

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA. — FINSKA FORSTSAMFUNDET.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

17.

ARBEITEN
DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN
FINNLAND.

HELSINGFORSIAE 1920.

SUOMEN METSÄTIETEELLINEN SEURA. — FINSKA FORSTSAMFUNDET.

ACTA
FORESTALIA FENNICA

17.

ARBEITEN
DER
FORSTWISSENSCHAFTLICHEN GESELLSCHAFT
IN
FINNLAND.

HELSINGFORSIAE 1922.
DIE STAATSDRUCKEREI FINNLANDS.

Acta forestalia fennica 17.

Laitakari, Erkki, Tutkimuksia sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituus- ja paksuuskasvuun.....	1— 53
Referat (Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf den Längen- und Dickenwachstum der Kiefer).....	1— 4
Iivessalo, Lauri, Ulkomaisten puulajien viljelemismahdollisuudet Suomen oloja silmälläpitäen	1—112
Referat (Über die Anbaumöglichkeit ausländischer Holzarten mit spezieller Hinsicht auf die finnischen Verhältnisse)	1— 42
Pekkala, Mauno, Tutkimuksia kruununmetsätorppien taloudesta Kurun, Parkanon ja Ikaalisten pitäjissä.....	1— 78
Referat (Untersuchungen über die Wirtschaftsverhältnisse der Köterhöfe in den Staatsforsten)	1— 8

TUTKIMUKSIA

SÄÄSUHTEIDEN VAIKUTUKSESTA
MÄNNYN PITUUS- JA PAKSUUSKASVUUN

ERKKI LAITAKARI

HELSINKI, 1920
VALTIONEUVOSTON KIRJAPAINO

Sisältö.

	Siv.
Yleisiä näkökohtia sääsuhteiden vaikutuksesta kasvuun	1
Ilmastollisten tekijäin ja puiden kasvun suhdetta koskevat tun- netut tutkimukset ja havainnot	4

I. Tutkimusaineisto.

1. <i>Aineiston keräämisaiha ja edellytykset</i>	26
2. <i>Seudut, joilta aineisto on kerätty</i>	27
3. <i>Suoritettut pituus- ja paksuuskasvumittaukset.</i>	
A. <i>Pituuskasvumittaukset</i>	28
B. <i>Paksuuskasvumittaukset</i>	32
C. <i>Yleiskatsaus mittauksiin</i>	35
4. <i>Säätiedot</i>	36

II. Tutkimusmenetelmät.

1. <i>Mittaustavat</i>	38
2. <i>Aineiston käsittelytavat</i>	43

III. Erikoiskäsittely.

1. <i>Pituuskasvu ja sääsuhteet</i>	45
2. <i>Paksuuskasvu ja sääsuhteet</i>	49
<i>Johtopäätökset</i>	52

Liitteet:

Taululiite N:o 1. Kasvainmittausten keskiarvot.	
» » 2. Lustolevymittausten keskiarvot.	
» » 3. Lämpötila- ja sademäärätiedot.	
Graafinen taulu N:o 1.	
» » » 2.	

Alkulause.

Esillä olevan tutkielman pohjana olevaa aineistoa ei nykyisten korkeiden painatuskustannusten vuoksi voida julkaista, joskin se monessa suhteessa olisi ollut valaisevaa. Jotta kuitenkin kukin mittaus tavallaan tulisi edustetuksi, on mittaussarjojen keskiarvot yhdistetty taululiitteiksi tutkielman loppuun. Myös graafisia piirroksia on täyty-nyt supistaa mahdollisimman paljon, mikä osaltaan vähentää esityk- sen havainnollisuutta.

Tutkimustani varten olen Suomen Metsänhoitoyhdistykseltä saanut 200 mk:n stipendin, josta lausun kiitokseni.

Suuressa kiitollisuuden velassa olen ennen muita opettajalleni, prof., yläjohtaja A. K. Cajanderille, joka minua on arvokkailla neuvoillaan auttanut ja ylläpitänyt innostusta työhön.

Fil. maisteri Eino Saarelle, joka on antanut käytettäväkseni arvokasta aineistoa ja muutenkin minua avustanut työssäni, lausun parhaat kiitokseni.

Fil. tohtori A. L. Backmania, joka on erikoisella auliudella neuvotellut kanssani tutkimusaineestani, kiitän myös vilpittömästi, samoin myös Fil. tohtori Antti Tanttua hänen ystävällisesti antamistaan tiedoista.

Lopuksi pyydän erikoisesti kiittää niitä monia kirjoitus- ja lasku-apulaisiani, jotka minua uhrautuvasti ovat auttaneet yksitoikkoi- sessa numerotyössä.

Oulunkylässä, keväällä 1920.

Tekijä.

Yleisiä näkökohtia sääsuhteiden vaikutuksesta kasvuun.

Kasvien yleensä ja siis puidenkin kasvamisen ja vaurastumisen päätekijä on niiden ravinnon saanti. Laihalla ja karulla maalla, missä ravintoa vain niukasti on saatavissa, on kasvu hidasta, kun taas lihavalla maalla muutoin samanlaisissa oloissa sama kasvi kasvaa nopeasti. Verratkaamme vain esim. kanervatyypin ja käenkaalityypin mäntyjä. Eräiden kasvien elimistö tosin on mukautunut laihaankin kasvupaikkaan niin, että ne siinä voivat kasvaa hyvinkin rehevästi, esim. kanerva kuivilla kankailta. Mutta sellaisten kasvien suhteen ovat käsitteet lihava ja laiha maa aivan toiset.

Samantlaisissa oloissa kasvaneiden kasvien ravinnon saantiin ja niiden siitä johtuvaan parempaan tai huonompaan menestymiseen vaikuttavat, paitsi maassa olevaa ravintoainemäärää, sangen huomattavasti sääsuhteet ja niistä johtuvat ilmiöt. Maanviljelijälle on tämä seikka ilman muuta selvä. Hän puhuu hyvistä ja huonoista vuosista pääasiassa sen mukaan, ovatko sääsuhteet olleet edulliset vai ei. Viljelyskasvit ovatkin tässä suhteessa erikoisen herkkiä. Kysymykseen eivät tule kuukausien keskimäärät, vaan jopa parin tunninkin kestävä muutos esim. lämpötilassa voi aiheuttaa suuria vahinkoa. Puukasvit eivät ole yhtä herkkiä, korkeintaan taimi-iällä. Poikkeuksen tekevät vieraaseen ilmastoon tuodut puukasvit. Kuitenkin voivat esim. ankarat keväthallat vikuuttaa kotimaistenkin, ja taimi-iän sivuuttaneidenkin puiden kasvaimia ja täten aiheuttaa pituuskasvun vähenemisen. Myös paksuuskasvuun voivat eräissä tapauksissa äkilliset lyhytaikaisetkin ilmaston vaihtelut vaikuttaa, kuten tuonnempina huomaamme. Yleensä puheen ollessa ilmastollisten tekijäin vaikutuksesta puiden kasvuun, tarkoitetaan enimmäkseen jonkun verran pitempiaikaisten vaihtelujen vaikutusta. Niinpä ovat ensinnä tässä suhteessa kiinnittäneet luonnontutkijan tai metsänhoitomiehen huomiota pitempiaikaisten, kuukausia kestävien, tavallisuudesta poikkeavien ilmastosuhteiden aikaan saamat vaikutukset. Jo 1870 luvulla lausuivat eräät tutki-

jat, kuten myöhemmin tullaan esittämään, mielipiteenään, että sääsuhteet vaikuttavat puiden kasvuun, ryhtymättä kuitenkaan asiaa lähemmin todistamaan. Vasta vuosisadan vaihteessa, ja osittain vähän ennen sitä ruvettiin asiaa tieteellisesti tutkimaan. Sääsuhteisiin nähden tavallisuudesta poikkeavat vuodet 1901—1902 (pohjois-Euroopassa) ja 1904—1905 (keski-Euroopassa) antoivat tutkimukselle uutta vauhtia. Ja huomattavia tuloksia saavutettiin. Erinäisten kausien sääsuhteiden: lämpötilan, mutta osittain myös sademäärän huomattiin vaikuttavan niin puiden pituus- kuin paksuuskasvuunkin. Myös Ameriikassa alettiin jo 1900-luvun ensi vuosina kiinnittää huomiota puiden kasvun ja ilmastollisten tekijäin välisiin suhteisiin. Täällä huomattiin niinkään yhtäpitävyyttä puiden kasvun ja meteorologisten tekijäin, etenkin sateentulon välillä. Täällä kiinnitettiin myös huomiota puiden paksuuskasvun osoittamaan jaksottaisuuteen, jolla oli vastaavaisuutensa ilmastollisten tekijäin vaihteluissa. Kun varsinaiset meteorologiset havainnot eivät ulottuneet ajassa taaksepäin kuin joitakin kymmeniä vuosia, huomattiin puiden paksuuskasvusta voitavan päätellä ilmastollisten tekijäin, etenkin kosteutulon vaihteluja sangen pitkien ajanjaksojenkin päähän menneeseen aikaan. Ameriikkalaisten tavallista suurta mittakaavaa noudattaen valittiin tutkittavaksi puulajiksi m. m. mammut-petäjä ja päästiin täten ajassa yli 3000 vuotta taaksepäin. Kasvun kulkua osoittavan murtoviivan nousuja ja laskuja verrataan maantieteellisiin ja arkeologisiin tutkimustuloksiin sekä historiallisiin tietoihin ja huomataan yhtäpitävyyttä. Päätelläänpä vielä tuhansia vuosia sitten vallinneen ilmaston suhteesta nykyiseen, joskin tällaiset johtopäätökset toistaiseksi tuntuvat jonkun verran rohkeilta.

