Myös Wiedeman'n (1937, ss. 136—137) osoittaa harvennushakkausten vaikuttaneen kuusikoissa edullisesti; myöhemmin Wiedeman'n (1948 a, ss. 188—191) kuitenkin ponnekkaasti varoittaa liikoja odottamasta tässä suhteessa. Saman käsityksen on esittänyt myös Vanselow (1942, s. 59).

Esimerkkeinä ainakin jossain määrin harhauttavista päätelmistä harvennushakkausten vaikutuksesta läpimitan kasvuun voitaneen mainita Langsaeterin (1941, ss. 153—154) ja Bunden (1951, s. 19; vrt. myös 1949, s. 146) kirjoituksissa esitetyt tulokset. Edellinen on tarkastellut mm. Bornebuschin (1933) tutkimusten tuloksia, ja verratessaan vuotuisen paksuuskasvun keskimääräistä suuruutta hän saa huomattavia eroja voimakkaiden toimenpiteiden hyväksi. Kun kuitenkin vm. tavalla käsitellyissä metsiköissä runkoluku on huomattavan pieni ja keskiläpimitta suuri, on niissä absoluuttinen paksuuskasvukin luonnollisesti suuri. Oikeampi kuva hakkausten voimakkuuden vaikutuksesta paksuuskasvuun olisi varmaankin saatu suorittamalla vertailu läpimittaluokittain. Aivan vastaava puutteellisuus näyttää esiintyvän myös Bunden laskelmissa.

Edellä on jo selostettu poistuman kuutiomääräsarjojen laadintatapa sekä niihin muutenkin viitattu. Jos esim. taulukon 23 perusteella verrataan keskenään jäljellä olevan metsikön sekä poistuman kuutiomääräsarjoja vastaavissa ikäasteissa, havaitaan harvennushakkauksissa poistetun

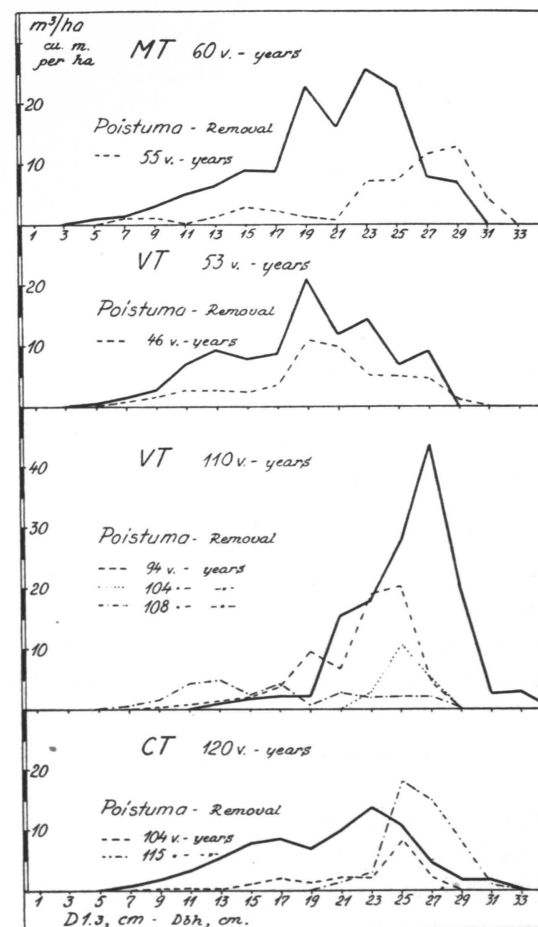


Kuva 26. Poistuman kuutiomääräsarjoja (kuorineen; 2 cm:n luokkavälein) puolukkatyyppin toistuvasti harvennetuista sekä luonnonnormaaleista metsiköistä.  
Figure 26. Volume distribution series of removal (incl. bark; by 2 cm. class intervals) of repeatedly thinned stands and of naturally normal stands on Vaccinium site type.

suhteellisesti eniten ohuinta puustoa. Kuitenkin poistumaa on jossain määrin tapahtunut melkein koko kuutiomääräsarjan laajuudelta. Toisin on luonnonnormaaleissa metsiköissä, joiden poistuma näyttää varsinaisesti keskittyvän verraten ahtaalle alalle metsikön pienimpien läpimittaluokkien puihin. Havainnollisesti nähdään  $A_1$ - ja N-metsiköiden poistuman erot kuvasta 26, jossa esitetään poistuman kuutiomääräsarjoja 3 ikäasteessa. Murtoviivat tarkoittavat kuutiomäärää kuorineen. Luonnonnormaaleja metsiköitä koskevat muuntolaskelmat on suoritettu edellä s. 140 esitetyllä tavalla. Niin kuin kuvasta voidaan nähdä, käsittää  $A_1$ -metsiköiden poistuma eri ikäasteissa paljon runsaammin ja paksumpaa puustoa kuin N-metsiköiden poistuma. Poistuman kuutiomääräsarjoissa olevat erot näyttäivät lisääntyvän metsikön iän kasvaessa.

#### Toistuvasti harsitut metsiköt

Kuvaan 27 on otettu esimerkkejä toistuvasti harsituista metsiköistä esittämällä sekä jäljellä olevan metsikön että poistuman kuutiomääräsarjoja. Poistuma esitetään sellaisena miksi se kantoja hyväksi käyttäen on saatu, joten sitä ei ole ryhdytty redukoimaan mittaushetken puustoon



Kuva 27. Esimerkkejä toistuvasti harsittujen metsiköiden kuutiomääräsarjoista (kuorineen).

Figure 27. Examples of volume distribution series (incl. bark) of stands subjected to prolonged selection cuttings.

välittömästi vertauskelpoiseksi. Kun tunnetaan hakkauksista kuluneen ajan pituus sekä otetaan tietyllä tavalla huomioon jäljellä olevan puuston paksuuskasvu, saadaan käsitys siitä, mihin puuston osaan hakkaukset ovat kohdistuneet. Kahdesta metsiköstä on asetettu näkyviin 16 v:n takaisen poistuman kuutiomääräsarjat. Niihin nähden on tietenkin varauduttava huomattaviin virhemahdollisuuksiin, mutta ne kuitenkin valai-

sevat ainakin järeiden puiden osalta  $C_1$ -metsiköiden hakkuupoistuman luonnetta.

Jotta metsikkö olisi joutunut nyt tarkasteltavana olevaan käsittelyluokkaan, on metsikössä suoritettujen hakkausten pitänyt kohdistua nimenomaan järeimpään puustoon. Kuvan 27 esimerkit tarjoavatkin hyvän käsityksen siitä, että  $C_1$ -metsiköiden hakkauksissa on poistettu järeitä puita. On nimittäin otettava huomioon, että esim. mittaushetkellä 110 v:n ikäisen puolukkatyyppin metsikön läpimitaltaan paksuin puusto on 94 v:n iällä ollut suunnilleen samanlaista kuin vm. iällä metsiköstä poistetun puuston järein osa. Tässä metsikössä 108 v:n iällä suoritettu hakkaus taas edustaa jonkinlaista metsikön kunnostusta (vrt. s. 22). Tällaisten toimenpiteiden kohteiksi joutuneiden metsiköiden kuutiomääräsarjat saattavat mittaushetkellä olla melko säännöllisenkin näköisiä. Yleensä kuitenkin  $C_1$ -metsiköiden rakenteen epämääräisyys näkyy myös kuutiomääräsarjoista siten, että selvää keskittymistä joihinkin läpimittaluokkiin ei ole havaittavissa, vaan sarja hajaantuu verraten laajalle alalle.

Verrattaessa keskenään eri ikäisten  $C_1$ - sekä vastaavien  $A_1$ -metsiköiden kuutiomääräsarjoja havaitaan se luonnollinen piirre, että vanhemmat metsiköt poikkeavat toisistaan selvemmin kuin nuoremmat ko. suhteessa. Osaltaan tämä käy ilmi myös kuvassa näkyvistä esimerkkisarjoista. Niin ikään osoittaa mainittuihin käsittelyluokkiin kuuluvien metsiköiden vertailu, että järeintä puustoa ( $D_{1.3}$  28 + cm) on  $C_1$ -metsiköissä suhteellisen niukasti.

$C_1$ - ja  $A_1$ -metsiköiden poistuman läpimittasuhteita keskenään verrattaessa havaitaan vielä, että keskimääräiseltä järeydeltään jälkimmäiset näyttävät saavuttavan edellisten tason esim. puolukkatyyppillä n. 90 v:n iällä.

#### Kiertoaajan kuluessa poistettavien puiden läpimittasuhteet

Sivulla 138 esitetyn taulukon 23 perusteella on mahdollista laskea ikävuosien 40—120 välisenä aikana puolukkatyyppin  $A_1$ -metsiköistä poistettujen puiden läpimittasuhteet. Vastaavasti voidaan menetellä N-metsiköiden osalta kasvu- ja tuottotaulukoita hyväksi käyttäen; kuitenkin kuoren määrä on viimeksi mainituissa otettava erikseen huomioon. Yhteensä on mainittuna aikana  $A_1$ -metsiköistä poistettu kuorineen n. 370 m<sup>3</sup>/ha, kun taas N-metsiköistä on itseharvenemisen kautta poistunut vastaavasti alle puolet edellisten poistumasta eli n. 170 m<sup>3</sup>/ha. Läpimittaluokkiin nämä määrät jakaantuvat seuraavien sadanneslukujen osoittamalla tavalla.

|                       |      |      |       |       |       |          |
|-----------------------|------|------|-------|-------|-------|----------|
| $D_{1.3}$ .....       | 2—8  | 8—14 | 14—20 | 20—26 | 26—32 | 32—38 cm |
| $A_1$ -metsiköt ..... | 2.9  | 22.2 | 30.2  | 26.1  | 14.8  | 3.8 %    |
| N » .....             | 17.3 | 49.5 | 28.5  | 4.7   | —     | — »      |

Sarjojen erot ovat siis hyvin selvät ja osoittavat, miten paljon paksumpaa läpimittasuhteiltaan on harvennushakkauksissa poistettava kuin luontaisesti poistuva puusto. Seuraavan asetelman luvut vielä osoittavat, miten suuren suhteellisen määrän ko. poistumasta käsittävät rinnankorkeuden läpimitaltaan tiettyjä asteita paksummat puut.

|                       |      |         |
|-----------------------|------|---------|
| $D_{1.3}$ .....       | 20 + | 28 + cm |
| $A_1$ -metsiköt ..... | 45   | 12 %    |
| N » .....             | 5    | — »     |

Erot ovat siis erittäin suuret.

Juuri esitetyt sadannesluvut muuttuvat kuitenkin kokonaan toisilaisiksi, kun poistuman kuutiomääräsarjojen kanssa lasketaan yhteen 120 v:n iällä metsiköissä jäljellä olevan puuston kuutiomääräsarjat. Tällöin saadaan seuraava asetelma.

|                       |      |         |
|-----------------------|------|---------|
| $D_{1.3}$ .....       | 20 + | 28 + cm |
| $A_1$ -metsiköt ..... | 67   | 35 %    |
| N » .....             | 65   | 33 »    |

Asetelmasta ilmi käyvät erot  $A_1$ -metsiköiden hyväksi ovat kokonaisuudessaan melko vähäisiä ja epävarmoja. Asetelman luvut antanevatkin aiheen todeta, että tavanomaisilla harvennushakkauksilla ei voida saada aikaan mitään olennaisia muutoksia kiertoajan kuluessa tuotetun puuston läpimittasuhteisiin. Sen sijaan poistuman ajankohdan suhteen on mahdollisuuksia hyvin tärkeihin järjestelyihin, niin kuin edellä jo on nähty.

Mainittakoon, että edellisen kanssa samankaltainen on se tulos, johon Petterson (Heikinheimo 1938, ss. 87—88) on ruotsalaisten kestokoealojen perusteella tullut. Pettersonin mukaan kokonaispuusto (poistettu + jäljellä oleva puusto) jakaantuu läpimittaluokkiin samalla tavoin sekä vahvoilla että lieville alaharvennuksilla käsitellyissä metsiköissä.

Koko kiertoaikana tuotetun puuston läpimittasuhteita silmällä pitäen on muistettava, että ennen 40 v:n ikää on poistunut tai poistettu pääasassa verraten pieniläpimittaista puustoa. Käyttämällä nuorien metsiköiden osalta apuna kasvu- ja tuottotaulukoita (Y. Ilvessalo 1920 b) voidaan päätellä, että 120 v:n kuluessa tuotetusta puustosta näyttää puo-



lukkatyypin  $A_1$ -metsiköissä olevan n. 60 % rinnankorkeudelta yli 20 cm:n läpimittaista puustoa.

$C_1$ -metsiköitä koskevien vastaavien laskelmien suorittaminen on verraten epävarmaa. Kuitenkin voitaneen esittää tässäkin suhteessa eräitä orientoivia tuloksia. Laskelmat on vain rajoitettava ikävuosien 50—100 väliseen aikaan.

Aiemmin (s. 131) on mainittu  $C_1$ -metsiköiden kuutiopoistumaksi saadun puolukkatyypillä ikävuosien 50—100 välisenä aikana n. 180 m<sup>3</sup>/ha kuoretta. Kuorellisena tämä määrä on n. 210 m<sup>3</sup>/ha, ja puusto, jonka  $D_{1.3}$  on vähintään 20 cm, on käsittänyt siitä n. 70 %, niin kuin poistuman läpimittasuhteiden tarkastelu näyttää osoittavan. Seuraavan asetelman avulla näitä lukuja voidaan verrata vastaaviin  $A_1$ - ja N-metsiköiden lukuihin.

|                 | Yhteensä               | $D_{1.3} \geq 20 \text{ cm}$ |      |
|-----------------|------------------------|------------------------------|------|
| $C_1$ -metsiköt | 210 m <sup>3</sup> /ha | 147 m <sup>3</sup> /ha       | 70 % |
| $A_1$ »         | 240 »                  | 95 »                         | 40 » |
| N »             | 110 »                  | —                            | —    |

Laskelmia voidaan jatkaa ottamalla huomioon em. poistuman lisäksi se puusto, joka 100 v:n iällä on metsikössä jäljellä.  $C_1$ -metsiköiden kuutiomääräksi 100 v:n iällä voidaan ottaa ikävuosien 50—100 välisen ajan keski-kuutiomäärä 95 m<sup>3</sup>/ha; kuutiomäärään ei ole näissä metsiköissä mainittavasti noussut eikä laskenut iän mukana. Läpimitaltaan vähintään 20 cm:n puustoa on metsikössä 100 v:n iällä jäljellä varovasti laskien n. 80 %. Näitä vastaavat luvut ovat  $A_1$ -metsiköissä 245 m<sup>3</sup>/ha ja 94 % sekä N-metsiköissä 351 m<sup>3</sup>/ha ja 81 %.

Kun nyt selostetulla tavalla otetaan huomioon poistuma sekä jäljellä oleva metsikkö, saadaan erilaisille metsiköille seuraavat tulokset.

|                 | Yhteensä               | $D_{1.3} \geq 20 \text{ cm}$ |      |
|-----------------|------------------------|------------------------------|------|
| $C_1$ -metsiköt | 305 m <sup>3</sup> /ha | 223 m <sup>3</sup> /ha       | 73 % |
| $A_1$ »         | 485 »                  | 325 »                        | 67 » |
| N »             | 461 »                  | 286 »                        | 62 » |

Kokonaispuusto sekä vähintään 20 cm täyttäneiden puiden absoluuttinen määrä on siis  $C_1$ -metsiköissä huomattavasti vähäisempi kuin  $A_1$ - ja N-metsiköissä, mutta  $C_1$ -metsiköissä näyttää järeiden puiden suhteellinen määrä olevan suurin. Tietenkin voivat tässä esitetyt järeiden puiden osuuk-sia kuvaavat sadannesluvut esim.  $C_1$ -metsiköiden osalta olla virheellisiä mm. sen johdosta, että ennen viime 10-vuotiskautta on voitu tuntuvasti

poistaa verraten pienikokoisia puita. Toisaalta kuitenkin on täysin luonnollista, että niin sanottujen tukkipuiden minimimitat täyttävän puuston osuus kokonaispuustosta nousee huomattavan suureksi metsiköissä, joissa hakkuuperusteena pidetään juuri tukkipuun minimikokoa ja joita kasvatetaan verraten harvoina.

## Tutkimustulosten luotettavuus

Kysymys saatujen tulosten luotettavuudesta on tässä tutkimuksessa hyvin tärkeä ja mielenkiintoinen. Edellä jo on useissa kohdin jouduttu koskettelemaan sovellettujen menetelmien virhemahdollisuuksia, mutta sen lisäksi on tarpeen laatia yhtenäinen katsaus kysymyksessä olevalta alalta. Se aloitetaan seuraavassa aineiston laajuuden ja edustavuuden tarkastelulla. Erikseen käsitellään sitten silmävaraisia luokituksia sekä suoritettuja mittauksia ja niihin perustuvia tuloksia, ja lopuksi pyritään esittämään vielä yhdistelmä tulosten luotettavuudesta.

## Aineiston laajuus ja edustavuus

Tämänkaltaisen tutkimuksen maastotöitä suoritettaessa ei ole vaaraa siitä, että aineisto muodostuisi liian suureksi. Työn vaivalloisuus ja kalteus näet asettavat esteensä kovin laajan aineiston hankinnalle, minkä takia sitä on pakko pyrkiä keskittämään niin paljon kuin mahdollista. Luonnollisesti on kuitenkin muistettava, että vain riittävän laaja aineisto antaa tuloksille tarpeellista kantavuutta.

