

KOIVUN KUUTIOIMISESTA  
MASSATAULUKOIDEN AVULLA

POHJOIS-KARJALASTA  
KOOTUN AINEISTON NOJALLA

N. A. HILDÉN

*Über die Kubierung der Birke mittels Massentafeln  
Basiert auf Material aus Nord-Karjala*

REFERAT

HELSINKI 1926

## Sisältö.

|  | s. |
|--|----|
| I Puiden kuutioimisesta yleensä .....                                  | 1  |
| II Katsaus tärkeimpään massataulukoihin käsittelevään kirjallisuuteen. |    |
| A. Massataulukot, joissa muotoa ei oteta huomioon .....                | 3  |
| B. Massataulukot, joissa muoto otetaan huomioon .....                  | 6  |
| C. Suomalaisen koivun kuutioiminen massataulukoiden avulla ....        | 8  |
| III Tutkimusaineiston kokoaminen.                                      |    |
| A. Koemetsiköiden valinta ja kuvaaminen .....                          | 10 |
| B. Koepuiden mittaaminen .....   | 19 |
| IV Kootun aineiston käsittely.   |    |
| A. Koepuiden kuutioiminen .....  | 26 |
| B. Rinnankorkeusläpimitan kelpoisuuden tutkiminen .....                | 26 |
| C. Perusläpimitan uuden mittakorkeuden määrittäminen .....             | 33 |
| V Massataulukko .....  | 43 |
| VI Laaditun massataulukon käyttökelpoisuuden tutkiminen.               |    |
| A. Vertailu omaan aineistoon .....                                     | 52 |
| B. Vertailu vieraaseen aineistoon .....                                | 54 |
| <i>Kirjallisuusluettelo</i> .....                                      | 60 |
| <i>Saksankielinen referaatti</i> .....                                 | 62 |

Aiheen esillä olevaan tutkimukseen on antanut ylijohtaja, prof. A. K. CAJANDER, joka lisäksi on työtäni edistänyt arvokkaalla ohjauksellaan. Professorit EINO SAARI ja YRJÖ ILVESSALO sekä fil. maist. ERKKI LAITAKARI ovat työni suhteen antaneet monta ystävällistä neuvoa; samoin tohtori ERIK LÖNNROTH, joka lisäksi esimiehenäni on järjestänyt minulle aikaa aineiston kokoamiseen ja muokkaamiseen. — Mainituille henkilöille sekä Suomen Metsätieteelliselle Seuralle, joka on tutkimukseni ottanut julkaisusarjaansa, pyydän lausua kunnioittavat kiitokseni.

*Tekijä.*

## I. Puiden kuutioimisesta yleensä.

Puunrunгон kuutioimismenetelmien keksiminen ja kehittäminen on ollut metsänarvioimistieteen ensimmäisiä tehtäviä. Puun arvon kasvaessa ovat myös vaatimukset kasvaneet menetelmien tarkkuuteen nähden, samalla kuin on pyritty keksimään yhä yksinkertaisempia ja halvempia menetelmiä tarkoituksen saavuttamiseksi.

Kuutioimistyössä ovat alunperin tulleet käytäntöön jo aikaisemmin matematiikasta tunnettujen mittaosopillisten kappaleiden kuutioimiskaavat, joiden muotoa ja käyttöä on sovellettu puun rungon erikoisten ominaisuuksien mukaan. Kun opittiin kuutioimaan puu useana pätjänä, voitiin kuutiomäärä suhteellisen helposti laskea erinomaisen tarkkaan. Vertaamalla näin saatuihin, absoluuttisia arvoja lähenteleviin lukuihin erilaisten kaavojen antamia tuloksia voitiin kaavojen käyttöarvoa tarkastaa. Täten saatiin kaadettun puun kuutioiminen ratkaistuksi tyydyttävällä tavalla.

Sensijaan pysyi pystypuiden kuutioiminen pulmallisena kysymyksenä. Tosin yksityisen pystypuun kuution määrääminen harvoin on tarpeellista, mutta metsiköitä kuutioitaessa on asialla suuri merkitys, koska koepuiden kaataminen ei aina ole mahdollista. Kaadettua puuta varten kehitetyt kuutioimismenetelmät eivät yleensä sovellu pystypuiden kuutioimiseen, sillä tarvittavat läpimitat eivät enimmäkseen ole maasta käsin mitattavissa, joten niiden selville saamiseksi on turvauduttava joko epämukaviin ja kalliisiin, tai myös vähemmän tarkkoihin keinoihin. Erikoisesti pystypuiden kuutioimista varten on kyllä keksitty eräitä menetelmiä, jotka ajatukseltaan muistuttavat kaadettun puun kuutioimiskaavoja. Näistä mainittakoon klassillisena esimerkkinä PRESSLERIN tähtäyskorkeusmenetelmä. Kuitenkin voinee sanoa, että yksityisen pystypuun tarkka ja nopea kuutioiminen yhä on katsottava ratkaisemattomaksi tehtäväksi.

Metsiköitä tieteellisen tarkasti kuutioitaessa käytetään etupäässä kaadettujen koepuiden mitattuihin kuutiomääriin perustuvia menetelmiä.

Käytäntöä varten ovat nämä kuitenkin usein liian monimutkaisia, joten nopeammat ja halvemmat menetelmät ovat edullisempia, vaikka saavutettu tarkkuus voi ollakin pienempi. Ennen muita tulevat kysymykseen n.s. muotoluku- ja massataulukot, jotka perustuvat aikaisemmin suoritettuihin mittauksiin ja edustavat keskiarvoja niistä.

Muotoluvulla tarkoitetaan, kuten tunnettua, suhdelukua, joka ilmoittaa puun todellisen kuutiomäärän suhteen vertauslieriöön, jolla on sama pohjapinta-ala ja korkeus kuin puulla. Jos siis muotoluku tunnetaan, voidaan luonnosta mitatun puun kuutiosisältö saada tietää, kun tiedetään puun pituus ja perus-(rinnankorkeus-)läpimitta. Sen mukaan miltä korkeudelta perusläpimitta mitataan ja miten menetellään tämän läpimittakohdan alapuolella olevan kuutiomäärän suhteen, erotetaan muotolukuja useita eri lajeja. Koskeivät muotoluvut meillä eikä muuallakaan Pohjoismaissa ole tulleet käytäntöön, sivuutetaan ne tässä, viittaamalla metsänarvioimisen oppikirjojen perusteelliseen esitykseen. (Vrt. esim. MÜLLER 1902, s. 201 tai v. GUTTENBERG 1925, s. 121.) Muotolukujen käytössä on hankaluutena se, ettei kuutiomäärää saada suorastaan, vaan on ensin suoritettava laskutoimituksia. Lähinnä kai tämän epäkohdan takia ovat muotoluvut monella taholla saaneet väistyä massataulukoiden tieltä, etenkin kun tarkkuus on jotenkin sama.

Massataulukoista saadaan puun kuutiomäärä suorastaan tietää, kun vain tunnetaan määrättyjä kuutioitavan puun mittoja ja ominaisuuksia. Näiden mukaan voidaan erottaa kahdenlaisia massataulukoita, nimittäin sellaisia, joiden käyttö edellyttää vain pituuden ja läpimitan tuntemisen sekä sellaisia, joiden käyttöön lisäksi vaaditaan jonkun tavalla tai toisella määritellyn muototekijän tuntemista.

Mainitut kohdat jakoperusteina luodaan seuraavassa lyhyt katsaus tärkeimpään massataulukoita käsittelevään kirjallisuuteen. Katsoen sen suureen runsauteen on ollut pakko rajoittaa esitys käsittämään vain tärkeimpiä teoksia ja sellaisia, joilla meikäläisissä oloissa voi olla merkitystä.

## II. Katsaus tärkeimpään massataulukoita käsittelevään kirjallisuuteen.

### A. Massataulukot, joissa muotoa ei oteta huomioon.

Massataulukkoajatuksen varsinaisena perustajana pidetään COTTAA, joka v. 1804 ilmestyneessä teoksessaan »Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen» s. 121 esittää sen ajatuksen, että samanlaisissa olosuhteissa kehittyneet puut, jotka ovat saavuttaneet saman pituuden ja saman vahvuuden ovat kuutiomäärältään jotenkin yhtä suuret. Vertaamalla suurta joukkoa niin yhden- kuin erilaisissa oloissa kehittyneitä runkoja on mahdollista saada keskiarvoja, joiden avulla voidaan kuutioida puu, jos vain tunnetaan sen pituus ja läpimitta. — COTTA sovelsikin ajatustaan laatimalla eräälle pyökkimetsälle tällaisen taulukon, jota hän nimitti kokemustaulukoksi. Argumentteina ovat siinä puun pituus ja ympärysmitta 4 à 5 jalan korkeudelta maasta. Taulukkoa laatiessaan on COTTA kaatanut koepuita ja määrättyään niiden kuutiosisällön on hän saadut arvot tasoittanut keskenään ja sitten interpoloimalla tarpeelliset väliarvot laatinnut lopullisen massataulukonsa.

COTTAN aloitteen jälkeen kului useita vuosikymmeniä, ennenkuin hänen ajatustaan määrätietoisesti alettiin soveltaa käytäntöön. Vasta v. 1846 ilmestyivät nimittäin ensimmäiset massataulukot, joiden perustana oli riittäväksi katsottu aineisto ja joilla myös tuli olemaan erinomaisen suuri käytännöllinen merkitys. Nämä BAIJERIN hallituksen toimesta laaditut taulukot, nimeltään »Massentafeln zur Bestimmung des Inhaltes der vorzüglichsten deutschen Waldbäume», perustuvat aineistoon, joka käsittää 40,220 runkoa. Tutkitut puulajit ovat: kuusi, jalokuusi, mänty, lehtikuusi, pyökki, tammi ja koivu; kullekin on laadittu oma massataulukonsa. Koepuut ovat kuutioidut pätäkittäin, pätjän pituuden ollessa riippuvainen puun koosta, korkeintaan kuitenkin 10 jalkaa. Kanto on jätetty huomioon ottamatta, sen korkeus on  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  jalkaa, riippuen puun vahvuudesta. Lehtipuilla ja männyllä on oksapuu 1 tuumaan asti

luettu mukaan, kun taas kuusella, jalokuusella ja lehtikuusella on otettu lukuun vain runkopuu kannosta huippuun. Perusläpimitta on mitattu  $4\frac{1}{2}$  jalan korkeudelta maasta. Tasoituksen helpottamiseksi on aineisto jaettu ensinnäkin pituusluokkiin intervallin ollessa 10 jalkaa ja läpimittaluokkiin intervallina 1 tuuma, sekä lisäksi 30 vuoden ikäluokkiin, tarkoituksella laatia kullekin ikäluokalle oma massataulukonsa. Kuhunkin muodostettuun luokkaan joutuneiden koepuiden muotolukujen aritmeettiset keskiarvot on laskettu ja tasoittamalla nämä keskenään graafisesti ja interpoloimalla tarpeelliset väliarvot on saatu lopulliset keskiarvot, joiden avulla itse taulukot on voitu laskea. Lopullisissa taulukoissa ei kuitenkaan ole käytetty alkuperäistä ikäluokkakajakoja, vaan on tyydytty kahteen luokkaan, ikärajana 90 v.; koivulla on kuitenkin vain yksi ikäluokka.

Massataulukkoajatuksella oli ensi alkuun useita periaatteellisia epäilijöitä, jotka erikoisesti arvelivat, ettei massataulukoissa riittävästi voittoa huomioon muotoon vaikuttavia seikkoja, nimenomaan ikää. Kuitenkin osoittautuivat baierilaiset massataulukot erinomaisen käyttökelpoisiksi, tullen myöhemmin metrimittaankin muunnetuiksi (BEHM 1886). Massataulukoiden näin päästyä käytäntöön julkaisivat lukuisat saksalaiset tutkijat massataulukokoteoksia eri puolajelle koettaen lisätä tarkkuutta ottamalla tarkemmin huomioon erilaiset asiaan vaikuttavat tekijät, kuten esim. tekemällä ikäluokat ahtaammiksi, erottelemalla maantieteellisiä alueita, ottamalla huomioon metsikkömuodon y.m.s. (Vrt. näiden suhteen esim. MÜLLER 1902, s. 273.) Myöhemmin otti Saksan metsätieteellisten koelaitosten liitto tehtäväkseen massataulukoiden uudistamisen eri osista maata yhdenmukaisten menetelmien mukaan kootun aineiston nojalla. Täten syntyi joukko eri tekijöiden julkaisemia massataulukoita, joita laadittaessa ei kuitenkaan mainittavia uusia näkökohtia ole tuotu esille. Näiden suhteen viitataan GRUNDNER—SCHWAPPACHIN massataulukkokokoelmaan, joka on yhdistelmä niistä (1922). Siinä on myös lyhyesti selostettu aineiston laatu ja taulukoita laadittaessa noudatetut työmenetelmät. Näissä, samoin kuin saksalaisissa massataulukoissa yleensä, on lukuisia aputaalukoita, joiden avulla voidaan määrätä kuoren ja tärkeimpien tavaralaatujen osuus kuutiomäärästä. Huomattava on, että saksalaisista taulukoista useimmiten saadaan puun kuutiomäärä oksineen kaikkineen, mutta ilman kantoa.

Massataulukot ovat Keski-Euroopassa saaneet suuren käytön. Enimmäkseen niitä käytetään metsätalouden järjestelyn yhteydessä

esiintyviin y.m. sentapaisiin kuutioimisiin, joissa absoluuttista tarkkuutta ei vaadita. Saksalaisen intensiivisen metsätalouden yhteydessä on myös helppo suorittaa erilaisten taulukoiden käyttöarvon suhteen vertailuja ja monesta tarjolla olevasta taulukosta valita se, joka parhaiten vastaa paikallisia oloja.

Pohjoismaissa kesti kauan, ennenkuin ilmeni luotettavien massataulukoiden tarvetta. Tilapäisiin tarpeisiin käytettiin kauvan ulkomaiseen, etupäässä saksalaiseen aineistoon nojaavia taulukoita. Oliin kuitenkin tietoisia siitä, ettei luotettavia tuloksia näin ollut odotettavissa. Ajateltakoonpa vain mikä ero on esim. pohjoismaisen ja keski-eurooppalaisen männyn muodolla.

Ensimmäisinä on mainittava ruotsalaisen WESTBERGIN (1895, s. 18) massataulukot, joiden perusaineistona on noin 12,000 kaadettua mäntyä ja kuusta. Argumentteina ovat niissä rinnankorkeusläpimitta ja »kasvullisuusaste», joka saadaan selville erikoisesta aputaalukosta, kun tunnetaan pituus ja ikä.

Norjassa ovat laajalti olleet käytännössä ØVERLANDIN laatimat massataulukot (vrt. esim. BARTH 1921, s. 32) aina viime aikoihin asti. Nykyvuosina on EIDE ryhtynyt tutkimaan männyn ja kuusen kuutiosisältöä käyttäen julkaisuissaan (1923 a ja b, 1925) toisenlaista työmenetelmää kuin aikaisemmat massataulukoiden laatijat. Massataulukoiden perustana on hänellä nim. metsikön, eikä yksityisen puun kuutiomäärä. Koepuiden nojalla on vain saatu selville eri koemetsiköiden keskimääräiset kuutiotekijät. (EIDE on tasoituksissa käyttänyt muotokorkeutta, t.s. rinnankorkeusmuotoluvun ja pituuden tuloa.) Tasoittamalla eri metsiköille saadut arvot yhdeksi kokonaisuudeksi on EIDE saanut lopulliset massataulukonsa laadituiksi. Perusaineistona on hänellä 24 mänty- ja 36 kuusikoelaa, joiden avulla massataulukotyö on suoritettu. EIDE on tehnyt lukuisia vertailukuutioimisia ja saanut metsikköihin nähden virheet pysymään erinomaisen ahtaissa rajoissa, vieläpä kyseen ollessa hyvinkin poikkeuksellisista oloista ja metsikkömuodoista.

Suomessa ei ole suoritettu mainittavampia massataulukkoitöitä, vaikka tietävästi jo esim. BLOMQUIST (1872) mänty-, kuusi- ja koivuaineistojensa nojalla suhteellisen helposti olisi voinut laatia massataulukoita. Samoin ovat myöhemminkin kootut aineistot jääneet toistaiseksi tähän tarkoitukseen käyttämättä (esim. ILVSSALO, Y. 1920). Ainoana tunnettuna kotimaisena työnä ovat mainittavat CAJANUKSEN (vrt. ILVSSALO, Y. 1923, s. 56 ja 126) varsin omaperäiset paikalliset massataulukot kolmelle pääpuulajillemme. Näissä on pituus jätetty huomioon ottamatta,

sen sijaan on eri metsätyypit erotettu toisistaan. Suoritetut tutkimukset ovat osoittaneet läpimitan ja pituuden välisen riippuvaisuussuhteen samalla metsätyypillä siksi suureksi, että tällainenkin menetelmä, kun on kyseessä joukkokuutioiminen, antaa tyydyttäviä tuloksia.

### B. Massataulukot, joissa muoto otetaan huomioon.

Halu laatia massataulukot, joilla olisi laajemmat käyttömahdollisuudet ja joista yksityisen puunkin kuutiomäärä tulisi tarkkaan määrättyksi, synnytti ajatuksen ottaa käytäntöön pituuden ja läpimitan ohella joku muototekijä, joka tavalla tai toisella voidaan kuutioitavan puun suhteen määrätä.

Näiden menetelmien tienraivaajana esiintyi itävaltalainen SCHIFFEL, joka puunrungon muodon määräämiseksi otti käytäntöön (1899) ylempien, etupäässä neljännes- ja puolen korkeuden, läpimittojen suhteen rinnankorkeusläpimitaan. Hän havaitsi, että jos puilla joku näistä »muotosuhteista» (*Formquotient*) on sama, puut kapenevat lähimain samalla tavalla. Kuutioimisessa apulukuna käytettäväksi ehdotti SCHIFFEL puolelta korkeudelta mitatun läpimitan suhdetta tyvilaajeneman vaikutuksesta vapautettuun rinnankorkeusläpimitaan. Muodostettuaan tämän suhteen suuruuden mukaan n.s. muotoluokkia, joissa muotosuhde vaihtelee 0, 54:stä 0, 84:ään kahden sadasosan intervalleilla, laati SCHIFFEL massataulukot, joista puun kuutiomäärän ohella saadaan tietää sen kapenemisenkin, kun tunnetaan pituus, rinnankorkeusläpimita ja muotoluokka. Tällaiset taulukot on SCHIFFEL laatinut kuuselle (1899), lehtikuuselle (1905), männylle (1907) ja jalokuuselle (1908).

SCHIFFELin menetelmän heikkoutena on se, että muotoluokan määrääminen tuottaa vaikeutta. Koepuiden kaataminen ei aina ole mahdollista ja loukkaa sellaisenaan jo massataulukoiden käytön perusajatuksia. Käytettäviksi suositellut dendrometrit lienevät varsin vähän tyydyttäneet käytännön vaatimuksia, joten muotoluokka useinkin jää silmämääräisen arvion varaan, jossa apuna kuitenkin on metsikön sulkeutuneisuus.

Pääasiassa SCHIFFELin muotosuhteeseen nojaten on KRÜDENER (1908—1910) hyvin suuren aineiston avulla laatinut massa- ja kapenemistaulukoita Keski-Venäjän koivulle. Hän ei kuitenkaan erota numeerisia muotoluokkia, kuten SCHIFFEL, vaan jakaa latvuksen suuruuden ja muodon mukaan puut neljään tyyppiin, jotka metsässä ovat helposti toisistaan eroteltavissa. Välttääkseen iän vaikutusta on KRÜDENER vielä jakanut

metsät valtapuukeskikorkeuden mukaan neljään eri ryhmään käsitellen kutakin erikseen.

Myös käyttäen SCHIFFELin puolen korkeuden muotosuhdetta on MAASS laatinut (1908 & 1911) massataulukot männylle ja kuuselle Ruotsista kokoamansa aineiston nojalla. MAASS käyttää taulukoissaan laajempaa muotoluokan intervallia kuin SCHIFFEL. Muotoluokan määräämiseksi hän suosittelee puiden mittaamista latvakaulaimella 6 m korkeudelta, jolloin erikoisesta aputaulukosta saadaan selville muotoluokka.

Laajan käytön edellisiin verrattuina ovat Pohjoismaissa saavuttaneet JONSONin massataulukot (1918), jotka nojautuvat hänen tutkimuksiinsa (1910, 1911 ja 1912) kuusen ja männyn muodosta. JONSON osoittaa ensinnäkin, että SCHIFFELin muotosuhde ei ole teoreettisesti tyydyttävä, koska se eripituisilla puilla ei ole verrannollinen. Tämän haitan poistamiseksi hän ehdottaa, että ylempi läpimita on mitattava rinnankorkeuden ja latvan puolivälistä, jolloin suhde tulee lyhyemmälläkin puilla verrannolliseksi pitkien puiden vastaavaan lukuun. Tällöinkin säilyy vielä se epäkohta, että perusläpimitan kiinteä mittakorkeus eripituisilla puilla sijaitsee eri prosenttisella korkeudella. — JONSON on kehittämällä HÖJERin esittämää runkokäyrän analyttistä yhtälöä saanut lausekkeen, jonka edustama käyrä näyttää liittyvän todelliseen runkokäyrään ja jonka nojalla mikä tahansa läpimita rungolla voidaan laskea, kun vain tunnetaan puun rinnankorkeusläpimita, pituus ja muotoluokka. Nojaten tähän yhtälöön on JONSON voinut laatia massataulukonsa erinomaisen suppean aineiston varassa. — HÖJER-JONSONin lauseketta edustavan runkokäyrän muodon mukaan on perusedellytyksenä kaikelle JONSONin taulukoiden käytölle, että rinnankorkeusläpimita on täysin vapaa tyvilaajeneman vaikutuksesta.

JONSON määrää (1912) muotoluokan epäsuorasti, suorittamatta ylempänä rungolla vahvuusmittauksia. Hänen muotopistemenetelmänsä nojaa kuten tunnettua teoriaan, jonka mukaan tuuli puun runkomuodon rakentajana olisi määräävä tekijä. Koska tuulen vaikutus runkoon on verrannollinen latvuksen kokoon ja muotoon, voidaan viimeainittuja pitää runkomuodon kriteerioina ja niiden mukaan arvioida muotoluokkakin. Itse muotopisteen ja muotoluokan arvioiminen lienee siinä määrin tunnettu, että se voidaan tässä sivuuttaa viittaamalla JONSONin esitykseen (esim. 1918, s. 5). Koska JONSONin taulukot meilläkin ovat saavuttaneet laajan käytännön, lienee syytä hieman käsitellä niitä lukuisia tutkimuksia, jotka selvittelevät massataulukoiden ja niiden käytön ydinkohdan, muotopistemenetelmän kelpoisuutta.

Ensinnä on mainittava MATTSSON (1917 a), joka on lukuisissa täysitiheissä männiköissä suorittanut muotopisteen arvioimisia ja vertailuja todellisiin, mitattuihin muotoluokkiin. Koko metsikön muotoluokan on MATTSSON kyllä muotopisteen nojalla onnistunut tyydyttävästi määräämään, mutta yksityisiin puihin nähden on tulos ollut kielteinen; muotopisteen avulla arvioidun ja mitatun muotoluokan on havaittu olevan toisistaan melkein riippumattomia. — PETRINI (1918, s. 619) on tutkiessaan kuusta tullut samantapaisiin tuloksiin kuin MATTSSON mäntyyn nähden. PETRINI ei kuitenkaan ole onnistunut määräämään tutkiemiensa kuusien kokonaissummaakaan muotopisteen nojalla tyydyttävästi, vaan on havainnut n. 3 prosentin systemaattisen minusvirheen kuutiomäärässä. Yksityisten puiden suhteen ovat virheet hyvin tuntuvia, aina 30 %, joten PETRINI ei tämän takia voi suositella JONSONIN massataulukkoita käytettäväksi yksityisten puiden kuutioimiseen. — LAKARI (1920 c) on tutkiessaan Lapin männyn muotoa myös kiinnittänyt huomionsa muotopisteen avulla arvioidun ja todellisen muotoluokan väliseen suhteeseen ja havainnut, että on hyvin vaikea muotopisteen nojalla määrätä muotoluokkaa. — EIDE (1923 b, s. 53) on muotopistemethodin suhteen tullut aivan kielteiseen tulokseen ja huomannut, että yksinkertaisia massataulukkoita käyttäen saadaan helpommin tulos, joka on lähempänä oikeata.

Selostetut tutkimukset viittaavat siihen, että JONSONIN menetelmät eivät ole kyenneet ratkaisemaan kysymystä yksityisen pystypuun tyydyttävästä kuutioimisesta ja että metsiköiden kokonaisummakin useimmiten yhtä tyydyttävästi tai ehkä paremminkin voidaan paljon helpommin saada yksinkertaisista massataulukkoista, ottamatta ollenkaan kuutioitaessa huomioon muotoa. Lukuisat havainnot osoittavat kuitenkin JONSONIN taulukoiden olevan käyttökelpoisia, milloin muotoluokka tarkasti voidaan määrätä ja rinnankorkeusläpimitta on vapaa tyvilaajenevan vaikutuksesta. Varmasti on niiden käyttöä tuntuvasti lisäämässä se, että niihin liittyvät kapenemistaulukot tekevät mahdolliseksi arvioida metsästä saatavan hakkaustuloksen. Hyvä puolensa on taulukoilla myös siinä, että ne ovat tarkoitettut käytettäväksi kaikenlaisille metsille, riippumatta iästä, puulajista, kasvupaikasta t.m.s.

### C. Suomalaisen koivun kuutioiminen massataulukoiden avulla.

Suoritettut tutkimukset (MAASS, JONSON ja EIDE) ovat selvittelleet havupuittemme runkomuotoa ja kuutioimista oloissa, jotka ovat verrannollisia meikäläisiin, joten näiden tutkimuksien nojalla laaditut massa-

taulukot ovat suuresti katsoen voineet tyydyttää suomalaistenkin käyttäjien vaatimuksia.

Toisin on kolmannen pääpuulajimme laita. Koivun kuutioimista ei meikäläisiin verrattavissa oloissa liene sanottavasti tutkittu. Ainoat kirjallisuudesta löydettävät koivumassataulukot ovat ennenmainittuihin baijeriläisiin massataulukoihin sisältyvät sekä KRÜDENERIN julkaisemat. Lienee kuitenkin varmaa, että nämä taulukot edustavat meikäläisistä oloista aivan poikkeavia kasvuedellytyksiä, minkä esim. hyvin huomaa tarkastellessaan KRÜDENERIN teoksiin liittyviä valokuvia.

Suomalaisen koivun kuutioimista varten jäävät jällelle siis vain JONSONIN massataulukot, jotka kuten mainittu ovat tarkoitettut käytettäväksi kaikille puulajeille. Ne lienevätkin tulleet yleiseen käytäntöön koivikoitamme kuutioitaessa. Tekijällä ei kuitenkaan ole tiedossaan mitään tutkimusta, joka selvittelisi JONSONIN menetelmien kelpoisuutta koivuun nähden. Havupuiden suhteen saavutetut tulokset viittaavat kuitenkin siihen, että olisi syytä tutkia koivunkin ominaisuuksia, ennenkuin JONSONIN menetelmät otetaan käytäntöön tätä puulajia kuutioitaessa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on osaltaan selvittää koivun kuutioimista. Tekijän toimipaikka ja siihen liittyvä sopiva koepuiden saanti toi tutkimusesineeksi erikoisesti pohjois-Karjalan koivun. Katsoen siihen, että pohjois-Karjala useista syistä on tärkeimpiä taloudellista arvoa omaavia koivumetsäalueitamme, on sikäläisen koivun tutkiminen epäilemättä oikeutettua ja tarpeellistakin.

### III. Tutkimusaineiston kokoaminen.

#### A. Koemetsiköiden valinta ja kuvaaminen.

Yliopiston metsänarvioimisen harjoitustöiden yhteydessä suoritettiin v. 1924 melkoisia linjanhakkuita, osaksi koskemattomassa metsässä, osaksi umpeen kasvaneita rajalinjoja avattaessa. Kyseessä olevat metsät sijaitsevat Pielisjärven pitäjän pohjois-osassa ja kuuluvat Jongunjoen hoitoalueen valtionmaihin. Koska linjanhakkuiden pääosa sattui metsäseudulle, jossa koivu viljalti esiintyy sekapuuna ja usein puhtainakin metsikköinä, tarjosivat kaadetut linjakoivut tilaisuuden mukavaan koepuiden saantiin.