Edellä esitetyistä yleisistä piirteistä selvinnee jossain määrin käsiteltävänä olevan asian merkitys. Edelleen kehitettynä ja tieteen uusimpia saavutuksia hyväkseen käyttäen voi kyseenalaisen asian selvittely tuottaa melkoista hyötyä klimatologialle ja sitä apunaan käyttäville tieteille, tarjoten hyvän apuneuvon menneen ajan ilmaston ja sen vaihtelujen selville saamiseksi. — Käsillä oleva tutkimus ei kuitenkaan tässä suhteessa pyri uusiin saavutuksiin. Jotta meidän maamme oloissa mainitussa suhteessa saavutettaisiin tuloksia, olisi tutkittava mahdollisimman vanhoja puita, johon tekijällä ei ole ollut tilaisuutta. Toiseksi ovat pituuskasvututkimukset tässä suhteessa aivan merkityksettömiä, koska pituuskasvun ajassa taaksepäin seuraaminen joitakin vuosikymmeniä pitemmälle on mahdotonta. — Kuten jo on tullut mainituksi, on sääsuhteiden vaikutusta puiden kasvuun tutkittu m. m. keski-Euroopassa, Skandinaviassa ja Pohjois-Ameriikassa, siis verrattain erilaisissa ilmastosuhteissa. Kuten tuon-

nempana nähdään ovat lopputulokset melkolailta toisistaan eroavia. Tämä saattaa osaksi johtua sääsuhteiden erilaisesta vaikutuksesta eri ilmastovyöhykkeissä. Esillä olevan tutkimuksen tarkoitus on selvittää sääsuhteiden vaikutusta puiden kasvuun meikäläisissä oloissa. Eräissä tapauksissa voi ilmastollisten seikkain ja puiden kasvun välisen suhteen tuntemisesta olla suoranaista käytännöllistä hyötyä, kuten meikäläisetkin tutkijat ovat huomauttaneet. Sitäpaitsi onhan kaikkien, puiden kasvuun vaikuttavien tekijöiden tarkka ja perinpohjainen tunteminen järkipärisen metsänhoidon perusteita, ja siis sellaisenaan välillisesti hyödyksi.

Ilmastollisten tekijän ja puiden kasvun suhdetta koskevat tunnetut tutkimukset ja havainnot.

Asiaa koskevien tutkimusten kehityksen ja käytettyjen menetelmien selvittämiseksi sekä vertailun helpottamiseksi saavutettujen tulosten välillä, selostetaan seuraavassa lyhyesti tunnetut tutkimukset ja havainnot tältä alalta, kiinnittäen tärkeimpiin ja perustelluimpiin jonkun verran enemmän huomiota.

Jo vuonna 1867 lausui itävaltalainen tutkija A. Pokorny¹⁾ tavallaan näiden tutkimusten syntysanat. Hän nojautui kylläkin varsin mitättömään materiaaliin, mutta hänen viitoittamaansa tietä ovat monet tutkijat, joko tieteen tai tietämättään (ameriikkalaiset) kulkeet ja monet hänen tekemistään johtopäätöksistä ovat osoittautuneet oikeiksi. Hän lähtee siitä, että ilmastolla maantieteelliseen tai korkeusasemaan nähden on suuri vaikutus puiden kasvuun ja johtuu tästä sangen luonnollisesti päätökseen, että myös vuoden kliimaattisilla tekijöillä on merkityksensä tässä suhteessa. Jos voidaan näyttää toteen, että vuoden sääsuhteet kuvastuvat puiden kasvussa, vaikkapa vain suurin piirtein, lausuu Pokorny, tulevat puut saamaan osakseen suurta mielenkiintoa. Ne voivat palvella „meteorologisina vuosikirjoina” (Pokornyn sanonta), joiden tiedot ulottuvat ei vain vuosisatoja, vaan vuosituhansiakin menneeseen aikaan. Vuotuiseen kasvuun vaikuttavat satunnaiset tekijät, esim. hyönteistuhot, loukkaantuminen, varjotuksesta vapauttaminen, siemenenteko voidaan tutkimuksissa eliminoida ja puun iästä johtuva kasvun erilaisuus ottaa huomioon. Täten jää jäljelle tekijä, joka hyvin todennäköisesti voidaan lukea vuoden sääsuhteiden vaikutukseksi.²⁾

¹⁾ A. Pokorny. Über den Dickezuwachs und das Alter der Bäume. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse. 6. Band. Wien 1867. Siv. 207 ja seur. Siteerattu K. Böhmerlen kirjoituksessa »Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchs-Bestände» aikakauskirjan »Centralblatt für das gesamte Forstwesen» 5:nnessä vihossa v. lta 1907 sivv. 193—194.

²⁾ Samoja asioita esittää Pokorny saksal. luonnontutkijain ja lääkärin kokouksessa Innsbruckissa. Selostus esitelmästä »Botanische Zeitung» v:n 1869 n:ossa 44.

Vuonna 1874 ilmestyneessä teoksessaan „Forstbotanik” myöntää Nördlinger vuoden sääsuhteilla olevan vaikutusta sekä puiden paksuus- että pituuskasvuun, joskin hän sanoo riippuvaisuuden olevan vaikeasti osoitettavissa. Otaksumana lausuu hän kostean ja lämpimän kesän edistävän puiden kasvua, kuivan kesän taas vaikuttavan ehkäisevästi. Mitään erikoista materiaalia ei tekijällä näytä olevan.

Muutamia vuosia myöhemmin ilmestyi A. von Seckendorffin Pinus austriacaa koskeva tutkimus¹⁾, jossa kysymyksen alaista asiaa tosin käsitellään vain sivumennen, mutta aineisto sen sijaan ansaitsee huomiota. Massatauluja varten oli nim. Alaitävallasta ja Unkarista kaadettu useita tuhansia mustiamäntyjä. Näiden ikää määrittäessä huomattiin sangen kaukanakin toisistaan kasvaneiden puiden tyvileikkauksissa samanlaisia tyyppillisiä vuosilustoja vastaavina vuosina. Näitä lustoja nimitti tekijä karakteristisiksi vuosilustoiksi, ja käytettiin niitä m. m. iän määräämisen helpottamiseksi. Verrattessaan karakteristisia lustoja vastaavina vuosina vallinneisiin lämpötiloihin ja sademääriin on tekijä huomannut yhteyttä. Joka tapauksessa on hänen mielestään kasvupaikalla päävaikutus lustomuodostukseen, joskaan ei erikoisen lämpimien tai kylmien, samoin kuin sadeköyhien tai saderikkaittenkaan vuosien vaikutus ole vähäinen.

Vuonna 1882 on Karl Böhmerle käsitellyt karakteristisia vuosilustoja tutkielmassaan „Ueber charakteristische Jahresringe” sekä kehittänyt ajatusta edelleen v. 1895 kirjoituksessaan „Ueber vergleichende Zuwachsuntersuchungen”.²⁾

Vuonna 1887 mainitsee K. F. Thürmer eräässä kirjoitelmasaan³⁾, että hän Moskovan kuvernementissä tuli kiinnittäneeksi huomionsa kuusen kasvaimiin vuosina 1885 ja 1886. Jälkimäinen oli nim. edellistä huomattavasti lyhempi huolimatta kesällä 1886 vallinneesta lämpimästä ja samalla kosteasta säästä. Tultuaan jo ennen, puiden istuttamisaikaa käsitellessään, huomanneeksi, että edellisen vuoden loppukesän aikana tapahtuneella kehityksellä on vaikutusta seuraavan vuoden kasvuun, etsii hän huomiolleen tukea mainittujen vuosien kasvusuhteista. Vuoden 1886 lyhyen kasvaimen selittää hän johtuvan edellisen kesän ankarasta kuivuudesta, joka esti etenkin nuor-

¹⁾ Beiträge zur Kenntniss der Schwarzföhre (*Pinus austriaca* Höss.) von Dr. Arthur Freih. v. Seckendorff. I Theil. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesens Oesterreichs. Wien 1881.

²⁾ Mainituista Böhmerlen kirjoituksista on ed. aikak.-kirjassa »Centralblatt für das gesamte Forstwesen». Valitettavasti ei kumpaakaan kirjoitusta ole ollut saatavissa.

³⁾ Thürmer. Schädliche Witterungs-Einflüsse. Allgemeine Forst- und Jagd-Zeitung. Frankfurt am Main. 1887. Siv. 310.

ten ja matalajuuristen puiden keräämästä vararavintoa seuraavaksi vuodeksi. Saman ajatuksen esittää Thürmer ehkä hieman selvemmin eräässä v. 1891 ilmestyneessä teoksessaan¹⁾. — Sangen merkittävä havainto, joka kyllä perustuu vain 15 puun kasvainmittauksiin.

Myös Robert Hartig koskettelee ilmastollisten tekijäin vaikutusta kasvuun v. 1891 ilmestyneessä teoksessaan „Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen”. Hän myöntää vuoden sääsuhteilla olevan merkitystä kasvuun nähden, mutta tyytyy eksaktisten tutkimusten puutteessa toteamaan, että kylmät ja kosteat vuodet alentavat huomattavasti eräiden puiden kasvua. Myös kuivat vuodet voivat Hartigin mukaan haitata erittäinkin kujvilla mailla.