Esimerkkeinä siitä, miten laajoihin aineistoihin aiemmin suoritettut suomalaiset metsikön rakenne- ja kehitystutkimukset perustuvat, mainittakoon aluksi ne Y. Ilvessalon (1920 a, 1920 b) ja Lönrothin (1925) tutkimukset, joihin nyt saatuja tuloksia lähinnä verrataan. Ilvessalo on kolmen puulajin tuottoa tutkiessaan ottanut 467 koealaa, joiden perusteella hän on laatinut kaikkiaan 11 kehityssarjaa. Lönrothin männikötutkimus koskee samoja kolmea metsätyyppiä kuin nyt suoritettu selvittely ja aineistona siinä on 30 koealaa. Näin vähälukuisten koealojen käyttö on tietenkin edellyttänyt erittäin huolellisesti suoritettua tutkimusmetsiköiden silmävaraista valintaa. Toisaalta on hyvin yksityiskohtaisiin mittauksiin perustuva, syvälleäyvä biologinen selvittely luonnostaan johtanut mainitunsuuruisen aineiston käyttöön. Sen sijaan Ilvessalo on tutkimustensa luonteen johdosta katsonut parhaaksi ottaa mukaan koko vaihtelun kohtuullisissa rajoissa.

Muista suomalaisista tutkimuksista Lappi-Seppälä (1930) mänty-koivusekametsiköitä kolmella metsätyypillä valaiseva tutkimus käsittää aineistonaan 76 koealaa. Miettisen (1932) harmaalepiköiden tuottoa kolmella metsätyypillä koskeva selvittely on edellyttänyt 43 koealametsikön mittauksen. Kalela (1933) on perustanut viljelyskuusiköiden kehitystä koskevan ja kolmelle metsätyypille ulottuvan tutkimuksensa 73 koealaan. Y. Ilvessalon (1937) Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvua ja kehitystä selvittelevä, eri puulajeja eri metsätyypeillä koskeva tutkimus nojautuu 131 koealaan. Vielä on huomattava tukkipuun harsintojen vaikutusta Etelä-Suomen yksityismetsiin käsittelevä Sarvaan (1944) tutkimus, joka koskee neljää eri metsikkölajia tietyillä metsätyypeillä ja jonka aineistona on 159 koealaa.

Vertailun vuoksi ansainnee vielä mainita, että Baur (1881, s. 59) katsoo yhden puulajin tuottotaulukoiden laatimiseen tarvittavan vähintään 150 koealaa, jos muodostetaan viisi boniteettia. Chapman ja Meyer (1949, s. 372) taas sanovat yhden puulajin tuottotaulukoihin tarvittavan 100—300 koealaa.

Vaikka tämän tutkimuksen aineistoa ei voikaan sanoa suureksi, tuntuu 190 koealaa edellä esitettyihin lukumääriin verrattuna suhteellisen riittävältä. Tutkimuksessahan on tarkasteltu vain yhden puulajin muodostamia metsiköitä kolmella metsätyypillä. Metsiköt tosin on jaettu viiteen käsittelyluokkaan, mutta tarkastelun ensisijaisen kohteen muodostavat toistuvasti harvennetut ( $A_1$ ) sekä niiden ohessa myös toistuvasti harsitut ( $C_1$ ) metsiköt, joista yhteensä on 134 koealaa. Tietyn perussarjan muodostavat puolukkatyyppin  $A_1$ -metsiköt 50 koealoinen. Koska Y. Ilvessaloilla kasvu- ja tuottotaulukoita laatiessaan on ollut käytettävissään 77 puolukkatyyppin männikköä, on vastaavassa  $A_1$ -metsiköiden sarjassa koealoja kutakin ikäluokkaa kohden jokseenkin yhtä runsaasti, kun otetaan huomioon, että nyt mitattu sarja jakaantuu iän suhteen suppeammalle alalle. N-metsiköiden sarjassa ei kuitenkaan esiinny hakkausten aiheuttamaa vaihtelua.

Varsinaisen koeala-aineiston lisäksi hyväksi käytetyt Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealat sekä eräät III:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa saavutetut tulokset ovat olleet avuksi merkittävällä tavalla.

Mitä taas aineiston edustavuuteen tulee, niin on huomattava, ettei tutkimuksen päätarkoituksena luonnollisestikaan ole nykymetsien kehityksen selvittäminen esim. valtakunnan metsien arviointien tapaan. Aineiston ei niin ollen tarvitse edustaa muuta kuin niitä varta vasten muodostettuja käsittelyluokkia, joihin kuuluvat metsiköt nyt on otettu tarkasteltaviksi. Edustavuutta arvosteltaessa muodostuukin tärkeimmäksi kysy-

mykseksi, onko esim.  $A_1$ - ja  $C_1$ -metsiköiden käsittely ollut niin johdonmukaista ja säännöllistä kuin näiden käsittelyluokkien määritelmät edellyttävät.

Niin kuin aiemmin eri yhteyksissä on huomautettu, ei aineistoon sisältyvien metsiköiden käsittely liene kaikissa kohdissaan ollut sellaista kuin eri käsittelytapojen vertailun kannalta olisi ollut toivottavaa. Niinpä lienee mahdollista, ettei vanhimpien  $A_1$ -metsiköiden käsittely ole alun pitäen ollut tehokkaasti niitä kasvattavaa.  $C_1$ -metsiköiden tarkastelu taas olisi varmaan muodostunut mielenkiintoisemmaksi, jos niistä ei olisi poistettu pienikokoista puustoa siinä määrin kuin nyt on tapahtunut. Kuitenkin eri käsittelyluokkiin kuuluvat metsiköt eroavat rakenteeltaan yleensä verraten selvästi toisistaan, ja kokonaisuudessaan ne edustanevat tutkimuksen alaisia käsittelyluokkia jotakuinkin tyydyttävästi. Joka tapauksessa voitaneen sanoa tutkimuksen perustuvan yleensä parhaaseen saatavissa olleeseen aineistoon.

### Silmävaraiset luokitukset

Koealametsiköissä suoritettujen mittausten yhteydessä on jouduttu toimittamaan myös sellaisia luokituksia, jotka eivät perustu varsinaisiin mittauksiin, vaan tiettyjen ohjeiden mukaisesti joko harkintaan tai tehtyihin tiedusteluihin jne. Näitä luokituksia voidaan sanoa silmävaraisiksi. Tärkeimpiä niistä ovat metsätyyppin, käsittelyluokan sekä latvuserrosten määrittäminen.

Kasvupaikkojen hyvyysluokitus on tapahtunut suomalaisen metsätieteen suuren saavutuksen, Cajanderin (1909; 1925; 1949) metsätyyppiopin pohjalla. Metsätyyppin määrittäminen on kuitenkin usein jossain määrin subjektiivinen tehtävä. Esimerkkinä siitä mainittakoon, että I:n ja II:n valtakunnan metsien arvioinnin tulosten vertailu osoittaa huomattavia siirtymisiä metsätyyppistä toiseen, etupäässä puolukkatyyppistä mustikkatyyppiin. Syynä on ilmeisesti ollut lähinnä metsätyyppien arvostelu-perusteiden muuttuminen (Y. Ilvessalo 1940, s. 14; vrt. myös Sarvas 1951, s. 6, alamuist.). Varmaan tämä subjektiivisuus on ollut yhtenä syynä metsätyyppiopin kehittäjän itsensä tuntemaan huoleen sen johdosta, ettei metsätyyppiä kotimaassa ole jatkuvasti tarpeeksi tutkittu (vrt. Y. Ilvessalo 1949, s. 12). Tietenkin on muistettava, että ulkomailla yleisesti käytettävissä kasvupaikkojen hyvyysluokituksissa, jotka perustuvat joko yhteen tai useampaan puuston tunnuksen, luokkien muutokset todennäköisesti ovat usein vielä paljon suurempia.

Tässä tutkimuksessa metsätyyppi on jouduttu määrittämään käsitelytavaltaan ja tiheydeltään hyvin erilaisissa metsiköissä, mikä on ollut omiansa lisäämään tehtävän vaikeutta. Avuksi on koettu ottaa käytettävissä olleet tiedot mm. pintakasvillisuuden kehittymisestä poikkeuksellisissa oloissa (esim. Tertti 1935). Myös koealametsiköiden reunametsien apuun on turvauduttu (vrt. Cajander 1925, s. 25). Metsätyyppin määrittämisestä on varmistettu myös kasvipeiteanalyysin, minkä lisäksi kasvupaikan kuvaamiseksi on määritetty mm. maalaji ja kivisyys. Siitä huolimatta metsätyyppin määrittäminen on eräissä tapauksissa ollut vaikeata. Tutkimuksen suorittaja on jopa joutunut lähtemään muutamista metsiköistä voimatta olla varma siitä, että metsätyyppi on tullut oikein määritetyksi.

Näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että viimeksi mainittujen tapausten vaikutus tutkimuksen tuloksiin on verraten rajoitettu. Positiivisena puoleena nyt suoritettussa metsätyyppien määrittämisessä on pidettävä sitä, että tutkimus kohdistuu vain yhden puulajin muodostamiin metsikköihin. Niin ikään myös metsätyyppin määrittämisen samoin kuin muidenkin silmävaraisten luokitusten yhtenäisyyttä on varmaan edistänyt se, että valtaosa aineistosta on tutkimuksen suorittajan itsensä kokoamaa.

Sellainen metsikköä primäärisesti kuvaava tunnus kuin valtapituus, jossa esim. tiheyden vaikutus näkyy ehkä vähiten (vrt. mm. Belyea 1947, s. 273), sopii  $A_1$ -metsiköiden osalta yleensä verraten hyvin yhteen vastaavien N-metsiköiden kanssa. Ainoastaan kanervatyyppillä edelliset ovat jälkimmäisiä alempana. Tämä osoittanee, että kunkin metsätyyppin keskihyvyys — ehkä kanervatyyppiä lukuun ottamatta — tässä tutkimuksessa on kutakuinkin samanlainen kuin Y. Ilvessalon (1920 a, 1920 b) ja Lönnrothin (1925) tutkimuksissa. Samaan näyttävät viittaavan myös  $C_1$ -metsiköiden valtapituudet. Ne pysyvät esim. puolukkatyyppillä iän lisääntyessä suhteellisen tasasuurina ja varsinkin myöhemmällä iällä  $A_1$ -metsiköiden lukuarvoja selvästi alempana. Tästä voitaneen saada tukea mm. sille tärkeälle päätelmälle, ettei  $C_1$ -metsiköiden kuutiokasvun suhteen ole kasvupaikkaerojen takia jouduttu liian edullisiin tuloksiin.

Toista tutkimuksen suorittajan harkinnasta riippuvaista tehtävää, käsittelyluokan määrittämistä, on jo aiemmin selostettu (ss. 32—34). Siinä yhteydessä lienee saatu jonkinlainen käsitys myös mainittuun tehtävään liittyvistä virhemahdollisuuksista. Vaikka virheellistä arvostelua ehkä ei olekaan voitu kokonaan välttää, on pääasiassa tiedustelujen, kantojen, kairanlastujen sekä metsikön ulkonäön avulla varmistauduttu siitä, ettei ko. luokituksessa ole päässyt syntymään ainakaan mitään karkeita virheitä.

Myös latvuserrosten määrittämisen luotettavuutta on aiemmin (ss. 34—37) kuvattu ja todettu, että erityisesti harsien käsitellyissä metsiköissä virhemahdollisuudet ovat tässä suhteessa huomattavat. Tämä on kuitenkin otettu huomioon tulosten tarkastelussa, jossa latvuserroksittainen kuvaus on jätetty vähäiseksi.

Eräiden tiheimpien tutkimusmetsiköiden perusteella on voitu havaita, että ainakin siltä osaltaan latvuserrosten määrittäminen näyttää olevan hyvässä sopusoinnussa Lönnerothin (1925) vastaavaan määrittämiseen. Mainittakoon myöskin, että ko. luokituksessa ei ole pidetty tiukasti kiinni L. Ilvessalon (1929, s. 4) latvuserrosten pituussuhteista antamista ohjeista (vrt. ss. 77—78). Niitä ei liene tarkoitettukaan orjallisesti noudatettaviksi, vaan ainoastaan jonkinlaisina yleisinä ohjeina antamaan käsityksen eri latvuserrosten pituussuhteista lähinnä jokseenkin täysitiheissä metsiköissä.

### Mittaukset ja niihin perustuvat tulokset

Huolellisella työllä ei koealan rajoittamisessa pääse syntymään mainittavia virheitä. Samaa voitaneen sanoa puiden lukumäärästä. Sen sijaan läpimittojen mittauksessa on tarjolla useita virhelähteitä, joita ei kokonaan voida välttää (esim. Chaturvedi 1926, ss. 11—24; Prodan 1951 b, ss. 82—99; Y. Ilvessalo<sup>1</sup>; vrt. myös Langsaeter 1929; Tirén 1929). Esim. Prodan jaottelee ne seuraavasti: kaulainvirhe, havainto- eli mittausvirhe, luokan laajuudesta johtuva virhe, pyörästysvirhe sekä virhe, joka johtuu siitä, että puun poikkipinta poikkeaa ympyrän muotoisesta. Prodanin esittämien lukuarvojen perusteella voidaan näiden laskea aiheuttavan nyt käytetyillä suhteellisen pienillä luokkalaajuuksilla metsikön pohjapinta-alan keskimäärin n. 0.5—1.0 %:n virheen.

Läpimittaa 3.5 m:n tai 6 m:n korkeudelta ei luonnollisestikaan voida määrittää yhtä tarkasti kuin rinnankorkeudelta. Kun kapenemisluokkaa määritettäessä jompikumpi ensiksi mainituista läpimitoista vähennetään rinnankorkeuden läpimitasta, muodostuu virhe kapenemisessä suhteellisesti paljon suuremmaksi kuin esim. viimeksi mainitussa läpimitassa. Sen takia myös tämän virheen vaikutus kuutiomäärään on otettu huomioon jäljempänä esitettävissä luvuissa.

Puun pituuden mittauksessa saavutettavasta tarkkuudesta on ole-

<sup>1</sup> Käsikirjoitus metsänarvioimisen oppikirjaan.

massa monia tutkimuksia (esim. Flury 1905; Mattsson-Mårn 1931; Petri 1932), joissa mainittujen virhelähteiden tunteminen on ollut avuksi maastotöitä suoritettaessa. Osaltaan tässä suhteessa on ollut hyödyksi myös tämän kirjoittajan yhdessä metsänhoitaja Max Hagmanin kanssa metsänarvioimistieteen laudaturtyönä metsätutkintoa varten vv. 1947—48 ko. asiasta tekemä tutkielma. Suuntaan tai toiseen helposti syntyvä systemaattinen virhe lieneekin voitu nyt suoritettussa tutkimuksessa suurin piirtein välttää.

Pituushavaintoihin perustuvien pituuskäyrien tarkkuuden likimääräiseksi arvostelemiseksi voidaan soveltaa esim. Gaussin kaavaa Møllerin (1951, s. 136) esittämällä tavalla. Näin meneteltäessä jäi keskivirhe metsikölle kaikissa lasketuissa tapauksissa alle  $\pm 2$  %:n ja usein alle  $\pm 1$  %:n (vrt. Näslund 1929, ss. 131—132; Prodan 1951 a, s. 76; 1951 b, ss. 103—104). Sen sijaan yksityisten latvuserrosten käyrien tarkkuus ei tietenkään yleensä ollut näin suuri lähinnä sen johdosta, että havaintojen lukumäärä kussakin latvuserroksessa on vain osa koko metsikössä suoritettujen havaintojen lukumäärästä.

Y. Ilvessalon (1947) kuutioimistaulukoiden tarkkuutta koskevien tietojen sekä edellä esitetyn perusteella ja ottamalla vielä huomioon ennen muuta koepuiden lukumäärä voidaan muodostaa käsitys siitä, millainen tarkkuus on saavutettu yksityisten koealametsiköiden kuutiomäärän suhteen.

Sekä Lönnerothin (1927 a, ss. 45—49) että Lappi-Seppälän (1936) suorittamissa tutkimuksissa on käynyt ilmi, että puiden kuutioiden tulosten tarkkuuden kannalta tiettyjä etuja läpimittojen mittauksesta siihen tapaan kuin Ilvessalon kuutioimistaulukot edellyttävät. Ilvessalo (mt., s. 33) on lähemmin tarkastellut taulukoidensa luotettavuutta mm. taulukoiden pohjana olevassa koko mäntyaineistossa. Taulukoiden osoittamien kuorellisten kuutiomäärien poikkeukset todellisena pidetystä, pätkittäin suoritettuun mittaukseen nojautuvasta kuutiosta jäivät 68.4 %:ssa alle 5 %:n, 93.2 %:ssa alle 10 %:n, 98.2 %:ssa alle 15 %:n sekä nousi yli 20 %:n vain aivan satunnaisesti, 0.3 %:ssa koepuista. Laskelma on suoritettu ottamalla taulukoista läpimitat ja kapenemiset tasasenttimetrien ja pituudet tasametrien kohdalta. Tässä tutkimuksessa taas läpimitat on suurimmassa osassa tutkimusmetsiköitä otettu 2 cm:n luokissa, mutta yksikkökuutiot toisaalta interpoloitu 0.5 m:n pituusluokkia vastaavasti.