Mitattaviksi aiottu puut olivat siis jo aikaisemmin kaadetut, mikä aiheutti melkoisen rajoituksen koemetsiköiden valinnassa. Kaikissa metsikköissä, joissa linjakoivuja oli kaatunut, ei kuitenkaan mittauksia suoritettu syystä, että monessakin oli kaadettu vain muutama puu, joten koemetsiköiden lukumäärä olisi paisunut kovin suureksi. Metsikön laatuun ei kiinnitetty huomiota, vaan koetettiin saada erilaiset esiintyvät luonnonmetsiköt aineistoon edustetuiksi. Yleensä eivät koemetsiköt metsikkömuodoltaan suuresti vaihdelleet, lukuun ottamatta niitä metsiköitä, joissa aikaisemmin oli suoritettu myyntihakkauksia. Mutta näissäkin lienevät ne olosuhteet, joissa puut alunperin ovat kehittyneet, olleet muihin metsikköihin varsin verrannollisia, eivätkä muutama vuosi sitten toimitetut hakkaukset vielä liene mitään merkittävää vaikuttaneet esim. jäljellä olevien puiden muotoon. Tämän huomioon ottaen voi sanoa, että kaikki koemetsiköt ovat saaneet kehittyä aivan luonnonvaraisina, ihmisen vaikutuksen ilmetessä pääasiallisesti vain tuohenkiskontana.

On syytä olettaa, että kaikki koemetsiköt (lukuun ottamatta korpia) ovat syntyneet entisille kaskimaille. Siihen viittaavat paikkakuntalaisten kertomukset sekä kyseessä olevan koivumetsäalueen rajoittuminen pääasiassa suuren, olosuhteisiin katsoen tiheään asutun vaaran liepeihin.

Työn kuluessa ilmeni pian, ettei linjapuista kertyisi riittävästi aineistoa. Erikoisesti oli puute järeämmistä ja myös hyvin hoikista ja pitkistä puista. Näiden saamiseksi oli osittain ryhdyttävä puita varta vasten kaatamaan, osaksi oli tilaisuus eräällä naapuristossa sijaitsevalla yksityismaalla mitata »rasiksi» kaadettuja faneeripuita, joiden joukossa oli paljon erinomaisen suuria runkoja. Koska oli tarkoituksena saada koepuita kaikilta koivulle soveltuvilta metsätyypeiltä, oli tämänkin takia pakko varta vasten kaataa koepuita; tämän vuoksi otettiin myös aineistoon mukaan kahden ylioppilaan koealoiltaan kaatamat koepuut.

Koemetsiköitä kuvattaessa merkittiin muistiin niiden sijoitus, paikan topografinen luonne, maalaji ja metsätyyppi, jonka selventämiseksi laadittiin luettelo koepuiden kasvupiirissä havaituista kasveista. Kasvilajien runsaus arvosteltiin NORRLININ asteikon mukaan (vrt. esim. CAJANDER 1916, s. 362). Eri lajien esiintyminen koemetsikköissä selviää s. 12--13 olevasta taulukosta I. — Itse metsikön kuvaamiseksi tehtiin havaintoja puulajisuhteista, selittämällä lyhyesti eri puulajien tärkeimmät ominaisuudet. Lisäksi tehtiin muistiinpanoja metsikön tiheydestä, terveystilasta, iästä (iän määrittämisestä edempänä), kuutiomäärästä ha:lla ja eräillä koealoilla valtapuiden keskikorkeudesta. Kysymykseen tulevan silmämääräisen arvion suhteen mainittakoon, että tekijällä oli kesällä 1924 usealla kymmenellä koealalla tilaisuus totuttaa silmänsä juuri saman tapaisiin metsikköihin samoilla seuduilla, joilla koemetsiköt sijaitsevat. Kuten tunnettua on tällainen edellä käyvä harjoitus omiaan huomattavasti lisäämään arvion luotettavuutta.

Metsätyypin määrittämisessä tuottivat eräät metsiköt melkoista ajattelemista. Pielisjärven pitäjä sijaitsee jo niillä leveysasteilla, joilla etelä-Suomi alkaa muuttua pohjois-Suomeksi. On siis vähemmän ihmeteltävää, että metsätyypeissäkin voi havaita pohjoisia piirteitä rinnan eteläisten kanssa. Tosin kyllä etelä-Suomen tärkeimmät metsätyypit esiintyvät usein aivan tyypillisinä, mutta erikoisesti eräät tuoreet kankaat poikkeavat tuntuvasti tavallisista metsätyypeistä, muistuttaen useissa suhteissa paksusammaltyyppiä. Tämä havainto tehtiin Helsingin yliopiston metsänarvioimisen harjoitustöiden yhteydessä Pielisjärvellä v. 1924 ja jos mahdollista vielä selvempänä esiintyi sama asia v. 1923 Rautavaaran pitäjässä suoritetuissa harjoitustöissä. Paksusammaltyypin esiintyminen ei rajoitukaan yksinomaan pohjois-Suomeen, vaan tavataan sitä paljon etelämpänäkin, aina Multialla asti (LAKARI 1920 b, s. 69). Erikoisesti mainitsee LAKARI (1920 a, s. 2) paksusammaltyyppiä esiintyvän Laa'an valtionmaalla Sotkamon, Paltamon ja Rautavaaran





pitäjien rajamailla sekä Kolin huipulla. CAJANDER (1921, s. 35) mainitsee paksusammaltyypin eteläisimpänä esiintyvän Rautavaaralla ja Juuassa. — Nyt kyseessä olevia kankaita ei kuitenkaan voi pitää tyyppillisinä paksusammaleisina kankaina. CAJANDER (1921, s. 35) sanookin, että paksusammaltyypistä voidaan erottaa alatyyppejä, joista eräät lähentelevät mustikkatyyppiä. Mainitut kankaat lienevätkin ensi kädessä käsitettävät tällaisiksi. Yksinkertaisuuden vuoksi tullaan tämän tutkimuksen yhteydessä käyttämään paksusammaltyypin nimeä ja lyhennysmerkkiä (HMT) kyseessä olevasta metsätyypistä.<sup>1</sup>

Muihin metsätyyppeihin nähden mainittakoon, että ne koemetsiköissä ovat esiintyneet jotenkin tyyppillisinä, eikä niiden määrääminen ole tuottanut vaikeutta. Eri tyyppien tarkempi selittäminen ei tässä liene tarpeen, vaan viitataan yleisesti tunnettuun kirjallisuuteen, ennen muuta CAJANDERIN teoksiin (esim. 1909 ja 1925).

\* \* \*

Seuraavassa esitetään lyhyt kuvaus kustakin koemetsiköstä.

N:o 1, OMT.

Kaatiovaaran loiva pohjoisrinne. Maaperä on verraten vähäkivistä moreenia. Metsikkönä on melkein puhdas, normaalin ja kaunis koivikko, jossa sekapuina on enemmän tai vähemmän haapaa, kuusta ja mäntyä. Metsikössä on paljon kuolleita ja kituvia yksilöitä. Kuutio-

<sup>1</sup> Koska fäta paksusammaltyypin alatyyppejä ei tiettävästi aikaisemmin ole kuvattu, on katsottu olevan syytä tehdä se lyhyesti tässä yhteydessä.

Tarkastellessa s. 12—13 olevaa kasviluetteloä havaitsee helposti melkoisen eroavaisuuden MT:n ja HMT:n välillä. Mustikkakankailta kokonaan puuttuvat poronjäkälet ovat säännöllisesti tavattavissa. Seinäsammalpeite on runsas ja yhtäjaksoinen, mutta käsittää harvempia lajeja, etupäässä *Hylocomium parietinum*. MT:llä esiintyvä *H. triquetrum* puuttuu kokonaan ja *H. proliferum*akin näyttää olevan hiukan vähemmän. Jyrkin ero ilmenee kuitenkin ruohojen esiintymisessä, joka HMT:llä on erinomaisen niukka. Vain *Melampyrum*-lajit, *Solidago virgaurea* ja muutamat muutkin tunnetusti vähemmän vaateliaat lajit ovat löydettävissä. Sensijaan on varpukasvilisuus hyvin runsas ja lajirikas. Erikoisesti kiintyy huomio *Callunan* ja *Empetrumin* esiintymiseen. Jälkimmäistä ei ollenkaan tavata mustikkatyyppillä ja *Callunan*kin esiintyy harvinaisena etupäässä aukoissa.

Pielisjärven HMT-mailla kasvaa etupäässä sekametsää, mutta puhtaat kuusikotkaan eivät ole aivan harvinaisia. Erittäin luonteenomainen seikka on kuusen perin hidas kasvu mikä esim. metsänhoidon ylioppilaiden ottamista koealoista selvästi kävi ilmi. Arvopuun koon näyttää kuusi saavuttavan aikaisintaan n. 140 v:n ikäisenä, huolimatta vapaasta kasvutilastakin. Kuten koemet-

määrä ha:lla<sup>1</sup> on 201 m<sup>3</sup>, josta koivua 82 %, haapaa 8 %, kuusta 6 % ja mäntyä 4 %. Runkoluku ha:lla on 956 kpl, josta 666 koivua, 156 haapaa, 108 kuusta ja 26 mäntyä. Metsikön ikä on n. 75 v., eri puulajit ovat keskenään jotenkin tasaikäisiä.

N:o 2, MT.

Siltavaaran jyrkänlainen koillisrinne, Marjosärkkä. Maaperä on jotenkin kivistä moreenia. Metsikkönä on koivu- mänty- kuusi- sekametsä, jossa alunperin alikasvoksena ollut kuusi jo alkaa tavoittaa muut puulajit. Kuutiomäärä ha:lla on n. 200 m<sup>3</sup>, josta koivua 50 %, mäntyä ja kuusta kutakin 20 % sekä haapaa 10 %. Valtapuiden keski- korkeus on n. 21 m. Koivujen ja mäntyjen ikä on n. 105 v., kuusien n. 70 v.

N:o 3, MT.

Honkalanvaaran lakimaata Marjosärkän kohdalla. Viettää heikosti etelään ja kaakkoon. Maaperä on hyvin kivikkoista moreenia, kuoppapaikoissa soistumisen alkua havaittavissa. Metsikkönä on harvahko koivu- mänty- haapa- sekametsä, jonka alla on kaikkialla kuusta. Koivut ovat verraten huonorunkoisia, osaksi ihmisten pilaamia, sensijaan havupuut ovat hyvin kauniita. Kuutiomäärä ha:lla on n. 130 m<sup>3</sup>, josta koivua n. 65 %, mäntyä 15 %, haapaa 10 % ja kuusta 10 %. Valtapuiden keski- korkeus on n. 14 m. Vallitsevan metsän ikä on n. 60 v., alimetsän n. 35 v.

N:o 4, HMT.

Marjosärkän koillisrinne, selkälinjalla. Koemetsikön kohta muodostaa pengermän jyrkällä rinteellä. Maaperä on tavallista moreenia. Metsikkönä mänty-koivu- sekametsä, jonka alla on kuusta alimetsänä. Männyt ja koivut ovat kauniita, mutta ikäänsä nähden pieniä. Kuuset

siköiden selitelmistä jäljempänä käy ilmi, saattaa 70-vuotiaan HMT-kuusikon valtapiiden keski- korkeus olla vain 12 m. Kuuset puhdistuvat kuitenkin ainakin osittain oksistaan eikä tutkituilla kankailla esiintynyt pohjois-Suomen tyyppillistä lieriömäistä latvusmuotoa. Kuitenkin saattoi esim. Issanvaaran talosta Heikkilänvaaran metsänvartijantorppaan menevän tien varrella havaita nyt kuvatulla HMT:llä aivan tyyppillisiä paksusammalkuusua. Nämä olivat kuitenkin hyvin vanhoja, joten koemetsiköiden suhteellisen nuori ikä ehkä selittää tämän latvus- tyyppin puuttumisen niistä. — Mänty ja koivu kasvavat HMT:llä huomattavan hyvin ja kehittävät solakan ja oksistaan korkealle puhdistuneen rungon. Tässä suhteessa näyttää HMT:n koivu eroavan varsin jyrkästi VT:llä ja sitä huonom- milla mailla kasvaneesta koivusta. Varsin luultavaa on kuitenkin että männyn ja koivun kasvu HMT:llä on hitaampi kuin MT:llä.

<sup>1</sup> Numerotiedot perustuvat metsänhoidon ylioppilaiden O. ANDERSÉNIN ja P. VÄHÄKALLION koealoillaan suorittamiin mittauksiin.

ovat hyvin kituvan näköisiä. Eräs suurimpia kuusia oli kannosta läpimitaten 22 m ja sen ikä oli 105 v. Kuutiomäärä ha:lla on n. 140 m<sup>3</sup>, josta mäntyä 40 %, koivua 40 % ja kuusta 20 %. Mäntyjen ja koivujen ikä on n. 120 v., kuusien 90—110 v.

#### N:o 5, Korpi.

Mustanpuron luona selkälinjalla oleva puronvarsikorpi, joka heikosti viettää pohjoispuolella olevalta rämeeltä eteläpuolella virtaavaan puroon. Mutakerros on noin 0.3—0.5 m vahva, paikoin on suuria kiviä näkyvissä, paikoin melkoisia *Sphagnum*-mättäitä. Metsikkönä on jotenkin tasamittainen koivu-kuusi sekametsä, aikoinaan on muutamia suuria mänty-ylispuita ollut joukossa. Kuuset ovat osittain hyvin kituvia; koivut ovat hyvin vahvoja, mutkarunkoisia ja kuivien oksien haittaamia puita. Kuutiomäärä on n. 60 m<sup>3</sup> ha:lla, josta puolet koivua, puolet kuusta. Kuusien ikä on n. 130 v., koivut ovat luultavasti vanhempia, mutta niiden ikää ei ole voitu määrätä.

#### N:o 6, MT.

Honkalanvaaran loiva itärinne Pyykön asumuksen kohdalla. Maaperä on kivistä moreenia. Metsikkönä on harvahko koivu-kuusi-sekametsä, joukossa yksityisiä mäntyjä ja haapoja. Alikasvoksena on tiheänlainen kuusikko. Vallitsevan metsän puut ovat melko kaunisluotoisia. Kuutiomäärä ha:lla on n. 150 m<sup>3</sup>, josta koivua 50 %, kuusta 30 % sekä 10 % mäntyä ja haapaa kumpaakin. Vallitsevan metsän ikä on n. 55—60 v., alikasvoksen n. 30 v.

#### N:o 7, MT.

Honkalanvaaran valtionmaanpuoleinen laki ja loivahko koillis-pohjois-luoteisrinne. Maaperä on verraten kivetöntä moreenia. Vallitsevana metsänä on koivikko, joukossa yksityisiä mäntyjä ja haapoja sekä pikkumetsikköinä kuusta. Alimetsänä on kaikkialla harvakseltaan kuusta ja paikoin leppää. Koivujen joukossa on runsaasti komeita, solakoi a, suorarunkoisia arvopuita. Kuutiomäärä ha:lla on n. 180 m<sup>3</sup>, josta koivua 70 % sekä mäntyä, kuusta ja haapaa yhteensä 30 %. Valtapuiden ikä on n. 100 v., alikasvoksen 50—60 v.

#### N:o 8, OMT.

Honkalanvaaran valtionmaanpuoleinen jotenkin jyrkkä pohjoisrinne. Maaperä on melkoisen kivikkoista moreenia. Metsikkönä on mitä komein koivikko, jossa alikasvoksena on haapaa ja kuusta. Koivut ovat korkeimpia ja kauneimpia, mitä paikkakunnalla tapaa. Sekä puilla että kasvipeitteellä on erikoisen rehevä luonne. Kuutiomäärä ha:lla on n. 300 m<sup>3</sup>, josta koivua n. 80 %, loput kuusta ja haapaa. Valtapuiden keskikorkeus on n. 24 m. Koivujen ikä on n. 100 v., kuusien n. 70—80 v.

#### N:o 9, MT.

Koemetsikön N:o 8 rinnalla, valtionmaan rajan kohdalla. Metsikön muodostaa harvanlainen koivikko, jossa sekapuuna on hieman mäntyä ja haapaa; alla on tiheä kuusi-alimetsä. Kuutiomäärä ha:lla on n. 160 m<sup>3</sup>. Valtapuiden keskikorkeus on n. 14 m. Koivujen ikä on noin 65—70 v.

#### N:o 10, OMT.

Koemetsikön N:o 9 rinnalla, mutta yksityismaalla. Metsikkönä on harvinaisen kaunis, ihanteellisen luonnonnormaalinen aivan puhdas koivikko, jossa aukkoja ei ole laisinkaan. Kuutiomäärä ha:lla on n. 120 m<sup>3</sup>, metsikön ikä on koepuiden mukaan 27—31 v. Valtapuiden keskikorkeus on n. 11 m.

#### N:o 11, HMT.

Särkilaamen kankaalla kaakosta luoteeseen kulkeva rajalinja. Maaperä on kivistä moreenia, hieman aaltoilevaa. Rajalinja on ollut aivan umpeen kasvanut. Metsikkönä on kahden puolen harvanlainen mänty-koivu-sekametsä, kumpaakin puulajia suunnilleen yhtä paljon. Kaikkialla on kuusialimetsä, joka on hyvin kitukasvuista vallitsevan metsän aukoissakin. Kuutiomäärä ha:lla on n. 150 m<sup>3</sup>, josta mäntyä ja koivua kumpastakin 40 % ja kuusta 20 %. Valtapuiden keskikorkeus on n. 18 m. Pisimmät kuuset ovat vain n. 12 m pitkiä. Mäntyjen ja koivujen ikä on n. 75 v., kuusien hieman pienempi.

#### N:o 12, OMT.

Kangasnotkelma pienen Itävaaran rinteellä, samalla rajalinjalla, kuin N:o 11. Maaperä on kivistä moreenia, hiukan soistunutta. Metsikkönä on varteva koivu-kuusi-haapa-sekametsä, jossa etenkin koivut ja kuuset ovat nopeakasvuista ja kauniita. Kuutiomäärä on n. 200 m<sup>3</sup> ha:lla, josta koivua 40 %, kuusta 40 % ja haapaa 20 %. Metsikön ikä on n. 65 v.

#### N:o 13, MT.

Itävaaran valtionpuoleinen loiva pohjois-koillis-itärinne. Maaperä kivikkoista moreenia. Metsikkönä on aivan puhdas, erinomaisen kaunis koivikko. Puut ovat korkealle oksistaan puhdistuneita, suurimmat ovat ensi luokan arvopuita. Alikasvoksena on harvassa kuusia. Kuutiomäärä ha:lla on n. 200 m<sup>3</sup>, josta 90 % koivua ja 10 % kuusta. Valtapuiden keskikorkeus on n. 20 m. Metsikön ikä on n. 70 v.

#### N:o 14, HMT.

»Uramon kankaita» Siltavaaran kylän Iisakkilan talon maalla. Tasaisenlainen, hiukan aaltoileva kangasmaa. Maaperä on vähäkivistä, hyvin hienojakoista moreenia. Metsikkö vaihtelee kan-

kaan eri osissa, paikoin on mänty enemmän voitolla, paikoin koivu ja paikoin puuttuvat mainitut puulajit kokonaan kaikkialla esiintyvän jotenkin kitukasvuisen kuusikon yläpuolelta. Osalla kangasta on sattunut kulo pari vuotta sitten. Koivut ovat säilyneet aivan eheinä, kuuset sensijaan ovat kuolleet. Metsiköstä on faneeripuiksi kaadettu kaikki suuret koivut, joten on vaikea arvostella metsikön alkuperäistä kuutiomäärää, mikä lienee ollut 150—200 m<sup>3</sup>, josta koivua 40—50 %. Koivujen ikää ei kannosta voi lukea, mutta koivujen kanssa nähtävästi yhdenikäiset männyt ovat n. 130 v. vanhoja. Kuusialikasvos on n. 80—90 v.

#### N:o 15, Korpi.

Puronvarsikorpi (Kerkkulan puro) Iisakkilan maalla. Turvekerros on n. 1/2 m vahva. Puron pohjasta päättäen on alla hyvin kivikkoinen moreeni. Metsikkönä on kannoista päättäen ollut aikoinaan komea korpikuusikko, jossa koivu on ollut sekapuuna yhdessä haavan kanssa. Kuuset on aikaisemmin kaadettu ja suurimmat koivut on nyt kaadettu faneeripuiksi. Kuutiomäärä on nyt n. 90 m<sup>3</sup> ha:lla, mutta lienee ennen hakkauksia ollut hyvin korkea. Koivujen iän lukeminen on mahdotonta, kuusien ikä on ollut n. 150—200 v.

#### N:o 16, MT.

Mustanvaaran rinne Iisakkilan maalla keskimmäisen Mustanlammen kohdalla. Viittää tasaisen loivasti etelää kohti. Maaperä on vähäkivistä, hyvin hienojakoista moreenia, notko-paikoissa usein soistunutta. Kannoista ja jättöpuista päättäen on metsikkönä ennen hakkauksia ollut komea, varveva mänty-koivu-sekametsä, tuoreemmissa paikoissa on mahtavia haapojakin ollut joukossa. Nyt faneeripuiksi kaadetut koivut ovat suurimpia ja kauneimpia arvopuita, mitä näkee. Metsikön kuutiomäärä lienee ollut harvinaisen korkea, arviolta 350 m<sup>3</sup> ha:lla, josta koivua n. 40 %, mäntyä 30 % ja kuusta 30 %. Jäljellä olevan metsän, etupäässä alikasvoskuusikon, kuutiomäärä on n. 100 m<sup>3</sup> ha:lla. Koivujen ikää on mahdoton määrätä, niiden kanssa jotenkin yhdenikäisiltä näyttävät männyt ovat n. 100 v. Kuusien ikä on 70—90 v.

#### N:o 17, MT.

Mustanvaaran loiva pohjois- ja itälieve Iisakkilan maalla. Maaperä verraten vähäkivistä moreenia, paikoin soistumisen alkua havaittavissa. Metsä on hakattua, mutta aikaisemmin on nähtävästi ollut keskinkertainen mänty-koivu-sekametsä ja sen alla varttunut kuusialimetsä. Faneeripuina kaadettujen koivujen joukossa on hyvin suuria ja komeita yksilöitä, joista eräät metsikön reunalla kasvaneet nähtävästi ovat olleet muita huomattavasti vanhempia. Yleensä on koivujen ikä noin 130 v.

#### N:o 18, MT.

Mustanvaaran kupeella, Iisakkilan talon maalla sijaitseva kaskiaho, jota koemetsikkö N:o 17 ympäröi. Aholle on ensin syntynyt harvakseen leppiä, joiden ikä nyt on 19 v. ja niiden alle kaunis koivikko, jonka ikä on 14—18 v. Pisimmät lepät ovat n. 8 m ja pisimmät koivut n. 6 m korkeita.

#### N:o 19, VT.

Marjosärkän laki, aivan lähellä koemetsikköä N:o 3. Loivanlainen pohjois-koillisrinne. Maaperä on hyvin kivikkoista moreenia, paikoin on kalliokin näkyvissä. Vieressä yksityismaalla oleva kaskettu alue kasvaa melkein yksinomaan kituvaa kanervaa. Metsikkönä on harvahko koivikko, paikoin on runsaasti mäntyä sekapuuna ja jonkun verran kuusta alikasvoksena. Koivut ovat hyvin huonokasvuisia, mutkaisia, oksaisia ja lyhyitä, männyt sensijaan ovat kauniita, mutta hidaskasvuisia. Kuutiomäärä ha:lla on n. 100 m<sup>3</sup>, josta koivua on n. 70 %, mäntyä ja kuusta 30 % yhteensä. Valtapuiden keskikorkeus on n. 14 m. Koivujen ja mäntyjen ikä on noin 65 v., kuusien 40—50 v.

### B. Koepuiden mittaaminen.

Koepuiden mittaaminen suoritettiin kahtena kesänä, v. 1924 ja 1925. Koska edellä mainitut linjanhakkuut suoritettiin jo keväällä 1924, olivat siis linjapuut joutuneet olemaan kaadettuina osittain yli vuoden, ennenkuin ne mitattiin.

Tulee ajatelleeksi, onko vuoden kaadettuina olleiden puiden mittaaminen oikeutettua ja ennen muuta, voidaanko tällaisia puita rinnastaa tuoreessa tilassa mitattuihin. Varmaa on, että puu kaksi kesää ulkona oltuaan kutistuu kuivuessaan, mutta toisaalta ehkäisee tätä se, että kuori aina on jäänyt koskemattomaksi. Kutistumisesta lähemmin ajatellessa huomaa kuitenkin, että se rungon eri osissa lienee jotenkin sama, joten jokainen läpimitta lienee muuttunut suhteellisesti yhtä paljon. Voidaan siten olettaa, että puun kuutiomäärä on pienentynyt aivan suhteessa läpimitan (oikeammin läpimitan neliön) pienenemiseen. Alkuperäinen puu on siten muuttunut uudeksi, jolla on sama pituus ja sama esim. muotoluokka tai muotoluku, mutta on vain hiukan hoikempi. Tämän mukaan on myös kutistunut puu täysin verrannollinen tuoreeseen puuhun kuutiomäärän ja kapenemisen puolesta. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei myöskään tule kysymykseen erilaisten dimensionien esiintymisen tutkiminen, joten kutistumisella tuskin on huomattavaa vaikutusta tuloksiin.

Tarkoituksena oli saada koepuuaineistoon edustetuiksi mikäli mahdollista kaikki luonnonvaraisista metsiköistä löy-

dettävät dimensionit. Kuten edellä on huomautettu, eivät linjapuut tässä suhteessa riittäneet, vaan oli pakko kaataa lisää koepuita sekä mitata rasiksi kaadettuja faneeripuita. Linjakoivuja tutkittaessa harjoitettiin valintaa vain sikäli, että epämuodostuneet, haaroittuneet ja ihmisten pahoin turmelemat puut jätettiin mittaamatta, mutta sensijaan kaadettavat puut oli valittava sellaisiksi, että ne tosiaan vastasivat aineis-

Taulukko II. Mitattujen koepuiden jakaantuminen eri suuruusluokkiin.  
Tabelle II. Die Verteilung der gemessenen Probestämme auf die verschiedenen Größenklassen.

| Rinnankorkeus-<br>läpimittaluokka, cm<br><i>Brusthöhendurch-<br/>messerklasse, cm</i> | Pituusluokka, m<br><i>Höhenklasse, m</i> |   |   |    |    |    |                               |    |    |    |    |     | Yhteensä<br><i>Zusammen</i> |
|---|--|---|---|----|----|----|-------------------------------|----|----|----|----|-----|-----------------------------|
|   | —2                                       | 4 | 6 | 8  | 10 | 12 | 14                            | 16 | 18 | 20 | 22 | 24— |                             |
|   | Koepuiden lukumäärä                      |   |   |    |    |    | <i>Anzahl der Probestämme</i> |    |    |    |    |     |                             |
| 1   | 5  | 2 | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | —  | —  | —   | 7                           |
| 3   | —  | 3 | 1 | 1  | —  | —  | —                             | —  | —  | —  | —  | —   | 5                           |
| 5   | —  | — | 4 | —  | 1  | —  | —                             | —  | —  | —  | —  | —   | 5                           |
| 7   | —  | — | 1 | 5  | 2  | 3  | —                             | —  | —  | —  | —  | —   | 11                          |
| 9   | —  | — | 1 | 3  | 1  | 2  | 1                             | 1  | —  | —  | —  | —   | 9                           |
| 11  | —  | — | — | 2  | 4  | 5  | 3                             | 6  | —  | —  | —  | —   | 20                          |
| 13  | —  | — | — | —  | 4  | 3  | 6                             | 6  | 7  | 1  | —  | —   | 27                          |
| 15  | —  | — | — | 1  | —  | 3  | 5                             | 5  | 8  | 4  | —  | —   | 26                          |
| 17  | —  | — | — | —  | —  | 2  | 7                             | 3  | 6  | 5  | —  | —   | 24                          |
| 19  | —  | — | — | —  | —  | —  | 5                             | 4  | 2  | 2  | 3  | —   | 16                          |
| 21  | —  | — | — | —  | —  | —  | 3                             | 2  | 7  | 5  | 2  | 1   | 20                          |
| 23  | —  | — | — | —  | —  | —  | 3                             | 2  | 9  | 6  | 3  | —   | 23                          |
| 25  | —  | — | — | —  | —  | —  | 1                             | 1  | 2  | 6  | 1  | —   | 11                          |
| 27  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | 3  | 4  | 3  | 2  | 2   | 14                          |
| 29  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | 3  | 7  | 4  | 1   | 15                          |
| 31  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | 4  | 4  | 6  | 1   | 15                          |
| 33  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | 3  | 9  | —   | 12                          |
| 35  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | 2  | 1  | 1  | 4   | 8                           |
| 37  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | 1  | 5  | 1   | 7                           |
| 39  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | 1  | 1  | 1   | 3                           |
| 41  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | —  | —  | 1   | 1                           |
| 43  | —  | — | — | —  | —  | —  | —                             | —  | —  | 1  | —  | —   | 1                           |
| Yhteensä<br><i>Zusammen</i>   | 5  | 5 | 7 | 12 | 12 | 18 | 34                            | 33 | 54 | 51 | 37 | 12  | 280                         |

tosta puuttuvia dimensioneja. Luonnollisesti tällöin myös valinnassa otettiin huomioon yllä mainitut näkökohdat. — Mainittakoon, että useimmat hyljätyistä linjapuista olivat sellaisia, joissa rungon tyvipää joko sienitaudin tai useamminkin tuohen kiskonnan takia oli pahoin epämuodostunut. Vain verraten harvoin tarvitsi yksinomaan haaroittumisen vuoksi jättää puu sikseen. — Taulukosta II selviää, että mitatut koepuut melko tasaisesti hajautuvat mahdollisiin suuruusluokkiin, pienempien puiden kuitenkin jäädessä suhteellisen vähälle.