Vuonna 1894 julkaisti ranskalainen Henry²⁾ tutkielman kuivan vuoden 1893 vaikutuksesta puiden paksuuskasvuun Lothringissa. Hän mittasi vuosien 1891, 1892 ja 1893 lustoleveydet yli 250 puusta, enimmäkseen tammia, pyökkejä ja valkopyökkejä. Hän vertaa eri puiden kasvua eri maanlaaduilla kuivana vuonna 1893 ja kuivahkona vuonna 1892 vuoden 1891 kasvuun, jota hän pitää normaalisenä. Hän toteaa melkoisen kasvun vähennyksen kuivina vuosina ja huomaa, että juurten syvyys enemmän kuin maanlaatu vaikuttaa tuon vähennyksen määrään. Niinpä tammi oli kärsinyt vähemmän kuin valkopyökki ja tämä taas vähemmän kuin pyökki. Kuusestakin on joitakin havaintoja ja näyttää se kärsineen yhtä paljon kuin valkopyökki. — Lämpötilan merkitykseen kasvuun nähden ei Henry kiinnitä mitään huomiota. Vain kolmen vuoden kasvun tutkiminen johtaakin helposti erehdyksiin.

Toinen ranskalainen tutkimus kyseessä olevalta alalta nim. Émile Merin³⁾ ilmestyi seuraavana vuonna, siis 1895. Kirjoittaja tutkii eräiden tavallisuudesta poikkeavien vuosien vaikutusta jalokuusen ja kuusen pituus- ja paksuuskasvuun Vogeseilla. Noin 10 peräkkäisen vuoden lustoleveydet ja kasvainten pituudet on mitattu. Tutkittuja puita on vain kolmisenkymmentä. Päähuomio on kiinnitetty vuosiin 1888 ja 1893, joista edellisen kasvukausi oli saateinen ja kylmä, jälkimmäisen taas erikoisen kuiva. Kumpanakin vuonna huomataan sekä pituus- että paksuuskasvun vähennys. Kuitenkin näyttää kuiva kesä enemmän haitanneen pituus- kuin paksuus-

¹⁾ К. Ф. Тюрмеръ Пятьдесятъ лѣтъ лѣсохозяйственной практики Москва 1891. Siv. 72.

²⁾ Henry. Influence de la sechresse de l'annee 1893 sur la vegetation forestière en Lorraine. Comptes rendus des seances de l'Academie des sciences de Paris. Paris 1894. Tom. C. XIX. Siv. 1025.

³⁾ Émile Mer. Influence de l'état climaterique sur la croissance des sapins. Journal de botanique. Paris 1895. Siv. 178.

kasvua. Merkitystä on myös huomattu olevan sillä seikalla, mihin aikaan kesästä kuivuusperiodi sattuu. Alkukesällä vallitseva kuivuus nim. vähentää etupäässä pituuskasvua, kun taas loppukesäinen kuivuus koskee pääasiassa paksuuskasvuun. Että kuivuus enemmän haittaa pituus- kuin paksuuskasvua, selitetään johtuvan siitä, että nuoret kasvaimet kehitykseensä käyttävät paljon munanvalkuaisaineita, joihin tarvittavien aineosien ottoa maasta kuivuus estää, kun taas vuosilustot rakennusainekseen käyttävät pääasiassa hiilihydraatteja, joiden yhteyttämistä kuivuus ei ainakaan aluksi estä. — Mitä tulee kasvupaikkaan, on yleensä huomattu kuivuuden etelärinteillä eniten vähentäneen kasvua; turvesoilla on kasvun vähennystä kuivina vuosina tuskin ollut huomattavissa. — Eri korkeuksilta tehdyistä luston leveysmittauksista on huomattu, että suurin kasvun vähennys tavaataan oksattoman runko-osan keskivaiheilla.

Merin mielenkiintoinen tutkielma perustuu valitettavasti kovin pieneen aineistoon. Lisäksi ei lämpötiloista eikä sademääristä ole kirjoituksessa annettu lainkaan tietoja, lukuun ottamatta yleisiä määritelmiä: kuiva, kylmä j. n. e.

Pari vuotta viimeksi mainitun kirjoituksen jälkeen ilmestyi J. Friedrichin tutkimus „Über den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs”¹⁾. Tämän nimisen teoksen luulisi antavan melkoisesti lisäväläistystä käsiteltävämme olevaan kysymykseen. Teoksen kirjoittaja on kuitenkin sangen yksipuolisesti kiinnittänyt huomionsa puun ympärysmittan tunnista tuntiin ja vuorokaudesta toiseen tapahtuviin muutoksiin. Varsinaisen kasvun eroittaminen kosteuden aiheuttamasta tilapäisestä rungon laajenemisesta ja supistumisesta käy miltei mahdottomaksi. Tutkittu on yhdeksää puuta kahdeksaa eri puulajia, joihin kuhunkin kiinnitettiin kasvu-autograafi, joka automaattisesti merkitsi puun kehässä tapahtuvat muutokset 0.01mm:n tarkkuudella. Tutkimuksia tehtiin neljänä vuonna, 1892—95. Samalla paikalla, jossa puut kasvoivat (Mariabrunnin kasvitieteellisessä puutarhassa) mitattiin tarkoilla aparaateilla eri ilmastolliset tekijät. Sekä näiden että puiden kasvun kulusta esitetään suuri joukko käyriä. Lopputuloksena tutkimuksesta voidaan pitää johtopäätöstä, jonka mukaan puun vuorokautinen kasvu on sitä suurempi, mitä suurempi ilman suhteellinen kosteus on vastaavan vuorokauden aikana. Eri vuosien kasvun vaihtelua ei teoksessa ensinkään käsitellä, samoin ei pituuskasvuun kajota lainkaan.

Vuonna 1899 ilmestyi varsinaisesti ensimmäinen vuoden sääsuhte-

¹⁾ Mainittu teos kuuluu sarjaan »Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs». XXII vihko. Wien 1897.

den vaikutusta puiden kasvuun perusteellisesti käsittelevä tutkimus nim. Frank Schwarzin „Physiologische Untersuchungen über Dickenwachstum und Holzqualität von Pinus silvestris”. Kuten teoksen nimestäkin voidaan päätellä, käsittelee se muutakin kuin kyseessä olevaa asiaa, m. m. teoksen toinen osa selittää syyspuumuodostusta sekä useat ensimmäisen osan luvut muita paksuuskasvuun vaikuttavia tekijöitä. Sääsuhteiden vaikutuksen kannalta ovat huomioon otettavat ensimmäinen, toinen ja neljäs luku. Schwarz seuraa teoksessaan kasvua vuodesta vuoteen (ei päivästä päivään kuten Friedrich) ja tutkii sekä läpileikkausten pintakasvua että sädekasvua s. o. vuosilustojen leveyttä, kumpaakin rungon eri korkeuksilta otetuista leikkauksista. Mittaukset suoritettiin etupäässä mikroskooppisesti. Tätä tarkoitusta varten tutkittuja puita oli luvultaan 38, 39—185 vuoden ikäisiä. Puut kasvoivat Eberswalden tienoilla, hiekkamaalla eri boniteeteilla. Maan kosteussuhteiden vaikutuksen selvittämiseksi on tutkittuja puita otettu hyvin kuivalta, kostealta ja hyvin kostealta maalta. — Tekijä jakaa paksuuskasvun kulussa tapahtuvat vaihtelut sellaisiin, jotka esiintyvät jossain määrin vakinaisesti ja ulottuvat asteettaisena vaihteluna ainakin suureen osaan läpileikkauspintaa, sekä sellaisiin, jotka esiintyvät näköjään säännöttömästi, enimmäkseen vaihteluna lyhyehköjen ajanjaksojen kuluessa. Ensin mainittuihin kuuluu vuosiluston iästä johtuva vaihtelu, johon puolestaan taas vaikuttavat ulkonaisetkin seikat, kuten esim. lisääntynyt tai vähentynyt valon saanti, muuttunut maaperän laatu tai kosteus j. n. e. Vuosittaisia kasvun vaihteluja taas aiheuttavat ensi kädessä erilaiset vuoden sääsuhteet tai myös hyönteiset, tilapäiset vahingoittumiset j. n. e. Näistä päätelmistä johtaa tekijä tutkimusmenetelmänsä. Jonkun rajoitetun alueen puiden kasvun vaihteluja oli verrattava toisiinsa ja alueen meteorologisiin havaintoihin. Puiden pintakasvusta esitetään taulukkoja noin parinkymmenen vuoden ajalta, useimmassa tapauksessa vuodesta 1874 vuoteen 1894, samoin ilmastollisten tekijäin kulusta vuodesta vuoteen. Lisäksi esitetään kunkin tutkitun puun kasvua osoittavat murtoviivat. — Ensiksi ottaa tekijä tarkastettavakseen ilman lämpötilan vaikutuksen ja erottaa kasvua edeltävät kuukaudet (tammi—maalisk.), kasvun aikaiset (huhti—eloku.) ja kasvun jälkeiset kuukaudet (syys—jouluk.). Ilman lämpötilalla onkin tekijä huomannut olevan tärkeän, vieläpä ratkaisevan merkityksen kasvuun nähden. Suurinta yhdennukaisuutta kasvun kulun kanssa osoittaa kasvua edeltävän kauden lämpötila, kun taas huhti—elokuun lämpötila ei osoita juuri mitään samansuuntaisuutta. Tammi—maaliskuun lämpötilan tärkeyden selittää tekijä johtuvan siitä, että tällöin tapahtuvat puussa ne tärkeät kemialliset toiminnot,