Edellä esitettyjen sadanneslukujen tukemana voidaan nyt olettaa, että taulukoiden osoittamien yksikkökuutioiden hajonta todellisten kuutioiden kahden puolen vastaa likimain normaalisarjan jakaantumista. Nyt



sovelletuilla luokkalaajuuksilla voitaneen mainitun hajonnan suhteelliseksi suuruudeksi arvioida  $n. \pm 7\%$  todellisesta yksikkökuutiosta. Jos edelleen voitaisiin olettaa, että kukin nyt mitattu metsikkö muodostaa ko. suhteessa jokseenkin edustavan näytteen kuutioimistaulukoiden aineistosta ja kun tunnetaan koepuiden lukumäärä, voidaan taulukoiden käytöstä aiheutuva virhemahdollisuus likimäärin arvioida. Tällä tavalla määrittäen saadaan puheena olevaksi keskivirheeksi metsikön suhteen  $n. \pm 1.5\%$ . Kun tähän asianmukaisella tavalla lisätään pituuskäyräin virhemahdollisuuksien vaikutuksesta kuutiomäärään aiheutuva ehkä jokseenkin samansuuruinen virhe sekä vielä eräitä muita mahdollisia virheitä (vrt. esim. Näslund 1929; 1944), saattaa yksityisten koealametsiköiden kuorelliseen mittaushetken kuutiomäärään liittyä  $n. \pm 3\%$ :n keskivirhe. Aineistoa tiettyinä monien koealojen ryhminä kerrallaan käsiteltäessä virheiden on edellytettävä yhtä hyvin sekä positiivisina että negatiivisina niin kuutiomäärää kuin muitakin metsikön tunnuksia käsiteltäessä tietenkin tasoit-tavan toisiansa.

Männyn kuoren paksuus vaihtelee oikukkaasti (vrt. s. 105). Kun kuoretomaan kuutiomäärään sitä paitsi on päästy kuorellisen välityksellä, on luonnollista, että edellisen suhteen on tyydyttävä äsken mainittua pienempään tarkkuuteen.

Kaikki ne virhemahdollisuudet, jotka voivat esiintyä kuorettoman kuutiomäärän laskennassa, vaikuttavat tietenkin myös kuutiokasvuun. Kun kuitenkin jälkimmäinen on vuosittain suhteellisen pieni edelliseen verrattuna, ei tästä syystä voine aiheutua tuntuvia virheitä kuutiokasvuun (vrt. Uppskattning... 1932, s. 125). Sen sijaan on viimeksi mainitun suhteen otettava huomioon eräitä muita merkitseviä virhemahdollisuuksia.

Välittömimmin kuutiokasvun selvittämiseen tähtääviä mittauksia ovat olleet 5:n ja 10:n viime vuoden sädekasvun mittausta sekä 5:n viime vuoden keskimääräisen pituuskasvun arviointi koepuista. Jo sädekasvun mittaukseen voi liittyä tiettyjä virhemahdollisuuksia, mutta pituuskasvun arvioinnissa ne voivat olla huomattavasti suurempia. Niinpä Mattsson-Mårn (1931) toteaa latvakasvaimen pituuden tulevan helposti aliarvioiduksi. Hagerberg (1938, s. 485) taas arvelee, että Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa latvakasvaimen määrittämiseen liittyy keskimäärin ehkä  $n. 20\%$ :n virhe, joka vaikuttaa kuutiokasvuun suunnilleen  $3\%$ . Systemaattinen virhe tässä suhteessa lienee nyt suoritettussa tutkimuksessa kuitenkin suurin piirtein vältetty, kun arvioinnissa on käytetty jatkuvasti apuna hypsometria ja äskettäin poistettujen puiden maassa olleita latvuksia. Lisäksi tulosten luotettavuuteen on omiaan vai-

kuttamaan se, että männyn vuosikasvaimet ovat yleensä suhteellisen helposti erotettavissa maasta käsin.

Y. Ilvessalo<sup>1</sup> on tarkastellut julkaisemiensa kasvunlaskentataulukoiden luotettavuutta  $n. 1800$  sellaista mäntykoepuuta käsittävän aineiston perusteella, jotka kuuluivat kapenemislukkiin 3—6 cm. Pintakasvusadannes ja muotokorkeuden kasvusadannes on taulukoista otettu 5:n viime vuoden kasvulukujen perusteella. Niiden summaa on verrattu kuutiokasvusadanneeseen, joka on saatu laskemalla runkoanalyysien perusteella 5:n viime vuoden keskimääräisen kuutiokasvun sadannessuhde mittaushetken kuutiomäärään. Korrelaatiokertoimeksi saatiin  $0.957 \pm 0.0034$ , joten kerroin on hyvin korkea ja sen keskivirhe pieni. Sitä paitsi Y. Ilvessalo (1939, s. 28) toteaa 553 mäntykoepuun nojalla suorittamastaan vertailusta, että taulukoista saatu kuutiokasvusadannes poikkesi todellisena pidetystä  $n. 49\%$ :ssa koepuista alle  $10\%$ :n,  $n. 79\%$ :ssa alle  $20\%$ :n,  $n. 91\%$ :ssa alle  $30\%$ :n sekä oli  $n. 9\%$ :ssa koepuista yli  $30\%$ :n. Olettamalla jakaantuminen likipitään normaaliksi voitaneen näiden sadannelukujen perusteella katsoa taulukoiden antamien kuutiokasvusadannesten hajaantuneen todellisten kahden puolen siten, että hajonta on  $n. \pm 17$ — $18\%$  viimeksi mainituista.

Jos nyt voitaisiin olettaa kunkin tutkimusmetsikön edustavan Ilvessalon tarkastelemaa perusaineistoa, olisi mainitun hajonnan sekä mm. koepuiden lukumäärän avulla arvioitavissa metsikölle saadun kasvutuloksen luotettavuus. Tämä ei kuitenkaan ole ilman muuta mahdollista. Turvautuminen runkoanalyysien perusteella korjattuun kuutiokasvuun osassa tutkimusmetsiköitä on nimittäin osoittanut, että ainakin tietyissä poikkeuksellisissa tapauksissa on myös systemaattisen virheen mahdollisuus olemassa erityisesti muodon muutosten johdosta. Mutta kun tämä mahdollisuus on koetettu saada juuri mainitulla tavalla ainakin suurin piirtein eliminoiduksi, voitaneen edellä mainittuja tietoja hyväksi käyttäen virheen arviointi kuitenkin suorittaa. Mainituilla edellytyksillä johtanee kasvunlaskentataulukoiden käyttö metsikön kuutiokasvun suhteen  $n. \pm 4\%$ :n keskivirheeseen. Kun tähän lisätään mahdolliset mittausta-, arviointi- ym. virheet, niin ko. keskivirhe voitaneen pyöristää  $n. \pm 5$ — $6\%$ :n vaiheille.

Mainitun suuruista keskivirhettä arvosteltaessa on muistettava, että kasvua selvitetessä on kysymyksessä vaikean tehtävän ratkaisu (vrt. Vanselow 1951 b, s. 437). Nyt sovelletun menetelmän virhemahdollisuudet ovat kuitenkin metsiköittäin suhteellisen vaatimattomat verrattuina esim. peräkkäisissä mittauksissa selvitettyjen puustojen erotuksena

<sup>1</sup> Käsikirjoitus metsänarvioimisen oppikirjaan.

lasketun kuutiokasvun virhemahdollisuuksiin (vrt. esim. Näslund 1936, s. 116).

Kun jollekin metsikölle tai metsikön osalle kasvu lasketaan esim. vähemmän kuin 5 koepuun perusteella, liittyy tulokseen huomattava virhemahdollisuus (vrt. Nyssönen 1951). Alimpien latvuserrosten kuutiokasvu on siis tässä tutkimuksessa tullut usein suhteellisen epävarmasti selvitetyksi. Absoluuttisesti kasvu näissä metsikön osissa on kuitenkin yleensä vähäinen, eivätkä niiden suuret virhemahdollisuudet merkitse silloin tuloksissa paljoa. Latvuserroksittain suoritettu kuutiokasvun samoin kuin kuutiomääränkin laskenta lienee sen sijaan yleensä ollut omiaan parantamaan koko metsikölle saatuja tuloksia, koska laskenta näin on tullut suoritetuksi tavallisesti verraten yhtenäisten biologisten kehitysluokkien puitteissa.

Kantojen perusteella lasketun hakkuupoistuman suhteen on varauduttava tuntuvaan, ehkä n. 10—15 %:n keskimääräiseen virheeseen, niin kuin kirjoittajan valmisteilla olevan erikoistutkimuksen alustavat tulokset ovat osoittaneet (vrt. myös Sarvas 1944, ss. 38—39). Esim. poistuman kasvun suhteen virhemahdollisuudet ovat ilmeisesti vielä suuremmat. Sitä ei kuitenkaan ole käsitelty erillisenä, vaan yhdistämällä se yleensä vähintään n. 4 kertaa suurempaan jäljellä olevan puuston kuutiokasvuun, jonka luotettavuutta taas on edellä selostettu. Tutkimuksessa sovelletut laskentatavat puolestaan ovat aiheuttaneet sen, ettei itse poistuman määrittämiseen liittynyt suuri virhemahdollisuus ole päässyt tällä painollaan vaikuttamaan tuloksissa esiintyviin poistuman määriin.

Aiemmin (ss. 53—54) on jo saatu käsitys mm. kasvun ilmastollisten vaihteluiden aiheuttaman korjauksen todennäköisestä luotettavuudesta. Sitä sen enempää kuin esim. latvuksen pituuden ja runkomuodon tarkastelun yhteydessä esitettyjen keskivirhelaskelmien tuloksia ei liene tarpeen käsitellä enää uudestaan.

### Yhdistelmä

Edellä suoritettujen tarkastelujen perusteella voitaneen todeta, että tutkimusaineiston keruu- ja käsittelytyössä ovat luonteeltaan toisistansa huomattavasti poikkeavat osatehtävät tulleet suoritetuiksi melko erilaisilla tarkkuuksilla. Yleensä siinä työn osassa, mikä perustuu itse mittauksiin ja niiden perusteella suoritettuun laskentaan, on tarkkuus verraten tyydyttävä. Sen sijaan silmävaraisissa luokituksissa — tutkimuksen luonteen johdosta niitä ei ole voitu välttää — virhemahdollisuudet lienevät suurem-

pia ja vaikeammin määritettäviä; tähän kuuluu myös kysymys koeala-metsiköiden aiemmasta käsittelystä. On luonnollista, että esim. juuri metsätyypin ja käsittelyluokan oikeaan määrittämiseen sekä aineiston suuruuteen on pitänyt kohdistaa suhteellisen paljon huomiota. Virhelaskennan sääntöjen mukaan tulosten tarkkuus näet lisääntyy eniten silloin, kun suurimmat virheet aiheuttavien osatekijäin luotettavuus paranee. Sitä vastoin jo ennestään suhteellisen luotettavasti selvitettyjen tekijäin tarkentamisella voidaan lopullisia tuloksia parantaa vain niukasti. Näiden näkökohtien pohjalta selittäytyy osaltaan myös se, miksi korkeampien tilastomatematiikan tunnuslukujen käyttö tässä tutkimuksessa on ollut suhteellisen vähäistä.

Kutakin koealametsikköä koskevien tunnusten tultua lasketuiksi aineistoa käsiteltäessä on määrytyissä tapauksissa muodostettu kehityssarjoja, ja suureksi osaksi niiden nojalla on erilaisilla hakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden vertailu tapahtunut. Ehkä useimpien tutkimuksessa saavutettujen tulosten luotettavuus riippuu siitä, miten kestäviä mainitut rakennelmat ovat. Joka tapauksessa näyttää ilmeiseltä, että tärkeimmät edellytykset nyt tarkasteltujen kehityssarjojen muodostamiseen ovat olleet olemassa.

Kehityssarjojen puitteissa sovellettujen tasoitusten luotettavuutta on jo aiemmin (ss. 55—57) jouduttu sivuamaan. Mainitussa yhteydessä selostetun lisäksi suoritettiin graafisen tasoituksen tarkkuuden arvostelemiseksi eräs koe, missä 10 metsänhoitajaa, jotka toimivat ryhmänjohtajina III:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa, suorittivat puolukkatyyppin toistuvasti harvennettujen metsiköiden kuutiomäärän ja -kasvun tasoituksen toistensa tuloksista tietämättä. Käyrät tulivat yleensä keskenään hyvin samankaltaisia. Varsinkin sarjojen keskivaiheilla erot olivat vähäisiä, mikä kuvastaa sitä tunnettua ilmiötä, että tasoitusten tulokset ovat yleensäkin juuri noilla tienoin luotettavimpia. Erityisesti kuutiokasvun tasoituskäyrästä saattoi lisäksi todeta, että milloin käyriin kuuluu esim. käännepisteitä, voi subjektiivisista kannanotoista riippuen tasoituksissa esiintyä ehkä merkitseviäkin eroja joissain kohdin.

Tässä yhteydessä lienee paikallaan mainita siitä, että sovellettujen laskenta- ja tasoitusmenetelmien johdosta eivät eri tunnuksien numeroarvoiltaan vastaa samalla iällä aina tarkoin toisiaan (vrt. ss. 130—131). Tässäkin suhteessa erot ovat pienimpiä sarjojen keskivaiheilla, ja myös laidoilla niiden merkitys lienee jokseenkin vähäinen. Erikseen on vielä huomautettava, että koealojen vähälukuisuuden takia ovat mustikkatyyppin yli 90 v:n ikäisiä sekä kanervatyyppin alle 70 v:n ikäisiä toistuvasti harvennettuja metsiköitä koskevat tulokset verraten epävarmoja.

Tulosten tarkastelussa on erityisesti koitettu rajoittua vain sellaiseen kuvailuun, mihin aineisto on antanut edellytykset. Milloin on katsottu olevan tarpeellista, on tiettyjä varauksia tulosten suhteen esitetty. Tällaisessa monitahoisessa tutkimuksessa lieenee pakostakin »tyydyttävä siihen, että kuvan jotkin yksityiskohdat muodostuvat vähemmän tarkoiksi kuin toiset. Ehdottomasti tyydyttävän tarkkuuden saavuttaminen jokaisen yksityiskohdan suhteen saattaisi viedä sellaisiin vaikeuksiin, että niitä vastaan taisteltaessa pääasia, kokonaiskuvan saaminen, ehkä jäisi tavoittamatta» (O s a r a 1935, s. 66).

## Loppukatsaus

Tässä tutkimuksessa saavutettujen tulosten soveltamista käytäntöön rajoittavat useat tekijät. Niinpä jo monessa yhteydessä on kiinnitetty huomiota aineiston mahdollisiin taikka todennäköisiin heikkouksiin. On myös huomautettu, että muodostettujen kehityssarjojen osoittama keskimääräinen kulku ei ole sellaisenaan sovellettavissa yksityisiin metsikköihin. Antaahan nyt tutkittujen männiköiden kehitykselle tietyllä kasvupaikalla omat piirteensä varmaan jo se, onko nykyinen puusukupolvi saanut kasvupaikan haltuunsa kuusen vai männyn jälkeen, onko metsikkö syntynyt kulon seurauksena vai ei jne.

Tulosten soveltaminen on rajoitettua myös sen takia, että pääasiallisesti vain metsikön kasvatusvaihe tietyistä iänkohdista alkaen on otettu erillisen tarkastelun kohteeksi. Tarkasteltavana ovat olleet lähinnä vain männiköiden tuottamat puumäärät ja puiden mittasuhteet, joten kysymystä tuotetun puun arvosta ei ole ollenkaan käsitelty. Luonnollisesti kuitenkin biologisten mahdollisuuksien tulee olla selvillä ennen välittömien taloudellisten päätelmien tekoa. Sivuun on ollut jätettävä myös eräät metsikön kasvatusta silmällä pitäen tärkeät kysymykset, kuten metsikön vahvistaminen vaaroja — myrsky, lumi, tuhohyönteiset ym. — vastaan. Niin kuin tunnettua, voivat nämä kysymykset muutamissa tapauksissa kokonaan ratkaista käsittelytavan. Ja vihdoinkin on vielä huomattava, että todellisuudessa metsikön käsittely on sidottu laajempaan yhteyteen. Yksityisen metsikön kehityksen tunteminen on kuitenkin tarvittava lähtökohta pyrittäessä metsien tuoton kohottamiseen, joka on oleva metsätaloudessa kaiken toiminnan päämääränä (vrt. L ö n n r o t h 1927 b, s. 15; Y. I l v e s s a l o 1942, s. 207; L i h t o n e n 1949; W e c k 1951 a, s. 16).

Tutkimuksen tuloksia ei ryhdytä yksityiskohtaisesti kertaamaan, mutta joitakin tärkeimpiä niistä ansainnee vielä mainita. Huomio kiintyy tällöin varsinkin siihen, että toistuneilla harvennushakkauksilla käsitellyissä männiköissä näyttää helposti saavutetun luonnonnormaalien metsiköiden taso kuutiokasvun suhteen, vaikka puuston kuutiomäärä on iän lisääntyessä jäänyt edellisissä yhä selvemmin jälkeen viimeksi mainituista.

Kun harvennushakkauksissa on poistettu ensi sijassa metsikön heikointa, läpimittasuhteiltaan yleensä keskimääräistä pienempää puustoa, jakaantuu kasvu keskimäärin järeämpiin puuyksilöihin harventaen käsitellyissä kuin luonnonnormaaleissa männiköissä. Tämän johdosta tapahtuu metsikössä jäljellä olevien puiden siirtyminen suurempiin läpimittaluokkiin edellisissä luonnollisesti nopeammin kuin jälkimmäisissä. Jos kuitenkin tarkastellaan koko kiertoajan kuluessa poistuvan puuston läpimittasuhteita, näyttävät erot toistuneilla harvennushakkauksilla käsiteltyjen sekä luonnonnormaalien metsiköiden välillä olevan melko vähäisiä. Sen sijaan poistuman ajankohdan suhteen erot ovat erittäin merkitseviä.