Ensimmäisenä työnä koepuuta mitatessa oli pituuden määrääminen. Tällöin oli ratkaistava, minkä kohdan oli oltava pituusmittauksen lähtökohtana tyvipäässä. Kuten jo aikaisemmin on huomautettu, on Keski-Euroopassa ja Skandinaaviassa tullut tavaksi jättää massataulukoista pois kantopuu, joten tämän mukaisesti kai pituuskin on käsitettävä mitatuksi kantoleikkauksesta ylöspäin. Kannon korkeus on eri tutkijoilla hyvin eri tavoilla määritelty. Baijerilaisissa massataulukoissa on se puun koosta riippuen  $\frac{1}{2}$ — $1\frac{1}{2}$  jalkaa, muiden määrätessä kannon korkeuden joko läpimitan tai pituuden mukaan. Näiden suhteen viitataan LÖNNROTHIN yhdistelmään (1919, s. 71 alim.). Suomessa on päinvastoin kuin muualla tullut tavaksi ilmoittaa kokonaiskuutiomäärä aina maasta huippuun. Tuntuukin vähemmän harkitulta kerta kaikkiaan kytkeä kuutiomäärä johonkin määrättyyn kannon korkeuteen, sillä käytännössähän kannon korkeus olosuhteista riippuen voi suuresti vaihdella. Verraten helppoahan on kokonaiskuutiomäärästä sitten vähentää kussakin tapauksessa tarvittava kannonvara. Huomautettakoon myös, että puun talteen otto aina maanpintaan asti on mahdollinen ja voi tulla kysymykseenkin.

Käsite maanraja on silloin määrittelyn tarpeessa. Erilaisten maapistemäärittelyjen suhteen viitataan LÖNNROTHIN selostukseen (1925, s. 94 alim.). Tässä työssä katsottiin ainoaksi mahdollisuudeksi määrätä maanrajaksi tosiaan metsämaan pinta, joka siis vastaa puun ajateltua syntymäkohtaa ja myös ajatellun maanpinnan ja puun pituusakselin leikkauspistettä. Tällaisen kohdan sijoittaminen ei mittauksia suoritettaessa ole vaikeata ja täten määritellyn maapisteen yläpuolelle on myös helppo sijoittaa kannon korkeudeksi mikä mitta tahansa.

Koivun latva ei ole yhtä selvästi ylöspäin rajoittuva, kuin esim. havupuiden. Ei sentähden aina ole varmaa, että mitattu kaadetun puun pituus on sama kuin puun korkeus sen ollessa pystyssä. Koska massataulukoiden mukaan kuutioitaessa yleensä käytetään pystyssä olevista puista saatuja

pituusarvoja, on tässä kohdassa systemaattinen virhe tarjolla. Kun useimmat tutkittavat koepuut jo edeltäkäsini oli kaadettu, ei ollut mahdollisuutta arvostella, miten usein tällainen virhemahdollisuus on olemassa. Nuoremmissa metsiköissä, joissa pituuskasvu on huomattava, näyttää asia olevan jotenkin merkityksetön, mutta sensijaan vanhoissa lakkapääpuissa voi virhettä syntyä. Muutamia erikoisen huomattavissa poikkeamisissa tehdyt arviot viittaavat kuitenkin siihen, että virhe yleensä rajoittuu pariin desimetriin. Esim. 20 m:n korkuisen puun mittauksessa tehty 2 dm:n virhe vastaa noin 1 %:n virhettä kuutiomäärässä. Pituusmittausta suoritettaessa ei muuta mahdollisuutta keksitty, kuin mitata vain pituus pisimmän virven huippuun, sillä koivunlatva saa kaatuessaan aivan toisen muodon, kuin sillä kasvaessaan on ollut. Tämän mainitun seikan takia ei myöskään ollut mahdollista tehdä tarkempia latvustutkimuksia, mikä olisi ollut varsin toivottavaa. Mikäli mahdollista latvusta kuvaamaan mitattiin kuitenkin vihreän latvuksen alimman kohdan korkeus; tällöin ei otettu huomioon yksityisiä oksia, vaan ensimmäisen todella vihreään latvukseen kuuluvan oksan haaraantumiskohta. Vihreän latvuksen alin kohta harvoin vastaa oksatonta runko-osaa, sillä varsin usein ulottuvat kuivat oksat hyvän joukon latvuksen alapuolelle. — Pituusmittauksessa käytettiin 20 m:n pituista kangasmittanauhaa, jonka pituuden tarkistamista varten oli mukana 5 m pitkä teräsmittanauha. Sekä pituus, että vihreän latvuksen alin kohta määrättiin 1 dm:n tarkkuudella.

Ryhdyttyessä puiden läpimittaa tutkimaan, oli ensin määrättävä kuutioimisessa käytettävien pätkien pituus. Yleensä on tarkimmissakin töissä tyydytty 1 m:n pätkiin ja mikäli on ollut kyseessä suorakoinen, oksaton puulaji, on käytetty 2, vieläpä osalla runkoa 4 metrin pätkiä (vrt. esim. ILVESSALO, Y. 1916, s. 12 ja 1920, s. 43 sekä LÖNNROTH 1925, s. 106). Kuten HEIKKILÄ on osoittanut (1915, s. 431), vaiuttaa pätkien pituuden muuttaminen varsin vähän tulokseen, kun on kyseessä säännöllisen muotoinen puu. Katsoen koivun yleiseen kasvutapaan voisi niinollen kenties pitää 2 m:n pätkiä keskikokoa suurempien puiden kuutioimiseen sopivina.

Jos koepuiden nojalla aiotaan suorittaa myös muototutkimuksia, ei tällainen mittaus kuitenkaan ole sovelias. Tasaisin välimatkoin mitatut läpimitat sijaitsevat nimittäin eripituisilla puilla suhteellisesti erilaisilla korkeuksilla, joten niitä ei voida verrata toisiinsa, mikä kuitenkin kapenemista tutkittaessa olisi välttämätöntä. Tämän epäkohdan poistamiseksi on ehdotettu (esim. CAJANUS 1911), että läpimitat mitattaisiin aina korkeuden kymmenesosien kohdalta, jolloin eripitkienkin puiden läpimitat

tulevat verrannollisiksi. Tätä menetelmää ovat käyttäneet m.m. MAASS (1908 ja 1911), JONSON (1910 ja 1911) sekä LAKARI (1920 c) tutkiessaan, edelliset kuusen ja männyn sekä jälkimmäinen männyn muotoa.

Koska muototutkimuksen suorittamista pidettiin välttämättömänä,<sup>1</sup> mitattiin aineisto melkein kokonaisuudessaan juuri selitettyä mittaustapaa käyttäen. Vain ensimmäisinä mitatut 24 koepuuta mitattiin 2 metrin pätkissä. Kuutioimistyössä ovat kymmenesosaläpimitat tietenkin täysin käypiä, mutta niiden lisäksi on vielä pakko mitata läpimita tyveen ja latvaan jäävien korkeuden kahdeskymmenesosan pituisten pätkien keskeltä, siis korkeuksilta 1/40 ja 39/40 pituudesta. Näin tulee puu aina, koostaan riippumatta, kuutioiduksi yhtenätoista pätkänä, joista 9:n pituus on 1/10 ja 2:n 1/20 puun pituudesta.<sup>2</sup>

Tällainen mittaustapa on tavallista aina yhtä pitkinä pätkinä tapahuttavaa mittausta hankalampi, etenkin sen vuoksi, että se jo metsässä kunkin puun kohdalla vaatii laskutyötä. Myös on suurempi tarkkaavaisuus mittakohtia rungolle merkittäessä tarpeen, koska kysymykseen useimmiten tulevat aivan epätasaiset senttimetriluvut. Pienet puut tulevat myös epäilemättä turhan tarkkaan mitatuiksi, etenkin kun ajattelee sitä desimaalimäärää, jolla kuutiomäärä lopullisesti ilmaistaan.<sup>3</sup> Myös lisääntyy jäljestäpäin suoritettava numerotyö. — Kuitenkin on menettelylle kuutioimisen kannaltakin myönnettävä eräitä etuja. Kuten HEIKKILÄ on huomauttanut (1915, s. 431), pysyy virhemahdollisuus puun pituudesta riippumatta samana, kun kaikki puut kuutioidaan yhtä monena pätkänä. Kun alin mittakohta sijoitetaan niin alas kuin 1/40 puun pituudesta, tulee myös tyvilaaajenoma paremmin huomioon otetuksi, mikä on varsin puolustettavaa, kun ajatellaan koivun käyttömuotoja teollisuudessa. Koivustahan tuskin milloinkaan sahataan särmättyä tavaraa kuten havupuista, joiden tyvilaaajenemassa oleva puuaine useimmiten on melkein arvoton. — Edellämainittujen läpimittojen lisäksi mitattiin vielä läpimita rinnankorkeudelta (1,3 m maasta), jonka mittaamisesta tulee puhe vielä seuraavassakin. Kaikkia läpimittoja mitattaessa käytettiin uutta, ehdottomasti luotettavaa teräskaulainta, josta lukemat tehtiin millimetrin

<sup>1</sup> Tutkimusaiheen rajoittamisen takia on tarkempi kapenemistutkimus tässä yhteydessä kuitenkin jätetty suorittamatta.

<sup>2</sup> Jo PRESSLER on käyttänyt (1857, s. 192) puita kuutioidessaan yhtä monta pätkää puun koosta riippumatta. Tavallisesti hän on jakanut rungon kuuteen osaan, mutta erikoisen säännöttömät puut on hän kuutioinut kymmenenä pätkänä.

<sup>3</sup> Pienimpien puiden suhteen riittäisi todennäköisesti tätä näkökohtaa silmällä pitäen puun kuutioiminen yksinkertaisesti yhtenä pätkänä.

tarkkuudella. Mittaus suoritettiin kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa. Näin saadusta kahdesta läpimitasta otettiin sitten keskiarvo, tasoittamalla tämä, milloin tarvis vaati, tasaiseksi millimetriksi.

Kuoren vahvuuden selville saamiseksi vuoltiin veitsellä kuhunkin mittakohtaan kolo, josta mittaus millimetrimitan avulla suoritettiin puolen millimetrin tarkkuudella. Käytettävissä ei ollut mitään kuorenmittauskojetta, joten yksityismaalla kaadettujen faneeripuiden kuoren vahvuutta ei voitu tutkia, koska niitä ei ollut lupa kolota. — Katsoen koivun kuoren jotenkin säännölliseen rakenteeseen, tyydyttiin koloamaan puu vain yhdeltä puolelta kultakin mittapaikalta. Kolon kohdaksi koetettiin kuitenkin valita jotenkin keskiarvoa edustava paikka, välttäen rosoisia kohtia, samoin kuin esim. kylestyneiden haavojen aiheuttamia epämuodostumia y.m.s. Koepuita valittaessa, kuten mainittu, jo vältettiin sellaisia puita, joissa oli näkyviä jälkiä tuohenkiskonnasta. Aina tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista, koska saattoi olla kyseessä harvinainen suuruusluokka. Sellaiselta kohdalta, mistä tuohta on kiskottu, näyttää kuori yleensä olevan tavallista ohuempaa. On siis pelättävissä, että tällöin kuorellinen läpimita saa arvon, joka ei ole verrannollinen koskemattomien puiden vastaavaan arvoon. Arveluttavinta on, että tämä luonnollisista syistä useimmiten koskee rinnankorkeusläpimittaa, jonka mitaamisessa erikoisesti kriittisyys on tarpeen. Tällaisessa tapauksessa on ilmeisesti koskemattonta puuta pidettävä sääntönä ja eliminointava satunnaisten poikkeamien vaikutukset. Sentähden suoritettiin kuorelliseen läpimitaan nähden korjaus, jos osoittautui, että joku koskemattomalla runko-osalla mitattu kuoren vahvuus oli suurempi alempana olevaa, joka sijaitsi ilmeisesti vahingoittuneella runko-osalla. Korjauksen suorittaminen oli jotenkin helppoa ja varmaa, koska näytti siltä, että kuoren vahvuus yleensä säännöllisesti pienenee alhaalta ylöspäin. — Katsoen siihen, että useimpien suurien puiden kuorta ei ole voitu tutkia, on aineisto kuoritutkimusta varten epätäydellinen. Siksi se onkin jäänyt tämän tutkimuksen yhteydessä suorittamatta. Koska kuoren vahvuuden mittamisella on ollut merkitystä kuorellisen läpimitan määräämisessä, on kuitenkin katsottu olevan syytä selostaa kuoren mittauksessa käytettyä menettelytapaa.

Iän määrääminen on, kuten tunnettua, koivulla vaikeata epäselvien lustorajojen takia. Niiden koepuiden iän, jotka olivat joutuneet olemaan kaadettuina yli talven, saattoi tosin lukea jotenkin varmaan, mutta sensijaan hiljan kaadettujen faneeripuiden kantoleikkaus oli siinä määrin epäselvä, että lustojen lukeminen oli jotenkin mahdotonta. Tut-

kimusta varten kaadettujen koepuiden iän taasen saattoi määrätä kutakuinkin tarkkaan. Jotta kaikkien metsiköiden ikä tulisi edes osapuilleen tietoon, täytyi turvautua tutkimaan esiintyviä mäntyjä, jotka saatettiin pitää koivujen kanssa yhdenikäisinä. Missään tapauksessa ei ollut mahdollista lukea kaikkien tutkittavien koepuiden ikää, siihen olisi mennyt suhteettoman paljon aikaa ja lisäksi sydänlahon alku sen monasti esti, vaan tyydyttiin kussakin koemetsikössä määräämään 3—5 koepuun ikä. Täsmällinen ikämääräys ei tutkimuksen laatuun katsoen lienekään ollut välttämätön.

Kaikkiaan kertyi koepuita 285 kappaletta. Näistä kuitenkin 3 ensimmäistä on jätetty syrjään, koska ne ovat otetut vain mittausmenetelmien kokeilemista varten. Lisäksi hävisivät tuntemattomasta syystä numerotiedot kahdesta v. 1924 mitatusta koepuusta, joten lopulliseen käsittelyyn jäi 280 koepuuta. Näistä on 19 mitattu kahden metrin pätkinä, muille 261 on käytetty kymmenesosamittausta. Eri metsätyypeille jakaantuvat koepuut seuraavasti:

|          |          |
|----------|----------|
| OMT      | 24 kpl.  |
| MT       | 160 »    |
| HMT      | 64 »     |
| VT       | 16 »     |
| Korvet   | 16 »     |
| Yhteensä | 280 kpl. |

Painatuskustannusten vähentämiseksi on ollut pakko jättää koepuiden mittaustulokset julkaisematta.

## IV. Kootun aineiston käsittely.

### A. Koepuiden kuutioiminen.

Ensimmäinen työ aineiston käsittelyssä oli kuutiomäärien laskeminen. Tarvittavat ympyrän pinta-alat otettiin 5-desimaalisesta taulukosta, joten lopullisissa kuutiomäärissä saatiin ainakin neljä desimaalia varmoiksi. Koko ajan käytettiin apuna laskukoneita ja sopivissa kohdissa tarkistettiin saatuja tuloksia logaritmissen laskuviivottimen avulla tai myös tärkeimpien laskutoimitusten suhteen laskemalla ne kahteen kertaan. Koko työn kestäessä käytettiin alkuperäisiä koepuulomakkeita lippujärjestelmän tavoin.

### B. Rinnankorkeusläpimitan kelpoisuuden tutkiminen.

Jo koepuita metsässä mitattaessa kiintyi huomio koivun tyvilajeneman suuruuteen ja sen perin säännöttömältä näyttävään muotoon. Koska rinnankorkeusläpimitan mahdollinen riippuvaisuus tyvilajenemasta tämän kaltaisessa tutkimuksessa epäilemättä on merkitykseltään perustavaa laatua, näytti tämän seikan tutkiminen heti aluksi välttämättömältä.

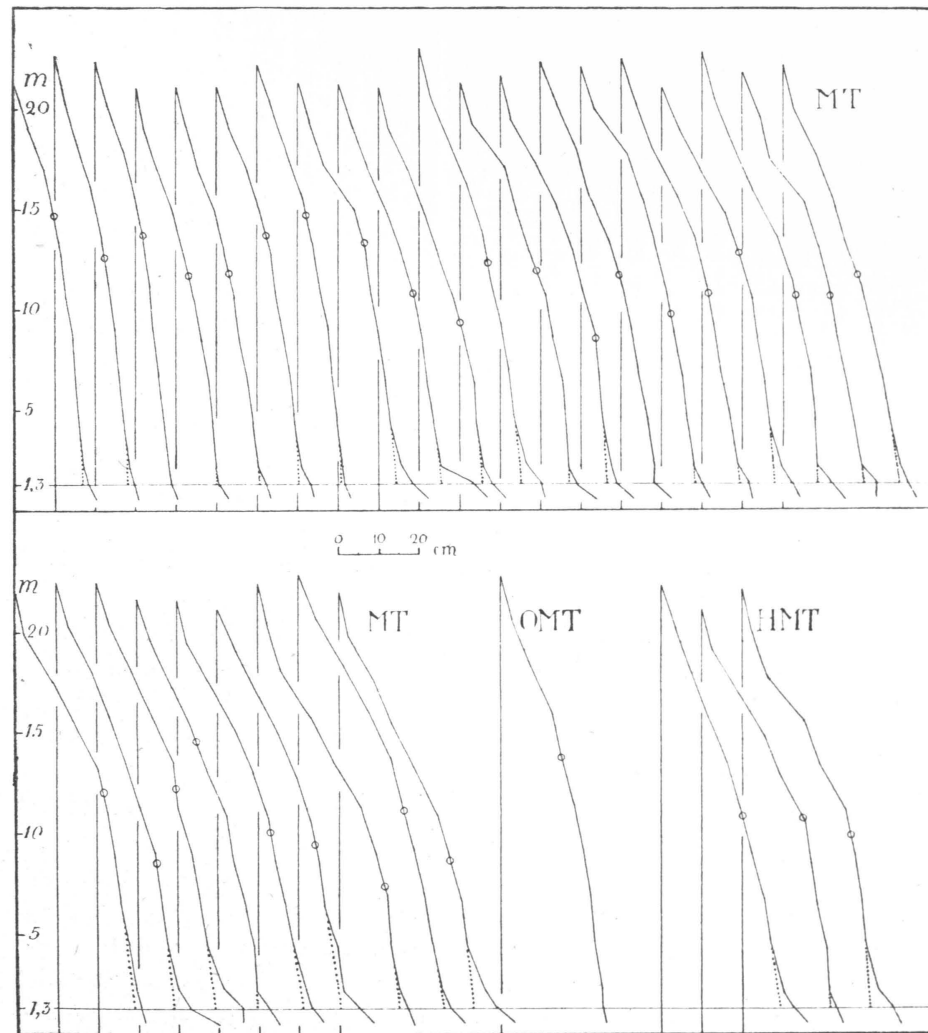
Tyvilajeneman aikaisemmista tutkijoista mainittakoon SCHIFFEL (1905, s. 41). Hän ei pidä tarpeellisena tutkia tyvilajeneman muotoa, vaan ainoastaan sen ulottuvaisuutta ylöspäin, saadakseen selville, missä määrin se nousee rinnankorkeuden yläpuolelle ja siten vaikuttaa itse rinnankorkeusläpimitaan ja täten myös erilaisiin kuutioimistyössä tarvittaviin apulukuihin, kuten muotolukuihin, muotoluokkiin y.m. Tyvilajeneman katsoo SCHIFFEL loppuneeksi sillä kohdalla, missä »tyvikäyrä» muuttuu »runkokäyräksi» eli siis runkokäyrän käännapisteessä. Tämän kohdan on hän määrännyt graafista tietä, piirtämällä puun tyviosan runkokäyrän. Pituudesta ja muodosta on SCHIFFEL havainnut tyvilajeneman riippuvan siten, että saman muotoisilla puilla tyvilajenema on sitä myöten korkeampi, mitä pitempi itse puu on ja yhtä pitkillä puilla taasen huonomuotoisilla puilla on korkeampi tyvilajenema kuin hyvänmuotoi-

silla. Tutkimansa puulajin, lehtikuusen, rinnankorkeusläpimitan on hän havainnut yleensä olevan tyvilajenemasta riippuvaisen.

MAASS on tutkinut (1913, s. 273) rungon tyvipään kapenemista männällä ja kuusella. Hän ei kuitenkaan ole kiinnittänyt huomiotaan tyvilajeneman ulottuvaisuuteen ylöspäin, vaan tutkinut pääasiassa kapenemista rinnankorkeuden alapuolella. Verratessaan tätä puissa määräämänsä muotoluokkaan on hän havainnut, että puun kapeneminen rinnankorkeuden alapuolella ei ole riippuvainen muotoluokasta eikä myöskään pituudesta, iästä ja kasvupaikasta. — MATSSON on tutkinut (1917 a ja b) männyn ja lehtikuusen tyvilajenemaa. Tutkimuksissaan on hän käyttänyt pituus- ja muotoluokittain yhdistellyn aineiston keskimääräisiä runkokäyriä. — ARCHER on (1920, s. 110) sahatukkien kuutiomäärää tutkiessaan kiinnittänyt huomionsa myös tyvilajenemaan. Tyvitukkien kuutioiminen Huberin kaavan avulla antaa nimittäin aina liian pieniä arvoja. ARCHER on piirtänyt 180 tyvitukin runkokäyrät, joiden tyvilajeneman kohdalle hän on silmämääräisesti jatkanut »normaalista» runkokäyrää. Täten hän on voinut jotenkin tarkkaan laskea tyvilajeneman määrän kuutiometreissä ja havainnut sen olevan yhtäpitävän Huberin kaavan antaman virheen kanssa. Saman havainnon samaa menetelmää käyttäen on myöhemmin tehnyt EIDE (1922, s. 64). Näiden tutkimuksien yhteydessä ei sen enemmän ole selvitetty tyvilajeneman ulottuvaisuutta ylöspäin.

Tämän tutkimuksen koepuiden mittaamistavasta johtuu, ettei kovin monta läpimittaa ole käytettävissä tyvilajeneman kuvauksiksi. Sentähden ei tyvilajeneman yksityiskohtainen tutkiminen voi tullakaan kysymykseen, sillä koko runkokäyrähän on tullut määrätyksi kahdentoista läpimitan avulla, joista tietenkin vain muutama voi sijaita tyvilajeneman osalla. Jotta tyvilajenema kuitenkin tulisi mahdollisimman hyvin kuvatuksi, on piirretty kaikkien kymmenesosamittausta käyttäen mitattujen koepuiden runkokäyrät huippuun asti. Mitatut läpimitat merkittiin millimetripaperille neulalla ja yhdistelemällä reiät saatiin runkomurtoviiva syntymään. Painatuskustannusten vähentämiseksi ei kaikkia runkomurtoviivoja ole julkaistu, vaan on esimerkiksi otettu vain yhden kahden metrin pituusluokan nim. 21.1—23.0 m runkomurtoviivat (kuva N:o 1). Runkomurtoviivoille on myös piennellä ympyrällä merkitty vihreän latvuksen alin kohta. — Mitattuja läpimittoja oli siksi harvassa, ettei katsottu olevan syytä näiden pisteiden nojalla ruveta hahmottelemaan käyrää, jonka avulla olisi ollut mahdollista määrätä tarkalleen se kohta, jossa kovera tyvikäyrä muuttuu kuperaksi





Kuva N:o 1. Runkokäyriä. Pituusluokka 21.1—23.0 m.

Fig. N:o 1. Stammkurven. Höhenklasse 21.1—23.0 m.

runkokäyräksi ja jota nimitetään kääntö- eli inflektiopisteeksi. Sensijaan voitiin ARCHERIN tapaan varsin suurella todennäköisyydellä tyvilaajenen kohdalle piirtää »normaalinen» runkokäyrä tyvilaajenen yläpuolella olevien pisteiden nojalla. Tämä onkin suoritettu (pisteiviivat kuvassa N:o 1). Huomattakoon, että »normaalikäyrän» piirtämisessä on koetettu noudattaa varovaisuutta erikoisesti sikäli, että sen poikkeama todelli-

sesta runkokäyrästä epävarmoilta näyttävissä tapauksissa on tehty mieluummin pieneksi, kuin suureksi.

Vertaamalla todennäköistä runkokäyrän jatkoa puiden tyvikäyrään saa jotenkin hyvän käsityksen tyvilaajenemasta, ja ennen muuta on se omiaan selvittämään rinnankorkeuden suhdetta tyvilaajenemaan. Kuvia tarkastellessa huomaa aivan heti, että tyvilaajenema näyttää olevan suoraan verrannollinen puun pituuteen. Noin 14 m pitkissä puissa alkaa tyvilaajenema tavoittaa rinnankorkeuden yleisemmin, jos kohta se jo 11 metrin puissa yksityistapauksissa sen tekee. 15—16 m pitimissä puissa näyttää rinnankorkeus melkein säännöllisesti olevan tyvilaajenemassa. Saman pituusluokan puissa voi tehdä sen havainnon, että vahvemmillä puilla näyttää olevan voimakkaampi tyvilaajenema, kuin hoikilla. Vihdoin kiintyy huomio tyvilaajeneman säännöttömyyteen. Kokonsa ja kapenemisensa puolesta jotenkin samanlaiset puut voivat tyvilaajenemansa puolesta erota toisistaan tuntuvasti.<sup>1</sup>

Kuten mainittu ei ole mahdollista kuvien avulla tarkalleen määrätä runkokäyrän kääntöpistettä, mutta sensijaan voi mitata, paljonko rinnankorkeudelta mitattu läpimitta on tyvilaajeneman takia suurentunut. Tätä lukua pidetään seuraavassa tyvilaajeneman mittana. Sen heikkoutena on tietenkin, ettei se suorastaan kuvaa tyvilaajeneman ulottuvaisuutta ylöspäin. Kuitenkin voi graafisista kuvista tehdä sen havainnon, että yleensä korkeata tyvilaajenemaa vastaa suuri poikkeama rinnankorkeusläpimitassa, mutta poikkeuksia tästä on kyllä olemassa. Rinnankorkeusläpimitan ja tyvilaajeneman keskinäisen suhteen selvittäjäksi on tämä luku kuitenkin epäilemättä hyvin sopiva.

Taulukkoon III ovat rinnankorkeusläpimitan poikkeamat yhdisteltyt metsätyypittäin ja pituusluokittain. Taulukosta käy selvästi ilmi, että tutkittujen koivujen rinnankorkeusläpimitta on suuresti riippuvainen tyvilaajenemasta. Tyvilaajeneman aiheuttama poikkeama on suoraan verrannollinen puun pituuteen. Kuitenkin esiintyy ylimmissäkin pituusluokissa puita, joiden rinnankorkeusläpimitaan tyvilaajenema ei vaikuta ollenkaan tai myös hyvin vähän. Mustikka- ja paksusammaltyppejä lukuunottamatta on koepuita siksi vähän, ettei voi mennä tekemään johtopäätöksiä eri tyyppien mahdollisista eroavaisuuksista. Kuitenkin näyttää hieman siltä, kuin olisi käenkaali-mustikkatyyppien puiden tyvilaajenema pienempi, kuin huonompien maiden.

<sup>1</sup> Lienee tässä paikallaan uudelleen huomauttaa siitä, ettei aineistoon kuulu puita, joiden tyvipää näkyvästi on epämuodostunut.