jotka johtavat kasvun alkamiseen aikaisemmin tai myöhemmin ja tästä johtuvaan kasvukauden ja siis kasvunkin suurempaan tai pienempään mittaun. — Maaperän lämpötilan vaikutusta kasvuun ei kirjoittaja tekemiensä havaintojen nojalla voi määritellä. — Sademäärän vaikutusta tutkiessaan on Schwarz tullut siihen tulokseen, että vain touko—heinäkuun sademäärällä on merkitystä puiden paksuuskasvuun nähden. Etenkin kesä- ja heinäkuun runsaat sateet edistävät tekijän huomioiden mukaan paksuuskasvua. — Sademäärän vaikutus ei kuitenkaan ole niin tuntuva kuin lämpötilan. Kuitenkin huomauttaa tekijä, että matalajuuriseksiin puulajeihin voi kuivuudella olla suurempi vaikutus kuin mäntyyn. — Tekijä on huomannut, että toisinaan esiintyy kasvun murtoviivassa vaihteluja, joita ei voida johtaa ilmastollisista eikä muistakaan tarkalleen tunnetuista syistä. Tällaisia yksillöllisiä tekijöitä, jotka peittävät sääsuhteiden vaikutuksen, ovat puun ympärillä olevan maaperän ja maanpinnan laatu, johon kosteus voi vaikuttaa vaihtelevasti, puun valo- ja juurikilpailu, mahdollisesti toimitetut apuharvennukset j. n. e. Nämä yksillölliset tekijät tulevat yleensä paraiten ilmi vähemmän karakteristisina vuosina ja silloin kuin puun kasvukyky on heikentynyt, esim. huonon maanlaadun, liiallisen vesiperäisyyden, liiallisen varjostuksen tai vieläpä hyvin korkean iänkin vaikutuksesta. Kasvumurtoviiva osoittaa tällöin vain poikkeuksellisimpina vuosina sääsuhteiden mukaaisia vaihteluja.

Schwarzin tulokset ovat varsin huomioon otettavia ja hänen tutkimistapansa perusteellista. Valitettavasti on tutkimusaineisto niin pieni, ettei se saa lukijaa täydelleen vakuutetuksi tulosten paikkansa pitävyydestä.

Skandinavian maissa kiinnostavat tutkijain ja metsänhoitomiesten huomion puoleensa vuodet 1901 ja 1902, joiden kasvukaudet olivat sääsuhteiltaan mahdollisimman vastakkaiset. Vuoden 1903 „Skogsvännens” kirjoittaa Th. Örtenblad äsken mainittujen vuosien vaikutuksesta¹⁾ tehden muutamien mittausten nojalla sen johtopäätöksen, että vuoden 1901 kuivuus häytti, mutta vuoden 1902 runsas sademäärä edisti pituuskasvua. — Nähtyään vuoden 1903 kasvaimen tulee Örtenblad kuitenkin toiseen käsitykseen ja palaa asiaan uudelleen kirjoituksessaan „Tillens höjdtillväxt åren 1901—1903”²⁾. Tällä kertaa syvenyy hän asiaan perusteellisemmin. Hän mittaa vuosien 1901—1903 kasvaimet parista kymmenestä Vesterbottenin läänin män-

¹⁾ Th. Örtenblad. Inflytandet af 1901 och 1902 års sommarvederlek på trädvegetationen. Skogsvännens. Stockholm 1903. N:o 2.

²⁾ Main kirjoitus on julkaisussa »Årsskrift från föreningen för skogsvård i Norrland för år 1903». Tukholma 1904. Siv. 33.

nystä ja vertaa kasvua vastaavien vuosien sääsuhteisiin ottaen lisäksi huomioon routa- ja kirsimuodostukset. Vertailun tuloksena esittää kirjoittaja, että jälkikesän sääsuhteilla on mitä suurin vaikutus seuraavan kevään kasvuun. Mitä lämpimämpi jälkikesä on, sitä enempi vararavintoa ehtii kerääntyä puuhun ja sitä runsaampi on seuraavan vuoden pituuskasvu. Kirren sulamisaika vaikuttaa myös pidentävästi tai lyhentävästi kasvukauteen ja siis kasvuunkin. Niinpä vuoden 1902 keväällä sulsi kirsi hyvin aikaisin, mikä osaltaan tekijän mukaan vaikutti vuoden erinomaisen pitkän kasvaimen syntymiseen. Vuonna 1903 taas tuli kirsi vasta myöhään, joka osaltaan ehkä oli syynä vuoden lyhyeen kasvaimen. Sateilla voi Örtenbladin mukaan olla vaikutusta pituuskasvuun vain niiden sattuessa kevätkestä ja silloinkin on niiden pääansio kirren sulattamisessa, koska keväisin harvoin vallitsee kosteuden puute.

Miltei samaan aikaan edellisen kirjoituksen kanssa ilmestyivät Henrik Hesselmanin tutkielmat „Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarne 1900—1903” ja „Om tallens diametertillväxt under de sista tio åren”¹⁾. Selvittääkseen ensin männyn pituuskasvusuhteita on Hesselman hankkinut näytteitä Ruotsin eri osissa kasvaneiden nuorien, miehen korkuisten mäntyjen kasvaimista vuosilta 1900—1902, osittain 1900 tai 1901—1903. Näytteitä on 35 eri paikkakunnalta; kullakin on 3—5 puuta, joiden mittauksista aina on otettu keskiarvot. Lämpötila- ja sademäärätietoja on eri osista maata, kaikkiaan 15 havaintoasemalta. Vertailltuaan toisiinsa näitä tietoja sekä lisäksi neulasten pituudesta ja kääpiöversojen luvusta tehtyjä havain-toja, tulee Hesselman siihen tulokseen, että vuoden 1901 lämmin ja kuiva kesä on suuresti edistänyt männyn elontoimintoja; vain hyvin epäedullisilla paikoilla kasvaneet puut ovat kuivuudesta kärsineet. Uusien silmujen muodostuminen ja vararavinnon keruu niiden edelleen kehittymistä varten edistyi paremmin kuin useina läheisinä vuosina. Tästä johtuen saavutti seuraavan vuoden kasvain harvinaisen suuren pituuden. Etenkin Norrlannissa oli tämä ilmiö silmiin pistävä. — Lämmön puute ja ehkä runsas sade, mutta varmaan myös suuri pilvisuus aiheutti vuonna 1902 männyn elontoimintojen huomattavan laskun, joka oli syynä seuraavan vuoden kasvainten tavattomaan lyhyteen. Lopuksi huomauttaa Hesselman, että männyn eri elontoiminnoilla näyttää olevan eri optimaalilämpötilat. Siten silmujen aukeaminen ja kasvainten kehitys voi esteettömästi tapahtua niin alhaisen lämpötilan vallitessa.

¹⁾ Molemmat mainitut kirjoitukset ovat julkaisusarjan »Meddelanden från Statens Skogsförsöksanstalt» ensimmäisessä vihossa vuodelta 1904. Myös ovat ne julkaistuna »Skogvårdsföreningens Tidskriftissä» v:ltä 1904.

että se silmujen muodostukseen ja vararavinnon hankkimiseen vaikuttaa perin haitallisesti. Viimeksi mainittu toiminta tapahtuu Ruotsissa heinä- ja elokuun aikana ja siis normaalisesti korkeamman lämpötilan aikana kuin kasvainten kehittyminen.

Tutkiakseen männyn paksuuskasvusuhteita on Hesselman hankkinut kairalastuja eri osista Ruotsia keski-ikäisistä ja osaksi vanhemmistakin männystä erilaisilta kasvupaikoilta. Tutkittuja puita on 31. Vuosien 1895—1904 lustoleveydet on mitattu. Kuukausien keskilämpötiloista samoilta vuosilta esitetään tietoja eri osista maata. Kasvun kulusta on piirretty murtoviivat, kunkin paikkakunnan (puuryhmän) puiden keskiarvojen mukaan. Verrattaessa kasvua sääsuhteisiin on päähuomio kiintynyt vuosiin 1901 ja 1902, joiden paksuuskasvussakin on silmiin pistävä ero, vaikka päinvastaiseen suuntaan. Vuoden 1901 korkea lämpötila on, yleisestä sateen puutteesta huolimatta edullisesti vaikuttanut paksuuskasvuun, lukuun ottamatta seutuja, joissa kuivuus on ollut erikoisen ankara. Vuoden 1902 paksuuskasvu taas oli vähäinen, mikä johtui vallinneesta sangen alhaisesta lämpötilasta. Runsaasta sademäärästä se ei voinut johtua, sillä esim. vuoden 1898 sateentulo oli melkein yhtä runsas, lämpötila vain oli silloin normaalin, ja paksuuskasvu sen vuoksi tavallista suurempi. Kuitenkaan ei Hesselman voi selittää v:n 1898 runsasta kasvua yksinomaan lämpötilasta johtuvaksi, sillä se ei ollut juuri normaalista suurempi, vaan selittää hän sen osaksi johtuvan vuoden neulasrunsaudesta. — Lopputuloksina sekä pituus- että paksuuskasvua koskevista tutkimuksistaan esittää Hesselman: 1) Pituuskasvu ja kääpiöversojen muodostuminen ovat oleellisesti edellisen kasvukauden vaikutuksen alaisia. 2) Neulasten pituuteen ja sadekasvuun vaikuttaa oleellisesti vallitseva kasvukausi. Edellinen kesä vaikuttaa jonkun verran sen kautta, että se osaltaan määrää neulasrikkauden, joka puolestaan määrää yhteyttämistuloksen.