Tutkimalla myös voimakkaasti harsittuja ja muita suhteellisen vähäpuustoisiksi hakattuja männiköitä on saatu käsitys siitä, missä suhteessa kuutiokasvu eri tapauksissa pienenee kuutiomäärän tuntuvasti vähetessä. Niinpä esim. toistuneilla harvennushakkauksilla käsiteltyjen metsiköiden kuutiomäärään verrattuna puolta vähäisemmän toistuvasti harsitun puuston kuutiokasvu on ollut keskimäärin 60—70 % ensiksi mainittujen metsiköiden kuutiokasvusta. Hyvin merkitseväksi lienee edelleen katsottava se tulos, ettei metsikön kuutiokasvuun näytä tietyissä rajoissa olevan olennaista vaikutusta hakkauksissa poistettavien puiden koolla, jos poistuman kuutiomäärä on eri tapauksissa yhtä suuri. Kun suhteellisen voimakas kasvu ei siis näytä olevan sidottu esim. vain metsikön suurimpiin puihin, saattaa metsän hoitajalle näin tarjoutua vapauksia laadullisesti parhaiden yksilöiden suosimiseen puiden koolle ensisijaista merkitystä antamatta. Kuitenkin jokainen järeimpään puustoon kohdistunut hakkaus metsikön kasvatusvaiheessa lienee omiansa johtamaan kiertoajan jatkumiseen. Kun metsikön kuutiokasvu myöhäisellä iällä on varsinkin hyvillä metsätyypeillä paljon vähäisempää kuin varhemmin, lienee suurta kuutiotuottoa tavoiteltaessa varottava järeimpään puustoon kohdistuvia kasvatushakkauksia.

Tutkimuksen tulosten antamaa taustaa vasten näyttää selvältä, että koskemattomista tai vain lievillä hakkauksilla käsitellyistä, keski-ikäisistä ja sitä vanhemmista männiköistä voidaan puustoa yleensä huomattavasti hakata kuutiokasvun siitä pienenemättä. Mutta kun muistetaan valtakunnan metsien arvioinneissa saatu kuva metsiemme puuston alhaisesta keskikuutiomäärästä, käy nyt saavutettujen tulosten valossa ilmeiseksi, ettei olennaisesti tuloksiin kuutiotuoton kohottamisessa voida nykyisten puusukupolvien osalta päästä pelkästään käsittelyn suuntaa muuttamalla, vaan välttämätöntä on myös kartuttaa puustoa (vrt. O s a r a 1935, s. 198; K o m i t e a n m i e t i n t ö . . . 1937, s. 15; S a a r i 1937, s. 8; 1951; Y. I l v e s s a l o 1942, s. 208). Kuitenkaan kuutiotuoton kohottamisen kannalta ei ole suinkaan yhdentekevää, mihin puuston osaan

hakkaukset kasvatusvaiheessa kohdistuvat. Tämä johtuu jo siitä, että piittaamattomuuteen metsikön kasvatuksesta liittyy yleensä laiminlyöntejä uudistamisessa, joiden seurauksia taas ovat taimettumisen viivästyminen, kuusen valtaanpääsy karuilla kasvupaikoilla jne. Kuutiotuoton kohottamiseen tässä sektorissa on havaittu olevan eräitä sangen lupaavia mahdollisuuksia (vrt. esim. S i r é n 1952 c) samalla kun välitön hakkuumäärä voi nousta hyvinkin tuntuvaksi. Näin avautuvien näköalojen tarkastelu on kuitenkin jo tämän tutkimuksen piirin ulkopuolella.



## Kirjallisuusluettelo

- Aaltonen, V. T. 1935. Kasvatushakkauksien perusteista. — S. Metsänhoitoyhd. Vuosik. V.
- 1951. De finska skogstyperna i markforskningens ljus. — ST.
- Andersson, Ernst. 1912. Metod och tabeller för utrönandet av massa- och värdetillväxtprocenten hos stående träd. — ST.
- 1940. Krongallring eller låggallring. — NSkT.
- von Arnswaldt, H. J. 1951. Zu »Was leisten die einzelnen Baumklassen an Massenzuwachs?« — Allg. Forstzeitschr.
- 1952. Ertragsregelung früher und heute. — Ibid.
- Assmann, E. 1936. Zur Frage der Kopetzki-Gehrhardt'schen Linien. — Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft.
- 1949. Zur Ertragsstafelfrage. — Forstwiss. Centralbl.
- Baader, G. 1934. Vergleichende Kieferndurchforstungsversuche. — Allg. Forst- u. Jagdz.
- 1935. Was besagen die vergleichenden Durchforstungsversuche über Gesamtertrag, Umtrieb und Vorratshaltung? — Ibid.
- Baur, Franz. 1881. Die Rotbuche in Bezug auf Ertrag, Zuwachs und Form. Unter Zugrundlegung der an der Kgl. Württemberg'schen forstlichen Versuchsanstalt angestellten Untersuchungen. Berlin.
- Behre, C. E. 1928. Preliminary Normal Yield Tables for Second Growth Western Yellow Pine in Northern Idaho and Adjacent Areas. — Journal of Agricultural Research XXXVII.
- Belyea, Harold C. 1947. Forest Measurement. Third Printing. New York.
- Berättelse över verksamheten vid Statens Skogsforskningsinstitut under perioden 1938—1945 jämte förslag till arbetsprogram för den kommande femårsperioden. 1947. — MS 35.
- Biolley, H. E. 1919. L'Aménagement des Forêts par la Méthode Expérimentale et spécialement Méthode du Contrôle. Neuchâtel et Paris, 1920. — Die Forsteinrichtung auf der Grundlage der Erfahrung und insbesondere das Kontrollverfahren. Deutsch von Oberförster Eberbach. Paris, Neuchâtel, Karlsruhe, 1923.
- Bornebusch, C. H. 1933. Et Udhugningsforsøg i Rødgran. — Det forstlige Forsøgsvaesen i Danmark XIII.
- Buckle, Edward H. 1950. Methods of Studying Height Growth and Stocking Indexes for Pure Even-Aged Stands. A thesis submitted to the School of Graduate Studies, University of Toronto in partial fulfilment for the degree of Master of the Science of Forestry. Konekirjoite.
- Bundy, Otto. 1949. Reflexioner över beståndsbehandling med ledning av provyteförsök i Sörmland. — ST.
- 1951. Sörmländsk barrblandskog. — ST.
- Burger, Hans. 1937. Holz, Blattmenge und Zuwachs. III. Mitteilung. Nadelmenge und Zuwachs bei Föhren und Fichten verschiedener Herkunft. — Mitt. d. Schweiz. Anstalt f. d. forstl. Versuchswes. XX.
- Cajander, A. K. 1909. Über Walddtypen. — AFF 1.
- 1925. Metsätyypiteoria. The Theory of Forest Types. — AFF 29.
- 1949. Metsätyypit ja niiden merkitys. Forest Types and Their Significance. — AFF 56.
- Cajander, Erkki K. Katso Kalela, Erkki K.
- Cajanus, Werner. Aineiston homogeniteetin määrittäminen tuotantotauluja laadittaessa. Konekirjoite.
- 1911. Puun rungon muotoa koskevia tutkimusmetodeja. Esitelmä. Referat: Über zahlenmäßige Darstellung der Stammformen der Waldbäume. — S. Metsänhoitoyhd. Julk. XXVII.
- 1914. Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. — AFF 3.
- Carbonnier, Charles. 1952. Gallringsintervallet. Provföreläsning över förelagt ämne på Skogshögskolan den 26 april 1951. — Skogen.
- Chaiken, Leon E. 1937. Katso Arland L. MacKinney, Francis X. Schumacher and Leon E. Chaiken 1937.
- Chapman, Herman H. and Meyer, Walter H. 1949. Forest Mensuration. First Edition.
- Chaturvedi, M. D. 1926. Measurements of the Cubical Contents of Forest Crops. — Oxford Forestry Memoirs, Number 4.
- Curtis, James D. 1952. Response to Release of Ponderosa Pine in Central Idaho. — Journal of Forestry 50.
- Dahlberg, Gunnar. 1940. Statistical Methods for Medical and Biological Students. London.
- Dengler, Alfred. 1930. Waldbau auf ökologischer Grundlage. Ein Lehr- und Handbuch. Berlin.
- Dieterich, V. 1949. Standortskundliche Methoden und Fragestellungen der Forstwissenschaft. — Forstwiss. Centralbl.
- Dunning, Duncan. 1922. Relation of crown size and character to rate of growth and response to cutting in western yellow pine. — Journal of Forestry 20.
- Dwight, T. W. 1937. Refinements of Plotting and Harmonizing Freehand Curves. — Forestry Chronicle 13.
- Eide, Erling og Langsaeter, A. 1941. Produksjonundersøkelser i granskog. Produktionsundersuchungen von Fichtenwald. — Medd. fr. d. norske Skogsforsøksves. VII.
- Eklund, Bo. 1944. Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna. — NSkT.
- 1950. Skogsforskningsinstitutets årsringsmätningssmaskiner. Deras tillkomst, konstruktion och användning. Summary: The Swedish Forest Research Institutes machines for measuring annual rings. Their origin, construction and application. — MS 38.

- Eklund, Bo. 1951. Undersökningar över krympnings- och svällningsförändringar hos borrhspån av tall och gran. Summary: Investigations of the Shrinkage and Swelling Changes in Increment Cores of Pine and Spruce. — MS 39.
- Etter, H. 1952. Beitrag zur Leistungsanalyse der Wälder. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes.
- Exner, F. M. 1913. Über die Korrelationsmethode. Jena.
- Fahlcrantz, E. G. 1901. Undersökning af ljusningstillväxten (Lichtungszuwachs) hos tallen vid fullständig friställning. — Tidskrift för Skogshushållning.
- Flury, Ph. 1905. Untersuchungen über einige Baumhöhenmesser. — Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswes. VIII.
- Föreskrifter angående de allmänna skogarnas indelning till ordnad hushållning, utfärdade av K. Domänstyrelsen den 27 maj 1916.
- Hagberg, Nils. 1938. Taxatoriska analyser av de mellansvenska blandskogarna. — ST.
- 1942. Stamformens förändringar hos tall och gran under beståndsutvecklingen och efter friställning. Zusammenfassung: Die Veränderungen der Stammform bei Kiefer und Fichte während der Bestandsentwicklung und nach Freistellung. — ST.
- Hawley, Ralph C. 1936. Observations on Thinning and Management of Eastern White Pine (*Pinus strobus* Linnaeus) in Southern New Hampshire. — Yale University: School of Forestry. Bulletin N:o 42.
- Heijbel, Ivar. 1929. Skogsmatematiska undersökningar rörande tallens bark. Summary: Forest mathematical Researches into the Pine Bark. — ST.
- Heikinheimo, Olli. 1935. Metsäpuiden karsimisesta. — S. Metsänhoitoyhdy. Vuosik. V.
- 1938. Harvennushakkauksista. Referat: Die Durchforstungen. — SF 46.
- Hesselman, Henrik. 1937. Om humustäckets beroende av beståndets ålder och sammansättning i den nordiska granskogen av blåbärsrik *Vaccinium* typ och dess inverkan på skogens föryngring och tillväxt. Zusammenfassung: Über die Abhängigkeit der Humusdecke von Alter und Zusammensetzung der Bestände im nordischen Fichtenwald von blaubeerreicherem *Vaccinium*-Typ und über die Einwirkung der Humusdecke auf die Verjüngung und das Wachstum des Waldes. — MS 30.
- Hildén, N. A. Katso Osara, N. A.
- Hohenadl, W. 1939. Einführung in die Bestandesberechnung mit Hilfe 2 Mittelstämmen. — Forstwiss. Centralbl.
- Hummel, F. C. 1950. Interim note on a thinning study in young pine in East Anglia. — Forestry Volume XXIII.
- Ilvessalo, Lauri. 1929. Puuluokitus ja harvennusasteikko. Summary: A Tree-Classification and Thinning System. — AFF 34.
- Ilvessalo, Lauri † — Laitakari, Erkki. 1949. Metsikön kasvatus. — Suuri metsäkirja I. Metsänhoito: Porvoo-Helsinki.
- Ilvessalo, Yrjö. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyypien kankailla Salmin kruununpuistossa. — AFF 6.
- 1920 a. Tutkimuksia metsätyypien taksatorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. Referat: Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstabeln Finnlands fussend. — AFF 15.

- Ilvessalo, Yrjö. 1920 b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. Referat: Ertragstabeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — AFF 15.
- 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921–1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The Forests of Suomi (Finland). Results of the General Survey of the Forests of the Country carried out during the years 1921–1924. — MTJ 11.
- 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). Selostus: Pysyvien koelajien perustaminen ja mittaus Suomessa. — MTJ 17.
- 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotoyohjeet. Summary: Instructions for field work of the second National Survey of the forests of Suomi (Finland). — MTJ 22.
- 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in Central North-Suomi (Finland). — MTJ 24.
- 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. — SF 52.
- 1940. Suomen metsävarat vv. 1936–1938. Selostus II:n valtakunnan metsien arvioinnin päätuloksista. The forest resources of Finland in 1936–1938. A summary of the main results of the second National Survey of the forests. — MTJ 28.
- 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second National Forest Survey. — MTJ 30.
- 1945. Puiden kasvun vaihtelu ja sen merkitys kasvututkimuksissa. — MA.
- 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. — MTJ 34.
- 1948 a. Nyky-Suomen metsät. Valtakunnan metsien arviointeihin perustuva kuvaus. The forests of present-day Finland. A description based on the National Forest Surveys. — MTJ 35.
- 1948 b. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.
- 1948 c. Yksityismetsiemme heikkoudet ja niiden korjaaminen. Helsinki.
- 1949. Aimo Kaarlo Cajander. In memoriam. — AFF 56.
- 1950. Metsämaiden veroluokitus. — MA.
- 1951 a. Metsikkölajien esiintyminen Suomen metsissä. Summary: Occurrence of the different kinds of wood stands in the Finnish forests. — MTJ 39.
- 1951 b. III valtakunnan metsien arviointi. Suunnitelma ja maastotyön ohjeet. Summary: Third National Forest Survey of Finland. Plan and instructions for field work. — MTJ 39.
- 1952 a. Metsikön kasvun ja poistuman välisestä suhteesta. Summary: On the Relation between Growth and Removal in Forest Stands. — MTJ 40.
- 1952 b. Harvennuskokeiden suorituksesta. Summary: On the performance of thinning experiments. — MA.
- 1952 c. Metsänarvioimistieteen professorin viran täyttämässä annettu asiantuntijalausunto. Käsikirjoitus.
- Jalava, Matti. 1945. Suomalaisen männyn, kuusen, koivun ja haavan lujuusominaisuuksista. Summary: Strength properties of Finnish pine, spruce, birch and aspen. — MTJ 33.

- Japing, 1911. Über das Wachstum der Kraftschen Baumklassen im Verlaufe einer zehnjährigen Zuwachsperiode. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes.
- Jedliński, W. ym. 1932. Badania wtaściwości struktury, rozwoju i przyrostu drzewostanów sosnowych w Polsce. Referat: Forschung der Merkmale der Struktur, Entwicklung und des Zuwachses der Kiefernbestände in Polen. Warszawa.
- Jonson, Tor. 1928. Några nya metoder för beräkning av stamvolym och tillväxt hos stående träd. Summary: Some new methods for calculating volume and increment of standing timber. — ST.
- »— 1929. Massatabeller för träduppskattning. 5:te upplagan. Stockholm.
- Julkilausuma. 1948. — MA.
- Kalela (Cajander), Erkki K. 1933. Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. Referat: Untersuchungen über die Entwicklung der Kulturfichtenbestände in Süd-Finnland. — MTJ 19.
- »— 1934. Havaintoja eräällä myrskytuhoalueella. Referat: Beobachtungen auf einem Sturmschadengebiet in Finnland. — AFF 40.
- »— 1945. Metsät ja metsien hoito. Porvoo-Helsinki.
- »— 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. — SF 64.
- »— 1951. Metsänhoidon taustaa ja tekniikkaa. Helsinki.
- Karlsson, Gunnar och Silfverberg, Jarl. 1910. Undersökning öfver beståndstillväxten i tallskog af myrtillustyp i Vesijako kronopark. — Finska Forstför. Medd. XXVII.
- Keltikangas, Valter. 1952. Näkökohtia kasvunlaskennasta sekä runkomuodon muuttumisen huomioon ottamisesta kasvunlaskennassa. — MA.
- Knuchel, Hermann. 1923. Über die Anpassung der Betriebseinrichtung an die heutigen waldbaulichen Verhältnisse. Vortrag. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes.
- Koller, Siegfried. 1943. Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. 2. ergänzte Auflage. Dresden und Leipzig.
- Kolmodin, G. 1923. Tillväxtundersökningar i norra Dalarne. — ST.
- Komitean mietintö 1937: 8. Metsänhoidon edistämiskomitean mietintö joulukuun 1 päivästä 1937. Helsinki.
- Kuusela, Kullervo. 1951. Talouskoivikoiden rakenteesta ja kehityksestä. Metsänarvioimistieteen laudaturtyö kandidaattitutkintoa varten. Konekirjoite.
- »— 1953. Zur Theorie der forstlichen Zuwachsberechnung auf Grund der periodischen Messung. — AFF 60.
- Köstler, Josef. 1950. Wandlungen in der Betrachtung und Erforschung der meist verbreiteten einheimischen Nadelbäume. — Forstwiss. Centralbl.
- Laitakari, Erkki. 1949. Katso Lauri Ilvessalo ja Erkki Laitakari 1949.
- Lakari, O. J. 1920. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltypillä. Referat: Untersuchungen über die Zuwachsverhältnisse der Fichte und Kiefer auf dem Dickmoostypus in Nord-Finnland. — MTJ 2.
- Langsaeter, A. 1929. Diameterklassenes gjennemsnittlige diameter. Sammenfatning: Über Berechnung des mittleren Durchmessers einer Durchmesserstufe. — Medd. fr. d. norske Skogforsøksves. III.
- »— 1941. Om tynning i enaldret gran- og furuskog. — Ibid. VIII.