Taulukko III. Tyvilaajeneman riippuvaisuus puun pituudesta.  
Tabelle III. Die Abhängigkeit des Wurzelanlaufs von der Baumhöhe.

| Pituus-<br>luokka, m<br>Höhen-<br>klasse, m | Metsätyyppi<br>Waldtyp | Poikkeama, cm. Abweichung, cm                  |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Yhteensä<br>Zusammen |
|---|------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
|   |                        | 0  | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 | 6—7 | 7—8 | 8—9 |                      |
|   |                        | Havaintojen lukumäärä Anzahl der Beobachtungen |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                      |
| 0—13  | OMT                    | 6  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 6                    |
| 13—15                                       | »                      | 1  | —   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2                    |
| 15—23                                       | »                      | 2  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2                    |
| 23—   | »                      | —  | —   | 2   | 2   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 4                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                        | OMT                    | 9  | —   | 3   | 2   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 14                   |
| 0—11  | MT                     | 19   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 19                   |
| 11—13                                       | »                      | 2  | 2   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 5                    |
| 13—15                                       | »                      | 6  | 7   | 3   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 17                   |
| 15—17                                       | »                      | 2  | 8   | 4   | 3   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 17                   |
| 17—19                                       | »                      | 6  | 4   | 9   | 3   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | 23                   |
| 19—21                                       | »                      | 4  | 3   | 10  | 5   | 6   | 2   | 1   | 1   | —   | —   | 32                   |
| 21—23                                       | »                      | 2  | 2   | 6   | 9   | 5   | 3   | 1   | 1   | —   | 1   | 30                   |
| 23—25                                       | »                      | —  | 1   | —   | 2   | 1   | —   | 1   | 2   | 1   | —   | 8                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                        | MT                     | 41   | 27  | 33  | 23  | 13  | 5   | 3   | 4   | 1   | 1   | 151                  |
| 8—11  | HMT                    | 4  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 4                    |
| 11—13                                       | »                      | 3  | 3   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 6                    |
| 13—15                                       | »                      | 2  | 2   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 4                    |
| 15—17                                       | »                      | 2  | 5   | 2   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 9                    |
| 17—19                                       | »                      | 5  | 6   | 11  | —   | 2   | —   | 1   | —   | —   | —   | 25                   |
| 19—21                                       | »                      | 1  | 3   | 4   | 3   | 1   | 1   | —   | —   | —   | —   | 13                   |
| 21—23                                       | »                      | —  | —   | 1   | —   | 1   | —   | 1   | —   | —   | —   | 3                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                        | HMT                    | 17   | 19  | 18  | 3   | 4   | 1   | 2   | —   | —   | —   | 64                   |
| 5—11  | VT                     | 6  | —   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 7                    |
| 11—13                                       | »                      | 2  | —   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 3                    |
| 13—15                                       | »                      | 5  | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 6                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                        | VT                     | 13   | 1   | 2   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 16                   |
| 6—13  | <sup>1</sup>           | 5  | —   | —   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 6                    |
| 13—15                                       | »                      | —  | 2   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 3                    |
| 15—17                                       | »                      | —  | —   | 1   | 2   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | 4                    |
| 17—19                                       | »                      | —  | 1   | —   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 2                    |
| 19—21                                       | »                      | 1  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 1                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                        | <sup>1</sup>           | 6  | 3   | 2   | 4   | 1   | —   | —   | —   | —   | —   | 16                   |
| Kaikki puut:<br>Alle Stämme:                |                        | 86   | 50  | 58  | 32  | 18  | 6   | 5   | 4   | 1   | 1   | 261                  |

<sup>1</sup> Korvet *Bruchmoore*

Jotta kävisi selville, missä määrin tyvilaajenema saman pituisilla puilla on riippuvainen läpimitasta, on yhdessä pituusluokassa, 19—21 m, jossa koepuita on enimmäin, tutkittu tätä asiaa jakamalla puut rinnankorkeusläpimitan mukaan 5 cm:n luokkiin. Kaikkia metsätyypppejä on tässä tutkittu yhdessä. Tuloksena on taulukko IV, josta selvästi käy ilmi, että läpimitan lisääntyessä lisääntyy myös tyvilaajenema. Erikoisesti kiinnittää kuitenkin huomiota tässä vallitseva suuri säännöttömyys. Rinnankorkeudelta n. 25—30 cm vahvalla puulla voi 5—6 cm, siis noin 20 %, läpimitasta olla tyvilaajenemaa, samalla kun toisen yhtä pitkän ja vahvan puun rinnankorkeus on aivan vapaa tyvilaajeneman vaikutuksesta.

Voi olla lähellä ajatus, että latvuksella on osuutensa tässä säännöttömyydessä. Jotta tätä voitaisiin tutkia on ensin mikäli mahdollista eliminointava pituuden ja läpimitan havaittu vaikutus, vertaamalla toisiinsa suunnilleen yhtä pitkiä ja vahvoja puita. Äskeisessä taulukossa IV käsitelty pituusluokka 19—21 metriä tarjoaa läpimitaluokassa 20—30 cm verraten runsaasti koepuita, nim. 24 kpl.; nämä ovat taulukossa V jaetut vihreän latvuksen alimman kohdan korkeuden mukaan 5 prosentin luokkiin ja on kunkin luokan »rinnankorkeuspoikkeamaa» tutkittu erikseen. Taulukosta ilmenee, että koepuut hajaantuvat aivan säännöttömästi, ilman että tutkittavien ominaisuuksien kesken voidaan havaita korrelaatiota suuntaan tai toiseen. On kuitenkin huomattava, että koepuita on verraten vähän, etteivät ne ole täysin yhtä pitkiä ja vahvoja sekä vihdoin, ettei vihreän latvuksen alin kohta liene paras mahdollinen latvuksen eksponentti.

Taulukko IV. Tyvilaajeneman riippuvaisuus puun vahvuudesta.

Tabelle IV. Die Abhängigkeit des Wurzelanlaufs von der Baumstärke.

| Läpimitaluokka,<br>cm<br>Durchmesserklasse,<br>cm | Poikkeama, cm Abweichung, cm |  |     |     |     |     |     |     | Yhteensä<br>Zusammen |
|---|------------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
|   | 0                            | 0—1  | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 | 6—7 |                      |
|   |                              | Havaintojen lukumäärä Anzahl der Beobachtungen |     |     |     |     |     |     |                      |
| 10—15   | 2                            | 2  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | 4                    |
| 15—20   | 2                            | 1  | 4   | 1   | —   | —   | —   | —   | 8                    |
| 20—25   | 1                            | 1  | 6   | 2   | 1   | —   | —   | —   | 11                   |
| 25—30   | 1                            | 2  | 4   | 3   | 1   | 1   | 1   | —   | 13                   |
| 30—35   | —                            | —  | —   | 1   | 4   | 2   | —   | 1   | 8                    |
| 35—40   | —                            | —  | —   | 1   | 1   | —   | —   | —   | 2                    |
| Yhteensä<br>Zusammen                              | 6                            | 6  | 14  | 8   | 7   | 3   | 1   | 1   | 46                   |

Taulukko V. Tyvilaajeneman riippuvaisuus puun latvuksesta (vihreän latvuksen alimmasta kohdasta).

Tabelle V. Die Abhängigkeit des Wurzelanlaufs von der Baumkrone (vom Kronenansatz).

| Vihr. latvuksen kanta % puun pituudesta<br>Kronenansatz in % der Baumhöhe | Poikkeama, cm Abweichung, cm                   |     |     |     |     |     |     | Yhteensä<br>Zusammen |
|---|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------|
|   | 0  | 0—1 | 1—2 | 2—3 | 3—4 | 4—5 | 5—6 |                      |
|   | Havaintojen lukumäärä Anzahl der Beobachtungen |     |     |     |     |     |     |                      |
| 30—35   | —  | —   | 2   | —   | —   | —   | —   | 2                    |
| 35—40   | —  | —   | —   | —   | —   | —   | —   | —                    |
| 40—45   | —  | 1   | 2   | 2   | 1   | —   | —   | 6                    |
| 45—50   | 1  | 1   | 1   | 1   | —   | —   | —   | 4                    |
| 50—55   | —  | 1   | 2   | 1   | 1   | —   | 1   | 6                    |
| 55—60   | 1  | —   | 2   | 1   | —   | —   | —   | 4                    |
| 60—65   | —  | —   | 1   | —   | —   | 1   | —   | 2                    |
| Yhteensä<br>Zusammen  | 2  | 3   | 10  | 5   | 2   | 1   | 1   | 24                   |

Siihen tapaan nähden, miten iän määrittäminen on suoritettu (vrt. s. 24), ei ole katsottu olevan syytä ottaa suorastaan tutkittavaksi iän vaikutusta tyvilaajenemaan. Koska kuitenkin luonnollisesti yleensä suuret puut ovat myös vanhoja puita voinee tästä edellä olevan mukaan päättää tyvilaajeneman suurin piirtein olevan suoraan verrannollisen myös ikään.

Tyvilaajeneman tutkiminen on osoittanut,

että tyvilaajeneman suuruus lisääntyy puun pituuden ja läpimitan kasvaessa;

että pituuden, läpimitan ja latvuksen puolesta suunnilleen samanlaisilla puilla tyvilaajenema vaihtelee tuntuvasti;

että keskikokoa suuremmissa puissa tyvilaajenemalla on tuntuva vaikutus rinnankorkeusläpimitaan. Tämän vaikutuksen säännötömyyden takia täytyy rinnankorkeutta pitää vähemmän sopivana perusläpimitan mittaamiskohtana.

Viimeisestä kohdasta seuraa, että sellaiset massataulukot, jotka edellyttävät rinnankorkeuden sijaitsemista kuperalla runkokäyrällä, eivät

tutkittujen koivujen tapaisille puille voi antaa tyydyttäviä tuloksia. Tämän perusedellytyksen puuttumisen takia täytyy pitää epäoikeutettuna JONSONIN massataulukoidenkin käyttöä koivuja, ainakin pohjois-Karjalan koivuja, kuutioitaessa, vaan on tarpeellista laatia tarkoitusta varten uudet massataulukot.

### C. Perusläpimitan uuden mittakorkeuden määrittäminen.

Kun koivulle ruvetaan laatimaan massataulukoita, voidaan perustaksi kyllä ottaa rinnankorkeusläpimitakin, kuten yleisenä tapana on ollut. Silloin on kuitenkin odotettavaa, että taulukoista tullaan saamaan arvoja, jotka yksityisten puiden ja pienempien erien suhteen voivat jättää paljon toivomisen varaa. Tarpeeksi suuria ja vaihtelevia puumääriä kuutioitaessa tätenkin kyllä voidaan saavuttaa riittävä tarkkuus. Mutta hyvälle massataulukolle täytynee asettaa sekin vaatimus, että ne ilmoittavat yksityisten puidenkin kuutiomäärän mahdollisimman oikein. Silloin näyttää kuitenkin välttämättömältä etsiä joku ylempi perusläpimita, jolle massataulukot on rakennettava.

Ajatus nostaa perusläpimitan mittaamiskohta rinnankorkeutta ylempiä ei ole uusi. Tietoisena tyvilaajeneman vaikutuksesta rinnankorkeusläpimitaan on esim. JONSON esittänyt (1910, s. 312) ajatuksen mittaamiskohtan nostamisesta 1.5 metriin. Useimmat tutkijat ja niiden joukossa lopullisesti JONSONIN pitävät kuitenkin parhaimpana mitata edelleenkin läpimita vanhalta mukavalta 1.3 metrin korkeudelta ja kussakin tapauksessa silmämääräisesti poistaa tyvilaajeneman vaikutus joko mittaamalla rinnankorkeusläpimita tarpeen tullen ylempää tai vain vähentämällä saadusta mittaluvusta arveltu tyvilaajeneman määrä. Nämä menetelmät voivat kyllä olla sopivia, milloin on kyseessä puulaji, jonka tyvilaajenema vain suhteellisen harvoin tavoittaa rinnankorkeuden eikä silloinkaan aiheuta kovin suurta poikkeamaa. Toisin on laita tutkittujen koivujen. Suurempien puiden rinnankorkeusläpimita on miltei aina riippuva tyvilaajenemasta, joka saattaa nousta 6—7 metrin korkeudelle.

Ensi kädessä tuntuu paras perusläpimitan kohta olevan a l i n k o h t a, johon tyvilaajenema ei enään vaikuta. Tällainen läpimita määrittelee varmimmin runkokäyrän, joten se paraiten voidaan panna kapenemistutkimuksen pohjaksi. Näin on laita etenkin havupuiden, joiden tyvilaajenemassa oleva puuaine yleensä on verraten arvotonta. Jos perusläpimita sijoitetaan kerta kaikkiaan tyvilaajeneman yläpuolelle voi tyvilaajeneman puu nimittäin tulla mukaan vain aivan keskimääräisenä. Koivulla jäi-

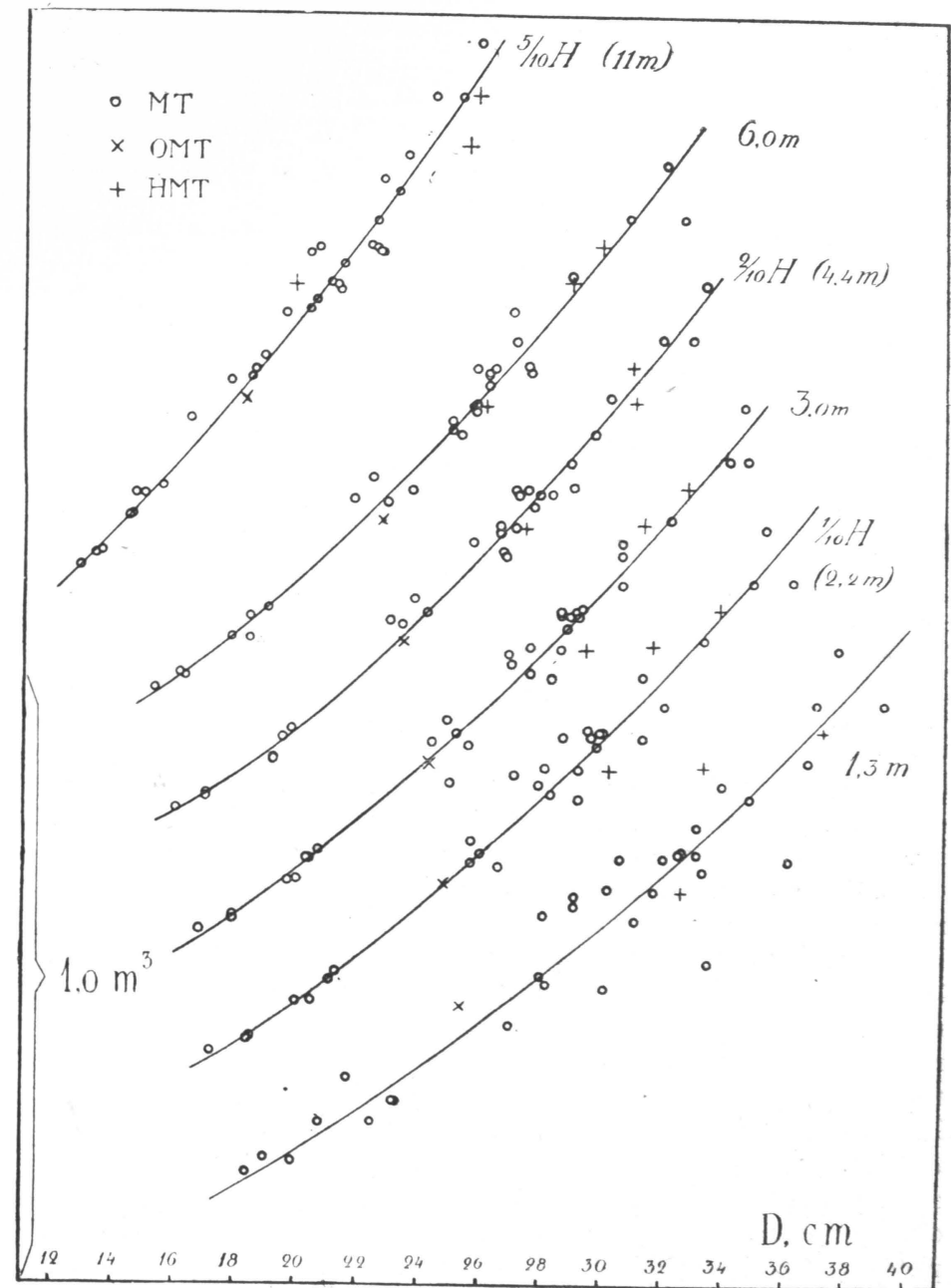
sivät täten tyvilaajeneman suuret säännöttömyydet kokonaan huomioon ottamatta. On kuitenkin välttämätöntä, että tyvilaajenemankin puu tulee mukaan sellaisena kuin se tapauksesta toiseen esiintyy, sillä meikäläisen koivun arvokkain t.s. järein osa sijaitsee juuri tyvilaajeneman vaikutusalalla. Koivun rungon kapenemisen määrääminen tarkalleen ei taasen liene ollenkaan niin tärkeä asia kuin havupuiden vastaava, sillä koivun jalostushan tapahtuu lyhyinä pätkinä, eikä pölkyn latvaläpimitta vaikuta jalostustapaan läheskään niin ratkaisevasti kuin havupuiden jalostuksessa.

Perusläpimitta olisi siis edellä olevan mukaan koivulla sijoitettava siten, että se ottaa huomioon tyvilaajeneman asettumatta kuitenkaan alttiiksi sen säännöttömyyksistä aiheutuville virheille. Tällaisen kohdan määrääminen ei ole helppoa, sillä se vaihtelee puusta puuhun. Tätä ihanteellista perusläpimittakohtaa, joksi sitä voisi nimittää, määräämään ruvetessa onkin pakko samalla kertaa tutkia kaikkia koepuita ja etsiä niille sopiva keskiarvo. Voidaan nojautua seuraavanlaiseen määritelmään: ihanteelliselle perusläpimitalle rakennetut massataulukot antavat yksityisiin puihinkin nähden mahdollisimman oikeita arvoja. — Tämän mukaisesti voidaan ihanneläpimitta määrätä siten, että laaditaan massataulukot useille eri korkeuksilta mitatuille perusläpimitoille ja tutkitaan, minkä perusläpimitan mukaan todelliset koepuukuutiomäärät vähimmin hajaantuvat taulukkoarvojen ympärille. Menetelmä sellaisenaan on kuitenkin kovin työläs, mutta sama ajatus voidaan yksinkertaistuttaa siten, että laaditaan mainitunlaiset massataulukot muutamille näytteeksi valituille pituusluokille ja vertaamalla eri pituusluokkia keskenään etsitään koko aineistoa edustava arvo. Täten saadaan myös käsitys tämän mittakorkeuden vaihteluista eri pituusluokissa

Sovellettaessa esitettyä ajatusta on pituusluokan massataulukko saatu aikaan piirtämällä pituusluokan koepuille massakäyrä koordinaatistoon, jonka abskissana on läpimitta ja ordinaatana koepuun kuutiomäärä. Koepuiden kuutiomäärät on kuitenkin tätä ennen korjattu pituusluokan keskipituutta vastaaviksi seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{korjattu kuutiomäärä} = \frac{\text{pituusluokan keskipituus}}{\text{koepuun pituus}} \times \text{koepuun kuutiomäärä.}$$

Täten on pituuden vaikutus kussakin pituusluokassa saatu eliminoiduksi. Kaikkia metsätyyppejä on tässä käsitelty yhdessä, merkitsemällä kuitenkin eri tyyppien koepuut erilaisilla merkeillä, koska ei mielellään



Kuva N:o 2. Perusläpimitan eri mittakorkeuksille piirrettyjä massakäyriä. Pituusluokka 21.1–23.0 m.

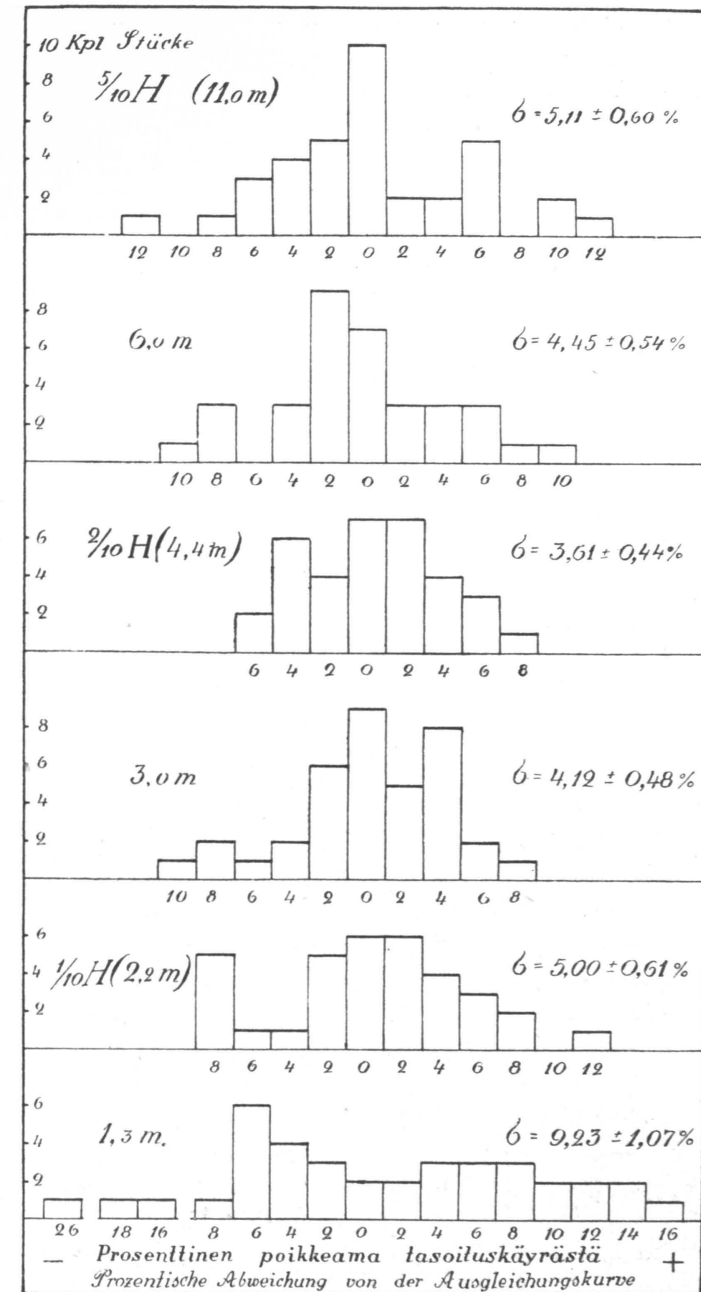
Fig. N:o 2. Die für den Grunddurchmesser in verschiedener Messhöhe gezeichneten Massenkurven. Höhenklasse 21.1–23.0 m.

voida ajatella tyypiltä toiselle vaihtuvaa perusläpimitan mittaamis-korkeutta. — Koepituusluokiksi valittiin 14, 18 ja 22 m, joissa on koepuita vastaavasti 34, 54 ja 37 kpl. Lisäksi otettiin tutkittavaksi ylin luokka 24 m, koska oli ajateltavissa pisimpien puiden antavan muista eroavia arvoja. Tässä pituusluokassa on kuitenkin koepuita vain 12 kpl. Kussakin pituusluokassa on piirretty massakäyrä kuudelta eri korkeudelta mitatulle perusläpimitalle. Painatuskustannuksien vähentämiseksi ei ole ollut mahdollista julkaista kaikkia näitä käyriä, vaan on esimerkiksi otettu pituusluokka 21—23 m, jonka eri massakäyrät kuvassa N:o 2 ovat sovitettut yhteen diagrammiin.

Kuten jo aikaisemminkin (s. 27) on huomautettu, ovat pituuden kymmenesosien kohdalta mitatut läpimitat liian harvassa, jotta niiden avulla voisi tarkalleen kuvata tyvilaajenemaa. Samaten ovat nämä läpimitat liian harvassa, jotta niistä saisi riittävästi sopivia perusläpimittoja juuri kriittiseltä korkeudelta, missä tyvilaajenema loppuu. Oli sentähden pakko hankkia tarpeellisia väliarvoja interpoloimalla. Tässä työssä käytettiin sekä graafista, että laskelmallista menetelmää, koska yksin viimemainittu varsinkin kääntöpisteen lähetyvillä voi antaa virheellisiä tuloksia. Interpoloation tulokset eivät tietenkään voi olla ehdottoman tarkkoja, mutta katsoen tarkoitukseen lienevät syntyneet virheet jotenkin merkityksettömiä. Rungon epäsäännöllisyydestä aiheutuvat virheet on ainakin täten vältetty.

Tasoituskäyriä koepuupisteistöille piirrettäessä koetettiin ottaa huomioon seuraavia periaatteita: ensinnäkin toteutettiin mahdollisimman yksinkertainen käyrämuoto varoen synnyttämästä epävarmoja mutkia, ja toiseksi koetettiin itse tasoituksessa silmämääräisesti soveltaa pienimmän neliön menetelmää.

Vertaillessaan toisiinsa saman pituusluokan eri massakäyriä havaitsee helposti, että koepuut milloin on käytetty alhaisia tai korkeita perusläpimittoja hajaantuvat enemmän tasoituskäyrien ympärille, kuin perusläpimitan ollessa n. 3—5 m korkealla. Etsittävä on se korkeus, joka aiheuttaa pienimmän hajaantumisen tasoituskäyrään nähden. Tätä ei kuitenkaan yksin silmämääräisesti voi päättää. Jotta asia tulisi tarkemmin tutkituksi, on laskettu kunkin koepuun poikkeama käyrän osoittamasta arvosta. Yläpuolella olevat pisteet ovat plus-poikkeamia, alapuolella olevat minus-poikkeamia. Koska suurilla puilla absoluuttiset poikkeamat pieniin puihin verrattuina voivat olla moninkertaisia, on syytä muuntaa poikkeamat prosenttisiksi, vertausmääränä aina käyrän osoittama arvo. Täten syntyneitä poikkeamapopulaatioita voidaan sitten käsitellä aivan



Kuva N:o 3. Kuvassa N:o 2 olevien pisteistöjen hajaantuminen tasoituskäyriensä ympäri.

Fig. N:o 3. Verstreung der auf Fig. N:o 2 befindlichen Punktsysteme um ihre Ausgleichungskurve herum.

tilastollisesti. Yhdistelemällä populaatiot kahden prosentin intervaleihin saadaan sarjoja, joilla ilmeisesti on eksponentiaalikäyrän luonne (vrt. esim. CHARLIER 1910, s. 55). Esimerkiksi näistä on julkaisuun otettu kuvassa N:o 2 olevia pisteistöjä vastaavat sarjat, jotka graafisina frekvenssipylväinä ovat esitetyt kuvassa N:o 3. Sarjoille voidaan laskea hajaantumisen mitta, dispersio ( $\sigma$ ), ja siten saada mahdollisimman hyvin kuvatuksi pisteiden hajaantuminen tasoituskäyrän ympäri.<sup>1</sup> Mainittakoon, että useimmat dispersioarvot ovat lasketut käyttäen ahtaampaa intervallia, kuin kuvassa N:o 3 oleva 2 prosentin intervalli. — Saadut dispersioarvot ovat keskivirheineen ( $\epsilon$  ( $\sigma$ )) esitetyt taulukossa VI, johon myös on merkitty sarjoille lasketut aritmeettiset keskiarvot (A), mitkä jossain määrin kuvaavat tasoituksen onnistuneisuutta. Keskiarvot viit-

Taulukko VI. Koepuiden tasoituskäyrästä luettujen prosenttisten poikkeamien dispersiot ja aritmeettiset keskiarvot perusläpimitan eri korkeuksilla.