Niin Örtenbladin kuin Hesselmaninkin tutkimukset ovat tuloksiltaan huomattavia, vaikka perustuvatkin yleensä varsin pieneen aineistoon. Hesselmanin tutkimusaineistolla on kuitenkin se etu, että se on koottu varsin laajalta alalta. Tutkimukset käsittävät muuten liian lyhyen ajanjakson ollakseen täysin päteviä. Meidän oloihimme nähden on niillä kuitenkin suuri merkitys, koska ne ovat ensimmäiset, joiden tuloksia voidaan ajatella suoraan sovellettaviksi meidän oloihimme.

Osoitteeksi siitä, miten yleistä mielenkiintoa vuosien 1902 ja 1903 abnormit pituuskasvaimet Ruotsissa herättivät, mainittakoon vielä nimimerkki J. E. K (i n m a n):in kirjoitus 1904 vuoden „Skogsvän-

nenissä”¹⁾. Huomattuaan v:n 1903 lyhyet kasvaimet, on kirjoittaja mitannut 9 nuoren puun (6 mäntyä, 3 kuusta) kasvaimet v:sta 1903 v:een 1894. Vertailtuaan vuosien 1901—1903 kasvaimia vastaaviin sääsuhteisiin on kirjoittaja tullut saman suntaiseen johtopäätökseen kuin Örtenblad ja Hesselman, etteivät nim. pituuskasvuun vaikuta yksistään kuluva, vaan myös, ja ehkä yhtä paljon, edellisen vuoden sääsuhteet.

Keski-Euroopassa oli kesä 1904 erittäin kuiva ja kuuma, samoin osittain seuraavakin kesä. Kuivuuden vaikutusta kasvillisuuteen käsiteltiin monissa kokouksissa ja kirjoitelmissa. Myös kuivuusperiodin merkitys puiden kasvuun nähden tuli puheen alaiseksi. V. 1907 julkaisi A. Cieslar asiasta ansiokkaan kirjoituksen²⁾. Pituuskasvun selvittämiseksi tarkastaa tekijä kolmea kuusiviljelys-koekenttää. Kaksi ensimmäistä ryhmää kasvoi tuoreella, kolmas kuivalla maalla. Tainten iät v. 1904 olivat 11, 8 ja 9 vuotta ja niiden luku yli 10000. Vuoden 1904 kuivuus vaikutti huomattavasti vain kolmanteen ryhmään. Seuraavana vuonna sen sijaan oli kaikkien ryhmien pituuskasvussa suuri lasku. Tekijä selittää samoin kuin Hesselmanin (jonka tutkimuksiin hän on tutustunut) tämän laskun johtuvan epäsuotuisista oloista edellisen vuoden syyskesällä, jolloin uudet silmut muodostuvat ja vararavintoa seuraavaksi vuodeksi kerääntyy. Ero on vain siinä, että olosuhteet, jotka Skandinaviassa olisivat edistäneet mainittuja kasvin toimintoja, olivat keski-Euroopassa epäedulliset. Kumpiko tekijä lämpötilako vai sademäärä on ratkaiseva kasvuun nähden, tätä koettaa tekijä selittää „kasvullisuusosamäärän” avulla. Osoittajana on sadekorkeus ja nimittäjänä lämpötila. Kun osamäärä kevästä kesään päin pienenee, päättää tekijä sademäärällä silloin olevan suuremman vaikutuksen. Lopputulokseksi saadaan siis, että heinä—elokuun sääsuhteet, etenkin sademäärä, ovat puiden pituuskasvulle seuraavana vuonna hyvin tärkeät. Tämä yleistetään koskemaan myös muita ilmasto-alueita seuraavaan tapaan: Edellisen vuoden loppukesän sääsuhteet vaikuttavat pituuskasvuun joko positiivisesti tai negatiivisesti sen mukaan, lähentääkö sääsuhteiden tila kasvuedellytyksiä optimiin, vai edentäkö se niitä optimista.

Saadakseen selville sääsuhteiden vaikutuksen puiden paksuuskasvuun, on Cieslar mitannut vuosilustojen leveydet 1.3 m:n korkeudelta otetuista kairalastuista vuodesta 1902 vuoteen 1905; useissa tapauk-

¹⁾ J. E. K. (in man). Hvarföre aro barrträdens årsskott under år 1903 abnormt korta? Skogsvännen. Stockholm 1904. Nr 1.

²⁾ A. Cieslar. Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. Centralblatt für das gesamte Forstwesen. 6. Heft. Wien 1907 S. 233.

sisä on vuosi 1906:kin otettu lukuun. Tutkittuja puita on 129 ja ovat ne kokonaista kahtakymmentä eri lajia, sekä havu- että lehti-puita. Tutkitut puut ovat erilaisilta kasvupaikoilta, eri korkeuksilta meren pinnasta lukien ja melko kaukana toisistaan sijaitsevilta kasvupaikoilta. Mittauksia verrataan vastaaviin meteorologisiin havaintoihin. Tällöin huomataan, että vuoden 1904 abnormit sääsuhteet suuresti ovat alentaneet paksuuskasvua sanottuna vuonna; vain tuoreimmilla kasvupaikoilla ei vaikutus tunnu. Muualla se melkein poikkeuksetta on havaittavissa; vieläpä seuraavankin vuoden kasvu on normaalia heikompi. Eri puulajit suhtautuvat yleensä jotensakin samoin v:n 1904 vaikutuksiin. Huomattavaa on, että Yläitävällä, jossa kesä v. 1904 ei ollut emikoisen kuiva, ei myös kasvun vähennystä havaita. — Mielenkiintoinen havainto on tehty Obersteinmarkissa n. 1400 m:n korkeudella kasvaneiden puiden suhteen. Vaikka täällä heinä—elokuun lämpötila v. 1904 oli huomattavan korkea ja sateentulo pieni, oli puiden paksuuskasvu samana vuonna aivan normaalin, paikoin parempikin. Tässä tekijä huomaa saman ilmiön, minkä Hesselman totesi Ruotsissa. Täällä on siis tavallista korkeampi lämpötila aiheuttanut kasvusuhteiden paranemisen, kun se tavallisella korkeudella vaikutti päinvastoin. Kaikki huomiot todistavat siis, päättää tekijä, että paksuuskasvu on suuresti riippuvainen saman vuoden sääsuhteista.

Yllä selostetut Cieslerin tutkimukset, vaikka nojautuvatkin melko laajaan aineistoon, käsittävät vain peräti harvoja vuosia, samoin kuin ranskalaisten Henryn ja É. Merin. Huomio on yksipuolisesti kohdistettu vain vuoteen 1904. Myös lämpötilan ja sademäärän suhteet kasvuun ovat vaillinaisesti selvitettyt. Kumpiko tekijä paksuuskasvun suhteen on tärkeämpi, ei selviä lainkaan. Cieslar väittää tutkimustensa kautta kumonneensa Schwarzin tulokset. Tämä väite tuskin kuitenkaan pitää paikkaansa. Myöntäähän Schwarz nimenomaan kasvukauden sademäärällä olevan melkoisen vaikutuksen paksuuskasvuun.

Myös Karl Böhmerle on kiinnittänyt huomionsa vuoden 1904 kuivuusperiodiin¹⁾. Hän tarkastelee kokonaisten koelametsikköjen pohjapinta-alan kasvua vuodesta vuoteen ja huomaa, että vuoden 1904 kasvuprosentti on tavallista pienempi, samoin seuraavankin vuoden, joskaan ei niin huomattavasti. Vähentynyt kasvu selitetään 1904 vuoden kuivuuden aiheuttamaksi. Yleensä ovat harvat metsiköt kärsineet enemmän kuin tilheät, nuoret enemmän kuin vanhat ja huonolla kasvupaikalla olevat enemmän kuin hyvällä.

¹⁾ Karl Böhmerle. Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände. Centralblatt für das gesamte Forstwesen. 5. Heft. Wien 1907.

Sivumenne non myös A. Möller¹⁾ tullut kosketelleeksi männyn pituuskasvua ja on tehnyt männyn taimia tarkastellessaan sen huomion, että edellisen vuoden ravitsemissuhteet määräävät kasvainten pituuden, kun taas neulasten laatuun vaikuttavat saman vuoden kasvuolot.