- Langsaeter, A. 1941. Katso myös Erling Eide og A. Langsaeter 1941.
- »— 1944. Om tilvekstberegning. — Skogbrukeren.
- Lappi-Seppälä, M. 1929. Untersuchungen über die Schlankheit der Kiefer. — AFF 34.
- »— 1930. Untersuchungen über die Entwicklung gleichaltriger Mischbestände aus Kiefer und Birke, basiert auf Material aus der Südhälfte von Suomi (Finnland). Selostus: Tutkimuksia tasaikäisen mänty-koivu-sekametsikön kehityksestä Suomen eteläpuoliskosta kootun aineiston perusteella. — MTJ 15.
- »— 1934. Karsimisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Referat: Über die Ästung und ihre waldbauliche Bedeutung. — AFF 40.
- »— 1936. Tutkimuksia männyn ja koivun runkomuodosta. Referat: Untersuchungen über die Stammform der Kiefer und Birke. — AFF 44.
- Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. — AFF 14.
- Lehto, Jaakko. 1948. Tutkimus mäntysiemenpuiden kehityksestä. Konekirjoite.
- Lexen, Bert. 1943. Bole area as an expression of growing stock. — Journal of Forestry 41.
- Lihtonen, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta. Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die Bildung des Holzvorrates des Waldes. — AFF 51.
- »— 1944. Piirteitä metsätalouden järjestelyn rakennemuodoista Suomessa. Referat: Über die Strukturformen der Forsteinrichtung in Finnland. Helsinki.
- »— 1949. Metsätutkimuksen linjajako. (Päätösmittajan palsta.) — MA.
- »— 1952. Metsiämme tulevan kehityksen ääriäviivoja. Tutkimusmenetelmän esittely. Summary: On the future development of Finnish forests. On research methods. — MTJ 40.
- Lindeberg, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käytäntö tilastotieteessä. Helsinki.
- Lönnroth, Erik. 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. I. Moniste.
- »— 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — AFF 30.
- »— 1927 a. Über Stammkubierungsformeln. — AFF 31.
- »— 1927 b. Zur Frage der Waldbetriebsregelung mit besonderer Berücksichtigung der Waldverhältnisse Finnlands. — AFF 32.
- »— 1929. Theoretisches über den Volumzuwachs und -abgang des Waldbestandes. — AFF 34.
- Maaperäsanaston ja maalajien luokituksen tarkistus v. 1949. — Maataloustieteellinen aikakauskirja 21.
- MacKinney, Arland L., Schumacher Francis X. and Chaiken, Leon E. 1937. Construction of Yield Tables for Nonnormal Loblolly Pine Stands. — Journal of Agricultural Research 54.
- Martin, H. 1920. Die Fortbildung des Sächsischen Forsteinrichtungsverfahrens. Berlin.
- Matthews, Donald Maxwell. 1935. Management of American Forests. New York and London.
- Mattsson-Mårn, L. 1920. Slutenhet och slutenhetsfaktorer. — ST.

- Mattsson-Mårn, L. 1931. Bedömningsfelen vid höjd- och toppskottsmätning. — ST.
- Mayer-Wegelin, Hans. 1936. Ästung. Hannover.
- Mayr, Heinrich. 1909. Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage. Berlin.
- Metsätieteellinen tutkimuslaitos 1918—1948. 1949. — MTJ 37.
- Metzger, C. 1893. Studien über den Aufbau der Bäume nach statischen Gesetzen. — Münd. Forstl. Hefte III.
- Meyer, W. H. 1930. Diameter Distribution Series in Evenaged Forest Stands. — Yale University: School of Forestry. Bulletin No 28.
- 1949. Katso Herman H. Chapman and Walter H. Meyer.
- Miettinen, Leevi. 1930. Harvennusteikkoista ja niiden soveltamisesta. Referat: Über Durchforstungsskalen und ihre Anwendung. — MTJ 16.
- 1932. Tutkimuksia harmaalepiköiden kasvusta. Referat: Untersuchungen über den Zuwachs der Weisserlenbestände. — MTJ 18.
- Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvu-tutkimuksissa. Summary: On Variations in Tree Growth and their Significance to Growth Studies. — MTJ 38.
- Mitscherlich. 1939. Sortenertragstafeln für Kiefer, Buche und Eiche. — Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft.
- Morosow, G. F. 1928. Die Lehre vom Walde. Aus dem Russischen übersetzt. Neudamm.
- Møller, Carl Mar. 1951. Traemålings- og tilvaekstlaere. København.
- 1952. Tyndingens indflydelse på massetilvaeksten. I. — ST.
- Nyblom, E. 1927. Formförändring hos helt friställda träd. Summary: Alteration in the form of wholly liberated trees. — ST.
- Nyyssönen, Aarne. 1949. Männiköiden rakenteesta ja kehityksestä eri tavoilla käsitellyissä metsissä. Metsänarvioimistieteen pro gradu-tutkielma kandidaatti-tutkintoa varten. Konekirjoite.
- 1950. Vertailevia havaintoja hoidettujen ja luonnontilaisten männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Summary: Comparative observations on the structure and development of tended and natural pine stands. — SF 68.
- 1951. Havaintoja metsikön kasvun arvioimistavoista. Summary: Observations on the methods of estimating the growth of a stand. — MA.
- 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. — MTJ 40.
- Näslund, Manfred. 1929. Antalet provträd och höjdkurvans noggrannhet. Résumé: Die Anzahl der Probestämme und die Genauigkeit der Höhenkurve. — MS 25.
- 1935. Ett gallringsförsök i stavagranskog. Zusammenfassung: Ein Durchforstungsversuch in Stabfichtenwald. — MS 28.
- 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. Zusammenfassung: Die Durchforstungsversuche der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. Primärbearbeitung. — MS 29.
- 1940. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. — MS 32.
- 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. Zusammenfassung: Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. — MS 33.
- 1944. Antalet provträd och kubikmassans noggrannhet vid stamräkning av

- skog. Summary: The number of sample trees and the accuracy of the cubic volume in forest estimation by stem accounting. — MS 34.
- Olberg, Adolf. 1950. Die Durchforstung der Kiefer. Hannover.
- Osara (Hildén), N. A. 1934. Havaintoja eräitten yksityistilojen metsätaloudesta. Referat: Beobachtungen über die Waldwirtschaft einiger Privatgüter. — AFF 40.
- 1935. Suomen pienmetsätalous. Referat: Die Kleinwaldwirtschaft in Finnland. — MTJ 21.
- 1948. Maatilametsälön taloussuunnitelma. Opaskirja käytäntöä varten. Helsinki.
- Petrini, Sven. 1925. Tillväxtprocentens beräkande. Summary: The calculation of the increment percent by the compound interest method. — MS 22.
- 1932. Felet vid höjdmätning av lutande träd med Christens höjdmätare. — ST.
- 1937. Om kanträdens reaktion vid friställning och överbeståndets produktion vid skärmföryngring. Hauptinhalt: Zuwachsreaktion der freigestellten Randbäume und Produktion des Schirmbestandes bei natürlicher Verjüngung. — MS 29.
- 1948. Skogsuppskattning och skogsindelning. Stockholm.
- 1949. Tillväxtprognoser vid skogsindelning. Två problem. Summary: Prognosis of Increment for Calculation of Cutting. — Kungl. Skogshögskolans skrifter. No 2. Bulletin of the Royal School of Forestry. Stockholm.
- Petterson, Henrik. 1924. Naturforskning och skogliga försök som underlag för beståndsvärden. — ST.
- 1937. Utvecklingsprognoser för skogsbestånd. 1937 års nordiska skogskongress. Exkursion II. Stockholm.
- 1950. Om skogsvårdslagens tillämpning. Summary: On the Application of the Forestry Conservation Law. — MS 39.
- 1951. Produktionstabeller för vissa typer av svensk barrskog. Summary: Production Tables for Certain Types of Swedish Conifer. — MS 40.
- Prodan, M. 1951 a. Aus der Holzmesslehre. — Forstarchiv.
- 1951 b. Messung der Waldbestände. Frankfurt/M.
- Romell, Lars-Gunnar. 1925. Växttidsundersökningar å tall och gran. Résumé: Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'épicéa durant la période de végétation. — MS 22.
- 1938. Markreaktionen efter gallringar och dess orsaker. Summary: The soil reaction following thinnings and its mechanism. — NSkT.
- Ronge, E. W. 1928. Kort redogörelse för vissa skogliga försök, verkställda under åren 1914—1928 å Kramfors Aktiebolags skogar, och resultatens praktiska tillämpning i skogsbruket. — NSkT.
- Saari, Eino. 1929. Etelä-Suomen yksityistilojen metsätalouden tuotto. Summary: Return of private farm forests in South Suomi. — AFF 34.
- 1937. Valtakuntien metsätaseiden ja liikahakkauksen käsitteistä. — Yksityismetsänhoitajayhd. Vuosik. X.
- 1940. »Kasvun arvo» ja »tuottokuutiometri». Käsitteiden tarkastelua. — MA.
- 1951. Suomen metsävarojen riittävyyden ongelma. — Kansamme Talous.
- Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestamplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. — MTJ 33.
- 1945. Puuston tiheys metsikön tunnuksena. — MA.



- Sarvas, R. 1946. Huomioita kaivospuun ja paperipuun määrämittahakkuilla käsitellyistä metsiköistä. Summary: Notes on stands cut for pitprops and pulpwood to minimum diameter. — MTJ 33.
- 1948. Metsän pintakasvillisuuden kuvaamisesta. — MA.
- 1949 a. Huonokuntoiset metsät. — Suuri metsäkirja I. Metsänhoito. Porvoo-Helsinki.
- 1949 b. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. Summary: Seed-tree cutting as a regeneration method in Scots pine forests of southern Finland. — MTJ 37.
- 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. Summary: Investigations into the Natural Regeneration of Selectively Cut Private Forests in Northern Finland. — MTJ 38.
- 1951. Tutkimuksia puolukkatyyppin kuusikoista. Summary: Investigations into the spruce stands of Vaccinium type. — MTJ 39.
- Schenk, C. A. 1951. Waldbau (Silviculture). (Review.) — Journal of Forestry 49.
- Schober, Reinhard. 1951. Zum jahreszeitlichen Ablauf des sekundären Dickenwachstums. — Allg. Forst- u. Jagdz.
- Schumacher, Francis X. 1937. Katso Arland L. MacKinney, Francis X. Schumacher and Leon E. Chaiken 1937.
- Schwappach, A. 1893. Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. Berlin.
- 1908. Die Kiefer. Wirtschaftliche und statische Untersuchungen der forstlichen Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde. Neudamm.
- Schwarz, Frank. 1899. Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris. Berlin.
- Schwendener, S. 1874. Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monokotylen, mit vergleichenden Ausblicken auf die übrigen Pflanzenklassen. Leipzig.
- Schädelin, W. 1931. Über Klasseneinteilung und Qualifikation der Waldbäume. — Schweiz. Zeitschr. f. Forstwes.
- Silfverberg, Jarl. 1910. Katso Gunnar Karlsson och Jarl Silfverberg 1910.
- Sirén, Gustaf. 1950. Alikasvoskuusten biologiaa. Summary: On the Biology of Undergrown Spruce. — AFF 58.
- 1952 a. Hakkuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. Summary: On the effect of releasing cutting upon wood structure of spruce on peat-moors. — MTJ 40.
- 1952 b. Lisäpiirteitä puun kasvun laskentaan. Summary: Some additional aspects of the calculation of tree increment. — MA.
- 1952 c. Paksusummaltyypin metsien uudistamisesta. — MA.
- Sjöström, Harald. 1937. Till frågan om gallringsmetodens inverkan på massa-produktionen. — NSkT.
- Spurr, Stephen, H. 1952. Forest Inventory. New York.
- Tertti, Martti. 1935. Mikä metsätyyppi? Ohjeita metsätyyppin määrääjälle Suomen eteläpuoliskon kovilla mailla. Helsinki.
- 1942. Huomiota metsän ja metsänkäytön vaiheisiin. — MA.

- Tirén, Lars. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. Resumé: Om grundteberäkning och dess noggrannhet. — MS 25.
- Tischendorf, Wilhelm. 1927. Lehrbuch der Holzmassenermittlung. Berlin.
- Toma, G. T. 1940. Kronenuntersuchungen in langfristigen Kieferndurchforstungsflächen. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes.
- Ullén, G. 1940. »Gallring med uttagande företrädesvis av de grövre eller de klenare stammarna i beståndet.» — NSkT.
- Uppskattning av Sveriges skogstillgångar verkställd åren 1923—1929. Redogörelse avgiven av riksskogstaxeringsnämnden. — Statens offentliga utredningar 1932: 26.
- Vaartaja, Olli. 1951. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the Recovery of Released Pine Advance Growth and its Silvicultural Importance. — AFF 58.
- Vanselow, Karl. 1942. Einführung in die Forstliche Zuwachs- und Ertragslehre. 2. Auflage. Frankfurt a. M.
- 1943. Über die Ursachen der annähernd gleichen Massenleistung unserer Reinbestände bei verschiedener Durchforstung. — Forstwiss. Centralbl.
- 1951 a. Fichtenertragstafel für Südbayern. Untersuchungen über Zuwachs, Ertrag, Stammformen und Struktur reiner Fichtenbestände in Südbayern. — Ibid.
- 1951 b. Messung der Waldbestände. Zugleich Besprechung des gleichnamigen Buches von M. Prodan. — Allg. Forstzeitschr.
- Wack, J. 1948. Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde. Radebeul und Berlin.
- 1951 a. Forstliche Ertragsforschung. Ein Überblick von 1930—1950. — Forstarchiv.
- 1951 b. Über die Eignung von Kronenmesswerten als Weiser für die Zuwachspotenz von Bäumen und Beständen im Wirtschaftswald. — Allg. Forstzeitschr.
- Weise, W. 1893. Plenterdurchforstung oder Hochwald in Fichten? — Münd. Forstl. Hefte IV.
- Weland, P. O. 1940 a. Gallring med uttagande företrädesvis av de grövre eller av de klenare stammarna i beståndet. — NSkT.
- 1940 b. Krongallring eller låggallring? — NSkT.
- Wicht, Christiaan. 1934. Zur Methodik des Durchforstungsversuchs. Dresden.
- Vidandra riksskogstaxeringen av Norrland åren 1938—42 använd metodik och härom vunna erfarenheter. Redogörelse avgiven av 1937 års riksskogstaxeringsnämnd. — Statens offentliga utredningar 1947: 36.
- Wiedemann, Eilhard. 1932. Untersuchungen über die Rindenstärke der Kiefer. — Forstarchiv.
- 1935. Die Ergebnisse 40-jähriger Vorratspflege in den preussischen forstlichen Versuchsflächen. — Ibid.
- 1936. Über die Vereinfachung der Höherermittlung bei den Vorratsaufnahmen. — Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft.
- 1937. Die Fichte 1936. Zweiter Teil. — Ibid.
- 1948 a. Die Kiefer 1948. Waldbauliche und ertragskundliche Untersuchungen. Hannover.
- 1948 b. Über die Arbeitsmethoden des forstlichen Versuchswesens. Dargestellt am Beispiel der früheren Preussischen Forstlichen Versuchsanstalt. — Beiträge zur Agrarwissenschaft IV. Hannover.

- Wiedemann, Eilhard. 1949. Ertragstabern der wichtigsten Holzarten bei verschiedener Durchforstung sowie einiger Mischbestandsformen mit graphischen Darstellungen. Hannover.
- 1950. Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. Das Hauptergebnis der 70 jährigen Arbeiten der (ehem.) Preussischen Forstlichen Versuchsanstalt. Teil I: Wachstum des Einzelstammes und des gleichaltrigen Reinbestandes unter den Einfluss von Standort und Bestandespflege. Frankfurt am Main.
- Wilson, F. G. 1951. Control of Growing Stock in Even-Aged Stands of Conifers. — *Journal of Forestry* 49.
- Viro, P. J. 1947. Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen. Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil. — *MTJ* 35.
- Wobst, W. 1943. Probleme der Zuwachs- und Ertragslehre. — *D. deutsche Forstw.* 25.
- Wohlfarth, Erich. 1938. Über Baumklassenbildungen. — *Allg. Forst- u. Jagdz.*
- Vuokila, Yrjö. 1950. Kuusikoiden rakenteesta ja kehityksestä metsänhoidollisen tilansa puolesta erilaisissa metsissä. Metsänarvioimistieteen pro gradu-tutkielma kandidaattitutkintoa varten. Konekirjoite.
- Ylinen, Arvo. 1952. Über die mechanische Schaftformtheorie der Bäume. — *SF* 76.

### Lyhennyksiä — Abbreviations

- AFF = Acta forestalia fennica.
- MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti.
- MS = Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut (Skogsförsöksanstalt).
- MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae editae).
- NSkT = Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift.
- SF = Silva fennica.
- ST = Skogsvårdsföreningens tidskrift.

## On the Structure and Development of Finnish Pine Stands Treated with Different Cuttings

### Summary

#### Introduction

In the study of the structure and development of a forest stand the so-called naturally normal stands have been the focus of attention in Finland to date. Thanks to the investigations by Y. Ilvessalo (1920 a, 1920 b, 1937), Lönnroth (1925), Lappi-Seppälä (1930), Miettinen (1932) and Kalela (1933) the structure and growth of many important stand types are known. But relatively few investigations into the development of stands treated with cuttings (e.g. Sarvas 1944; Nyysönen 1950; Y. Ilvessalo 1952 a) have been published in Finland outside the National Forest Surveys (Y. Ilvessalo 1927, 1942).

Permanent sample plots must be considered the most reliable basis for investigations into structure and development. Such sample plots have been established since 1924 by the Forest Research Institute; measurements and in connection with them thinnings of varying intensity have been made on these sample plots at intervals. The experiments are of course too short so far to permit comprehensive conclusions. In addition there are considerable gaps in the series, e.g. as a result of the post-war territorial cessions. Nor are very heavy cuttings to remove trees in the dominant crown layers represented in their treatment; these cuttings were considered important for the present investigation. For these reasons the material of the investigation consists of sample plots located in existing forests and based on a single measurement; efforts have been made to analyse the development of the stand on these plots as accurately as possible. On some points, however, the measurements of permanent sample plots are employed as auxiliary figures. By basing the investigation mainly on sample plots measured in managed forests it will probably be possible to apply the results in many ways for practical purposes.