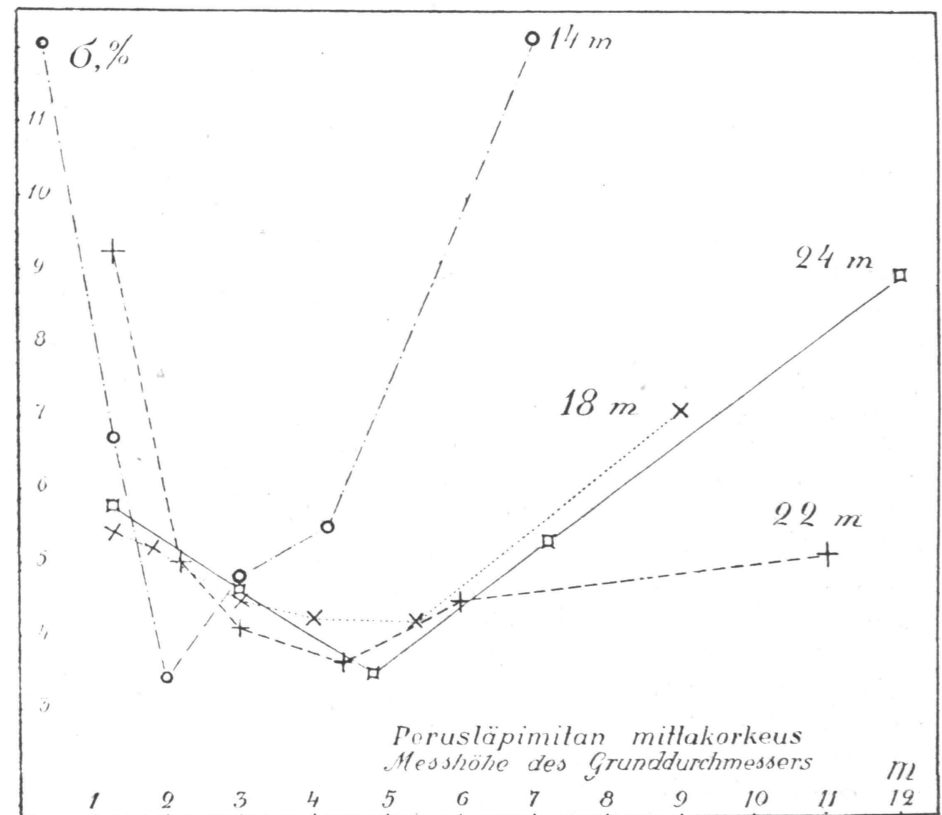
Table VI. Die Dispersionen der von den Ausgleichungskurven abgelesenen prozentischen Abweichungen der Probestämme und die arithmetischen Mittel derselben in verschiedener Höhe des Grunddurchmessers.

| Perusläpimitan korkeus<br>Höhe des Grunddurchmessers | Pituusluokka<br>Höhenklasse        |       |                                    |       | Koepuiden lukumäärä<br>Anzahl der Probestämme |       |                                    |       |
|--|------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|---|-------|------------------------------------|-------|
|  | 14 m 34 kpl. St.                   |       | 18 m 54 kpl. St.                   |       | 22 m 37 kpl. St.                              |       | 24 m 12 kpl. St.                   |       |
|  | $\sigma \pm \epsilon$ ( $\sigma$ ) | A     | $\sigma \pm \epsilon$ ( $\sigma$ ) | A     | $\sigma \pm \epsilon$ ( $\sigma$ )            | A     | $\sigma \pm \epsilon$ ( $\sigma$ ) | A     |
| 1/40 H   | 12.05 ± 1.53                       | +0.77 | —                                  | —     | —   | —     | —                                  | —     |
| 1.3 m  | 6.69 ± 0.81                        | -0.06 | 5.42 ± 0.52                        | +0.17 | 9.23 ± 1.07                                   | +0.56 | 5.76 ± 1.18                        | +0.27 |
| 1/10 H   | —                                  | —     | 5.18 ± 0.51                        | -0.22 | 5.00 ± 0.61                                   | +0.53 | —                                  | —     |
| 2.0 m  | 3.42 ± 0.43                        | -0.16 | —                                  | —     | —   | —     | —                                  | —     |
| 3.0 m  | 4.80 ± 0.58                        | +0.06 | 4.46 ± 0.43                        | +0.40 | 4.12 ± 0.48                                   | +0.27 | 4.62 ± 0.94                        | +0.35 |
| 4.0 m  | —                                  | —     | 4.23 ± 0.42                        | +0.04 | —   | —     | —                                  | —     |
| 2/10 H   | —                                  | —     | —                                  | —     | 3.61 ± 0.44                                   | +0.35 | 3.47 ± 0.71                        | -0.24 |
| 3/10 H   | 5.46 ± 0.70                        | +0.13 | 4.19 ± 0.42                        | +0.04 | —   | —     | 5.28 ± 1.08                        | +0.45 |
| 6.0 m  | —                                  | —     | —                                  | —     | 4.45 ± 0.54                                   | +0.21 | —                                  | —     |
| 5/10 H   | 12.13 ± 1.54                       | +0.26 | 7.07 ± 0.70                        | -0.16 | 5.11 ± 0.60                                   | +0.25 | 8.92 ± 1.83                        | +0.33 |

<sup>1</sup>Dispersion laskemisessa kysymykseen tulevat kaavat ja menetelmät lienevät siinä määrin tunnettuja, että ne tässä voidaan sivuuttaa viittaamalla yleisesti tunnettuihin matemaattisen tilastotieteen oppikirjoihin (esim. YULE 1916, s. 134 tai CHARLIER 1910, s. 16).

taavat siihen, että tasoituskäyrät yleensä ovat tulleet kulkemaan hie- man liian alhaalla, koska poikkeamien keskiarvo useimmiten on positiivinen. Tämän johdosta on huomattava, ettei dispersio ole herkkä pienille muutoksille tasoituskäyrän kulussa, sillä minkä poikkeamat käyrän siirtyessä pienenevät toisella puolella, sen ne suunnilleen vastaavasti suurenevät toisella puolella.

Taulukossa VI esitetyt dispersioarvot ovat erinomaisen sopivia graafista tietä toisiinsa verrattaviksi. Tämä on suoritettu merkitsemällä kaikki saadut dispersioarvot koordinaatistoon, jonka abskissana on perusläpimitan korkeus maasta ja ordinaatana dispersion suuruus (kuva N:o 4). Kun vielä saman pituusluokan pisteet ovat murtoviivalla yhdistetyt



Kuva N:o 4. Perusläpimitan mittakorkeuden vaikutus koepuiden hajaantumiseen massakäyrien ympäri. Pituusluokat 14, 18, 22 ja 24 m.  
Fig. N:o 4. Einfluss der Messhöhe des Grunddurchmessers auf die Verstreuung der Probestämme um die Massentafelwerte herum.

toisiinsa, saa kuvasta hyvän käsityksen perusläpimitan mittakorkeuden vaikutuksesta hajaantumiseen. Kunkin pituusluokan ihannemittakorkeutta vastaa tietenkin syntyneen murtoviivan alin kohta. Oikeutettua olisi epäilemättä tämän määräämiseksi tasoittaa käsi-varaisesti murtoviiva käyräksi, mutta katsoen asian laatuun ja aineiston pienuudesta johtuviin säännöttömyyksiin, on tämä jätetty tekemättä. Kuitenkin voi murtoviivojenkin nojalla jo havaita, että ihannemittakorkeus pitkillä puilla on ylempänä, kuin lyhyillä, kuten on luonnollistakin. Satunnaisista seikoista voi varsin hyvin johtua, ettei suhde ole täysin säännöllinen. Muuten nähdään, että kaikkien pituusluokkien murtoviivojen kulku on pääpiirteissään samanlainen, ensin laskeva ja taasen nouseva. Lukuun ottamatta pituusluokkaa 14 m, jonka murtoviivan alin kohta on hyvin täsmällinen, näyttää puilla olevan noin parin metrin pituinen runko-osa, jolla perusläpimita voidaan mitata, ilman että dispersio siitä paljonkaan muuttuu. Tämä runko-osa on pitkillä puilla ylempänä kuin lyhyillä. Nyt on vain määrättävä, mikä on alin kohta, joka voi perusläpimitana tulla kysymykseen. Se näyttää olevan noin 2.5 metriä. Mutta paljon ylempiä ei myöskään voi mennä, sillä siellä jo 14 metrin murtoviiva nopeasti nousee. Kuvan mukaan olisi uusi perusläpimita sijoitettava 2.5 ja 3.0 metrin välimaille.

Kuitenkin on katsottu, että uuden perusläpimitan mittakorkeus on oleva 3.0 metriä maasta. Ettei valinta ole osunut 2.5 metriin, joka olisi alempana, johtuu siitä, että nimenomaan 3 metrin puolesta puhuvat useat seikat. Ennen muuta on mainittava, että puita kahden metrin pätkin kuutioitaessa yksi läpimita tulee mitattavaksi juuri 3 metrin korkeudelta. Sijoittamalla uusi perusläpimita tälle korkeudelle säilyy myös yhteys edellisiin tutkimusaineistoihin juuri mainitusta syystä. Etu on myös, että perusläpimita yleensä mitataan tasaisen metriluvun kohdalta. Jos vihdoin kannon varaa jätetään 26 cm, vastaa 3 metrin korkeus 9 Englannin jalan pituista pölkkyä, mikä teknologisesti kannalta lienee varsin sopivaa. Edellä mainittujen etujen rinnalla merkinnee vähän, mitataanko läpimitta  $\frac{1}{2}$  m alemmaa vai ylempää, kun kummassakaan tapauksessa ei yletytä käsin mitaamaan.

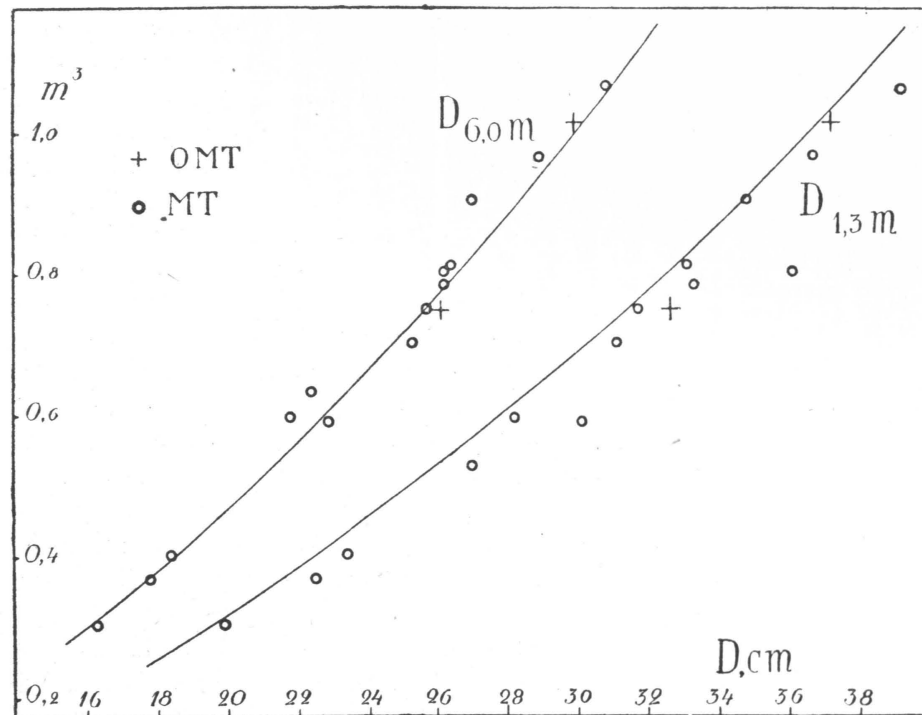
Mielenkiintoista on havaita, että ylempät läpimitat eivät ollenkaan ole soveliaita perusläpimitan mittakohdaksi. Niinpä puolta korkeutta perusläpimitana vastaava dispersioarvo on kaikissa pituusluokissa suurempi, kuin rinnankorkeutta vastaava luku, pituusluokassa 14 m vieläpä miltei kaksi kertaa suurempi.

Kaikissa pituusluokissa on perusläpimitan mittakorkeudelle 3 metriä

laskettu dispersioarvo suunnilleen yhtä suuri. Selvää on, että minkäänlaista kaikkien pituusluokkien keskimääräistä dispersiota ei voi laskea, mutta varsin turvallisesti voi käyttää saatua suurinta dispersiota 4.8 %, mikä oli pituusluokassa 14 m, jos tahtoo mainita luvun, jonka ilmaisemiin rajoihin kaikki tutkitut pituusluokat sopeutuvat. Dispersion merkityksen mukaan (vrt. esim. CHARLIER 1910, s. 18) on odotettavaa, että 3 metrin perusläpimitalle laaditut massataulukot antavat yksityisiin puuhinkin nähden arvoja, joista käytännöllisesti katsoen huonoimmassakaan tapauksessa eivät todelliset arvot poikkeakaan enemmän kuin  $\pm 3$  kertaa 4.8 %, eli siis  $\pm 14.4$  %, n. 2/3 kaikista tapauksista pysyessä ainakin rajoissa  $\pm 4.8$  %, mutta todennäköisesti hieman ahtaamissakin puitteissa. Huomattava on, että sanottu voi pitää paikkansa vain 13 metriä pitemmille puille, sillä lyhyempiä ei tässä suhteessa ole tutkittu ja niissä varmasti prosenttinen virhemahdollisuus onkin suurempi, koska kuutiomäärät itse ovat pienempiä.<sup>1</sup> Myös tulee huomata, että pituusluokkien tasoituskäyrät ovat piirretyt toisistaan aivan riippumatta, joten niitä kokonaisuudeksi, nimittäin massataulukoiksi, sommiteltaessa voi siirtymisiä tapahtua ja niiden mukana dispersio suureta.

Uuden perusläpimitan mittakohdan määrääminen ei ole ollut riippuvainen yksin tyvilajienemasta, vaan hyvin suuresti puun runkomuodosta yleensäkin. Johtuuhun puun runkomuodon ja kuutiomäärän keskinäisestä suhteesta suorastaan, että hyvänmuotoisten puiden täytyy asettua massakäyrän yläpuolelle alhaisia perusläpimittoja käytettäessä, siirtyäkseen ylempiin perusläpimittoihin tultaessa käyrän alapuolelle. Huonomuotoiset puut suhtautuvat tietenkin aivan päinvastoin, ja puut, joilla runkomuoto on keskinkertainen, asettuvat aina lähelle tasoituskäyrää, riippumatta perusläpimitan mittaamiskorkeudesta. Puiden täytyy siis ikäänkuin siirtyä käyrän toiselta puolelta toiselle perusläpimittaa nostettaessa, ja silloin on tietysti olemassa kohta, jossa kaikki puut asettuvat mahdollisimman lähelle tasoituskäyrää. Tämä on juuri etsitty ihanteellinen perusläpimitan mittaamiskorkeus. — Selitetyn siirtymisen voi todeta kuvasta N:o 5, johon on piirretty kuvasta N:o 2 perusläpimittojen 1.3 ja 6.0 m massakäyrät sekä kaikki ne pisteet, jotka rinnankorkeus perusläpimitana asettuvat tasoituskäyrän alapuolelle. Havaitaan, että 6 m:n käyrässä pisteet tosiaan ovat »siirtyneet» käyrään päin, kaikkein useimmat ovat tulleet tasoituskäyrän yläpuolelle.

<sup>1</sup> Jos tahtoisii saada pienet puut poikkeamiin nähden verrannollisiksi suurempien puiden kanssa, olisi tarpeellista ilmaista kuutiomäärä ainakin 5 desimaalilla.



Kuva N:o 5. Perusläpimitan mittakorkeuden vaikutus koepuun asemaan massakäyrään nähden.

Fig. N:o 5. Einfluss der Messhöhe des Grunddurchmessers auf die Stellung des Probebaumes mit bezug auf die Massenkurve.

On ajateltavissa, että puulajille, jonka tyvilaajenema ei aiheuta tuntuvaa säännöttömyyttä, täten voidaan löytää perusläpimitan mittaamis- korkeus, jolle rakentuvista massataulukkoista yksityisenkin puun kuutiomäärä voidaan saada tarkkuudella, joka tietää vielä ahtaampia virhe- rajoja, kuin edellä olevassa pohjois-Karjalan koivulle määrätty.

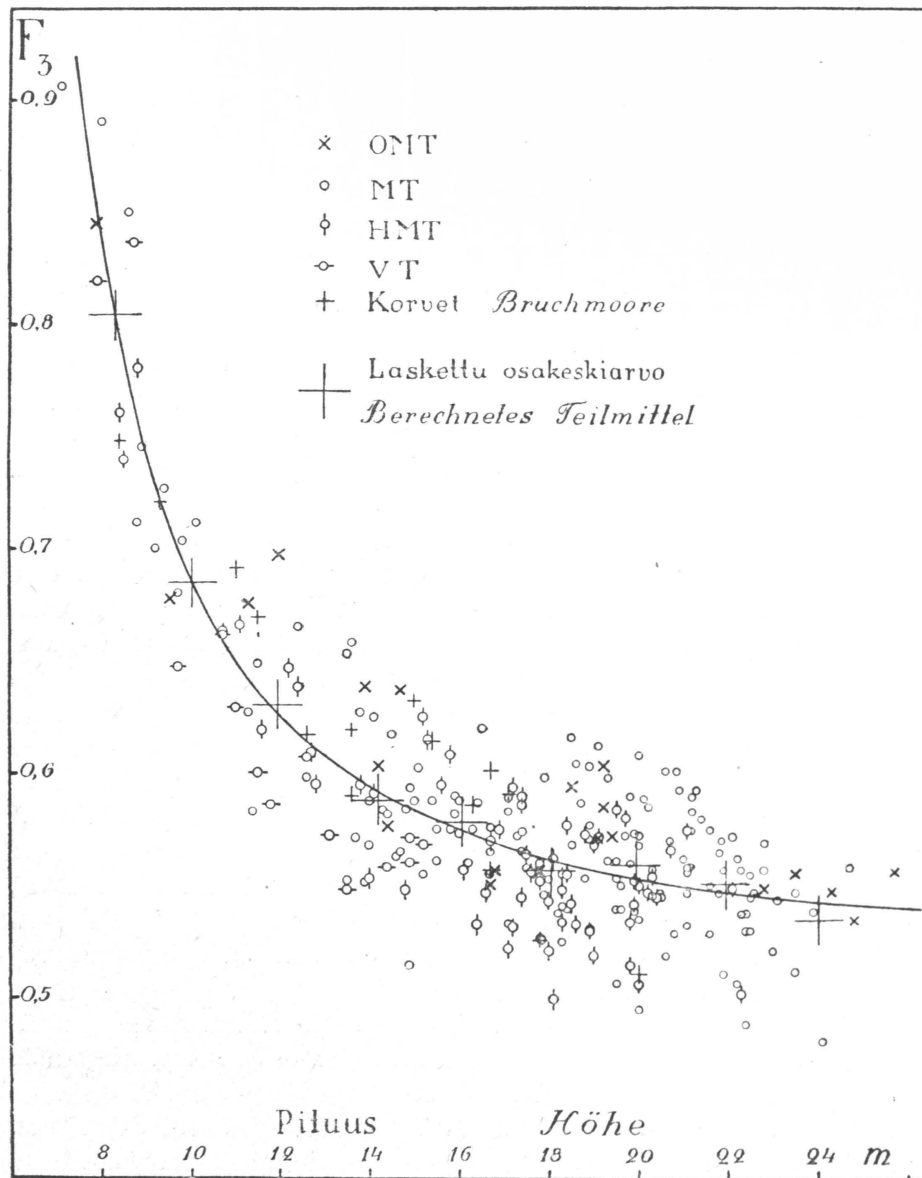
## V. Massataulukko.

Koska edellä olevan nojalla uusi perusläpimita on määrätty paraiten mitattavaksi 3 metrin korkeudelta, voidaan tähän nojaten ruveta valmistamaan varsinaisia massataulukkoita.

Kirjallisuuskatsauksesta lienee käynyt selville, että massataulukkoita laadittaessa on tullut yleiseksi menetelmäksi laskea väliasteeksi  $m u o t o l u v u t$ , koska näiden tasoittamista pidetään varmempana, kuin kuutiomäärien tasoittamista. Seuraten tätä hyväksi havaittua menetelmää on tässäkin ensinnä otettu tutkittavaksi 3 metrin korkeudelle lasketut muotoluvut. Muotoluvulla tarkoitetaan tässä n.s. runkomuotolukua, jossa siis koko rungon kuutiomäärää maasta huippuun, kuitenkin ilman oksia, verrataan sellaisen lieriön tilavuuteen, jonka pohja on yhtä suuri kuin puun pohjapinta-ala 3 metrin korkeudelta ja korkeus sama kuin puun. — Kirjallisuudesta ei ole löydettävissä tietoja näin korkean perusläpimitan muotoluvuista, mutta hyvin luultavaa on, että lyhyillä puilla tällainen muotoluku ei vastaa tarkoitustaan, koska melkoinen osa rungosta jää mittakohdan alapuolelle. Selväähän on kuitenkin, että niin korkeata perusläpimittaa kuin 3 m, ei voi käyttää muualla, kuin varttunutta metsää kuutioitaessa ja silloin ovat pienissä puissa mahdollisesti syntyvät virheet vähäpätöisiä merkitykseltään.

Rinnankorkeusmuotoluvun on aina huomattu olevan riippuvaisen pituudesta siten, että pitkällä puilla on pienempi muotoluku kuin lyhyillä. Kuvasta N:o 6 ilmenee, että 3 metrin muotoluku myös hyvin selvästi noudattaa tätä lakia. Mainitussa kuvassa ovat kaikki 7 m pitempien koepuiden muotoluvut sijoitetut samaan koordinaatistoon, jossa abskissalla on pituus ja ordinaatilla muotoluku. Koepuut ovat metsätyypin mukaan merkityt erilaisilla merkeillä. Metsätyypit näyttävät jottenkin selvästi eroavan toisistaan siten, että paremmilla mailla on muotoluku suurempi. Korvet muodostavat poikkeuksen, mutta tämä johtunee korpikoivujen muihin verrattuna hyvin korkeasta iästä.





Kuva N:o 6. 3 metrin muotolukujen ( $F_3$ ) tasoittaminen.  
Fig. N:o 6. Ausgleichung der 3 m Formzahlen ( $F_3$ ).

Jotta läpimitan mahdollinen vaikutus muotolukuun tulisi tutkituksi, ovat muotoluvut 2 metrin pituusluokittain merkityt koordinaatistoihin, joissa abskissana on 3 metrin läpimita ja ordinaatana itse muotoluku. Syntyneitä diagrammeja ei ole voitu julkaista mutta niiden tarkastelu osoittaa, että käsillä olevan aineiston nojalla on erinomaisen vaikeata mennä tekemään johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen ja vielä vaikeampaa on ryhtyä suorittamaan mitään riidattomia tasoituksia. Alemmissa pituusluokissa tosin havaitsee, että muotoluku näyttää suurenevan läpimitan pienessä, niinkuin epäilemättä odottaa sopiikin, mutta ylemmissä pituusluokissa näyttää lähinnä siltä, kuin olisi muotoluku riippumaton läpimitasta. Rinnankorkeusmuotoluvun suhteen on asian kyllä havaittu useinkin olevan näin, mutta kuten sanottu ei 3 metrin tai siihen verrattavan läpimitan muotoluvuista ole saatavissa tietoja. Varmojen johtopäätösten tekemiseksi tässä suhteessa on käsillä oleva aineisto joka tapauksessa liian pieni. Tähän ja ikämääräyksen epä-määräisyyteen nähden ei ole katsottu olevan mahdollista ryhtyä tutkimaan iän ja muotoluvun keskinäistä suhdetta.

Massataulukoiden laatimista varten on nyt pakko perustaa työ sille olettamukselle, että läpimitalla ei ole vaikutusta muotolukuun. Tämä oletamus on 14—15 m pitemmille puille kylläkin hyvin todennäköinen. Lyhyemmille puille ei taasen luultavasti täten valmistettavista massataulukoista tulla saamaan tarkinta mahdollista kuutiota. Edelläkin on jo huomautettu siitä, että tällainen epätarkkuus on merkitykseltään suhteellisen vähäpätöistä.

Piirtämällä kuvassa N:o 6 olevalle pisteistölle tasoituskäyrä, saadaan selville keskimääräiset muotoluvut, joiden avulla massataulukot suo-

Taulukko VII. Tasoitetut muotoluvut.

Table VII. Die ausgeglichenen Formzahlen.

| Pituus, m<br>Höhe, m | Muotoluku<br>Formzahl | Pituus, m<br>Höhe, m | Muotoluku<br>Formzahl | Pituus, m<br>Höhe, m | Muotoluku<br>Formzahl |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| 7                    | 0.982                 | 14                   | 0.594                 | 21                   | 0.549                 |
| 8                    | 0.836                 | 15                   | 0.583                 | 22                   | 0.546                 |
| 9                    | 0.739                 | 16                   | 0.574                 | 23                   | 0.544                 |
| 10                   | 0.684                 | 17                   | 0.568                 | 24                   | 0.543                 |
| 11                   | 0.649                 | 18                   | 0.562                 | 25                   | 0.541                 |
| 12                   | 0.625                 | 19                   | 0.557                 | 26                   | 0.540                 |
| 13                   | 0.607                 | 20                   | 0.553                 |                      |                       |

rastaan voidaan laskea. Tasoituksen helpottamiseksi on ensin laskettu kunkin 2 metrin pituusluokan koepuiden keskipituus ja keskimuotoluku, mitkä osakeskiarvoina ovat risteillä merkityt koordinaatistoon. Näiden nojalla on tasoituskäyrän piirtäminen melkoista varmempaa, kuin yksin tuntuvasti hajaantuvan pisteistön nojalla. Tasoituskäyrää vastaavat muotolukuarvot ovat esitetyt taulukossa VII.

Kun tasoitettujen muotolukujen nojalla lasketaan massataulukko, saadaan tulokseksi eräässä suhteessa ilmeinen mahdottomuus. Tämän selvittämiseksi on syntyneen massataulukon »pieni pää» esitetty taulukossa VIII. Tästä nähdään, että kuutiomäärät 9 metrin pituudesta alaspäin mentäessä alkavat suureta. Syy tähän luonnottomuuteen on kyllä helposti

Taulukko VIII. Kuvan n:o 6 tasoituskäyrän mukaan lasketun massataulukon »pieni pää».

Tabelle VIII. Das nach der Ausgleichungskurve Fig. 6 berechnete »kleine Ende» der Massentafel.

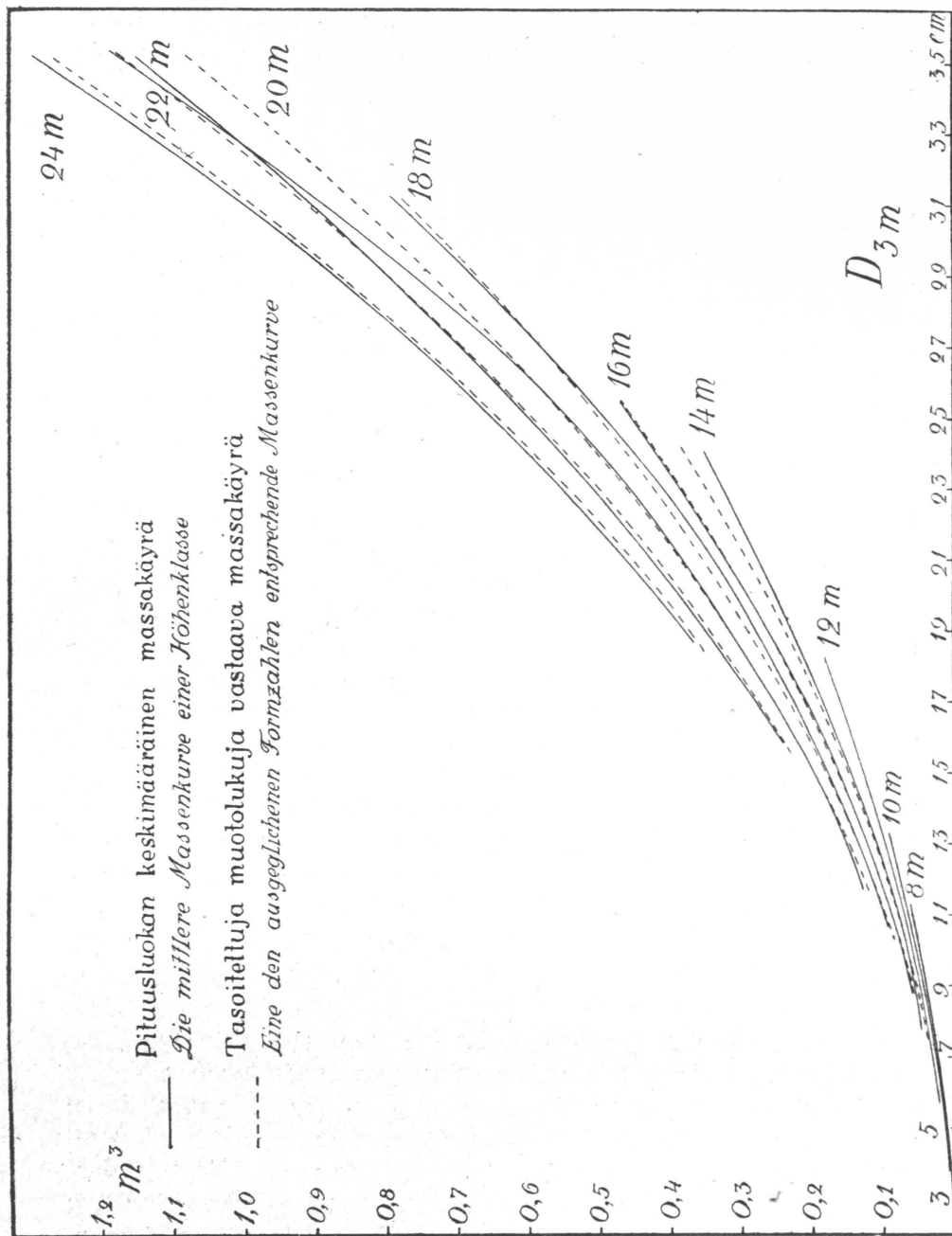
| Läpimitta 3 m korkeudelta, cm<br>Durchmesser in der Höhe von 3 m, cm | Pituus, m |       |       |       |       |       |
|--|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 7         | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    |
| 2  | 0.002     | 0.002 | —     | —     | —     | —     |
| 3  | 0.005     | 0.005 | —     | —     | —     | —     |
| 4  | 0.009     | 0.008 | 0.008 | 0.009 | —     | —     |
| 5  | 0.013     | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.014 | 0.015 |
| 6  | 0.019     | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.020 | 0.021 |
| 7  | 0.026     | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.029 |
| 8  | 0.035     | 0.034 | 0.033 | 0.034 | 0.036 | 0.038 |
| 9  | 0.044     | 0.043 | 0.042 | 0.044 | 0.045 | 0.048 |
| 10   | —         | 0.053 | 0.052 | 0.054 | 0.056 | 0.059 |
| 11   | —         | 0.054 | 0.063 | 0.065 | 0.068 | 0.071 |
| 12   | —         | —     | 0.075 | 0.077 | 0.081 | 0.085 |
| 13   | —         | —     | 0.088 | 0.091 | 0.095 | 0.100 |

löydettävissä. Kuvassa N:o 6 oleva tasoituskäyrä on ilmeisesti pienien puiden suhteen tullut piirretyksi liian korkealle riittävän aineiston puutteessa. Koska kuitenkin suoritettu tasoitus näyttää jotenkin riidattomalta, olisi virheen korjaaminen mielivaltaista. Seuraavassa esitettävän vertailun yhteydessä ilmenee kuitenkin tapa, jonka avulla massataulukko saadaan

vapaaksi tästä mahdottomuudesta, jonka pohjimmaisena aiheuttajana lienee se, että 3 m sijatsee liian korkealla perusläpimitaksi näin lyhyille puille (vrt s. 43).