Ameriikassakin on puiden kasvun ja ilmastollisten tekijäin väliin suhteisiin kiinnitetty melkoista huomiota. Vuonna 1909 julkaisee A. E. Douglass ensimmäisen tutkielmansa täältä alalta²⁾. Hän pitää jo edeltäkäs selvänä, että puiden vuotuinen kasvu, ainakin Arizonan valtiossa ja yleensä seuduilla, missä veden saanti on rajoitettua, kuvastaa suuressa määrin sateentulon runsautta. Hän mainitsee, että E. E. Bogue on jo 1905 huomannut yhteyttä puiden kasvun ja sateentulon välillä. —Douglass on tutkinut pääasiassa keltamäntyjä (yellow pine, Pinus ponderosa) Arizonan pohjoisosasta, jossa ilmanala on verrattain kylmä. Tämä seutu on Coloradon ylätasankoa ja on keskim. 6000 jalkaa merenpinnan yläpuolella. — Tutkittuja puita oli 25, niiden ikä vaihteli 200—500 vuoteen ja ne kasvoivat 12—15 mailin laajuisella alueella Flagstaffin kaupungin ympäristössä. Kunkin puun vuosilustojen leveydet mitattiin kantoleikkauksista, ensimmäiset jo vuonna 1904. Keskiarvoista on piirretty diagrammeja, joita kuitenkin ei kirjoituksessa ole voitu julkaista ja joka suuresti haittaa esitystä. Vertailuja on tehty saatavissa oleviin sademäärätietoihin ja huomattu lähempää peräisin olevien tietojen osoittavan suurta yhdenmukaisuutta kasvumittauksiin nähden. Vuoriperällä on havaittu olevan vaikutusta sikäli, että kalkkipohjalla kasvavien puiden kasvu on paljon herkempi sateentulon vaihteluille kuin vulkaanisella vuoriperällä kasvavien. Erityisenä tarkoituksena kirjoittajalla on ollut löytää jaksoja puiden kasvumurtoviivassa, jotka jaksot siis tietäisivät meteorologisia vaihtelujaksoja. Näiden asettaminen yhteyteen astronomisten ilmiöiden, etenkin auringon toiminnan kanssa, on niinkään hänen ennakkosuunnitelmiaan. Douglass luuleekin keksineensä puiden paksuuskasvussa 32.8 vuotisen, 21.2 vuotisen ja 11.3 vuotisen jakson. — Seuraavassa tullaan vielä palaamaan Douglassin myöhempiin tutkimuksiin samalta alalta.

Vuonna 1912 julkaisee Ellsworth Huntington ensimmäisen kyseessä olevia asioita käsittelevän kirjoituksensa³⁾. Se on kan-

¹⁾ A. Möller. Die Nutzbarmachung des Rohhumus bei Kiefernulturen. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 5. Heft. Berlin 1908. S. 277.

²⁾ A. E. Douglass. Weather cycles in the growth of big trees. Monthly Weather Review. No. 6. Washington 1909.

³⁾ Ellsworth Huntington. The secret of the big trees. Harpers monthly Magazine No. 6. London 1912. — Kirjoituksesta on myös Metsätaloudellisessa aikakauskirjassa (1915, vihko 12.) Nils Thomén laatima selostus.

santajuinen esitys, jossa annetaan suuren yleisön mielenkiintoa silmällä pitäen eräitä tietoja parailaan käynnissä olevasta tutkimuksesta. Tekijä on nim. tutkinut ilmaston vaihteluja Aasiassa historian tietojen, muinaisten raunioiden, esihistoriallisen kansojen jakaantumisen y. m. perusteella tullen siihen käsitykseen, että länsi- ja keski-Aasian ja Välimeren ympärillä olevien maiden ilmasto on muuttunut kuivemmaksi. Tehtyään sitten Ameriikassa samanlaisia tutkimuksia huomasi hän useiden merkkien viittaavan siihen, että ilmaston historia siellä on ollut suunnilleen sama kuin Aasiassa. Hakeakseen tukea mielipiteilleen, alkoi hän soveltaa suuressa mittakaavassa käytäntöön Douglassin esittämää menetelmää. Kun Douglass mittasi keltamäntyjen kasvua ja pääsi korkeintaan 500 vuotta ajassa taaksepäin, mittasi Huntington mammut-petäjiä (Sequoia washingtoniana l. gigantea) ja pääsi yli 3000 vuotta menneisyyteen. Hän oli v. 1911 mitannut vuosilustojen leveydet lähes 200 mammut-petäjän kannosta. Edeltäkäs varmana pitää Huntington, että vuosilustojen paksuus etenkin seuduissa, joissa on kylmä talvi ja kuiva kesä, ilmaisee suunnilleen suhteellisen kosteussadon määrän. Näin oli hän löytänyt mainion vertauskohdan edellisille tutkimuksilleen ilmaston vaihteluista. Tutkimuksen tuloksia selostetaan lähemmin Huntingtonin seuraavan tärkeimmän julkaisun yhteydessä.

Pienen lisän havaintoihin tällä alalla on tuonut Milroy N. Stewart New Yorkin valtiosta¹⁾. Hän on mitannut erään tammen vuosilustot ja verrannut niitä sekä lämpötila- että sadehavaintoihin tullen siihen tulokseen, että kesä- ja heinäkuun sateentulolla on suurin vaikutus tammen vuosilustoihin.

Seurataksemme aikajärjestyksestä on meidän välillä siirryttävä Aasian rajoille Samaran kuvernementtiin Venäjälle. A. Tolsky on siellä suorittanut mielenkiintoisen tutkimuksen²⁾, joka osaksi käsittelee vuoden sääsuhteiden vaikutusta männyn pituuskasvuun. Hän on mitannut useista nuorista männystä muutamien viimeisten vuosien (lyhin sarja 1907—1911 ja pisin 1903—1911) kasvaimet. Mitattuja puita on 8 ryhmässä, yhteensä 95. Eri ryhmät ovat eri ikäisiä ja hieman erilaisilta kasvupaikoilta, kaikki kuitenkin hiekkaharjanteilta. Kunkin ryhmän kasvusta on keskiarvojen mukaan piirretty murtoviivat. Mittaustuloksia on verrattu tarkkoihin paikallisiin meteorologisiin tietoihin. Tutkimusten mukaan vaikuttavat pituuskasvuun pää-

¹⁾ Milroy N. Stewart. Relation of precipitation to tree growth. Monthly Weather Review No. 9. Washington 1913.

²⁾ А. П. Толський. Къ вопросу о вліяніи метеорологическихъ условій на развитіе сосны въ Бузулукскомъ бору. Труды по лѣсному опытному дѣлу въ Россіи. Выпускъ XLVII С.- Петербургъ 1913.

asiassa sääsuhteet edellisen vuoden heinä- ja elokuussa, jolloin uudet silmut muodostuvat. Kohtuullinen lämpötila ja runsaat sateet mainittuna aikana aiheuttavat hyvän kasvun, kun taas korkea lämpötila ja pieni sademäärä vaikuttavat alentavasti seuraavan vuoden kasvuun. Kuitenkin voi keväällä, kasvun alkaessa vallinneilla epäsuotuisilla sääsuhteilla olla haitallinen vaikutus samankin vuoden kasvuun. Kasvaimen varttumisen aikaisilla sääsuhteilla on sen pituuteen nähden vain vähäinen merkitys; neulasten pituuden suhteen sen sijaan ne ovat määrääviä. — Tehdyt johtopäätökset ovat hyvin perusteltuja ja tuntuvat seudun kuivaan manterelliseen ilmastoon katsoen varsin oikeilta.

Vuonna 1914 ilmestyi Huntingtonin laaja teos¹⁾, johon jo edellä on viitattu. Teoksen 21 luvusta on esillä olevan kysymyksen kannalta 5 huomioon otettavaa. Ensimmäisen näistä luvuista on kirjoittanut jo edellä mainittu Douglass ja jatkaa hän tutkimustaan alkamaansa suuntaan²⁾. Tukeakseen saavuttamia tuloksia mittasi hän 50 viimeisen vuoden lustot edelleen 64 puusta läheltä Prescottin kaupunkia pohjois-Arizonassa. Puut olivat todennäköisesti Pinus ponderosaa, kuten useimmat ennen mitatuistakin, vaikkei sitä nimenomaan sanota. Puiden mainitaan olleen keskikokoa ja iältään useita satoja vuosia. Flagstaffin tienoilla tutkittiin edellisten lisäksi vielä 7 punta. Vielä on Douglass mitannut 13 männyn vuosilustot Eberswaldessa Saksassa. Arizonan puiden kasvua on verrattu Prescottin meteorologisiin havaintoihin, jotka ulottuvat vuoteen 1867. — Yleensä osoittavat Arizonan kuivan osan männyt vuosilustomuodostuksessaan sellaista yhtenäisyyttä, että määrätyn puun jokin lusto voidaan todeta toisissa suurtenkin etäisyyksien päässä. Tästä on ollut suurta hyötyä mittauksia toimitettaessa, vertailemalla kun on useat epäselvyydet saatu selviämään. Myös on tutkittu eri poikkeuksellisia lustomuotoja ja huomattu m. m., että kaksoislustot syntyvät kevätkuivuuden vaikutuksesta, kasvu kun vähäksi aikaa päättyy alkaakseen kesäsateiden alettua uudelleen. — Murtoviivoja on piirretty sekä Prescottin että Flagstaffin puiden kasvusta useiden puiden keskiarvojen mukaan. Flagstaffin murtoviiva ulottuu aina 500 v. ajassa taaksepäin. Vertaamalla kasvu- ja sademäärä-murtoviivoja havaitaan erittäin suurta yhdenmukaisuutta. On huomattu, että pienikin luku puita antaa luotettavan murtoviivan, vieläpä yksikin hyvin valittu puu. Nopeakasuuiset puut osoittavat yleensä suurempaa yhtäpitävyyttä sadediagrammin kanssa, kuin hidaskasuuiset. Sateiden vaikutusajasta puiden kas-

¹⁾ Ellsworth Huntington. The climatic factor as illustrated in arid America. Washington 1914.