The framework of the investigation is a study of the development of stands treated by two different methods, viz. repeated thinnings and repeated selection cuttings. Certain average development series are worked out from data on the sample stands. They must be taken primarily as auxiliary constructions (cf. Wiedemann 1949, p. 2; Prodan 1951 a, p. 79) on the basis of which the development of differently treated stands can be compared. The investigation has been restricted to a single type of stand: pure, even-aged Scots pine stand in the central part of the southern half of Finland, however, on three forest site types characteristic of such a stand.

### Method of classifying the stands studied

For a comparative investigation of stands treated with different cuttings the stands studied must be appropriately classified. It is of particular importance not only that the method of classification selected takes into account the condition of the stand at the time of measurement but also that uniform previous treatment is made the fundamental requirement of classification.

The starting-point selected for the present investigation is a stand of natural, uniformly dense and even-aged origin, that has completed its young stand phase without being stunted in growth — at least to any considerable extent — by standards.

The various treatment classes have been decided on the basis of the treatment to which the stand, and primarily the trees of its dominant crown layers, has been subjected since this early development phase. As there is no intention here of outlining any general classification system the treatment classes are restricted to the few that best illustrate the present investigation.

Two distinct groups can be differentiated initially. The first includes the stands cut to grow the best of the dominant trees by removing primarily the most inferior trees both from the dominated and from the dominant crown layers. Hence these stands have been subjected to intermediate cuttings. In the present investigation they are referred to the group of stands treated with silvicultural thinning.

The second group distinguished consists of the stands in which the growing of dominant trees has been neglected. The largest-sized and technically most valuable trees have been subjected to at least one heavy cutting. Mostly such cuttings have been started after the largest-sized trees had reached the timber tree stage, but sometimes also earlier. The stands belonging to this treatment group are here termed stands treated with selection cuttings.

In addition to these two main groups a special group is formed by stands treated with indefinite cuttings. The cuttings effected in these stands have not had as a rule any such definite tendency to raise the best growing stock as the measures taken in the stands treated with silvicultural thinning; on the other hand, e.g. the volume of the growing stock in these stands, considering their age, is as a rule reasonably great. Some stands have been referred to this group because, due to disease or injury, large-sized trees also have been removed that would otherwise have been left to grow.

The variation present within these three groups is extensive, which calls for the establishment of more uniform classes. For instance, in stands treated with silvicultural thinning the cuttings have varied so much in intensity that placing the stands in a single series evidently would not be appropriate. For this reason, in view of the purpose of the investigation, it was decided to establish a sufficiently uniform development series of repeatedly thinned stands. By taking the basal area of the whole stand and, separately, of the trees belonging to the dominant crown layers it was possible to distinguish from the development series of repeatedly thinned stands a separate class of heavily thinned stands. The basal area of these stands was smaller than the lower limit of the variation range proper of the basal area of stands treated with silvicultural thinning. However, in effecting the classification it was necessary to bear in mind the dependence of the basal area on the dates when the cuttings were carried out.

It was not considered necessary to classify the stands treated with indefinite cuttings. On the other hand, the group of stands treated with selection cuttings includes stands of two main types. One special class consists of stands subjected to prolonged selection cuttings. In a different class are the stands which often after the first heavy selection cutting have been allowed to rest without further similar measures, frequently for a relatively long time. These stands can be referred to the class of selectively cut, rested stands.

Hence the classification in its entirety is as follows:

- A. Stands treated with silvicultural thinning
  - 1. Repeatedly thinned stands
  - 2. Heavily thinned stands
- B. Stands treated with indefinite cuttings
- C. Stands treated with selection cuttings
  - 1. Stands subjected to prolonged selection cuttings
  - 2. Selectively cut, rested stands

Symbols will be employed in the following to indicate these treatment classes. The symbols are based on the above classification: e.g.  $A_1$  refers to repeatedly thinned stands. This without doubt is the most important class in the present investigation. It has been considered possible to combine the stands belonging to it into uniform development series by forest site types. Stands subjected to prolonged selection cuttings ( $C_1$  class) also constitute an important development series, though considerably more heterogeneous than the former. The other sample stands, on the other hand, will only be utilized at certain points in the investigation. Figs. 1—5 (p. 17, pp. 22—25) show examples of the stands of the various treatment classes.

### The material, its collection and treatment

#### Possibilities of obtaining material

Pure pine stand is the commonest type of stand in Finland. Stands in which the proportion of mixed trees does not exceed 15 % of the volume of the stand account for some 20 % of the productive forest land in the southern half of the country (Y. Ilvesalo 1951 a). As the present investigation, in addition, is restricted to the *Myrtillus*, *Vaccinium* and *Calluna* forest site types (*MT*, *VT* and *CT*; cf. Cajander 1925) it may be said to involve the commonest tree species on its most general sites; hence these stands provide the best possibilities of collecting an adequate material.

From this point of view, i.e. obtaining material, the methods of treatment applied to the forests during the development of the present tree generation are also of importance; they are of course closely connected with the market conditions of wood products. A study of the methods of treatment shows that a predominant part of the area from which the material is derived used to belong earlier to the district in which cultivation by burning over was a typical feature; hence the stands investigated have developed mainly as a result of burn-beating. Their development up to the moment of investigation has coincided with a period during which selection cutting to a diameter limit, effected in one form or another, used to be the prevailing cutting method, except in the last twenty to thirty years during which the so-called silvicultural cutting methods have acquired greater prominence. Against this general background it does not seem

easy to collect a material of stands consistently and uniformly treated from their origin. However, even before they were generally adopted thinnings had been carried out here and there; on the other hand, the change from selection cuttings to the silvicultural cutting methods has not been complete enough to eliminate definite selection cuttings altogether.

In addition to the above there are naturally certain other factors restricting the collection of material.

#### *Work done in the stands investigated*

In selecting stands for the investigation care was taken to ensure that they were approximately pure pine stands. The maximum permissible proportion of mixed trees was 20 % of the volume; the proportion actually exceeded 10 % in a total of 5 only out of the 190 stands investigated. The sample plots had also to be as homogeneous as possible as regards forest site type. They had also to be even-aged. The age differences in a large number of the stands studied approximated 5 years at the most, in extreme cases some 15–20 years. No serious diseases or damage was permitted in stands selected for study. Finally, the treatment and development of the stands had to meet the requirements set.

To obtain information on the earlier treatment of the stand bookkeeping records for the years and methods of cutting were studied where available. More often, however, personal recollections had to suffice. The exterior appearance of the stand was also considered. Of particular importance for conclusions as to earlier treatment were the stumps of cut trees. Stumps dating back no more than 10–15 years were especially helpful but much older stumps even were also of some use.

Particularly for information on early measures specimens were taken with an increment borer from each sample stand from 6–10 trees at breast height, from stem surface as far as the core. By measuring the annual radial growth and taking into account corrections for climatic variations it is possible to obtain an idea of the measures effected in a stand. Fig. 6 (p. 33) gives examples of the average radial growth of sample trees in certain sample stands. For instance, zigzag lines 1 and 2 illustrate repeatedly thinned ( $A_1$ ) stands with a fairly even radial growth once the marked period of decline following culmination at early age was passed. Zigzag line 5 again illustrates a  $C_1$  stand selectively cut since about 1900. The marked recovery of radial growth indicates that the sample trees must include several tree individuals which used to belong to the dominated crown layers. This again indicates that the cuttings must have been heavy and selective.

In the stands investigated the trees were classified by crown layers. The following crown layers were distinguished (L. Ilvessalo 1929): I. *Dominant crown layers*: 1st crown layer, predominant trees, 2nd crown layer, co-dominant trees. II. *Dominated crown layers*: 3rd crown layer, intermediate trees, 4th crown layer, suppressed trees. Such a classification is always somewhat subjective but especially in  $C_1$  stands where the mutual dominance relations of the trees have undergone several thorough changes the determination of the classes is largely dependent on the person effecting the classification. Primarily for this reason the results of the crown layer determination have not been extensively reviewed in the present investigation.

The breast height diameter of all trees, both living and dead, was measured. To enable the removal to be computed measurements were made of the

diameters of stumps of trees removed by cuttings. The stumps were classified by their year of cutting.

The calculation of the volume and volume increment of the sample stands is based on the tables for standing trees by Y. Ilvessalo (1948 b). To ensure the accurate determination of volume increment and to study certain special problems trees were felled and an analysis made of their stems in 4 stands subjected to heavy selection cuttings.

The number of standing sample trees was somewhat dependent on the nature of the stand, but as a rule 30–35 sample trees were measured. In deciding on the sample trees attention was paid to the volumes the sample trees were to represent.

In the sample stands, in addition, the density of the stand was estimated ocularly, and a description given of the features that did not emerge from the measurements proper. Further, notes were made of the abundance and density of the characteristic species of the vegetation, the soil class and surface slope were determined, and the stoniness studied.

#### *The material*

Fig. 7 (p. 42) shows the location of the sample plots. The location corresponds broadly speaking to that of the sample plots in the investigations by Y. Ilvessalo (1920 a, 1920 b), Lönnroth (1925) and Sarvas (1944) with which, in the first place, the results of the present investigation will be compared.

Table 1 (p. 43) shows the distribution of the sample stands by the various forest site types and treatment classes. Most prominent among the former is the VT and among the latter  $A_1$  stands, and these will be studied in most detail. Table 2 (p. 44), giving the distribution of the sample plots into age classes, shows that the stands studied, practically without exception, are middle-aged or older. Only in them are the effects of cuttings really ascertainable.

Nearly two-thirds of the sample plots lay in privately owned forests and the balance mainly in forests owned by timber companies and the state. The average size of a sample plot was 0.27 hectares.

#### *Treatment of material*

The volume and volume increment of the sample stands, which involved the greatest amount of mechanical work, were calculated mainly in accordance with the instructions given in Y. Ilvessalo's (1948 b) tables. As the different aspects of the treatment of the material will be described later on in connection with the review of the various characteristics attention will be devoted in the following only to a few phases of the treatment.

Several investigators (e.g. Kolmodin 1923; Y. Ilvessalo 1942; Eklund 1944; Wiedemann 1948 a) have emphasized the importance of climatic variations for growth. This had to be taken into account in the present investigation. As, according to Mikola (1950), an adequate basis for the correction of volume increment can be obtained by studying the variations in radial growth it was necessary to compute an index series based on radial growth. The material employed consisted of



cores taken from stands in natural condition in 1951, the first summer working season of the Third National Forest Survey. From the investigation area and the zone on its immediate northern edge a total of 234 sample pines were thus treated. Measurement of the radial growth and the calculation of the index series with the aid of a hyperbolic function were effected mainly according to Mikola.

Fig. 8 (p. 53) compares the index series computed with the series obtained for pine in the southern half of Finland in the Second National Forest Survey of 1936–38. The figure also includes the 5-year and 10-year indices computed from the two series; actually the correction of volume increments has been effected on their basis. As these index series based on materials collected at 13–15-year intervals seem to agree very well increment correction can clearly be safely based on the new index series now computed.

It proved necessary to make numerous adjustments of various kinds in treating the material. Prominent among the different methods is that of graphic fitting considered best from the point of view of the elasticity required here. The weightiest objection usually advanced against its use is its subjective character. However, this is unlikely to constitute any considerable disadvantage where the properties to be fitted have a highly complex interdependence as is the case with practically all of the most important characteristics of the present investigation. Errors can be avoided by ensuring that the results of the fittings made in different connections comply on every point. On the other hand it must be borne in mind that analytical adjustment methods do not preclude subjectivity either as the selection of the function to be applied depends on the person effecting the adjustment.

In drawing the curves efforts were made to obtain the algebraic sum zero for the positive and negative deviations computed along the ordinate and at the same time to reduce to a minimum the arithmetical sum of the deviations. In addition, of course, the curve had to conform with nature (cf. Møller 1951, p. 250). So-called mechanical methods were also employed as auxiliary measures. Partial means which facilitated the drawing of the fitting curve were often computed. In addition, the development series formed from  $C_1$  stands were considered so heterogeneous that in fitting their various characteristics it was considered sufficient to combine the consecutive partial means of 3 points with straight lines.

### Results of the investigation

The results of the investigation are reviewed mainly in the form of figures and tables. As the various characteristics of a stand are defined primarily as functions of age the stand age is usually given on the abscissa of the graphs.

The following abbreviations are used for the forest site types: *MT* = *Myrtillus* type, *VT* = *Vaccinium* type and *CT* = *Calluna* type. In addition, the following abbreviations recur continually in the text, figures and tables:  $A_1$  = repeatedly thinned stands (as a rule indicated in the figures by a solid curve);  $C_1$  = stands subjected to prolonged selection cuttings (indicated by zigzag lines); and *N* = naturally normal stands according to Y. Ilvessalo (1920 b) or Lönnroth (1925) (as a rule entered as broken curves).

The figures do not show the original observations. This enhances their clarity. If

required practically all the values on which the characteristics are based are obtainable from Table 3 (pp. 46–51). On both sides of the curves of  $A_1$  stands — for *MT* and *VT* at 40, 80 and 120 years of age and for *CT* at 50, 80 and 120 years of age — the special marks indicate the range of distribution of the observations. These marks, as a rule, indicate the extreme limits of the variation range. If the limit measurements in one direction lie at a greater distance than in the other the marks are placed at equal distances from the curve, and their distance from the curve measured along the ordinate is equal to the mean value of the said different distances.

### Number of stems

The number of small-sized stems, which are of relatively little importance, may vary perceptibly in stands that are actually fairly similar. In selecting sample stands, therefore, attention has been devoted primarily to the trees of the dominant crown layers and to their treatment. For this reason the study of the number of stems has been restricted primarily to the dominant trees and the so-called large-sized trees. Fig. 9 (p. 60) and Table 4 (p. 61) show that the number of dominant trees decreases with advancing age in  $A_1$  stands, as it does in *N* stands. Yet the differences in older age classes seem to be at least relatively greater than in younger.  $C_1$  stands have perceptibly fewer stems than  $A_1$  stands, for the most part only approx. one-third of the number in *N* stands. This in itself shows that the prerequisites for the development of growing stock in these stands differ very distinctly.

Large-sized trees, in this connection, are trees with a Dbh (diameter at breast height) of not less than 20 cm including bark. This part of the growing stock is of great economic importance in Finnish conditions as most of it is suitable for timber trees. Fig. 10 (p. 63) shows, for instance, that in  $A_1$  stands the number of large-sized trees per hectare on *MT* from 55 years old onwards averages 350–410 stems, on *VT* from the age of 75 years onwards 330–390 stems, but on *CT* only a pine stand of over 100 years of age has passed the 250 stem limit. The figures are perceptibly lower on the whole than in *N* stands. In  $C_1$  stands again there are of course fewer large-sized trees generally than in  $A_1$  stands since the main reason for placing the former in a separate treatment class was that many of the largest-sized trees had been cut in these stands. The number of large-sized trees has not been allowed to increase with advancing age in the  $C_1$  stands.

### Mean diameter

Mean diameter at breast height including bark is generally employed to illustrate the diameter relations of trees. But it must be borne in mind that in irregular stands, such as e.g. the stands treated with selection cuttings in the present material, this characteristic has less significance than in regular stands (cf. Prodan 1951 b, p. 67). The same naturally applies to dominant height and mean height which will be discussed further below.

As mean diameter is taken the diameter of the tree which divides the basal area of the stand into two equal parts, if the trees are assumed to have been arranged in the order of their diameter. This tree, therefore, is the median of the basal area of the stand. Its special merit is that the effect of the smallest-sized trees on this mean diameter is

fairly small. This can be seen e.g. from Table 5 (p. 66) where the mean diameters calculated in different ways are compared.

Fig. 11 and Table 6 (pp. 67—68) illustrate the development of the mean diameter in pine stands treated in different ways. To start with, it is found that the mean diameter of  $A_1$  stands on all forest site types is greater generally than that of N stands. This difference is due to two reasons: growth and removal. Every thinning, primarily involving the thinnest trees of the stands, naturally increases the mean diameter. The intensified diameter growth following the cutting exerts a similar influence; its effect will be discussed in greater detail later on in connection with volume distribution series. In any case  $A_1$  stands reach a given mean diameter earlier than N stands.

Fig. 11 shows further that the mean diameter of  $C_1$  stands as a rule is at least equal to that of N stands. Hence the cuttings in  $C_1$  stands must have included plenty of the thin trees as well as the large-sized trees. In these stands the large-sized trees have not been allowed to increase at a later age as in  $A_1$  stands, for which reason e.g. on VT, on which the sample plots are most numerous, the increase in mean diameter with advancing age is not so marked in  $C_1$  stands as in the  $A_1$  stands.

### Basal area

The question of the basal area of a stand was touched upon above in connection with the method of classification of the stands studied. Fig. 12 (p. 70) and Table 7 (p. 71) show that this characteristic, on an average, remains fairly constant in  $A_1$  stands at later age. As the basal area of N stands, on the other hand, goes on increasing, the differences between these stands grow both absolutely and relatively. The basal area of  $C_1$  stands averages approx. half that of  $A_1$  stands and, as a rule, one-third to half of that of N stands.

### Height

The height studied is primarily the dominant height and mean height of the stand. The dominant height is computed in terms of the average height of the trees of the first crown layer weighted by the basal area. The figures obtained, in view of the method of calculation, are comparable with the dominant heights given by Lönnroth (1925); however, in each sample stand they generally exceed the latter dominant heights by 0.1—0.2 metres. The mean height of stands has also been computed weighted by the basal area.