\* \* \*

Kuten aikaisemmin on viitattu, voitaisiin massataulukko laatia sitenkin, että tasoitettaisiin vain kuutiomäärät keskenään. Täten saataisiin aikaan toinen massataulukko, joka perustuen samaan aineistoon on valmistettu aivan toista menetelmää käyttäen. Vertaamalla näitä massataulukoita toisiinsa voitaisiin kenties saada valaistusta kysymyksiin, joita toinen tai toinen menetelmä ei yksin kykene ratkaisemaan. Perusläpimitan mittaamiskohtaa tutkittaessa onkin tullut suoritetuksi melkoinen työmäärä koepuita pituusluokittain keskenään tasoitettaessa. Näin saatujen 14, 18, 22 ja 24 metrin pituusluokkien tasoituskäyrien lisäksi on aivan samoja periaatteita, jotka s. 36 ovat mainitut, noudattaen piirretty puuttuvien pituusluokkien tasoituskäyrät. Syntyneistä pituusluokkien massakäyrästä pitäisi nyt saada helposti massataulukko tekemällä lukemia kunkin senttimetrin kohdalta ja interpoloimalla pituusluokkien väliarvot. Kuten jo aikaisemmin on viitattu ovat kuitenkin eri pituusluokkien massakäyrät piirretyt toisistaan aivan riippumatta, joten on mahdollista, ettei niiden muoto ole aivan yhdenmukainen. Tätä on syy tutkia ja voidaankin se helposti suorittaa piirtämällä kaikkien pituusluokkien massakäyrät samaan koordinaatistoon. Kuvassa N:o 7 ovat ehyet viivat mainitut massakäyrät. Kuvan tarkastelu pakottaa toteamaan, että käyrien kulku yhdenmukaisuuteen nähden jättää paljon toivomisen varaa. Etenkin 20 metrin pituusluokan käyrä kulkee tavalla, joka tuntuvasti poikkeaa muista. Kun kuitenkin tietää, että tämän käyrän yläpään kulun määrää pääasiassa kolme pistettä, jotka tietenkin helposti voivat olla keskiarvoista samalle puolelle poikkeavia, niin ymmärtää, että säännöttömyyden aiheuttaa aineiston riittämättömyys. Ei siis nähtävästi tätä tietä voida laatia massataulukoita tällä kertaa. On kyllä vielä ajateltavissa, että pituusluokkien massakäyrät voitaisiin tasoittaa keskenään yhdenmukaisiksi, mutta lähemmin ajatellessa huomaa tämän hyvin vaikeaksi. On nim. otettava huomioon, että kunkin käyrän eri osat ovat sellaisessa tasoituksessa eri painoisia riippuen kulloinkin siitä koepuiden lukumäärästä, joka kyseellisen käyräkohdan kulun on määrännyt. Näyttää ainakin siltä, ettei täten mahdollisesti saatava massataulukko ole siinä määrin varma, että sen nojalla voisi tehdä ratkaisevia johtopäätöksiä esim. muotoluvun ja läpimitan välisestä suhteesta.



Kuva N:o 7. Pituusluokkien keskimääräiset sekä tasoitettuja muotolukuja vastaavat massakäyrät.

Fig. N:o 7. Die durchschnittlichen und die den ausgeglichenen Formzahlen der Höhenklassen entsprechende Massenkurven.

Kuvassa N:o 7 olevat käyrät tarjoavat sen sijaan mahdollisuuden suorittaa erään toisen hyvin mielenkiintoisen vertailun. Jos nimittäin muotolukujen nojalla laadittu massataulukko muodostaa aineiston onnistuneen tasoituksen, pitää taulukon mukaan piirrettyjen massakäyrien myös tasoittaa kuvassa olevat massakäyrät siihen tapaan, kuin edellisessä kapaleessa on hahmoteltu. Kuvaan ovatkin taulukkoa vastaavat massakäyrät piirretyt katkoviivaa käyttäen. Havaitaan, mikäli asiaa voi silmäääräisesti arvostella, että katkoviivat näyttävät muodostavan erinomaisen onnistuneen ehjäviivaisten käyrien tasoituksen keskenään yhdenmukaisiksi.

Alempien pituusluokkien, kuutiomäärien nojalla tasoitettujen, massakäyrien toisiinsa verrattuina yhdenmukainen kulku tekee mahdolliseksi oikaista edellä laaditussa massataulukossa ilmenneet epäjohtonmukaisuudet, mihin jo on viitattukin. Käyristä otettujen arvojen täydentämä lopullinen massataulukko on esitetty taulukossa IX. Mainittakoon, että tähän massataulukkoon ovat 4—8 metrin pituusluokkien kuutiomäärät otetut suorastaan kuutiomäärien nojalla tasoitetuista massakäyristä.

Taulukko IX. Massataulukko

Tabelle IX. Massentafel für

| Läpimitta<br>3 m korkeu-<br>delta, cm<br>Durchmesser<br>in der Höhe<br>von 3 m, cm | P i t u u s , m |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 4               | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
| 1  | 0.001           | 0.001 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 2  | 0.002           | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.003 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 3  | —               | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | 0.005 | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 4  | —               | 0.007 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.008 | 0.009 | —     | —     | —     | —     | —     |
| 5  | —               | —     | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.013 | 0.014 | 0.015 | —     | —     | —     |
| 6  | —               | —     | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.019 | 0.020 | 0.021 | 0.022 | 0.024 | 0.025 |
| 7  | —               | —     | 0.025 | 0.025 | 0.026 | 0.026 | 0.026 | 0.027 | 0.029 | 0.030 | 0.032 | 0.034 |
| 8  | —               | —     | —     | 0.032 | 0.032 | 0.033 | 0.034 | 0.036 | 0.038 | 0.040 | 0.042 | 0.044 |
| 9  | —               | —     | —     | 0.041 | 0.041 | 0.042 | 0.044 | 0.045 | 0.048 | 0.050 | 0.053 | 0.056 |
| 10   | —               | —     | —     | —     | 0.050 | 0.052 | 0.054 | 0.056 | 0.059 | 0.062 | 0.065 | 0.069 |
| 11   | —               | —     | —     | —     | 0.060 | 0.063 | 0.065 | 0.068 | 0.071 | 0.075 | 0.079 | 0.083 |
| 12   | —               | —     | —     | —     | —     | 0.075 | 0.077 | 0.081 | 0.085 | 0.089 | 0.094 | 0.099 |
| 13   | —               | —     | —     | —     | —     | 0.088 | 0.091 | 0.095 | 0.100 | 0.105 | 0.110 | 0.116 |
| 14   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | 0.105 | 0.110 | 0.115 | 0.122 | 0.128 | 0.135 |
| 15   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | 0.121 | 0.126 | 0.133 | 0.140 | 0.147 | 0.155 |
| 16   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.144 | 0.151 | 0.159 | 0.167 | 0.176 |
| 17   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.162 | 0.170 | 0.179 | 0.189 | 0.199 |
| 18   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.191 | 0.201 | 0.212 | 0.223 |
| 19   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.213 | 0.224 | 0.236 | 0.248 |
| 20   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.236 | 0.248 | 0.261 | 0.275 |
| 21   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.274 | 0.288 | 0.303 |
| 22   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.300 | 0.316 | 0.332 |
| 23   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.328 | 0.346 | 0.363 |
| 24   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.376 | 0.396 |
| 25   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.408 | 0.429 |
| 26   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.441 | 0.464 |
| 27   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.476 | 0.501 |
| 28   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.539 |
| 29   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.578 |
| 30   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 0.619 |
| 31   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 32   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 33   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 34   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 35   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| 36   | —               | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     |

Pohjois-Karjalan koivulle.

die Birke von Nord-Karjala.

| H ö h e , m |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Läpimitta<br>3 m korkeu-<br>delta, cm<br>Durchmesser<br>in der Höhe<br>von 3 m, cm |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 16          | 17    | 18    | 19    | 20    | 21    | 22    | 23    | 24    | 25    | 26    |  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 1  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 2  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 3  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 4  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 5  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 6  |
| —           | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 7  |
| 0.035       | 0.037 | 0.039 | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | —     | 8  |
| 0.046       | 0.049 | 0.051 | 0.053 | 0.056 | 0.058 | —     | —     | —     | —     | —     | 9  |
| 0.058       | 0.061 | 0.064 | 0.067 | 0.070 | 0.073 | 0.076 | 0.080 | —     | —     | —     | 10   |
| 0.072       | 0.076 | 0.079 | 0.083 | 0.087 | 0.091 | 0.094 | 0.098 | 0.102 | 0.106 | —     | 11   |
| 0.087       | 0.092 | 0.096 | 0.101 | 0.105 | 0.110 | 0.114 | 0.119 | 0.124 | 0.128 | 0.133 | 12   |
| 0.104       | 0.109 | 0.114 | 0.120 | 0.125 | 0.130 | 0.136 | 0.142 | 0.147 | 0.153 | 0.159 | 13   |
| 0.122       | 0.128 | 0.134 | 0.140 | 0.147 | 0.153 | 0.159 | 0.166 | 0.173 | 0.179 | 0.186 | 14   |
| 0.141       | 0.149 | 0.156 | 0.163 | 0.170 | 0.177 | 0.185 | 0.193 | 0.200 | 0.208 | 0.216 | 15   |
| 0.162       | 0.171 | 0.179 | 0.187 | 0.195 | 0.204 | 0.212 | 0.221 | 0.230 | 0.239 | 0.248 | 16   |
| 0.185       | 0.194 | 0.203 | 0.213 | 0.222 | 0.232 | 0.242 | 0.252 | 0.262 | 0.272 | 0.282 | 17   |
| 0.208       | 0.219 | 0.230 | 0.240 | 0.251 | 0.262 | 0.273 | 0.284 | 0.296 | 0.307 | 0.319 | 18   |
| 0.234       | 0.246 | 0.257 | 0.269 | 0.281 | 0.293 | 0.305 | 0.318 | 0.331 | 0.344 | 0.357 | 19   |
| 0.260       | 0.274 | 0.287 | 0.300 | 0.314 | 0.327 | 0.341 | 0.355 | 0.369 | 0.383 | 0.398 | 20   |
| 0.289       | 0.303 | 0.319 | 0.333 | 0.348 | 0.362 | 0.377 | 0.393 | 0.409 | 0.425 | 0.441 | 21   |
| 0.318       | 0.334 | 0.350 | 0.367 | 0.383 | 0.399 | 0.416 | 0.433 | 0.451 | 0.468 | 0.486 | 22   |
| 0.349       | 0.367 | 0.385 | 0.402 | 0.420 | 0.438 | 0.456 | 0.476 | 0.495 | 0.514 | 0.534 | 23   |
| 0.382       | 0.401 | 0.420 | 0.440 | 0.459 | 0.479 | 0.499 | 0.520 | 0.541 | 0.562 | 0.583 | 24   |
| 0.415       | 0.437 | 0.458 | 0.479 | 0.500 | 0.522 | 0.543 | 0.566 | 0.589 | 0.612 | 0.635 | 25   |
| 0.451       | 0.474 | 0.497 | 0.520 | 0.543 | 0.566 | 0.590 | 0.614 | 0.640 | 0.664 | 0.689 | 26   |
| 0.488       | 0.513 | 0.537 | 0.562 | 0.587 | 0.612 | 0.638 | 0.664 | 0.692 | 0.718 | 0.745 | 27   |
| 0.526       | 0.553 | 0.579 | 0.606 | 0.633 | 0.660 | 0.688 | 0.716 | 0.746 | 0.774 | 0.804 | 28   |
| 0.566       | 0.595 | 0.623 | 0.652 | 0.681 | 0.710 | 0.739 | 0.770 | 0.803 | 0.833 | 0.865 | 29   |
| 0.607       | 0.638 | 0.668 | 0.699 | 0.731 | 0.761 | 0.793 | 0.826 | 0.861 | 0.893 | 0.927 | 30   |
| 0.649       | 0.684 | 0.715 | 0.748 | 0.782 | 0.815 | 0.849 | 0.884 | 0.921 | 0.956 | 0.992 | 31   |
| 0.693       | 0.729 | 0.764 | 0.799 | 0.835 | 0.870 | 0.907 | 0.944 | 0.984 | 1.021 | 1.060 | 32   |
| 0.739       | 0.777 | 0.814 | 0.851 | 0.889 | 0.927 | 0.966 | 1.006 | 1.048 | 1.088 | 1.129 | 33   |
| 0.786       | 0.826 | 0.865 | 0.905 | 0.946 | 0.986 | 1.027 | 1.070 | 1.114 | 1.157 | 1.201 | 34   |
| 0.834       | 0.877 | 0.918 | 0.961 | 1.004 | 1.047 | 1.090 | 1.136 | 1.183 | 1.228 | 1.275 | 35   |
| —           | 0.929 | 0.973 | 1.018 | 1.064 | 1.109 | 1.155 | 1.204 | 1.253 | 1.301 | 1.351 | 36   |
| —           | 0.983 | 1.029 | 1.077 | 1.125 | 1.174 | 1.222 | 1.274 | 1.326 | 1.377 | 1.429 | 36   |

## VI. Laaditun massataulukon käyttökelpoisuuden tutkiminen.

### A. Vertailu omaan aineistoon.

Massataulukkoa laadittaessa käytettyjen tasoitusmenetelmien onnistuneisuutta voidaan tarkastella vertaamalla massataulukkoa sen omaan aineistoon, kuten edellisen luvun lopussa jo osin on tehtykin. Vertailu voidaan suorittaa sitenkin, että koepuut kuutioidaan uudestaan massataulukon avulla ja verrataan täten saatua tulosta todelliseen, joka tunnetaan. Tämä on suoritettu kaikkiin 4 m pitempiin puihin nähden ja on tulokseksi saatu taulukko X, jossa koepuut ovat yhdistetyt metsätyypit-

Taulukko X. Kerätyn aineiston massataulukon mukainen kuutio sen todelliseen kuutioon verrattuna.

Table X. Das Volumen des eingesammelten Materials nach der Massentafel, verglichen mit dessen wirklichem Volumen.

| Metsätyyppi<br>Waldtyp                                  | Kuutiomäärä, m <sup>3</sup><br>Volumen, m <sup>3</sup> |                          | Syntynyt virhe,<br>Entstandener Fehler, |       | Koepuiden<br>lukumäärä<br>Anzahl der<br>Probestämme |
|---|--|--------------------------|---|-------|---|
|   | Taulukosta<br>Aus der Tafel                            | Todellinen<br>Wirkliches | m <sup>3</sup>                          | %     |   |
| OMT   | 6.394  | 6.502                    | -0.108                                  | -1.69 | 24  |
| MT  | 54.733   | 55.235                   | -0.502                                  | -0.91 | 152   |
| HMT   | 21.083   | 20.765                   | +0.318                                  | +1.51 | 64  |
| VT  | 1.872  | 1.782                    | +0.090                                  | +4.82 | 16  |
| <sup>1</sup>  | 3.760  | 3.777                    | -0.017                                  | -0.45 | 16  |
| Yhteensä<br>Keskimäärin<br>Zusammen<br>Durchschnittlich | 87.842   | 88.061                   | -0.219                                  | -0.25 | 272   |

<sup>1</sup>Korvet Bruchmoore

täin. Taulukko osoittaa, että massataulukko on antanut koepuiden kokonaissumman vähän liian pieneksi, mutta joka tapauksessa hyvin tarkasti. Metsätyypit eroavat toisistaan aivan samoin, kuin muotolukua tutkittaessa on havaittu.

Koepuiden prosenttisten poikkeamien tutkiminen tarjoaa kuitenkin objektiivisemmän mahdollisuuden massataulukon käyttökelpoisuuden tutkimiseksi, kuin itse kuutiomäärien vertailu, koska muutamat harvatkin suuret puut voivat helposti siirtää tuloksen suuntaan, joka kenties ei vastaa asiain todellista tilaa. Jo mainituista syistä voivat prosenttisetkin poikkeamat tulla kysymykseen vain suurempia puita tutkittaessa. Koska perusläpimitan määräämisen yhteydessä poikkeamien puolesta tutkittujen koivujen pituuden alarajaksi otettiin 13 m, lienee syytä tässäkin vertailussa ottaa sama raja käytäntöön, vaikka raja ehkä oikeammin olisi-kin sijoitettava kuutiomäärän mukaan. — Yhdistelemällä saadut poikkeamat kahden prosentin intervaleihin saadaan tulokseksi taulukossa XI oleva sarja. Nähdään, että se on muodoltaan aivan ihanteellisen

Taulukko XI. Tutkittujen koepuiden kuutiomäärien hajaantuminen massataulukkoarvojen ympärille.

Table XI. Die Verstreuung der Volumina der untersuchten Probestämme um die Massentafelwerte herum.

| Poikkeama massa-<br>taulukkoarvosta, %<br>Abweichung von den<br>Massentafelwerten, % | 14 | 12 | 10 | 8  | 6  | 4  | 2  | 0  | 2  | 4  | 6  | 8  | 10 | 12 | Yhteensä<br>Zusammen |
|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|
|  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | —                    |
| Koepuita, kpl.<br>Anzahl der<br>Probestämme  | 1  | 1  | 5  | 12 | 17 | 22 | 31 | 37 | 33 | 25 | 16 | 11 | 5  | 2  | 218                  |

normaalinen ja että poikkeamat tasaisesti hajaantuvat kahden puolen massataulukon arvoja. Sarjan aritmeettiseksi keskiarvoksi saadaankin  $0.00 \pm 0.33$  %. Tämä tietää, että suoritettu tasoitus kokonaisuuteen katsoen on onnistunut erinomaisen hyvin. Sarjan dispersioksi saadaan  $4.93 \pm 0.24$  %. Kun muistetaan, että s. 38 mainitut muutamien pituusluokkien vastaavat dispersiot olivat  $4.80 \pm 0.58$  %,  $4.46 \pm 0.43$  %,  $4.12 \pm 0.48$  % ja  $4.62 \pm 0.94$  %, niin huomataan tämänkin karakteristikan viittaavan siihen, että tasoitus on onnistunut. Erotus dispersioarvojen kesken on nimittäin keskivirheet huomioon ottaen pieni, ja kuten s. 41 on osoitettu, oli suurempi dispersion arvo odotettavissakin.

Tuloksena omaan aineistoon nähden suoritetusta vertailusta voidaan sanoa, että laadittu massataulukko näyttää muodostavan aineiston onnistuneen tasoituksen.

### B. Vertailu vieraaseen aineistoon.

Helsingin yliopiston metsänarvioimisen harjoitustöiden yhteydessä otetuilla koealoilla kaadetut ja pätkittäin kuutioidut koepuut tarjosivat tekijälle tilaisuuden suorittaa laadittu massataulukon suhteen vertailukuutioimisen aivan vieraaseen aineistoon nähden, joka kuitenkin on koottu pohjois-Karjalasta, kuten massataulukon aineistokin. Mainitut harjoitustyöt ovat nim. v. 1917 ja 1919—1924 olleet sijoitetut Enon, Juuan, Pielisjärven, Polvijärven ja Rautavaaran pitäjiin, kunakin vuotena verraten rajoitetulle alueelle. Kokoamalla tältä ajalta kaikki koivukoepuut on saatu 332 koepuuta käsittävä vertailuaineisto. Sen kuvaamiseksi ovat koepuut yhdistetyt ikäluokittain ja metsätyypittain taulukkoon XII. Taulukosta ilmenee, että enimmäkseen koepuut ovat mitatut mustikka- ja

Taulukko XII. Vertailukoepuiden jakaantuminen eri metsätyypeille ja ikäluokkiin.

Tabelle XII. Die Verteilung der Vergleichsprobestämme auf die verschiedenen Waldtypen und Altersklassen.

| Metsätyyppi<br>Waldtyp | Ikäluokka<br>Altersklasse |    |     |    |                        |     |       |    | Yhteensä<br>Zusammen |
|------------------------|---------------------------|----|-----|----|------------------------|-----|-------|----|----------------------|
|                        | 30                        | 50 | 70  | 90 | 110                    | 130 | 141 + | ?  |                      |
|                        | Koepuiden lukumäärä       |    |     |    | Anzahl der Probestämme |     |       |    |                      |
| OMT                    | —                         | 1  | 5   | —  | —                      | —   | —     | —  | 6                    |
| MT                     | 4                         | 22 | 61  | 36 | 13                     | 5   | 5     | —  | 146                  |
| VT                     | —                         | 26 | 39  | 22 | 5                      | 3   | —     | 1  | 96                   |
| CT                     | —                         | 5  | 8   | 2  | —                      | —   | —     | —  | 15                   |
| <sup>1</sup>           | —                         | 1  | 5   | 4  | 4                      | 1   | 2     | 4  | 21                   |
| <sup>2</sup>           | —                         | 8  | 11  | —  | 2                      | —   | 1     | —  | 22                   |
| ?                      | —                         | 2  | 3   | 2  | —                      | —   | —     | 19 | 26                   |
| Yhteensä<br>Zusammen   | 4                         | 65 | 132 | 66 | 24                     | 9   | 8     | 24 | 332                  |

<sup>1</sup> Korvet *Bruchmoore*

<sup>2</sup> Rämeeit *Reisermoore*

puolukkatyyppiltä, kun taas koepuuta muilta tyypeiltä on verraten vähän. Lukuun ottamatta kaikkein nuorimpia ikäluokkia, ovat kaikki ikäluokat aina vanhimpiin saakka edustettuina. Osalla koepuuta ei kuitenkaan ole ollut merkittynä metsätyyppiä eikä ikäluokkaa laisinkaan.

Nämä koepuut ovat kaikki järjestään kuutioidut massataulukon avulla ja ovat tulokset, erotellen eri vuosien koepuut toisistaan, esitetyt taulukossa XIII. Tästä nähdään, että massataulukko on kyennyt kuutioimaan

Taulukko XIII. Vertailuaineiston massataulukon mukainen kuutio sen todelliseen kuutioon verrattuna.

Tabelle XIII. Das Volumen des Vergleichsmaterials nach den Massentafeln, verglichen mit dessen wirklichem Volumen.

| Vuosi<br>Jahr   | Kuutiomäärä, m <sup>3</sup><br>Volumen, m <sup>3</sup> |                          | Syntynyt virhe,<br>Entstandener Fehler, |        | Koepuiden<br>lukumäärä<br>Anzahl der<br>Probestämme |
|---|--|--------------------------|---|--------|---|
|   | Taulukosta<br>Aus der Tafel                            | Todellinen<br>Wirkliches | m <sup>3</sup>                          | %      |   |
| 1917  | 12.238   | 12.080                   | + 0.158                                 | + 1.29 | 79  |
| 1919  | 10.944   | 10.815                   | + 0.129                                 | + 1.18 | 63  |
| 1920  | 7.163  | 7.075                    | + 0.088                                 | + 1.23 | 54  |
| 1921  | 7.388  | 7.504                    | - 0.116                                 | - 1.57 | 44  |
| 1922  | 4.219  | 4.234                    | - 0.015                                 | - 0.36 | 34  |
| 1923  | 3.468  | 3.521                    | - 0.053                                 | - 1.53 | 25  |
| 1924  | 4.941  | 4.947                    | - 0.006                                 | - 0.01 | 33  |
| Yhteensä<br>Keskimäärin<br>Zusammen<br>Durchschnittlich | 50.361   | 50.176                   | + 0.185                                 | + 0.37 | 332   |

vieraan aineiston kokonaisuutena aivan erinomaisesti. Kunakin vuotena mitatut koepuut on massataulukko myös kuutioinut varsin hyvin, vaikka erät ovatkin pieniä ja kunakin vuotena mitatut laajan maakunnan eri osissa.

Kuten oman aineiston vertailun yhteydessä, on tässäkin täysi syy tutkia myös koepuiden prosenttista hajaantumista taulukkokeskiarvojen ympärille. Tutkittaviksi ovat nytkin otetut kaikki 13 metriä pitemmät koepuut. Yhdistelemällä poikkeamat taasen 2 prosentin intervaleihin saadaan taulukossa XIV oleva sarja, joka siis vastaa taulukossa XI s. 53 olevaa oman aineiston sarjaa. Samoin kuin se, on tämäkin sarja muodol-

Taulukko XIV. Vertailuaineiston koepuiden kuutiomäärien hajaantuminen massataulukkoarvojen ympärille.

Tabelle XIV. Die Verstreuung der Volumina der Probestämme des Vergleichsmaterials um die Massentafelwerte herum.

| Poikkeama massa-<br>taulukkoarvosta, %<br>Abweichung von den<br>Massentafelwerten,<br>% | 12 | 10 | 8 | 6  | 4  | 2  | 0  | 2  | 4  | 6  | 8  | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | Yhteensä<br>Zusammen |
|---|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------------------|
| Koepuita, kpl<br>Anzahl der<br>Probestämme  | 2  | 9  | 8 | 17 | 26 | 29 | 38 | 28 | 24 | 14 | 12 | 3  | 4  | 2  | 1  | 1  | 218                  |

taan hyvin normaalista eksponentiaalikäyrää lähentelevä. Taulukon XIV sarjalle laskettu aritmeettinen keskiarvo on arvoltaan  $-0.14 \pm 0.37$  %. Tämä on merkittävästi päinvastainen, kuin taulukossa XIII saatu poikkeama, mikä oli  $+0.37$  %. Erotus ei kuitenkaan ole suuri ja mikä pääasia: kumpaisetkin arvot osoittavat massataulukon kuutioineen kokonaissumman erinomaisen hyvin. Sarjan dispersioksi saadaan  $5.44 \pm 0.26$  %, mikä on suurempi, kuin omalle aineistolle saavutettu vastaava arvo, mikä oli  $4.93 \pm 0.24$  %. Näiden dispersioarvojen erotus  $0.51$  % on kuitenkin vielä tuntuvasti pienempi vastaavaa erotuksen kolminkertaista keskivirhettä, mikä on  $1.05$  %. Todennäköisyyslaskelman mukaan (vrt. esim. CHARLIER 1910, s. 23) tietää tämä sitä, että dispersioarvojen erotus on katsottava sattumasta riippuvaksi. — Muuten vertailuaineiston suurempi dispersio helposti saa selityksensä siitä, että vertailukoepuut keskimäärin ovat tuntuvasti pienempiä kuin tutkimuksen perusaineiston koepuut, minkä helposti huomaa tarkastellessaan rinnan taulukoita X ja XIII. Tästä pakostakin johtuu, että prosenttiset virheet ja samalla niiden dispersio suurenevät. Tämän huomioon ottaen voinee sanoa, että dispersioarvojen välinen erotus on melkein vähäpätöinen.