²⁾ A. E. Douglassin kirjoittama luku »The climatic factor» teoksessa on nimeltään »A method of estimating rainfall by the growth of trees».

vuun on huomattu, että kesäsateet vaikuttavat välittömästi, mutta talvi- ja myöhäiset syyssateet vasta seuraavana kasvukautena. Sen vuoksi soveltuu kasvumurtoviivaan paraiten se sademurtoviiva, jonka vuosi alkaa marrask. 1 p:nä. Osoittaakseen miten suuresti kuivan Arizonan keltamänty on riippuvainen kosteussadosta, on Douglass suunnitellut matemaattisen kaavan, jonka mukaan kosteussadosta lasketaan puiden kasvu. Kaavassa on myös otettu huomioon korkeasta iästä johtuva kasvun väheneminen sekä sademäärän vaikutus seuraaviin vuosiin. Kaavan mukaan on Prescottin sademäärästä laskettu diagrammi, jota on verrattu 10:n lähimmän tutkitun puun kasvun keskiarvojen mukaiseen diagrammiin. Yhdenmukaisuus on hämmästyttävä. Toiselta puolen on myös puiden kasvusta laskettu sademäärät ja taas verrattu todellista ja laskettua sadediagrammia. Yhtäpitävyys on tässäkin tapauksessa suuri. — Vielä käsittelee Douglass jaksottaisuutta, joka ilmenee puiden kasvussa. Tässä suhteessa on tärkeä Flagstaffin 500-vuotinen käyrä. Tekijä toteaa 150-vuotisen, 33.8-vuotisen ja 11.4-vuotisen jakson, jotka kuitenkin kaikki eivät ulotu koko 500 vuotta taaksepäin. Selvimät ja pisimmälle ulottuvat lienevät 21- ja 11.4-vuotiset jaksot. Viimeksi mainittua jaksoa esittävä murtoviiva osoittaa jonkun verran yhtäläisyyttä auringonpilkkujen lukuisuutta kääntäen esittävän käyrän kanssa. Erittäin selvää yhdenmukaisuutta auringonpilkkukäyrän kanssa sen sijaan osoittaa Eberswalden puiden kasvukäyrä.

Huntingtonilla on käytettävänä verrattoman laaja aineisto käsitellessään kysymystä puiden paksuuskasvussa ilmenevistä vaihteluista ja ilmastollisten tekijäin vaikutuksesta niihin. — Aluksi selvittelee hän kasvumurtoviivojen vertailua toisiinsa ja niiden vaatimia korjauksia. Perustaksi ottaa hän Yhdysvaltain metsähallinnon (United States Forest Service'n) kantoanalyysit, jotka on tehty mittaamalla lustoleveydet 10-vuosittain. Näistä hän valitsi 2664, jotka kaikki olivat yli 200-vuotuisista puista, 15:tä eri lajia ja eri osista Yhdysvaltoja. Tekijä ryhtyy käsittelemään niitä syitä, jotka, ilmastollisia seikkoja lukuun ottamatta, voivat aiheuttaa vuotuisen kasvun vaihtelua. Näitä ovat ensinnäkin ikä: puut kasvavat nuorena nopeammin kuin vanhana, toiseksi tilapäiset vahingot ja kolmanneksi eräs seikka, jota Huntington pitää erittäinkin sequoia-puiden suhteen tärkeänä. Hän on nim. huomannut, että ne puut, jotka elävät vanhoiksi, kasvavat nuorena tavallista hitaammin. Siten siis kauan menneeseen aikaan ulottuvan murtoviivan aikaisin osa painuu liian alas, koska sen määrää vanhempien puiden ensimmäisinä vuosikymmeninä tapahtunut kasvu. Vielä voi, etenkin nuorien puiden kasvuun vaikuttaa varjostus. Iän ja pitkäikäisyyden aiheuttamat vaikutukset

voidaan matemaattisesti eliminoida (correction for age, correction for longevity). Nämä korjaukset edellyttävät, että ilmasto sellaisenaan on kasvun alussa samanlainen kuin mittauksen tapahtuessa; myös kasvun alusta vähitellen tapahtuvat ilmaston muutokset tulevat siis eliminoiduiksi. Tilapäisten vahinkojen vaikutus häviää mitättömiin, kun otetaan keskiarvot useiden puiden kasvusta. Varjostuksen vaikutus taas tuntuu pääasiassa vain nuorella iällä, kun taas vallitsevien puiden suhteen ei tällä seikalla juuri ole merkitystä. 10 aikaisinta mittausta jätetäänkin tavallisti käyttämättä. Mainittujen Yhdysvaltain metsähallinnon kantoanalyysien nojalla on piirretty 16 murtoviivaa, jotka kukin ulottuvat yli 300 vuotta ajassa taaksepäin. Kukaan murtoviivaa edustavien puiden luku vaihtelee 26—728. Nämä murtoviivat on jaettu kolmeen ryhmään, jotka eroavat toisistaan varsin huomattavasti. Kuitenkin on yhteisiä piirteitä, kuten 100—200-vuotinen jaksottaisuus. Tekijä ei koeta lähemmin selittää näitä murtoviivoja, koska vuodesta vuoteen käyviä mittauksia puuttuu. Näiden murtoviivojen perusteella olisi liian rohkeata tehdä johtopäätöksiä Yhdysvaltain ilmastosta, sillä eri lajien kasvua voi edistää perin erilaiset lämpötilan ja kosteuden yhdistelmät. Kuitenkin ovat murtoviivojen mutkat etupäässä ilmastollisten tekijöiden aiheuttamia. Se tosiasia, että Mainen ja Idahon tai etelä-Californian ja Missourin murtoviivat osoittavat niin suurta yhtäläisyyttä, näyttää todistavan samanaikaisia ilmaston vaihteluja koko mantereella. Tämä ei edellytä, että tulos olisi kaikkialla sama. Muutos voi aiheuttaa kuivuutta pohjoisessa ja kosteutta etelässä. Tätä otaksun tukevat Idahon ja New Mexican vastakkaiset *Pinus ponderosa*-murtoviivat.

Runsaammin ja täsmällisempiä tuloksia on Huntington kuitenkin saavuttanut tutkimalla Sierra Nevadan mammutpetäjiä (*Sequoia washingtoniana* l. gigantea). Vuosina 1911 ja 1912 mitattiin hänen johdolla vuosilustot 451 sequoiasta. $\frac{3}{4}$ puista mitattiin kahta tai useampaa säädettä myöten, $\frac{1}{4}$ jäi yhden säteen varaan. Puiden ikä vaihteli 250—3210 v.; 79 kpl. oli 2000 vuotisia tai vanhempia. Mittaukset tehtiin kannoista alueelta, jonka halkaisija oli 10 mailia; osa kannoista sijaitsi 60 mailin päässä muista, joten siis paikalliset seikat kuten hyönteiset, kulot y. m. eivät voi vaikuttaa häiritsevästi. Vaikeutta mittauksissa tuotti lustojen puuttuminen joltakin puolelta puuta, minkä selitetään johtuvan sivuvarjostuksesta tai juurikilpailusta vastaavalla puolella. Pahimmassa tapauksessa erosivat kahden säteen mukaiset iät toisistaan 470 vuotta. Tällaiset tapaukset olivat kuitenkin harvinaisia. Oikeiden tulosten saavuttamiseksi oli tehtävä lisäys niiden puiden vuosilustolukuun, joista vain yhden säteen mitaus oli saatavissa. Kaikkiaan on 451 tutkitun puun suhteen tehty

405 yhden vuosikymmenen suuruista lisäystä. — Edellä mainitut iän ja pitkäikäisyyden korjaukset tehdään luonnollisesti myös sequoiamurtoviivan suhteen. Viimeksi mainittuun korjaukseen tarvitaan iso joukko puita. Käytetyt 540 antavat jotakuinkin varman tuloksen; kuitenkin näyttää murtoviivan aikaisin osa olevan liian alas painunut. Korrektioiden tarkoituksena on yleensä muodostaa kasvumurtoviivasta mahdollisimman tasainen, eliminoiden siitä muut kuin ilmastolliset tekijät; vieläpä on eräitä etäisen menneisyyden ja nykyisyyden eroavaisuuksia tullut eliminoiduksi, vaikka ne nähtävästi johtuvat ilmastojen erillaisuudesta. Murtoviiva sellaisena kuin se nyt esitetään, ilmaisee siis selvinä sellaiset periodisuudet, jotka ovat lyhempiä kuin murtoviivan ulottuma-aika, mutta eivät nykyajan ja 3000 v. sitten olleen ajan ilmastojen eroa. — Tarkastettaessa näin korjattua murtoviivaa huomataan sen eräissä kohdin olevan erehdyttävä. Ensimmäkin sen aikaisempia vuosia edustavat osat ovat liian alhaalla, osaksi näukkojen tietojen sekä iän ja pitkäikäisyyden korjausten epätäydellisyden vuoksi, osaksi koska nämä korjaukset juuri eliminoivat ilmaston vaihtelujen aiheuttamat muutokset, joiden ulottuma on 3000 v. tai enemmän. Toiseksi nousee murtoviivan myöhempiä vuosia edustava osa liiaksi rungon tyvilevenemisen vuoksi, ulommaiset vuosilustot kun eivät tule kohtisuoraan, vaan viistottain mitatuiksi, jolloin niiden leveys tulee merkittävästi liian suureksi. Samaan suuntaan vaikuttavat ulkonemat kantoleikkauksessa, joita myöten lusto usein on mitattu, ne kun näissä kohdin esiintyvät selvimpinä ja leveimpinä, ja täten saatu liian korkeita arvoja. Näitä kahta murtoviivan virhettä ei voida matemaattisen korrektin avulla oikaista. Koetetaan sen tähden valita joku kokonaan puista riippumaton havaintosarja ja muuttaa murtoviiva niin, että se muutamissa tärkeimmissä kohdissa pitää yhtä tuon havaintosarjan kanssa. Tähän tarkoitukseen on tekijä valinnut Kaspian meren korkeusvaihtelut. Tämä edellyttää kahta ennako-olettamusta, joista seuraavassa puhutaan nim., että sequoiamurtoviiva todella esittää kosteuden vaihteluja ja että vaihtelut Californiassa ovat pääasiassa olleet samanaikaisia kuin vastaavat ilmiöt keski-Aasiassa. Kaspian meren pintakorkeuksista saatavissa olevien tietojen mukaan on sequoiamurtoviiva jaettu neljään osaan ja muutettu kunakin näistä ajankohdista suhteellisesti vastaamaan samanaikaista Kaspian meren korkeutta. Täten on saatu lopullinen murtoviiva, joka siis esittää sequoiain kasvua sellaisena kuin se olisi muiden kuin ilmastollisten seikkain vaikuttamatta. Verrattaessa alkuperäistä korjaamatonta ja lopullisesti korjattua murtoviivaa, huomataan, että niiden olelliset muodot yhä ovat samat.