Fig. 13 (p. 74) and Table 9 (p. 75) illustrating the development of the dominant height show that this characteristic seems to be practically identical in  $A_1$  and N stands on an average; CT only differs slightly more in middle age. According to Fig. 13 the dominant height in  $C_1$  stands is generally smaller and on VT generally very considerably smaller than in  $A_1$  and N stands. The only exceptions are the youngest selectively cut stands on VT and CT.

Deserving of attention is the fact that the dominant height in  $C_1$  stands in no way increases as in the other stands with advancing age. This has a twofold explanation: selective cuttings have continuously removed the highest trees of the stand; on the other hand height growth in selectively cut stands has declined. Selective cuttings

remove trees of the most rapid growth and, in addition, in  $C_1$  stands have permanently broken the crown closure. This reduces the stimulus for height growth arising from competition between the trees for light (cf. Lönnroth 1925, pp. 183—184; Mörösow 1928, p. 9). To this factor — together with the removing of wolf trees — may perhaps be ascribed the fact that the dominant height in  $A_1$  stands remains below that in N stands. However, the height development of predominant trees is relatively uninhibited in N stands; hence the living conditions of these trees can hardly be essentially affected by cuttings involving the balance of the growing stock (Cajanus 1914, pp. 9—10). Thinnings, therefore, as a rule, bring about no considerable change in the height growth of the most important growing stock in an even-aged stand; naturally there are certain prominent exceptions to this rule.

Table 10 (p. 77) shows that the mean height in  $A_1$  stands at least equals that of N stands. The detailed mean height figures for  $C_1$  stands are not given here, but it can be said that the differences, compared with  $A_1$  stands, are similar to but more marked than in the dominant heights. This is due to the large differences in height within selectively cut stands and to the abundance of trees of fairly small size.

### Crown length

The mean height of the lower limit of the crown was computed by stands as a mean weighted by the basal area, as for the mean height of stand. Fig. 16 (p. 87) shows that the mean crown length in  $A_1$  stands increases with advancing age. At the same time, however, the lower limit of the crown, in spite of cuttings effected, is forced strongly upward (cf. Wiedemann 1950, p. 13).

Fig. 14 (p. 80) shows that the crown proportion, i.e. crown length as a percentage of the total tree height, in  $A_1$  stands seems to decline slowly with advancing age. On MT and VT the crown proportion at the age of 40 averages some 45 % and at the age of 70—80 some 40 %. At the latter age the crown proportion on CT is approx. 45 %. For the sake of comparison it may be mentioned that according to Lönnroth (1925, pp. 194—197) the crown proportion in N stands on MT and VT from the age of approx. 50 onwards and on CT from about 100 onwards is 18—33 % in the different crown layers and tree classes. As the mean value of the N stands would perhaps approximate 30 % the differences from  $A_1$  stands do not seem great. Comparisons on this point were carried out also on the permanent sample plots of the Forest Research Institute. It was found that in stands treated in the course of 22—26 years with heavy thinnings from below the development of the crown proportion is very consistent with the corresponding development in  $A_1$  stands. Hence it would seem that any perceptible raising of the crown proportion — though undesirable e.g. from the point of view of the technical quality — requires growing remarkably sparse stands.

Fig. 14 shows further that the numerical value of the percentage indicating the crown proportion is generally an average of nearly 10 higher in  $C_1$  stands than in the corresponding  $A_1$  stands, e.g. on VT on both sides of 50. The only exception is the youngest  $C_1$  stands on CT. It may be mentioned that Sarvas (1944, 1946) also found a fairly satisfactory crown proportion in pine stands subjected to heavy selection cuttings. From the point of view of great volume increment the crown proportion of  $C_1$  stands, therefore, seems relatively favourable.

In computing the crown length figures by the diameter classes given in Table 11 (p. 84) only sample trees measured from stands aged 60–79 years on *MT*, 67–85 years on *VT* and 92–112 years on *CT* have been taken into consideration. According to the table both crown proportion and absolute crown length increase fairly markedly towards the larger *Dbh* classes. This is indicative e.g. of the phenomenon distinctly visible especially in even pine stands that the lower limit of the crown of the different tree individuals very frequently lies at the same height level (cf. *Toma* 1940, p. 318).

As the selective cuttings involve above all the thickest trees of the stands they at the same time involve the individuals with the largest crown (cf. *Sarvas* 1944). Hence it must probably be attributed mainly to the fairly good capacity for recovery of *C<sub>1</sub>* stands that the crown proportions both on *MT* and *VT* of the trees in each *Dbh* class are greater on an average than those of *A<sub>1</sub>* stand trees; on *CT* only are there no consistent differences in this respect. The recovery is probably best after heavy selective cuttings at a fairly early age. Although the crown proportion in *C<sub>1</sub>* stands is relatively large it must be borne in mind that the growing stock of these stands is quite small. From this point of view, therefore, there might be good prospects of the crown proportion developing to perhaps perceptibly larger dimensions than it does now when tree individuals with a crown weaker than the average have been left to grow.

#### *Quality of the growing stock*

As is known branches do not fall off trees immediately they die. They remain in situ at first, decaying and breaking off gradually (cf. Fig. 15, p. 85). Fig. 16 (p. 87) gives an idea of the length of the part of stem with dead branches under the living crown in *A<sub>1</sub>* stands.

With advancing stand age the height of self-pruning increases considerably. The intermediate zone with dead branches also increases in length, though not proportionately. Well-known though the existence is of the intermediate zone, useless to the life functions of the tree, its actual length is probably seldom considered. Looking at Fig. 16, however, it must be borne in mind that the self-pruned butt end of the stem is larger in size and therefore represents a larger volume per length unit than the upper part of the stem (cf. *Mitscherlich* 1939, pp. 497–500).

The study of self-pruning indicates that artificial pruning is one of the most effective means of improving a pine stand. This has been emphasized by several Finnish silvi-cultural experts.

Regarding other observations connected with the technical quality of growing stock it can be said that they pointed up no essential differences between *A<sub>1</sub>* and *C<sub>1</sub>* stands.

#### *Stem form*

The stands employed for the study of stem forms come almost exactly between the age limits mentioned above in connection with the discussion of crown length by *Dbh* classes. The study is based on a total of 2 141 standing sample trees. Table 12 (p. 92) gives the mean heights by *Dbh* classes computed from these sample trees, together with the mean error in *A<sub>1</sub>* and *C<sub>1</sub>* stands on the different forest site types. From these figures and with *Y. Ilvessalo's* (1920 b) numerical series for the corresponding *N* stands the

differences in mean heights by *Dbh* classes have been computed in Tables 13 and 14 (pp. 93 and 94). Where the minuend consists of a figure pertaining to an *N* stand it has been impossible to compute the mean error of the difference. Where the subtrahend has been greater than the minuend the difference is preceded by a minus sign.

Table 13, indicating the slenderness of the trees, shows that in each *Dbh* class the mean height is generally greater in *N* stands than in *A<sub>1</sub>* stands and in *A<sub>1</sub>* stands greater than in *C<sub>1</sub>* stands. The differences probably arise primarily from the varying amount of growing stock in these stands; tree slenderness is poorest in stands with a low volume where the individual trees have the most growing space to increase their diameter growth, their height growth changes due to cuttings probably remaining smaller on the whole. Naturally the differences in slenderness are also very much influenced by the quality of trees removed in cuttings.

According to Table 14, the tree height in each *Dbh* class seems to improve with the forest site type. The differences are marked in *N* and *A<sub>1</sub>* stands; in *C<sub>1</sub>* stands they seem to be indefinite to say the least. This last observation and a comparison of *CT* with the other forest site types on the basis of Table 12 seem to indicate, in addition, that repeated selection cuttings resulting in a very sparse stand have caused a more marked deterioration in slenderness on the good than on the poor forest site types. This result seems very natural in the light of the so-called mechanical stem form theory (*Schweden* 1874; *Metzger* 1893; *Ylinen* 1952) when it is borne in mind that in a fully stocked stand slenderness is better on a good forest site type than on a poor; and hence the need to strengthen the butt of the stem after a cutting is greater on the former than on the latter. However, it should be remembered in the comparison that *C<sub>1</sub>* stands e.g. on *MT* are relatively sparser than on *CT* (cf. e.g. Fig. 7, p. 42).

The following figures express the average ratio *D<sub>0.0m</sub>*: *Dbh* as a percentage in certain height classes of *A<sub>1</sub>* stands of all forest site types.

|   |    |    |    |    |
|---|----|----|----|----|
| Height of tree, metres . . . . .                          | 12 | 16 | 20 | 24 |
| <i>D<sub>0.0m</sub></i> : <i>Dbh</i> , per cent . . . . . | 74 | 79 | 82 | 83 |

In *C<sub>1</sub>* stands the diameter ratio is practically equal, apart from certain height classes in which it is smaller. Thus the ratio in *C<sub>1</sub>* stands must probably be considered fairly satisfactory (cf. *Sarvas* 1944, p. 262).

Table 15 (p. 98) gives an idea of the absolute taper of the stem (*Dbh*—*D<sub>0.0m</sub>*).

#### *Volume*

Volume in the following refers to the amount of stem wood including bark, indicated in cubic metres, solid measure.

Sample plots have been measured irrespective of the date of the last cutting, provided the intensity of the cutting has not exceeded a certain limit. Of course it can be assumed that if we take only the situation at the time of measurement the differences in one direction or another are automatically adjusted in the fitting of the various characteristics. But in reality there is no certainty that such adjustment does occur on each point and to such a degree that major errors are precluded in the picture obtained from the different characteristics. Special efforts must be made to eliminate the possibility of systematical errors in the treatment of the characteristics most important to the present

investigation, such as volume and volume increment. For instance, the effects of cuttings appear more distinctly in the volume than in certain other important characteristics (cf. Table 16, p. 99).

In addition to the volume of the growing stock of the stand at measurement and the removal during the last 10-year period as computed from the stumps the average volume increment of the surviving trees over the last 5- or 10-year period has been ascertained in the stands under review. These findings have made it possible in volume calculations to make use of the mean of the annual volumes of the last 5- or 10-year period for each sample stand. In the graphic fittings the volume thus obtained was placed at the age obtained by subtracting half the length of the period referred to above from the age of the stand at the moment of measurement. It has been possible by this means to give the temporary sample plots the character in certain respects of permanent sample plots. In addition, by comparing the adjustments based on the volumes at measurement with those based on the volumes calculated from the means of a period an idea has been obtained of the possible corrections required in adjusting the other characteristics also.

From Fig. 17 and Table 17, on pp. 102 and 103, respectively, it can be seen that the volume of  $A_1$  stands increases continuously with advancing age. Even the oldest sample stands, therefore, have continued to be grown although the most favourable rotation, on  $MT$  and  $VT$  at least, had probably passed. The difference from the  $N$  stands on these forest site types is fairly small for the youngest stands studied, but at the age of 100–120 years the volume of  $A_1$  stands averages two-thirds of that of  $N$  stands. This ratio (2 : 3) seems to apply also to the difference between these stands on  $CT$ . The volume of  $C_1$  stands, again, e.g. on  $VT$  at the age of some 60 years is less than half and from the age of approx. 80 years onwards approx. a third of the volume of  $N$  stands. A characteristic of  $C_1$  stands is their inability to increase in volume to any degree worth mentioning.

Without detailing the relevant figures here it may be mentioned that the first crown layer in  $A_1$  stands comprises an average of 70–80 %, the second 15–20 % and the third 5 % of the volume of the stand; the fourth crown layer in these stands is practically always of no significance. Great variation exists in this respect in  $C_1$  stands, but it seems that e.g. the first crown layer as a proportion of the volume of these stands averages only approx. half the percentage it represents in  $A_1$  stands.

Table 18 (p. 105) includes the average bark percentages and indicates the proportion of bark in the volume of  $A_1$  stands. In  $C_1$  stands the average bark percentage is higher by 1 than in  $A_1$  stands.

### Volume increment

Volume increment is computed excluding bark and expressed in cubic metres, solid measure.

**Increment calculation method.** The most accurate method described in Y. Ilvessalo's (1948 b) increment calculation tables is based on determining the increment percentages of individual sample trees and from them the increment percentage of the stand. The volume increment percentages of the sample trees excluding the shortest trees, are obtained from the formula

$$p_v = p_g + p_{fh}$$

in which  $p_v$  = volume increment percentage,  $p_g$  = increment percentage of the basal area at breast height and  $p_{fh}$  = increment percentage of form height.  $p_g$  is obtained from the radial growth of the last 5 or 10 years and tree diameter excluding bark; for conifers  $p_{fh}$  is obtained from the mean height growth of the last 5 years and the height and taper class of the tree. The  $p_{fh}$  obtainable from the tables is so high that, added to  $p_g$  obtained from the radial growth of the last 5 years it expresses the percentage ratio between the average volume increment of the last 5 years and the tree volume excluding bark at measurement. The volume increment percentage of the stand is obtained as a mean weighted by the volumes represented by the sample trees; it is easy to compute from this percentage the average annual volume increment of the last 5-year period for the growing stock present in the stand at the time of measurement. A separate study indicated that boring the radial growth of the last 10 years gave volume increment results that can be coordinated with those based on the radial growth of 5 years.

A separate publication reports on stem analyses of 4 stands subjected to exceptionally heavy selection cuttings (Nyssönen 1952). It was considered necessary to apply the corrections they indicated to another 4 stands.

The mean annual volume increment of the growing stock present in the sample stands at the moment of measurement was ascertained by the methods described above for a 5- or 10-year period. To it was added the increment of the removal, calculated as a mean of the period; this was ascertained from the removal computed from the stumps and the increment percentage of the surviving trees. Finally the increment was corrected for climatic variations. The increment thus obtained can be called the periodic annual volume increment (cf. Spurr 1952, p. 208). In graphic fittings, for instance, it has been plotted in accordance with the converted volumes (cf. p. 186) at the middle of the period.

**$A_1$  stands.** An idea of the periodic annual and at the same time also of the current annual volume increment in  $A_1$  stands can be obtained from Fig. 18 (p. 111) and Table 19 (p. 112). Compared with  $N$  stands the volume increment in  $A_1$  stands seems to be at least of the same magnitude. This brings us to an important question: how does the volume increment of stands treated with silvicultural thinnings compare with volume increment of unthinned stands? A great deal has been written on this problem. E.g. Bader (1934, p. 393, 400; 1935, pp. 173–180) and particularly Wiedemann (1935, p. 104; 1948 a, p. 165; 1950, p. 112) show in their Central European investigations that silvicultural thinnings do not seem to make much difference in this respect. Very heavy measures of course constitute an exception. Similar opinions have been advanced in many other papers as well (e.g. Aaltonen 1935; Vanselow 1942, 1943; Möller 1952; Etter 1952). The same is indicated also by the pairs of permanent sample plots established in pine stands, described in a separate publication by the author (Nyssönen 1950). However, silvicultural thinnings, in certain exceptional conditions at least, have been shown to have an increasing effect on volume increment (Ronge 1928; Näslund 1935).

For the present comparison especially it would be necessary, if any reliable conclusions are to be drawn, to know in great detail the treatment of  $A_1$  stands prior to the last 10-year period. It should also be known whether the sites are more or less similar, how the dissimilarity of the increment calculation methods and the potential errors connected with them affect the results, etc. Taking points like this into consideration, it is perhaps bold to suggest that silvicultural thinnings increase the volume increment in pine stands. But it seems justifiable to conclude that the volume increment of stands treated with silvicultural thinnings at least equals that of unthinned stands,



in spite of the fact that the volume of the growing stock, with advancing age, steadily and markedly falls behind the growing stock volume of unthinned stands.

*C*<sub>1</sub> etc. stands. Fig. 18 also shows the periodic annual increment in *C*<sub>1</sub> stands. The average increment is definitely smaller than in the *A*<sub>1</sub> and *N* stands. On *VT*, for instance, the volume increment of *C*<sub>1</sub> stands averages only a little over 60 % of the volume increment of *A*<sub>1</sub> stands. In *C*<sub>1</sub> stands too the increment seems to decrease with advancing age.

In working out Fig. 19 (p. 117) the stands of the various treatment classes were grouped according to their percentual volume of the corresponding volume of *A*<sub>1</sub> stands. Mean values of these percentages were computed for the groups. Similarly mean values were computed, by groups, of the percentages indicating how the volume increments of the corresponding stands compared with the volume increment of *A*<sub>1</sub> stands. The figures show the number of stands in each group. All three forest site types are combined in the same co-ordinates but because of the number of sample plots the greatest weight lies on the *VT* stands. The age of the stand did not seem to affect the percentage relations enough to necessitate differentiation on this count.

A study of Fig. 19 might help to decide whether the growing stock can be reduced below the average figures for *A*<sub>1</sub> stands without a simultaneous fall in the volume increment. Conclusions can probably be drawn in this respect primarily on the basis of heavily thinned (*A*<sub>2</sub>) and indefinitely treated (*B*) stands. *A*<sub>2</sub> stands differ from *A*<sub>1</sub> stands principally only in the intensity of their treatment. *B* stands too must be considered comparable as regards volume increment, as the most important part of the dominant trees as a rule is left in them, and there is hardly any reason to believe that the prerequisites for their volume increment relatively seen are perceptibly weaker than in *A*<sub>1</sub> stands. It seems obvious that generally speaking the volume cannot be reduced, at least not essentially, below the *A*<sub>1</sub> stand level if volume increment is to be maintained as high as possible.

The reply to another important question can be sought in Fig. 19: how does the volume increment of selectively cut stands compare with that of stands treated with silvicultural thinnings?

It is clear that the reduction in volume increment in *C* stands is not proportionate to the decrease in volume. For instance, volume increment in a growing stock of half the volume of *A*<sub>1</sub> stands seems to amount to 60–70 % of the increment of these control stands. But a very important object of comparison for *C* stands is the *A*<sub>2</sub> stands with a growing stock volume much the same in size as *C* stands. Volume increment in *C* stands seems to be relatively no smaller than in *A*<sub>2</sub> stands. Hence a study of proportionate volume increment leads to the conclusion that the main reason for the low volume increment of stands treated with selection cuttings is their low volume.