Yhdistelemällä prosenttiset poikkeamat vuosittain saadaan tulokseksi taulukko XV. Siitä nähdään, että poikkeamaprosenttien aritmeettinen keskiarvo merkkinsä puolesta seuraa taulukossa XII olevia virheprosentteja suuruuden vaihdellussa jonkun verran poikkeavasti. Vaihtelu on kuitenkin siksi pieni, että voi sanoa suoranaisesta kuutiomäärävertailusta tässä tapauksessa saatavan suunnilleen yhtä hyvän kuvan massataulukon käyttökelpoisuudesta, kuin paljon työläämmästä prosenttiverailusta. Muuten osoittavat taulukot XIII ja XV selvästi, että nyt laadittu massa-

Taulukko XV. Vertailuaineiston koepuiden kuutioiden hajaantuminen massataulukkoarvojen ympärille. Hajaantumisen dispersio ja aritm. keskiarvo eri vuosina.

Tabelle XV. Die Verstreuung der Volumina der Probestämme des Vergleichsmaterials um die Massentafelwerte herum. Die Dispersion und das arithmetische Mittel der Verstreuung in verschiedenen Messjahren.

| Mittausvuosi<br>Messjahr        | Hajaantumisen aritmeettinen keskiarvo, %<br>Arithmetisches Mittel der Verstreuung, % | Hajaantumisen dispersio, %<br>Dispersion der Verstreuung, % | Koepuiden lukumäärä<br>Anzahl der Probestämme |
|---------------------------------|--|---|---|
| 1917                            | $+0.26 \pm 0.67$   | $4.95 \pm 0.48$   | 54  |
| 1919                            | $+0.40 \pm 0.83$   | $5.52 \pm 0.58$   | 45  |
| 1920                            | $+1.50 \pm 0.96$   | $5.38 \pm 0.67$   | 32  |
| 1921                            | $-1.94 \pm 0.98$   | $5.62 \pm 0.69$   | 33  |
| 1922                            | $-0.50 \pm 1.50$   | $4.77 \pm 1.19$   | 16  |
| 1923                            | $-1.88 \pm 1.41$   | $5.80 \pm 1.00$   | 17  |
| 1924                            | $-0.48 \pm 1.15$   | $5.27 \pm 0.81$   | 21  |
| Keskimäärin<br>Durchschnittlich | $-0.14 \pm 0.37$   | $5.44 \pm 0.26$   | Yht.<br>Zus. 218                              |

taulukko kuutioi pienetkin puuerät eri osista pohjois-Karjalaa hyvin tyydyttävällä tarkkuudella.

Erikoisen mielenkiinnon tarjoavat vertailukoepuut metsätyypittäin yhdisteltyinä, joskin useiden tyyppien koepuulukumäärä on varsin vähäinen. Saadut tulokset ovat yhdistetyt taulukkoon XVI, aivan samaan tapaan kuin koepuita vuosittain tutkittaessa taulukkoon XIII. Tulos on varsin mielenkiintoinen. Ensinnäkin nähdään, että metsätyypit eroavat toisistaan toisella tavalla, kuin mitä asian laita on omassa aineistossa. Mustikkatyyppin eroavaisuuden selittänee kuitenkin se, että vertailuaineiston mustikkatyyppiin varmuudella kuuluu paljon HMT-maita, kun taas omassa aineistossa nämä ovat erotetut tyyppillisestä MT:stä erilleen. Puolukkatyyppin eroavaisuus on merkille pantava, sillä oma aineisto on vertailuaineistoa tällä tyyppillä tuntuvasti pienempi. Muiden tyyppien suhteen on vaikea sanoa sitä tai tätä, sillä kumpaisessakin aineistossa ne ovat vähälukuisina edustettuina. — Toiseksi osoittaa taulukko, että pienetkin puuerät koivulle tärkeiltä metsätyypeiltä — OMT ja MT (HMT), lisäksi myös VT — tulevat massataulukon nojalla aivan riittävän tarkasti kuutioiduiksi. Muidenkin metsätyyppien ja tiluslajien koivu-

Taulukko XVI. Vertailuaineiston massataulukon mukainen kuutio verrattuna sen todelliseen kuutioon metsätyypittäin.

Tabelle XVI. Das Volumen des Vergleichsmaterials nach der Massentafel verglichen mit dessen wirklichem Volumen je nach den Waldtypen.

| Metsätyyppi<br>Waldtyp                                | Kuutiomäärä, m <sup>3</sup><br>Volumen, m <sup>3</sup> |                          | Syntynyt virhe,<br>Entstandener Fehler, |        | Koepuiden<br>lukumäärä<br>Anzahl der<br>Probestämme |
|---|--|--------------------------|---|--------|---|
|   | Taulukosta<br>Aus der Tafel                            | Todellinen<br>Wirkliches | m <sup>3</sup>                          | %      |   |
| OMT   | 1.225  | 1.234                    | - 0.009                                 | - 0.73 | 6   |
| MT  | 28.216   | 27.942                   | + 0.274                                 | + 0.97 | 146   |
| VT  | 13.190   | 13.282                   | - 0.092                                 | - 0.70 | 96  |
| CT  | 0.781  | 0.738                    | + 0.043                                 | + 5.51 | 15  |
| <sup>1</sup>  | 2.056  | 2.124                    | - 0.068                                 | - 3.31 | 21  |
| <sup>2</sup>  | 0.887  | 0.868                    | + 0.019                                 | + 2.14 | 22  |
| ?   | 4.006  | 3.988                    | + 0.018                                 | + 0.45 | 26  |
| Yhteensä<br>Keskimäärin<br>Zusammen<br>Durchschnittl. | 50.361   | 50.176                   | + 0.185                                 | + 0.37 | 332   |

<sup>1</sup> Korvet *Bruchmoore*

<sup>2</sup> Rimeet *Reisermoore*

jen kuutiomäärän näyttää massataulukko antavan auttavalla tarkkuudella.

Koska äskeisessä voitiin osoittaa, että absoluuttisetkin kuutiomäärät näyttävät riittävästi kuvastavan massataulukon käyttökelpoisuutta, ei tässä ole katsottu tarpeelliseksi enää suorittaa vaivalloista laskelmaa prosenttisilla poikkeamilla.

Johtopäätöksinä suoritetuista massataulukon käyttökelpoisuustutkimuksista voidaan esittää,

että massataulukkoa laadittaessa käytetty menetelmä näyttää antaneen tulokseksi hyvän käytettävissä olleen aineiston tasoituksen;

että vertailtaessa massataulukkoarvoja vieraaseen aineistoon on havaittu niiden todennäköisten virherajojen, jotka jo perusläpimitan määräämisen yhteydessä tulivat määrätyiksi, hyvin pitävän paikkansa;

että samassa yhteydessä on havaittu massataulukon antavan suurempien, iän ja kasvupaikan suhteen vaihtelevien erien kuutiomäärän hyvin täsmällisesti ja samalta metsätyypiltäkin mitattujen erien kuution riittävän tarkasti, pohjois-Karjalan eri osissa suunnilleen samalla tavalla;

että kaiken edellä sanotun nojalla massataulukko soveltuu käytettäväksi pohjois-karjalaista koivua kuutioitaessa.

Aikaisemmat tutkimukset (ennen muita ILVESALO, Y. 1920 ja LÖNNROTH 1925), jotka ovat osoittaneet Suomen eteläpuoliskon verraten yhtenäiseksi alueeksi metsien kehitykseen nähden, viittaavat siihen, etteivät nyt saavutetut tulokset Suomen eteläpuoliskon muihinkaan osiin nähden ole merkitystä vailla. Tätä tukevat muutamat tekijän v. 1926 Tampereen tienoilla suorittamat vertailukuutioimiset.



### Kirjallisuusluettelo.

- ARCHER, ERLING. 1920. Om tømmerets form i Glommens og Drammens vasdrag. (Meddelelser fra det norske Skogforsøksvæsen, H. 3. Kristiania.)
- BARTH, AGNAR. 1921. Skogtaksationslære. 4:de utgave. Kristiania.
- BEHM, H. 1886. Massentafeln. 2 Auflage. Berlin.
- BLOMQUIST, A. G. 1872. Tabeller framställande utvecklingen af jemnåriga och slutna skogsbestånd av tall, gran och björk. Helsingfors.
- CAJANDER, A. K. 1909. Ueber Waldtypen. (Acta Forestalia Fennica, 1, ja Fennia, 28, N:o 2. Helsingfors.)
- 1916. Metsänhoidon perusteet. I. Porvoo.
- ja ILVESSALO, YRJÖ. 1921. Ueber Waldtypen II. (Acta Forestalia Fennica, 20 ja Fennia, 43, N:o 3.)
- 1925. Metsätyypiteoria. (Acta Forestalia Fennica, 29.)
- CAJANUS, WERNER. 1911. Puunrunnon muotoa koskevia tutkimusmetoodeja. (Suomen Metsänhoitoyhdistyksen Julkaisuja, XXVIII:s nide. Helsinki.)
- CHARLIER, C. V. L. 1910. Grunddragen av den matematiska statistiken. Lund.
- COTTA, HEINRICH. 1804. Systematische Anleitung zur Taxation der Waldungen. Berlin.
- EIDE, ERLING. 1922. Om tømmerets form in Trøndelags vasdrag. (Medd. fr. d. norske Skogforsøksvæsen, H. 2.)
- 1923 a. Om kubering av staaende skog. I. Furuskog. (Ibidem, H. 3.)
- 1923 b. Kubering av staaende skog. II. Granskog. (Ibidem, H. 4.)
- 1925. Kubering av staaende skog. III. Fortsatte undersøkelser over formfaktorens avhængighet av høide og brysthøidediameter i granskog. (Ibidem, H. 5.)
- GRUNDNER, L.—SCHAWAPPACH, A. 1922. Massentafeln zur Bestimmung des Holzgehaltes stehender Waldbäume und Waldbestände. 6 Auflage. Berlin.
- v. GUTTENBERG, ADOLF RITTER—MÜLLER, UDO. 1925. Holzmesskunde. (v. LOREY—WEBER, Handbuch der Forstwissenschaft, Band 3. Tübingen.)
- HEIKKILÄ, TOPI. 1915. Huberin kaavan käyttökelpoisuudesta ja eräistä uusista kuutioimistavoista. (Metsätal. Aikak. kirja, laaj. painos, s. 422—433.)
- ILVESSALO, YRJÖ. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta. (Acta Forestalia Fennica, 6.)
- 1920. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä. (Ibidem 15.)
- 1923. Tutkimuksia yksityismetsien tilasta Hämeen läänin keskiosissa. (Ibidem, 26.)
- JONSON, TOR. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I. Granens stamform. (Skogsvårdsföreningens Tidskrift, fackupplagan, s. 285—328.)

- JONSON, TOR. 1911. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. II Tallens stamform. (Ibidem, s. 285—329.)
- 1912. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. III. Formbestämning å stående träd. (Ibidem, s. 235—275.)
- 1918. Massatabeller för träduppskattning. 4. större upplagan. Stockholm.
- KRÜDENER, BARON. 1908, 1909 & 1910. Massovyja tablitsij i tablitsij sbjega dlja berjosyi. I & II, lisäyksineen. S. Petersburg.
- LAKARI, O. J. 1920 a. Tutkimuksia kuusen ja männyn kasvusuhteista Pohjois-Suomen paksusammaltypillä. (Metsätieteellisen Koelaitoksen Julkaisuja, 2. Helsinki.)
- 1920 b. Tutkimuksia Pohjois-Suomen metsätyypeistä. (Acta Forestalia Fennica, 14.)
- 1920 c. Tutkimuksia männyn muodosta. (Acta Forestalia Fennica, 16, ja Metsätiet. Koelait. Julk., 3.)
- LÖNNROTH, ERIK. 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. I. (Monistettu.)
- 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltiger naturnormaler Kiefernbestände. (Acta Forestalia Fennica, 30.)
- MAASS, ALEX. 1908. Kubikinnehället och formen hos tallen och granen inom Särna socken i Dalarna. (Medd. fr. Statens Skogsförsöksanstalt, H. 5. Stockholm.)
- 1911. Kubikinnehället och formen hos tallen i Sverige. (Ibidem, H. 8.)
- 1913. Avsmalningen i stammens nedersta delar hos tallen och granen. (Ibidem, H. 10.)
- MATTSSON, L. 1917 a. Formklasstudier i fullslutna tallbestånd. (Ibidem, H. 13—14.)
- 1917 b. Form och formvariationer hos lärken. (Ibidem.)
- MÜLLER, UDO. 1902. Lehrbuch der Holzmesskunde. Berlin.
- PETRINI, SVEN. 1918. Formpunktsmetoden och dess användning för formklassbestämning och kubering. (Skogsv. för. tidskr., s. 597—635.)
- PRESSLER, MAX. 1857. Aufforderung und Erfahrungen. (Jahrbuch d. Königl. sächs. Akademie f. Forst- und Landwirte zu Tharand. Dresden.)
- SCHIFFEL, A. 1899. Form und Inhalt der Fichte. (Mitteilungen a. d. forstlichen Versuchswesen Österreichs, H. XXIV. Wien.)
- 1905. Form und Inhalt der Lärche. (Ibidem, H. XXXI.)
- 1907. Form und Inhalt der Weissföhre. (Ibidem, H. XXXII.)
- 1908. Form und Inhalt der Tanne. (Ibidem, H. XXXIV.)
- WESTBERG, H. 1895. Virkesutsyning. (Tidskrift för skogshushållning, s. 10—24.)
- YULE, G. UDNY. 1916. An Introduction to the Theory of Statistics. 3. Edition. London.

Helsingin yliopiston metsänarvioimisen harjoitustöiden koeala-asiakirjat vuosina 1917 ja 1919—1924.

Massentafeln zur Bestimmung des Inhaltes der vorzüglichsten teutschen Waldbäume. 1846. München.

## Über die Kubierung der Birke mittels Massentafeln.

*Basiert auf Material aus Nord-Karjala.*

### Referat.

#### I. Allgemeines über die Kubierung von Bäumen.

Eine der ersten Aufgaben der Waldabschätzungskunde war die Erfindung und Entwicklung der Kubierungsmethoden. Mit Benutzung und Ausarbeitung der Mathematik entliehener Formeln kam man binnen kurzem so weit, dass die Kubierung des gefällten Holzes in befriedigender Weise ausgeführt werden konnte. Dagegen gehört eine genaue und schnelle Kubierung des einzelnen stehenden Baumes vorläufig noch immer zu den Problemen, die auf ihre Lösung warten.

Bei der Inhaltsbestimmung von Beständen oder grösseren Holzmassen kamen bald, neben genaueren jedoch mühseligeren Probestammsverfahren verschiedene Formzahlen und Massentafeln ihrer Bequemlichkeit wegen in Gebrauch. Insbesondere wurden die Massentafeln dank ihrer Zweckmässigkeit allgemein beliebt.

Es soll hier ein kurzer Überblick der wichtigsten, Massentafeln betreffenden Literatur folgen. Angeführt sind nur die wichtigsten Arbeiten, sowie solche, denen in bezug auf hiesige Verhältnisse Bedeutung zukommt.

#### II. Überblick der wichtigsten, Massentafeln behandelnden Literatur.

##### A. Massentafeln ohne Berücksichtigung der Form.

COTTA (1804) gilt als der eigentliche Schöpfer des Massentafelgedankens. Die ersten, wirklichen Massentafeln sind die im J. 1846 erschienenen bayrischen Tafeln, welche sich auf ein reichhaltiges Material gründen. Aus ihnen berechnet man die Kubikmenge des Holzes, wenn Höhe und Durchmesser in der Höhe von  $4\frac{1}{2}$  Fuss bekannt sind; ausserdem muss das Alter des Baumes berücksichtigt werden, denn in den Tafeln werden 2 Altersklassen mit einem Grenzalter von 90 Jahr unterschieden. Die Birke hat jedoch nur eine Altersklasse.

Die bayrischen Massentafeln erwiesen sich als ausserordentlich praktisch. Nach ihrem Erscheinen gaben zahlreiche deutsche Forscher Massentafeln für verschiedene Baumarten heraus, wobei sie bestrebt waren, durch engere Altersklassen,

durch Abscheidung von geographischen Gebieten, durch Berücksichtigung der Bestandesform u.s.w., eine grössere Genauigkeit zu erzielen. Etwas später übernahm der Verein deutscher forstlicher Versuchsanstalten eine Erneuerung der Massentafeln auf Grund eines in verschiedenen Landesteilen nach einheitlicher Methode eingesammelten Materials. Die derart entstandenen, wie überhaupt die meisten deutschen Massentafeln haben zahlreiche Hilfstafeln, auf deren Basis sich die Rinde und der Anteil der wichtigsten Sortimente an der Kubikmenge bestimmen lässt.

In Mittel-Europa haben die Massentafeln weite Verbreitung gefunden, speziell bei, im Zusammenhang mit der Forsteinrichtung vorzunehmenden u.a. ähnlichen Inhaltsbestimmungen, wo es nicht auf absolute Präzision ankommt. Dank der dortigen intensiven Forstwirtschaft ist es auch leicht, Vergleiche zwischen den verschiedenen Tafeln in bezug auf ihre Zweckmässigkeit anzustellen und von den vielen zu Gebote stehenden Tafeln diejenigen auszusuchen, die den lokalen Verhältnissen am besten entsprechen.

In den Nordländern begnügte man sich lange mit der Anwendung von sich auf mitteleuropäisches Material stützenden Massentafeln. Als die ersten, auf lokales Material sich gründenden Tafeln sind die Massentafeln von WESTBERG (1895) zu nennen, welche nach dem Brusthöhendurchmesser und dem »Vegetationsgrad« aufgestellt sind. Letzteren erhält man, wenn Höhe und Alter bekannt sind.

In Norwegen wurden die Massentafeln von OVERLAND allgemein benutzt, bis EIDE es in den letzten Jahren unternahm, den Inhalt der Kiefer und Fichte zu untersuchen. In seinen Schriften (1923 a und b, 1925) benutzt er als Basis für seine Massentafeln die Kubikmasse des Bestandes und nicht, wie die meisten Forscher, die des einzelnen Probestammes. Auf Grund der Probestämme lassen sich nur die durchschnittlichen Massenfaktoren der Probebestände erhalten, nach deren gegenseitiger Ausgleichung EIDE seine Tafeln aufgestellt hat. Zahlreiche Vergleichsbestimmungen haben an den Tag gelegt, dass die derartig zusammengestellten Massentafeln für Bestände ausserordentlich genaue Resultate liefern.

In Finnland sind bis auf weiteres noch keine erwähnenswertere Massentafelarbeiten ausgeführt worden, obgleich schon z.B. BLOMQUIST (1872) auf Grund seines Kiefern- Fichten- und Birkenmaterials verhältnismässig leicht hätte Massentafeln aufstellen können. Desgleichen ist ebenfalls später eingesammeltes Material vorläufig für diesen Zweck unbenutzt verblieben (z.B. ILVESSALO, Y. 1920). Als einzige einheimische Arbeit auf diesem Gebiet sind die lokalen Massentafeln von CAJANUS (vgl. ILVESSALO, Y. 1923, S. 56) für unsere drei Hauptholzarten hervorzuheben.

##### B. Massentafeln mit Berücksichtigung der Form.

Behufs Erhaltung einer Massentafel, die ausgedehntere Gebrauchsmöglichkeit erböte, bezog SCHIFFEL den Formfaktor ein, welchen er als das Verhältnis zwischen Durchmesser des Baumes in einer oberen, speziell halber Höhe zu dem Brusthöhendurchmesser definierte. Auf den mittels dieses Verhältnisses von ihm gebildeten Formklassen, stellte SCHIFFEL Massentafeln auf, aus welchen sich ausser der Kubikmenge auch noch die Abholzigkeit ergibt, wenn Höhe, Brusthöhendurchmesser und Formklasse bekannt sind. In der Schwierigkeit der Formklassenbestimmung tritt jedoch die schwache Seite dieses Verfahrens zutage. Von Anhängern der SCHIFFEL-

schen Idee sei KRÜDENER erwähnt, der (1908—1910) Massen- und Abholzigkeitstafeln für die Birke in Mittel-Russland ausarbeitete. Anstatt in numerische Formklassen, teilt er die Bäume nach den Kronen in vier Typen und ausserdem die Wälder überhaupt nach der mittleren Oberhöhe in vier Gruppen ein. — Im engen Anschluss an SCHIFFEL hat MAASS (1908 und 1911) Massentafeln für die Kiefer und Fichte in Schweden berechnet.

Im Vergleich zu den im obigen beschriebenen, haben in den Nordländern die Massentafeln von JONSON, die auf seinen Untersuchungen (1910, 1911 und 1912) über die Form der Kiefer und Fichte fussen, eine weite Verbreitung gefunden. JONSON legt dar, dass es theoretisch richtiger ist, die Messtelle des oberen Durchmessers des Formquotients halbwegs zwischen Brusthöhe und Krone zu verlegen, wodurch das Verhältnis für niedrigere Bäume mehr proportionell den entsprechenden Zahlen für höhere Bäume wird. Der so bestimmte Formquotient tritt als Faktor in der Stammkurvenequation von HÖJER—JONSON, welche die Basis zu JONSON's Massentafeln abgibt, auf. Gemäss der Form der diese Equation darstellenden Stammkurve ist es bei der Anwendung der Massentafeln unerlässlich, dass der Brusthöhendurchmesser durchaus frei von jeglichem Einfluss des Wurzelanlaufs ist. — Die von JONSON vorgeschlagene Bestimmungsart der Formklassen, das Formpunktverfahren, ist ausserordentlich bequem. — Auch in Finnland erfreuen sich die JONSON'schen Tafeln einer ausgedehnten Verbreitung und dürfte es daher am Platze sein, auf diejenigen Untersuchungen, aus denen die Brauchbarkeit der Massentafeln und der Kernpunkt ihrer Anwendung, das Formpunktverfahren erhellt, etwas näher einzugehen. — In vordichten Kiefernbeständen gelang es MATTSSON (1917 a) allerdings mit Hilfe der Formpunkte die mittlere Formklasse des Gesamtbestandes befriedigend zu bestimmen, in bezug auf einzelne Bäume jedoch erwies sich das Resultat als negativ. Zu noch ungünstigeren Ergebnissen kam PETRINI (1918) hinsichtlich der Fichte. Er konnte nämlich nicht einmal die Gesamtmasse der Bestände mittels der Formpunkte befriedigend bestimmen und bei einzelnen Bäumen stiegen die Fehler bis zu 30 %. — LAKARI kam (1923 b) in bezug auf die lappische Kiefer zu der Überzeugung, dass sich auf Grund von Formpunkten Formklassen nur sehr schwer bestimmen lassen dürften. — EIDE ist (1923 b) hinsichtlich des Formpunktverfahrens zu völlig negativen Resultaten gekommen und machte er die Beobachtung, dass sich bei Anwendung von einfachen Massentafeln eher ein dem wirklichen Tatbestand entsprechendes Ergebnis erzielen liesse.

Doch haben mehrere Autoren bemerkt, dass wenn die Formklasse genau bestimmt werden kann, JONSON's Tafeln für unsere Nadelhölzer gute Resultate liefern, doch immer unter der Voraussetzung, dass jeder Einfluss des Wurzelanlaufs auf den Brusthöhendurchmesser zuvor eliminiert wurde.

### C. Kubierung der finnischen Birke mittels Massentafeln.

Die Inhaltsbestimmung der Birke dürfte bisher unter Bedingungen, die sich mit den in Finnland herrschenden vergleichen liessen, noch nicht einer Untersuchung unterzogen worden sein. Die einzigen in der Literatur überhaupt vorkommenden Birkenmassentafeln befinden sich in den weiter oben angeführten bayrischen und in den von KRÜDENER herausgegebenen Massentafeln. Es kann jedoch mit Sicherheit angenommen werden, dass diese Tafeln sich auf, von den hiesigen durchaus abweichende

Wuchsvoraussetzungen beziehen, so dass von ihrer Anwendung in Finnland eigentlich nicht die Rede sein kann. Es blieben demnach also nur noch JONSON's Massentafeln nach, welche für eine Anwendung bei unseren sämtlichen Baumarten berechnet sind. Die in bezug auf Nadelholz erzielten Ergebnisse weisen darauf hin, dass es angebracht wäre, die Eigenschaften der Birke zuerst genauer zu untersuchen, bevor man zur Anwendung der JONSON'schen Methoden bei Kubierung dieser Baumart schreitet.

In vorliegender Untersuchung ist der Verfasser bestrebt die Inhaltsbestimmung der Birke zu erklären. Seine Berufstätigkeit und das Vorhandensein zweckentsprechender Probestämme hatten zu Folge, dass besonders die Birke von Nord Karjala zum Untersuchungsobjekt genommen wurde.

## III. Einsammeln des Untersuchungsmaterials.

### A. Wahl und Beschreibung der Probestände.

Sämtliche Probestämme wurden in den nördlichen Teilen des Kirchspiels von Pielisjärvi gemessen, wo im J. 1924 im Zusammenhang mit den taxatorischen Übungen der Forststudenten behufs Absteckung verschiedener Grenzlinien u.a. eine Menge Birken gefällt wurden. Ausser diesen wurde eine Anzahl groben Furnierholzes gemessen und zwecks Ergänzung des Materials ebenfalls Bäume extra hierzu gefällt.

Bei der Beschreibung der Probestände wurden deren Lage, topographischer Charakter des Platzes, Bodenart und Waldtyp, zu dessen Erläuterung ein Verzeichnis der vorkommenden Pflanzen (Tabelle I S. 12—13) gemacht wurde, vermerkt. Es wurden, um ein Bild des Bestandes zu erhalten, Beobachtungen über die Holzartverhältnisse, Dichte, Gesundheitszustand, Alter, Kubikmenge pro ha und mittlere Oberhöhe angestellt. Die meisten Probestände waren auf ehemaligen Brandäckern entstanden und hatten sich im Grossen und Ganzen in völligem Naturzustand entwickeln können.

### B. Messung der Probestämme.

Das einzusammelnde Material sollte soweit möglich, sämtliche in natürlichen Beständen vorkommende Dimensionen enthalten.

Bei der Untersuchung von Linienbirken und Furnierholz wurde nur insofern eine Auswahl getroffen, als missgebildete, verästelte und durch Menschenhand schwer geschädigte Bäume kassiert wurden. Bei Beachtung dieser Gesichtspunkte wurden ebenfalls die zu fällenden Bäume dermassen ausgewählt, dass sie tatsächlich den im Material fehlenden Dimensionen entsprachen. Sämtliche gemessene Bäume sind ihrer Grösse nach auf Tabelle II S. 20 zusammengestellt.

Bei Messung der Höhe wurde es als nötig befunden, den Ausgangspunkt auf das Niveau des Waldbodens, also auf den angenommenen Entstehungspunkt des Baumes oder aber auf den gedachten Schnittpunkt der Höhenachse des Baumes und der Erdoberfläche zu verlegen. Es wurde also keine bestimmte Stockhöhe benutzt. — Dank dem der Birke eignenden eigentümlichen Bau des Wipfels besteht eine Möglichkeit für Fehlberechnung in dem Umstand, dass sich die Länge des gefällten Baumes grösser als die Höhe des stehenden Baumes erweist. — Da ein grosser Teil der Probe-

bäume schon früher gefällt worden war, war es nicht möglich, Kronenuntersuchungen anzustellen; nur der Ansatz der lebenden Krone wurde verzeichnet.

Der Durchmesser des Baumes wurde in zwei senkrecht zu einander stehenden Richtungen für jedes Zehntel der Stammhöhe gemessen. Es ist diese Art der Messung bei Formuntersuchungen durchaus unentbehrlich, da hierdurch die Durchmesser von verschiedenen hohen Bäumen proportionell werden. Behufs Kubierung wurde ausserdem auch noch der Durchmesser in der Höhe  $1/40$  und  $39/40$  gemessen. In dieser Art und Weise wird der Baum immer unabhängig von seiner Grösse in elf Stücken kubiert. Hieraus ergibt sich u. a. der Vorteil, dass die prozentische Fehlermöglichkeit, wie HEIKKILÄ (1915) hervorhebt, für ungleich hohe Bäume konstant verbleibt. Da nun der unterste Messpunkt so niedrig wie  $1/40$  der Baumhöhe belegen ist, kann auch das Holz des Wurzelanlaufs besser beachtet werden. — Schliesslich wurde auch noch der Brusthöhendurchmesser bestimmt.

Die Dicke der Rinde wurde je an den Durchmesserstellen durch ein eingeschnittenes Loch gemessen. An gewissen Probebäumen war die Rinde infolge von Abschälung in bezug auf ihre Dicke missgebildet. Hier wurde für den Rindendurchmesser eine Korrektur auf Grund der Dicke der benachbarten oberen und unteren Rinde vorgenommen. Aus leicht zu erratenden Gründen kam dies meist am Brusthöhendurchmesser vor, bei dessen Messung es einer ganz besonderen strengen Kritik bedarf.

Um das Alter zu bestimmen, wurde, wenn es irgend möglich war, in jedem Probestand das Alter von je 3—5 Probebäumen abgelesen. Eine präzise Altersbestimmung war in Anbetracht der Beschaffenheit der Untersuchung nicht von Nöten. Das Alter der Probestände schwankte zwischen 16—150 Jahren. Jedoch war der grösste Teil derselben 60—120 Jahr alt.

Behufs Umgehung der Druckkosten musste von einer Veröffentlichung des Grundmaterials, welches im Ganzen 280 Probestämme umfasste, abgesehen werden.

#### IV. Behandlung des eingesammelten Materials.

##### A. Inhaltsbestimmung der Probebäume.

Die erforderlichen Kreisinhalte wurden 5-stelligen Tabellen entnommen. Bei der Arbeit nahm man Rechenmaschinen und logarithmische Rechenlineale zur Hilfe.

##### B. Untersuchung der Brauchbarkeit des Brusthöhendurchmessers.

Schon bei der Messung von Probebäumen wurde die Aufmerksamkeit von dem Umfang des Wurzelanlaufs der Birke und dessen unregelmässig aussehender Form gefesselt. Da nun einer etwaigen Abhängigkeit des Brusthöhendurchmessers von einem unregelmässigen Wurzelanlauf zweifelsohne bei einer Untersuchung, wie die vorliegende ist, eine ganz entscheidende Bedeutung beizumessen ist, so erwies sich eine Untersuchung dieses Umstandes schon gleich zu Anfang als ganz unumgänglich. —

Der Wurzelanlauf ist bereits früher u. a. von SCHIFFEL (1905) untersucht worden. Er beschrieb speziell die Ausdehnung des Wurzelanlaufs nach oben, mit Hilfe von graphischen Stammkurven, und kam zu dem Schluss, dass bei der von ihm untersuchten Baumart, der Lärche, der Wurzelanlauf im allgemeinen einen Einfluss auf den Brusthöhendurchmesser hatte. — MAASS (1913) untersuchte hauptsächlich die Abholzigkeit der Kiefer und Fichte unterhalb der Brusthöhe. MATSSON (1917 a

und b) beschrieb den Wurzelanlauf der Kiefer und der Lärche. — ARCHER (1920) und EIDE (1922) richteten ihre Aufmerksamkeit auf den Einfluss des Wurzelanlaufs bei der Kubierung von Sägeblöcken. Beide bedienten sich der graphischen Darstellungsweise.

Bei einer Beschreibung des Wurzelanlaufs standen infolge der Messungsart der Probebäume vorliegender Untersuchung nur ganz vereinzelt Durchmesser zur Verfügung. Die Stammkurven der gemessenen Probestämme wurden bei Benutzung sämtlicher Zehntelmessungen, bis zur Spitze, auf Millimeterpapier aufgezeichnet. Es konnten nicht alle veröffentlicht werden, sondern wurden als Beispiel nur der Höhenklasse von 21.1—23.0 m angehörende gebrochene Linien ausgewählt, die auf Fig. N:o 1 dargestellt sind. Auch der Kronenansatz wurde auf den gebrochenen Linien durch einen Kreis bezeichnet. Mit Hilfe der erhaltenen gebrochenen Linien ist es nicht möglich, den Übergang der konkaven »Wurzelkurve« in die konvexe »Stammkurve« genau anzugeben; dagegen liess sich, ähnlich ARCHER, an der Stelle des Wurzelanlaufs mittels der oberhalb desselben befindlichen Punkte mit grosser Wahrscheinlichkeit eine »normale« Stammkurve aufzeichnen. Auf Fig. N:o 1 ist dies mit punktierten Linien ausgeführt. Bei einem Vergleich der wahrscheinlichen Fortsetzung der Stammkurve mit der Wurzelkurve der Bäume erhält man eine recht gute Vorstellung von dem Wurzelanlauf.

Da es nicht möglich ist, den Inflektionspunkt der Stammkurve mit Hilfe der Figur zu bestimmen, wurde auf der Abbildung ausgemessen, um wieviel der Brusthöhendurchmesser unter dem Einfluss des Wurzelanlaufs zugenommen hatte. Es soll diese Zahl im folgenden als Masszahl des Wurzelanlaufs gelten. Und eignet sie sich allem Anschein nach vorzüglich zur Aufhellung des gegenseitigen Verhältnisses zwischen Brusthöhendurchmesser und Wurzelanlauf.

Auf Tabelle III S. 30 wurden die Abweichungen des Brusthöhendurchmessers je nach Waldtyp und Höhenklasse vereinigt. Es zeigt sich, dass der Brusthöhendurchmesser vom Wurzelanlauf abhängig ist. Die vom letzteren bedingte Abweichung ist direkt proportionell zur Höhe des Baumes. Jedoch gibt es auch unter den allerhöchsten Bäumen Fälle, in denen gar keine, oder höchstens eine nur ganz unansehnliche Abweichung zu bemerken ist. Der geringe Umfang des Materials gestattet es nicht, Schlussfolgerungen über etwaige Verschiedenheiten in den einzelnen Waldtypen zu ziehen. — Zur Erhellung des Umstands, in wie hohem Grade der Wurzelanlauf bei gleich hohen Bäumen vom Durchmesser abhängig ist, wurden die Bäume in der Höhenklasse 19—21 m je nach ihrem Brusthöhendurchmesser in Klassen von 5 cm eingeteilt. Sämtliche Waldtypen wurden zusammen untersucht. Das Ergebnis war Tabelle IV S. 31 aus welcher unzweideutig hervorgeht, dass bei Zunahme des Durchmessers, auch der Wurzelanlauf grösser wird. Jedoch ist eine bedeutende Unregelmässigkeit zu bemerken. Der Gedanke liegt nahe, dass vielleicht die Krone ihren Anteil an dieser Unregelmässigkeit haben könnte. Bevor dies untersucht werden kann, muss so weit möglich der auf Höhe und Durchmesser zurückzuführende Einfluss, durch einen Vergleich von ungefähr gleich hohen und starken Bäumen ausgeschaltet werden. Die 24 Probebäume mit einem Durchmesser von 20—30 cm der Höhenklasse 19—21 m sind in Tabelle V S. 32 nach der Höhe ihres Kronenansatzes in 5 %-Klassen eingeteilt und wurde die Brusthöhenabweichung einer jeden solchen Klasse für sich besonders untersucht. Es zeigte sich, dass zwischen den zu untersuchenden Eigenschaften keine Korrelation zu bemerken war. Doch muss hervorgehoben werden, dass

es nur wenig Probestämme gab, dass diese nicht durchaus gleich hoch und stark waren und schliesslich, dass der Kronenansatz keineswegs der geeignetste Exponent für die Krone sein dürfte. — Da im allgemeinen grosse Bäume meist auch alt sind, dürfte hieraus geschlossen werden, dass der Wurzelanlauf im Grossen und Ganzen ebenfalls direkt proportionell zum Alter ist.

Die Untersuchung des Wurzelanlaufs ergab, dass bei übermittelgrossen Birken der Wurzelanlauf einen grossen Einfluss auf den Brusthöhendurchmesser hat. Und muss bei der Ungleichmässigkeit dieses Einflusses die Brusthöhe als zum Messpunkt des Grunddurchmessers wenig geeignet bezeichnet werden. Massentafeln, welche von der Voraussetzung ausgehen, dass die Brusthöhe auf der konvexen Stammkurve liegt, können für solche Bäume, wie es die untersuchten Birken waren, keine befriedigenden Resultate ergeben. Infolge des Fehlens dieser Grundvoraussetzung, muss es als unzweckmässig bezeichnet werden, die JONSON'schen Massentafeln bei einer Kubierung von Birken, wenigstens von Birken in Nord-Karjala, zu benutzen, sondern müssen zu diesem Zweck neue Massentafeln aufgestellt werden.

### C. Bestimmung eines neuen Messpunktes für den Grunddurchmesser.

Ziel für die jetzt auszuarbeitenden Massentafeln ist, dass diese auch die Kubikmasse des einzelnen Baumes, mit grösstmöglicher Genauigkeit angeben sollen. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, als Basis für die Massentafeln irgend einen oberhalb der Brusthöhe belegenen Durchmesser zu wählen. Frühere Forscher u.a. JONSON haben vorgeschlagen in bezug auf den Brusthöhendurchmesser, in Fällen, wo dieser vom Wurzelanlauf abhängig zu sein scheint, eine Korrektur vorzunehmen. Eine derartige Berichtigung lässt sich an Bäumen, wie die untersuchten Birken kaum ausführen.

Da ein ansehnlicher Teil des Nutzholzes von Birkenstämmen sich gerade auf dem vom Wurzelanlauf beherrschten Gebiet befindet, muss der neue Durchmesser derart gewählt werden, dass der Wurzelanlauf beachtet wird, ohne dass man Gefahr läuft, den durch die Unregelmässigkeit desselben hervorgerufenen Störungen zu unterliegen. Geht man nun an die Bestimmung eines solchen »idealen Grunddurchmessers«, so kann man sich auf folgende Definition stützen: auf einem idealen Grunddurchmesser aufgestellte Massentafeln liefern ebenfalls für Einzelstämme möglichst richtige Werte.

Der Gedanke wurde derart ausgeführt, dass für mehrere als Proben ausgeschiedene Höhenklassen (14, 18, 22 und 24 m) Massentafeln in den allerverschiedensten Messhöhen des Grunddurchmessers ausgearbeitet wurden. Eine Massentafel der Höhenklasse wurde durch Aufzeichnen einer Massenkurve für die Probestämme der Höhenklasse erhalten. Zuvor war die Kubikmasse der Probestämme insofern korrigiert worden, dass eine Einwirkung der Höhe für jede Höhenklasse eliminiert wurde. Sämtliche Waldtypen wurden gemeinsam behandelt, da eine von Typ zu Typ sich ändernde Messhöhe des Grunddurchmessers kaum denkbar ist. — Es konnten nicht alle derart entstandenen Massenkurven veröffentlicht werden, sondern wurde die Höhenklasse 21—23 m als Beispiel ausgewählt, deren verschiedene Kurven in Fig. N:o 2 zu einem Diagramm zusammengestellt wurden. Vergleicht man die verschiedenen Massenkurven mit einander, so bemerkt man leicht, dass die Probestämme, bei Benutzung von niedrigen oder hohen Grunddurchmessern sich stärker um die Ausgleichungskurve ver-

streuen als wenn der Grunddurchmesser in der Höhe von c. 3—5 m liegt. Okulär kann man nicht entscheiden, welche Höhe die geringste Streuung zur Folge hat. Deshalb wurde für jeden Probestamm die Abweichung von dem durch die Kurve angegebenen Wert berechnet und durch dessen Benutzung als Vergleichsobjekt die Abweichung in Prozentische verwandelt. — Hierdurch wurden Abweichungspopulationen erzielt, von welchen als Beispiel die den Kurven von Fig. N:o 2 entsprechenden Populationen zu Intervallen von 2 % zusammengestellt auf Fig. N:o 3 dargestellt sind. Diese besitzen allem Anschein nach den Charakter einer Exponentialkurve. Als Mass für ihre Verstreuung kann man dann die Dispersion ( $\sigma$ ) berechnen. Die für sämtliche Kurven berechneten Dispersionswerte und mittleren Fehler der Dispersion ( $\varepsilon(\sigma)$ ) wurden auf Tabelle VI S. 38 zusammengestellt, auf welcher ebenfalls das arithmetische Mittel der Reihen (A) vermerkt ist, welches bis zu einem gewissen Grade das Gelingen der Ausgleichung angibt, von welchem der Wert der Dispersion jedoch nicht allzu intim abhängt. Die Dispersionswerte der Tabelle sind auf Fig. N:o 4 graphisch mit einander verglichen. Der ideale Grunddurchmesserpunkt wird von dem untersten Punkt der auf dieser Abbildung sich befindenden gebrochenen Linien angegeben. Wir sehen, dass er an hohen Bäumen höher als an niedrigen belegen ist, was ja auch ganz natürlich ist. Die auf der Abbildung zu Tage tretenden Unregelmässigkeiten rühren augenscheinlich von der Unzureichlichkeit des Materials für derartige Vergleiche her. Das Bild zeigt dass sich der Grunddurchmesser am vorteilhaftesten in der Höhe von 2.5—3.0 m messen lässt. Als neuer Grunddurchmesserpunkt wurde die Höhe von 3.0 Meter Abstand vom Erdboden angenommen. Diese Stelle besitzt den Vorzug, dass bei einer Kubierung in 2 m langen Holzstücken in der Höhe von 3 m so wie so ein Durchmesser gemessen werden muss. Und wird dadurch auch der Zusammenhang mit früherem Untersuchungsmaterial bewahrt. Der gewählte Punkt muss auch vom technologischen Gesichtspunkt aus als geeignet bezeichnet werden.

Die Dispersion für den Durchmesser bei 3 m Höhe wurde in sämtlichen Höhenklassen wie aus Fig. N:o 4 ersichtlich ist, ungefähr gleich gross berechnet. Von den Höhenklassen weist die von 14 m die grösste Dispersion 4.8 % auf. Diese Zahl kann als die das ganze Material vertretende Höchstzahl betrachtet werden, innerhalb deren Grenzen sich sämtliche untersuchten Höhenklassen einordnen lassen. Man kann also erwarten, dass die für 3.0 m Grunddurchmesser berechneten Massentafeln in bezug auf Einzelstämme Werte ergeben, von welchen die faktischen Werte auch in den schlechtesten Fällen praktisch genommen nicht mehr als um  $\pm 3$  Mal 4.8 % oder also  $\pm 14.4$  % abweichen, während 2/3 sämtlicher Fälle wenigstens innerhalb der Grenzen  $\pm 4.8$  % verbleiben. Das Gesagte gilt nur für über 13 m hohe Bäume, niedrigere wurden nicht in Betracht gezogen und dürfte die prozentische Fehlermöglichkeit der letzteren auch grösser sein, da die Kubikmassen an sich kleiner sind. Auch die Massenkurven der Höhenklassen wurden unabhängig von einander aufgezeichnet, so dass in den ihnen entsprechenden Gesamtkomplexen, den Massentafeln, die Dispersion um ein Geringes höher sein dürfte.

Bei der Bestimmung des neuen Grunddurchmessers war nicht nur der Wurzelanlauf sondern ganz besonders die Stammform im allgemeinen massgebend. Beruht doch direkt vom gegenseitigen Verhältnis der Stammform und der Kubikmasse des Baumes dass bei Benutzung von niedrigen Grunddurchmessern, vollholzige Bäume in den Volumendiagrammen oberhalb der Ausgleichungskurve stehen werden, während sie

bei höheren Grunddurchmessern unter die Kurve geraten. Abholzige Bäume verhalten sich selbstverständlich ganz entgegengesetzt, und Bäume von mittelmässiger Stammform werden sich stets, unabhängig von der Messhöhe des Grunddurchmessers in der Nähe der Ausgleichungskurve befinden. Die Bäume müssen also gewissermassen von der einen Seite der Kurve nach der anderen wandern, und da gibt es denn natürlich einen Punkt, in welchem sämtliche Bäume sich so nahe wie möglich an die Ausgleichungskurve halten. Und dies ist gerade der Punkt, welcher der idealen Messhöhe des Grunddurchmessers entspricht. — Das tatsächliche Vorhandensein der oben beschriebenen Umstellung kann man in Fig. N:o 5 bestätigt finden, in welcher die Kurven der Grunddurchmesser 1.3 und 6.0 m aus Fig. N:o 2 sowie alle jenen Punkte die unterhalb der Brusthöhenkurve liegen, verzeichnet sind. Man sieht, wie die Punkte der 6 m Kurve nach der Ausgleichungskurve hinstreben; die allermeisten sind oberhalb der Kurve belegen.

Es lässt sich denken, dass sich hiermit für eine Baumart, die keiner nennenswerten Störung von Seiten des Wurzelanlaufs ausgesetzt ist, eine solche Messhöhe des Grunddurchmessers finden liesse, dass durch auf letzterer aufgestellte Massentafeln auch die Kubikmasse von Einzelstämmen mit einer Genauigkeit berechnet werden könnte, deren Fehlergrenzen noch bedeutend enger als die im obenstehenden für die Birke von Nord-Karjala bestimmten, gezogen werden könnten.

#### V. Die Massentafel.

Bei Aufstellung von Massentafeln ist es allgemein gebräuchlich die erforderlichen Ausgleichungen mit Hilfe von Formzahlen auszuführen. In der Literatur gibt es keine Stammformzahl für einen so hohen Grunddurchmesser wie 3 m. Indessen ist man zu der Annahme berechtigt, dass diese Formzahl für niedrige Bäume nicht zweckmässig sein dürfte, aber kann von einem 3 m Grunddurchmesser selbstverständlich nur bei einer Kubierung von ausgewachsenem Wald die Rede sein. — Auf Fig. N:o 6 würden die Formzahlen sämtlicher über 7 m hohen Probestämme in ein und dasselbe Koordinatensystem eingetragen. Die Probestämme wurden je nach den Waldtypen mit verschiedenen Zeichen wiedergegeben. Das Bild zeigt, dass hohe Bäume eine kleinere Formzahl als niedrige besitzen. Die Waldtypen scheinen sich dadurch von einander ziemlich deutlich zu unterscheiden, dass die besseren Böden eine grössere Formzahl haben, als die schlechteren. — Das Material erwies sich als zu dürftig, um einen sicheren Schluss in bezug auf das gegenseitige Verhältnis von Durchmesser und Formzahl zu ziehen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist jedoch bei mittelgrossen und höheren Bäumen die Formzahl nicht von Durchmesser abhängig. Daraufhin wurden die Punkte in Fig. N:o 6 aus freier Hand gegenseitig ausgeglichen; als Basis der Ausgleichung dienten die in der Abbildung vermerkten berechneten Teilmittelwerte. Die den Ausgleichungskurven entsprechenden Formzahlenwerte sind in Tabelle VII S. 45 enthalten. Die Massentafel selbst konnte dann mit letzteren als Basis aufgestellt werden. Wie Tabelle VIII S. 46 darlegt, machte sich jedoch am »kleinen Ende« der Massentafel der Widerspruch geltend, dass das Volumen von 9 m Länge an abwärts zuzunehmen begann. Es dürfte dies darauf beruhen, dass die Ausgleichungskurve auf Fig. N:o 6 infolge der wenigen Probestämme an ihrem oberen Ende zu hoch gezogen war. Die eigentliche Ursache wird wohl der Umstand sein, dass 3 m ein zu hoher Grunddurchmesser für so kleine Bäume sein dürfte, worauf ja schon hingewiesen wurde. Im folgenden soll gezeigt werden, wie dieser Widerspruch beseitigt werden kann.

Die Massentafel hätte sich eventuell auch in der Weise ausarbeiten lassen, dass man die Kubikmasse der Probestämme direkt gegenseitig ausgeglichen hätte. Es sind denn auch schon bei der Untersuchung des Messpunktes für den Grunddurchmesser zahlreiche derartige Ausgleichungen höhenklassenweise ausgeführt worden. Zeichnet man nun die Massenkurven der fehlenden Höhenklassen, so müsste die Massentafel nur durch einfache Ablesung entstehen können. Es empfiehlt sich jedoch sich zuvor davon zu überzeugen, dass die Massenkurven der verschiedenen Höhenklassen einheitlich sind. Dies ist durch Einzeichnung der Massenkurven sämtlicher Höhenklassen in ein und dasselbe Koordinatensystem geschehen. In Fig. N:o 7 bezeichnen die fortlaufenden Linien die erwähnten Massenkurven, deren Verlauf, wie das Bild zeigt, teilweise sehr unregelmässig ist. Es beruht dies natürlich auf dem geringen Umfang des Materials: es lassen sich also keine Massentafeln auf diese Weise aufstellen. Dagegen bieten die Massenkurven der Abbildung die Möglichkeit zu einem anderen interessanten Vergleich. Stellt nämlich die mit Hilfe der Formzahlen errichtete Massentafel eine gelungene Ausgleichung des Materials dar, so müssten die nach den Massentafeln gezeichneten Massenkurven eine richtige Ausgleichung für die in der Abbildung befindlichen unregelmässigen Massenkurven bilden. Es wurden denn auch die den Massentafeln entsprechenden Massenkurven mit unterbrochenen Linien in das Bild eingezeichnet. Man sieht, so weit sich dies nach Augenmass beurteilen lässt, dass die unterbrochenen Linien eine überaus gelungene Ausgleichung der fortlaufenden Kurven zu mit einander übereinstimmenden Kurven zu bilden scheinen.

Der mit einander übereinstimmende Verlauf der mit Hilfe der Volumina ausgeglichenen Massenkurven der niedrigeren Höhenklassen macht es möglich, die in der zuerst aufgestellten Massentafel auftretende Inkonsequenz zu berichtigen. Die definitive, durch den Kurven entnommenen Werte ergänzte Massentafel befindet sich auf Tabelle IX S. 50—51.

#### VI. Untersuchung der Brauchbarkeit der aufgestellten Massentafel.

##### A. Vergleich mit dem eignen Material.

Man kann die Zweckmässigkeit der angewandten Ausgleichungsmethoden durch einen Vergleich der Massentafel mit dem eignen Material prüfen, wie wir es ja zum Teil schon am Ende des vorigen Abschnitts getan haben. Der Vergleich kann auch derart angestellt werden, dass die Probestämme aufs neue mit Hilfe der Massentafel kubiert werden und das auf diese Weise erhaltene Resultat mit der wirklichen Kubikmenge, die bekannt ist, verglichen wird. Es wurde letzteres in bezug auf sämtliche, über 4 m hohe Probestämme ausgeführt, und erhielt man das Resultat Tabelle X S. 52, in welcher die Probestämme nach den Waldtypen zusammengestellt sind. Die Tabelle zeigt, dass die Massentafel die Gesamtsumme der Probestämme um ein geringes zu klein, immerhin jedoch sehr genau ergeben hatte. Die Waldtypen weichen von einander in derselben Weise ab, wie es bei der Untersuchung der Formzahl der Fall war.

Immerhin er bietet eine Untersuchung der prozentischen Abweichungen der Probestämme eine objektivere Möglichkeit, die Anwendbarkeit der Massentafel zu prüfen, als ein Vergleich der Volumina selbst, da schon nur einige grosse Bäume leicht das Resultat in einer der faktischen Sachlage vielleicht nicht entsprechenden Weise verändern können. Doch können nur die Abweichungen von grösseren Bäumen prozentisch untersucht werden. Als Grenze wurde hier, in gleicher Weise wie bei der Bestimmung

der Messhöhe des Grunddurchmessers, die Höhe von 13.0 m genommen. Durch eine Zusammenfassung der erhaltenen Abweichungen in Intervallen von 2 % erhielt man als Resultat die in Tabelle XI S. 53 dargestellte Reihe, welche ihrer Form nach als einer normalen Exponentialkurve ideal entsprechende bezeichnet werden muss. Als arithmetisches Mittel der Reihe erhält man  $0 \pm 0.33$  %, welches so viel bedeutet, als dass die ausgeführte Ausgleichung im Grossen und Ganzen beurteilt, vorzüglich gelungen ist. Als Dispersion der Reihe erhält man  $4.93 \pm 0.24$  %. Auch dieses Charakteristikum deutet darauf hin, dass die Ausgleichung gelungen ist, denn die entsprechenden Dispersionen der zur Probe untersuchten Höhenklassen waren:  $4.80 \pm 0.58$  %,  $4.46 \pm 0.43$  %,  $4.12 \pm 0.48$  % und  $4.62 \pm 0.94$  %. Der Unterschied zwischen diesen Dispersionswerten und der Dispersion der Tabellen XI-Reihe, ist nämlich, bei Berücksichtigung der Mittelfehler nur ein geringer, und wie schon weiter oben erwähnt wurde, war man ja auch auf einen grösseren Wert der Dispersion gefasst.

#### B. Vergleich mit fremdem Material.

Die auf den im Zusammenhang mit den taxatorischen Übungsarbeiten der Universität von Helsinki entnommenen Probestämmen gefällten und kubierten Probestämme, erboten die Gelegenheit, in bezug auf die ausgearbeitete Massentafel eine Vergleichskubierung mit ganz fremdem Material anzustellen, welches letzteres ebenfalls aus Nord-Karjala stammte. Auf diese Weise hatte man ein 332 Probestämme umfassendes Probematerial zur Verfügung, dessen Verteilung auf verschiedene Altersklassen und Waldtypen aus Tabelle XII S.54 erhellt. — Diese Bäume wurden sämtlich mit Hilfe der auf S. 50–51 befindlichen Massentafel kubiert, und sind die Ergebnisse, bei Unterscheidung der in verschiedenen Jahren gemessenen Probestämme in Tabelle XIII S. 55 enthalten. Die Massentafel war der Kubierung des fremden Materials in seiner Gesamtheit ganz vorzüglich gewachsen. Auch die in verschiedenen Jahren gemessenen Probestämme konnte die Massentafel sehr gut kubieren, obgleich es sich nur um geringe Mengen handelte, die obendrein in verschiedenen Jahren in verstreuten Gegenden der weit ausgedehnten Provinz gemessen worden waren.

Auch in diesem Fall dürfte es von Interesse sein, die prozentische Verstreuung der Probestämme um die Tafelmittelwerte herum zu prüfen. Auch hier handelte es sich ausschliesslich um Bäume von über 13 m. Fasst man wieder die Abweichungen in Intervallen von 2 % zusammen, ergibt sich die Reihe der Tabelle XIV S. 56, welche also der sich auf Tabelle XI S. 53 befindenden Reihe des eignen Materials entspricht. Ebenso wie diese letztere, nähert sich ebenfalls die neu erhaltene Reihe in bezug auf ihre Form stark einer normalen Exponentialkurve. Das arithmetische Mittel der Reihe ist  $-0.14 \pm 0.37$  %. Auch dies beweist, dass die Massentafel die Gesamtsumme ausserordentlich gut kubiert hat. Für die Dispersion der Reihe erhält man  $5.44 \pm 0.26$  %, welches den entsprechenden Wert des eignen Materials, der  $4.93 \pm 0.24$  % betrug, übersteigt. Der Unterschied zwischen diesen Dispersionen, 0.51 % ist jedoch immer noch beträchtlich geringer als der dreifache mittlere Fehler des entsprechenden Unterschieds, der 1.05 % beträgt. Dies bedeutet so viel, als dass der Unterschied der Dispersionen als vom Zufall bedingt betrachtet werden kann. Er dürfte seine Erklärung lediglich in dem Umstand finden, dass die Probestämme des Vergleichsmaterials durchschnittlich bedeutend kleiner als die Probestämme des Grundmaterials der Untersuchung waren.

Bei einer Zusammenstellung der prozentischen Abweichungen nach Jahren, erhält man die Tabelle XV S. 57. Das arithmetische Mittel der Abweichungen hat dasselbe Zeichen wie die sich auf Tabelle XIII S. 55 befindenden Prozentfehler. Die Grösse variiert allerdings etwas, doch kann im Grossen und Ganzen gesagt werden, dass der direkte Volumenvergleich in diesem Falle ein ungefähr ebenso gutes Bild von der Brauchbarkeit der Massentafel gegeben hat, wie der bei weitem mühseligere Prozentenvergleich.

Von ganz besonderem Interesse sind die nach Waldtypen aufgestellten Vergleichsprobestämme, wenn schon die Anzahl der Probestämme einiger Waldtypen nur gering war. Die erhaltenen Resultate stehen in Tabelle XVI S. 58. Man bemerkt, dass die Waldtypen sich zum Teil anders als im eigenen Material von einander unterscheiden. Die Verschiedenheit im Myrtillus-Typ dürfte darauf zurückzuführen sein, dass zum Myrtillus-Typ des Vergleichsmaterials sicherlich eine Menge HMT-Böden gehörten, während diese im eigenen Material von dem typischen MT abgeschieden wurden. Die Verschiedenheit des Vaccinium-Typs muss hervorgehoben werden, da unser eigenes Material beträchtlich kleiner als das Vergleichsmaterial war. Betreffs der übrigen Typen ist es schwer, irgend etwas Bestimmtes auszusagen, denn sie sind in beiden Gruppen in nur geringem Umfang vorhanden. — Die Tabelle zeigt übrigens, dass auch kleine Baumengen in den für die Birke wichtigen Waldtypen — OMT und MT (HMT), auch VT — mittels der Massentafel durchaus hinreichend genau kubiert werden. Und auch die Kubikmenge der Birken in den übrigen Waldtypen scheint die Massentafel mit ziemlich befriedigender Genauigkeit anzugeben.

Auf Grund des im vorstehenden Dargestellten ist man zu der Annahme berechtigt, dass die hier aufgestellte Massentafel sich bei der Kubierung der Birke von Nord-Karjala als ausserordentlich brauchbar bewähren dürfte.