The distribution of volume increment by the different Dbh classes of tree is illustrated by Fig. 20 (p. 123). The percentual volume increment of sample trees by diameter classes was first collected from *A*<sub>1</sub> and *C*<sub>1</sub> stands on *VT* at ages ranging from 60–100, practically identical as regards their stem distribution series. The mean values computed from these percentages can be seen from the figure. They show that the average percentual volume increment by diameter classes is higher in *C*<sub>1</sub> stands than in *A*<sub>1</sub> stands. But a more important finding in this connection is that independent of the various methods of treatment the volume increment is relatively highest in the middle classes of the stem distribution series (cf. Hagberg 1938; Eide and Langsaeter 1941; Lihtonen 1943).

### Removal

The volume including bark of the trees removed in the last 10-year period has been computed from the stumps counted in the sample stands. The zigzag lines in Fig. 21 (p. 125) give an idea of the removal as an annual mean. It must be pointed out, however, that we are concerned here only with the removal calculated from the stumps. For *A*<sub>1</sub> stands, for instance, the results obtained are not absolutely consistent with the development of the stands outlined in the following chapter. A study of Fig. 21 shows that the investigation material mainly indicates the natural state of affairs: the removal is greater in *C*<sub>1</sub> stands at a fairly early age and in *A*<sub>1</sub> stands at later age.

### Synthesis of volume, volume increment and removal

Had the treatment of sample stands been strictly regular it would be possible to illustrate the volume development of stands treated in different ways solely by means of the three characteristics discussed above: volume, volume increment and removal. As this has not been the case and as, in addition, the short period for which the removals were determined and the potential errors connected with their calculation constitute a drawback, we must take as the basic quantities the volume and volume increment, which are fairly reliably determined. Removal can be derived from these quantities (cf. Hagberg 1938; Vanselow 1951 a). This was done for *A*<sub>1</sub> stands with the supposition that cuttings are effected at 10-year intervals at stand ages ending with five, i.e. 45, 55 etc. In reality of course the intervals between deliberate cuttings vary according to the age, forest site type etc. of the stand. The 10-year interval assumption has been made for the sake of simplicity. Calculations for *C*<sub>1</sub> stands were simpler.

Fig. 22 (p. 128) illustrates schematically the average volume development in *A*<sub>1</sub> stands. Beside the curve representing the average volume including bark the figure indicates the development when decennial cutting removals are assumed. The figure gives an idea of the absolute and proportionate removal at different dates and on different forest site types, but this is still more readily apparent from Table 21 (p. 129). The table suggests that if approximately equal amounts of the volume of a stand are removed by cuttings at different periods of age the interval between the cuttings is considerably shorter in young stands than in old. In reality, of course, cuttings usually increase in intensity as the stand grows older; the change-over to reproduction cutting of a stand, on better forest site types at least, must begin even considerably before the age, 120 years, considered the limit in the present investigation. The development of the volume of a so-called tended stand, therefore, differs from the *A*<sub>1</sub> stand series given here; it differs in the direction indicated by the yield tables worked out by Petersson (1951).

The study of *C*<sub>1</sub> stands is restricted to *VT* only. From Figs. 17 (p. 102) and 18 (p. 111) it can be calculated that on this forest site type both the volume yield and removal in *C*<sub>1</sub> stands aged 50–100 approximate 180 cu.m./ha excluding bark. In *A*<sub>1</sub> stands, again, the volume yield in the same period is approx. 280 cu.m./ha and the removal somewhat higher than in *C*<sub>1</sub> stands or approx. 200 cu.m./ha. These figures reveal a quite interesting feature in the mutual relationships of *A*<sub>1</sub> and *C*<sub>1</sub> stands. Over a long period, and a period which is exceedingly important for the development of the stand, a larger quantity of wood has been cut from the former than the latter. In spite of this the volume of

$A_1$  stands has continued to increase while in  $C_1$  stands it has remained approximately constant. It seems that these stands have assumed different courses of development even before they reach the age of 50; hence very heavy cuttings at this age appear to constitute a critical phase. If, on the other hand, this «threshold» is passed without reducing the amount of the growing stock too heavily the subsequent thinnings may remove the same quantity as the cuttings that prevent the natural increase in growing stock.

#### *Distribution of volume and removal by diameter classes*

An idea of the diameter relations of the growing stock has already been obtained above in connection with the mean diameter and number of stems of a stand. In the following a separate study is made of the so-called volume distribution series, which refer to the distribution of the volume by Dbh classes.

It was considered possible to calculate average volume distribution series only for  $A_1$  stands on VT. It was not considered correct in working out the series to make use of stem distribution series, not even as auxiliary means. Hence the application of the method based on statistical analysis had to be excluded (Cajanus 1914; Y. Ilvessalo 1920 a; Lönnroth 1925). Instead of it the graphic method as modified by Miettinen (1932) was employed (cf. Y. Ilvessalo 1937). For  $C_1$  stands it was considered best to work out only approximate mean figures and a few series of examples.

In studying the development of  $A_1$  stands on VT from Table 23 (p. 138) attention can first be focussed on the volume distribution series of the surviving stand. They offer a starting point e.g. for a comparison between  $A_1$  and N stands. For instance, the table was used to calculate the relative growing stock in  $A_1$  stands of different ages with a Dbh including bark of: (1) not less than 20 cm, (2) not less than 28 cm. Corresponding calculations were made for N stands (Y. Ilvessalo 1920 b). The results of these calculations are given in Table 24 (p. 139). It is quite evident that in  $A_1$  stands, at all ages, a relatively higher proportion of the volume can be attributed to the large-sized diameter classes than in N stands.

A comparison of the volume distribution series of the  $A_1$  and N stands shown in Fig. 25 (p. 141) reveals that the outstanding differences between these stands at each point of age lie in the quantity of the smallest-sized trees, removed in the first place in thinnings. The volume of large-sized trees again seem to be somewhat greater in  $A_1$  stands than in N stands at all ages. Hence thinnings seem to have had a favourable effect on the diameter relations of the growing stock although the differences are not very perceptible and do not seem to increase with advancing age as far as the thickest trees of the stand go.

The differences in the distribution series of volume removal from  $A_1$  and N stands are illustrated by Fig. 26 (p. 144). As can be seen from the figure the removal from  $A_1$  stands at the various stages of age affects a much greater and much thicker growing stock than the removal from N stands. The differences in the removal seem to increase with the advancing age of the stand.

Examples of the volume distribution series of  $C_1$  stands are given in Fig. 27 (p. 145). The figure shows the removal calculated from stumps; hence it is not directly comparable with the growing stock at the time of measurement. The examples in Fig. 27 give a

good idea of the fact that the cuttings in  $C_1$  stands have involved expressly the largest-sized trees in the stand.

If we take the diameter relations of the trees removed from  $A_1$  and N stands on VT between the ages of 40 and 120 years we obtain the following indication of how large a proportion of this removal includes trees exceeding a given diameter:

|              |      |         |
|--------------|------|---------|
| Dbh          | 20 + | 28 + cm |
| $A_1$ stands | 45   | 28 %    |
| N            | 5    | — %     |

The differences are very great. These percentages change a great deal, however, if the volume distribution series of the surviving trees in the stands at the age of 120 years are added to the distribution series of volume removal:

|              |      |         |
|--------------|------|---------|
| Dbh          | 20 + | 28 + cm |
| $A_1$ stands | 67   | 35 %    |
| N            | 65   | 33 %    |

The differences in favour of  $A_1$  stands are now fairly small and indefinite. These figures perhaps justify the conclusion that the customary thinnings cannot bring about any essential changes in the diameter relations of the growing stock produced during the rotation. But very important adjustments can be made in the planned removal, as has been seen above.

The corresponding calculations for  $C_1$  stands are less reliable. However, the following figures show the removal including bark in different stands at the age of 50–100 years, and both the absolute and relative growing stock with a minimum Dbh of 20 cm.

|              | Total,<br>cu.m./ha | Dbh 20 + cm<br>cu.m./ha | %  |
|--------------|--------------------|-------------------------|----|
| $C_1$ stands | 210                | 147                     | 70 |
| $A_1$ »      | 240                | 95                      | 40 |
| N »          | 110                | —                       | —  |

Adding to this removal the growing stock left in these stands at the age of 100 years we obtain:

|              | Total,<br>cu.m./ha | Dbh 20 + cm<br>cu.m./ha | %  |
|--------------|--------------------|-------------------------|----|
| $C_1$ stands | 305                | 223                     | 73 |
| $A_1$ »      | 485                | 325                     | 67 |
| N »          | 461                | 286                     | 62 |

Hence the total yield and the absolute volume of trees exceeding 20 cm in diameter are considerably less in  $C_1$  stands than in  $A_1$  and N stands, but in  $C_1$  stands the relative volume of large-sized trees seems to be highest.

### Reliability of investigation results

The first consideration must be: how comprehensive and representative is the material? As to the comprehensiveness of the material, it compares well with the material of the Finnish investigations against which it has been studied. In estimating its representativeness the most important consideration to be decided is whether the treatment of  $A_1$  and  $C_1$  stands has been as consistent and regular as the definitions of these treatment classes presuppose. Doubtless it leaves a great deal to be desired in this respect. It is quite possible that the original treatment of the oldest  $A_1$  stands has not tended to improve them. The  $C_1$  stands would doubtless have made a more interesting study had not small-sized trees been removed from them to the extent they were. However, the structure of the stands of the different treatment classes is generally fairly distinctly demarcated; on the whole they probably represent the treatment classes under review fairly satisfactorily. In any case the investigation in general can be said to be based on the best material available.

Most important among the so-called ocular classifications are the determination of forest site type, treatment class and crown layers. The necessity of having to determine the forest site type in stands treated in different ways and of varying densities has made it difficult sometimes to achieve a reliable result. Among the positive aspects must be included the fact the investigation is concerned with stands of a single species only. As such a prominent characteristic like dominant height generally concurs in  $A_1$  stands with the same characteristic in corresponding  $N$  stands the average quality of each forest site type — perhaps with the exception of  $CT$  — in the present investigation is fairly similar to that of the investigations by Y. Ilvessalo (1920 a, 1920 b) and Lönroth (1925). The same is indicated also by the dominant heights of  $C_1$  stands.

Different methods have been used in determining the treatment class to ensure that major errors should be precluded. Classification of the crown layers has been discussed before.

A short review of the measurements themselves and of the results based on them is now called for.

If the work is carefully done no major error can arise in marking off the sample plot. The same may be said of counting the number of trees. On the other hand, several sources of error are contained in the measurement of diameter, sources which cannot be obviated (e.g. Prodan 1951 b, pp. 82—99). They produce an average error of approx. 0.5—1.0 % in the basal area of the stand.

Systematical errors have probably been successfully avoided in measuring tree height. To gain an approximate idea of the accuracy of the height curves based on height observations Gauss's formula can be applied as suggested by Möller (1951, p. 136). The standard error obtained per stand checked remained under  $\pm 2$  %, often under  $\pm 1$  %. If, in addition, the potential error arising from the use of volume tables and certain other potential errors are taken into consideration (cf. e.g. Näslund 1929; 1944) a standard error of approx.  $\pm 3$  % may occur in calculating the volume including bark of individual sample stands at the time of measurement. For volume excluding bark the degree of accuracy is somewhat lower.

The errors inherent in the calculation of volume naturally affect volume increment as well; in assessing the potential error of the latter we must also take into account the errors arising in the measurement of radial growth and estimation of height growth

and from the use of increment calculation tables for standing trees. By employing Y. Ilvessalo's<sup>1</sup> values the standard error on the last count in the determination of the volume increment of a stand can probably be rounded off to approx.  $\pm 5$ —6 %.

For removal calculated from stumps allowance must be made for a average error of perhaps approx. 10—15 %. Thanks to the methods of calculation applied in the present investigation the great potential error connected with the determination of the removal itself cannot have affected the amounts of removal quoted in the results to its fullest extent.

An idea has already been obtained previously of the probable reliability of the climatic corrections of increment.

It can be concluded, then, that the various tasks involved in the collection and treatment of the investigation material have been performed with differing degrees of accuracy. In the part of the work concerned with the measurements themselves and the calculations based on them the accuracy attained is generally speaking fairly satisfactory. But in the ocular classifications, unavoidable because of the nature of the investigation, the potential errors are probably greater and more difficult of definition. Inevitably a good deal of attention had to be devoted to the accurate determination of the forest site type and treatment class, and to the size of the material. According to the rules of statistical analysis the accuracy of the results improves with the reliability of the factors of greatest potential error. But increasing the accuracy of factors already determined with a fair degree of reliability can have little effect on the final results. All this is why higher statistico-mathematical methods have been relatively little resorted to in the present investigation.

The calculation by stands completed, the author had at his disposal a given number of sample plots classified by forest site types and by treatment classes. In certain cases they have been used to establish development series, and it is largely on their basis that the comparison was made of stands treated in different ways. The reliability of most of the results obtained in the investigation depends on the extent to which the said constructions hold good. In any case it seems obvious that the most important prerequisites for the formation of these development series have been ready to hand.

It may be appropriate to point out that due to the calculation and adjustment methods applied the numerical values of the various characteristics do not always correspond to one another for a given age. The differences are smallest about the middle of the series, and at the limits too they probably are of relatively little importance. Further, it must be particularly emphasised that due to the small number of sample plots the results for  $A_1$  stands over 90 years old on  $MT$  and under 70 on  $CT$  are to some extent uncertain.

### Conclusions

The volume increment level of naturally normal stands seems to have been reached easily by stands treated with repeated thinnings. This is true in spite of the fact that the growing stock in the latter steadily and markedly falls behind that of the former with advancing age.

As thinnings have removed from the stand primarily the poorest trees, generally

<sup>1</sup> Manuscript for a text-book on forest survey.

below average in diameter, the increment is distributed over tree individuals of a larger size in thinned more than in naturally normal stands. As a result the surviving trees of the stand naturally move over to larger diameter classes more rapidly in the former than in the latter. But if we take the diameter relations of the trees removed during the whole rotation the differences between repeatedly thinned stands and naturally normal ones seem fairly small. As regards the date of the removal, however, these differences are highly significant.

Study of stands where the growing stock as a result of cuttings is relatively small gives an idea of the proportionate decrease in volume increment that follows a considerable decrease in volume. Of particular importance may be considered the finding that the size of the trees removed has no essential effect — within certain limits — on the volume increment of the stand, if the volume removed is equal in different cases. Thus, as relatively intense growth does not seem to be confined, for example, only to the largest trees of the stand the forester is offered an opportunity of favouring the qualitatively best individuals of the stand irrespective of size. However, every intermediate cutting removing largest-sized trees may result in the prolonged rotation. Since the volume increment of the stand in the later age, especially on good sites, is much smaller than earlier, intermediate cuttings removing largest-sized trees should be avoided if the aim is the greatest volume yield.

Judging by the results of the investigation it seems evident that the growing stock of middle-aged or older stands untreated or treated with slight cuttings only can as a rule be considerably reduced without volume increment declining. But bearing in mind the picture obtained in National Forest Surveys of the low mean volume of the growing stock in Finnish forests it becomes clear, in the light of the present investigation, that no essential rise in volume yield can be produced for the present tree generations merely by changing treatment policy; the growing stock must also be increased. However, from the point of view of increasing the yield the choice of the part of the growing stock that is to be cut in the thinning phase is no immaterial consideration. Indifference to improvement of the stand is generally connected with neglected reproduction; this results in the delayed invasion of seedlings, in the fact that spruce conquers barren habitats, etc. Very promising possibilities exist of increasing the yield in this respect, yet at the same time permitting fairly extensive cutting. However, the discussion of these prospects is outside the scope of the present investigation.



### **Publications of the Society of Forestry in Finland:**

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contains scientific treatises dealing with forestry in Finland and its foundations. The volumes, which appear at irregular intervals, generally contain several treatises.

**SILVA FENNICA.** Contains essays and short investigations in the subject of forestry in Finland. Published at irregular intervals. Each essay appears as a separate volume.

**COMMENTATIONES FORESTALES.** Contains investigations and other essays regarding forestry and other spheres connected with it in other countries than Finland. Published at irregular intervals. Each volume generally contains only one treatise.

### **Die Veröffentlichungsreihen der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft in Finnland:**

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Enthalten wissenschaftliche Untersuchungen über die finnische Waldwirtschaft und ihre Grundlagen. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen in Bänden, von denen jeder im allgemeinen mehrere Untersuchungen enthält.

**SILVA FENNICA.** Diese Veröffentlichungsreihe enthält Aufsätze und kleinere Untersuchungen zur Waldwirtschaft Finnlands. Sie erscheint in unregelmässigen Abständen. Jeder Aufsatz erscheint als besonderer Band.

**COMMENTATIONES FORESTALES.** Enthalten Untersuchungen und Beiträge zur Waldwirtschaft und damit zusammenhängenden Fragen für andere Länder als Finnland. Sie erscheinen in unregelmässigen Abständen. Jeder Band enthält im allgemeinen nur eine Untersuchung.

### **Publications de la Société forestière de Finlande:**

**ACTA FORESTALIA FENNICA.** Contient des études scientifiques sur l'économie forestière en Finlande et sur ses bases. Paraît à intervalles irréguliers en volumes dont chacun contient en général plusieurs études.

**SILVA FENNICA.** Contient des articles et de petites études sur l'économie forestière de Finlande. Paraît à intervalles irréguliers. Chaque article constitue habituellement un volume.

**COMMENTATIONES FORESTALES.** Contient des études et des articles sur l'économie forestière et les branches connexes dans les pays autres que la Finlande. Paraît à intervalles irréguliers. En général, chaque volume ne contient qu'une étude.