Seuraavassa siirrytään käsittelemään sequoiamurtoviivan merki-

tystä eri näkökannoilta katsoen. Mainitaan aluksi, että kasvillisuuden kasvuun nähden on pohjoisilla seuduilla, missä sadetta saadaan joka vuodenaikana, lämpötilalla ehkä suurempi merkitys kuin sademäärällä. Etelämpänä suurenee kuitenkin kosteussadon merkitys. Sierra-vuoristossa, missä sequoiat kasvoivat, ovat ilmastosuhteet suunnilleen samanlaiset kuin pohjois-Arizonassa, jossa Douglass on osoittanut *Pinus ponderosa*n kasvuun ja kosteussadon suuren yhtäpitävyyden. Kuitenkin on mammutpetäjän kasvualueella kosteussato noin pari kertaa suurempi. Johtopäätöstä ei kuitenkaan voida tehdä, koska uusi puulaji on kysymyksessä, vertaamatta kasvuja lähimpiin ilmastotietoihin. Vertailuista on tultu siihen tulokseen, että kasvuun vaikuttaa ensinnäkin sademäärä, mutta melkein yhtä suuresti sen kuukauttinen jakautuminen. Suurin ero kosteussadon jakautumisessa suotuisan ja epäsuotuisan kasvuun vuosina on marraskuun alusta helmikuun alkkuun ja maaliskuun alusta toukokuun alkkuun. Aikainen lumentulo syksyllä edistää kasvuja, koska se estää maata jäätymästä, joten sulanut lumi voi imeytyä maahan. Samaten roudan puuttuminen pidentää kasvukautta, koska silloin kasvu voi alkaa heti lumen sulettua. Myöhäisen lumen tai kevätateiden vaikutus on välittömämpää ja siis vielä tärkeämpää. Myös on vuoden sademäärä vain yksi saman vuoden kasvuun vaikuttavista tekijöistä; useiden edellistenkin vuosien sademäärä on huomioon otettava. Kun kunkin vuoden kosteussadon tilalle pannaan keskiarvo sen ja parin edellisen vuoden kosteussadoista saadaan murtoviiva, joka jotensakin tarkoin seuraa lustoleveysmurtoviivaa. — Näyttää varmalta, että suhde kasvuun ja kosteussadon välillä on entisinkin aikoina ollut sama ja voidaan siis päätellä, että 3000-vuotisen sequoia-käyrän nousut ja laskut merkitsevät kosteutta ja kuivuutta. — Tämän jälkeen ryhtyy tekijä vertaamaan sequoia-murtoviivaa ja läntisen Aasian ilmaston muutoksia osoittavaa käyrää, johon vertailuun jo viitattiin Huntingtonin v. 1912 julkaiseman kirjoituksen yhteydessä. Selvimmin ilmenee tästä tarkastelusta se tosiseikka, että huomattavia ilmastollisia vaihteluja on tapahtunut kautta historiallisen ajan. Niiden pituus on vuosisatoja, mutta mitään säännöllistä jaksottaisuutta ei ole nähtävissä. Niille on usein tyypillistä äkilliset, melko suuret muutokset. Toiseksi ovat ilmastolliset vaihtelut länsi-Ameriikassa ja samoilla leveysasteilla läntistä ja keski-Aasiaa luultavasti samanlaisia ja samaa tyyppiä. Tämä päätelmä ei ole niin varma kuin edellinen, mutta se on hyvin todennäköinen. Niistä 3200 vuodesta, joihin molemmat murtoviivat ulottuvat, osoittavat ne 2200 vuoden aikana yhtäpitävyyttä. Lisäksi ovat ne kohdat, joissa Aasian

käyrä poikkeaa Ameriikan käyrästä, edellä mainitun epävarmimpia. Jos siis nämä kaksi seutua, 10000 mailia toisistaan osoittavat yhdenmukaisuutta, näyttää todennäköiseltä, että samoilla leveysasteilla olevilla seuduilla, joilla on samanlainen vuodenaikainen kosteussadon vaihtelu, samanlaiset ilmaston muutokset ovat tapahtuneet kautta maapallon, ainakin mantereilla. Kolmas päätelmä on paikkansa pitävä sikäli kuin kaksi edellistä ovat päteviä. Tämän päätelmän mukaan on Aasian ja Ameriikan ilmastoissa, paitsi sysäyksellisiä vaihteluja, tapahtunut 2000—3000 vuoden kuluessa muutos kuivempaan päin. Tämän vuoksi lisättiin sequoia-käyrän aikaisemman osan korkeutta Kaspian meren pinnan korkeusvaihtelujen mukaan.

Käsitellessään aurinko-hypoteesejä seuraavassa luvussa tulee tekijä vielä koskettelemaan puiden kasvumurtoviivoja ja niiden lyhyitä vaihtelujaksoja. — Californian sequoia-murtoviivassa sellaisenaan ei voida nähdä 11-vuotista jaksoa, jonka Douglass huomasi Arizonan keltamänty-murtoviivassa. Mutta kun otettiin keskiarvot useasta auringonpilkkujaksoa vastaavasta kasvujaksosta, huomattiin selvä yhdenmukaisuus auringonpilkkuikäyrän kanssa. Myös Englannin vehnän hintojen vaihteluissa vv. 1610—1754 (Tällöin ei tuotu ulkoa viljaa eikä ollut muita häiriöitä, joten sääsuhteet pääasiassa vaikuttivat hintoihin) huomattiin samanlainen jaksottaisuus. Tämä yhtäpitävyys on tekijän mukaan sopusuunnissa Ameriikan ja Aasian ilmaston vaihteluista tehtyjen johtopäätösten kanssa. Kun pienemmät vaihtelut eliminoidaan, sattuvat suuret kosteussadot samoihin aikoihin vastaavilla seuduilla itäistä pallonpuoliskoa ja Ameriikkaa.

Tekijä on sitä mieltä, samoin kuin lukuisat muutkin tutkijat, että on olemassa ilmastollisia jaksoja, jotka ovat suhteessa auringonpilkkujaksoon. Tätä olettamusta tukevat hänen mielestään Saksassa ja Californiassa tehdyt puumittaukset.

Huntington palaa viimeksi puheena olleisiin asioihin eräässä myöhemmin samana vuonna julkaisemassaan kirjoituksessa¹⁾. Siinä hän selvittelee ilmaston muutoksia aurinko-teorioiden kannalta ja tukee mielipiteitään myöskin lustomittausten avulla saaduista tuloksista. Myös Douglassin mittaukset Eberswaldessa tulevat esille. Huntington on, selvittääkseen, mitkä ilmastolliset tekijät oikeastaan pääasiassa vaikuttavat kasvumurtoviivan kulkuun, laskenut korrelatiokertoimet vuoden joka kuukaudelle ensinnäkin lämpötilan ja puiden kasvun suhteesta ja toiseksi kosteussadon ja puiden kasvun suhteesta. Hän on

¹⁾ Ellsworth Huntigton. The solar hypothesis of climatic changes. Bulletin of the Geological Society of America. Volume 25. Number 4. Washington 1914.

tullut siihen tulokseen, että nopean kasvun aiheuttavat ensinnäkin korkea lämpötila myöhäisenä talvena ja aikaisena keväänä ja toiseksi runsas sateentulo huhtikuusta marraskuuhun. Talvisella kosteussadolla ja kesäisellä lämpötilalla ei siis ole suurtakaan vaikutusta. Erikoisesti merkille pantavaa on, että tämä miltei pilkulleen sopii yhteen Schwarzin saavuttamien tulosten kanssa. — Sateentulon runsaus pohjois-Saksan kaltaisessa ilmastossa riippuu suuresti pyörremyrskyjen luvusta. Osoittaakseen myrskyjen vaikutusta on Huntington piirtänyt Eberswalden kasvumurtoviivan yläpuolelle C. J. Kullmerin mukaan myrskyjen lukuisuutta huhtikuusta marraskuuhun 1876—1891 osoittavan käyrän, joka pitää melkoisesti yhtä kasvumurtoviivan kanssa. Kuitenkin vaikuttaa kasvumurtoviivaan myös helmi- ja maaliskuun lämpötila. Suurin piirtein voitaneehän kuitenkin sanoa kasvumurtoviivan ilmaisevan kesäisten pyörremyrskyjen vaihtelua. — Myös sequoia-murtoviivaa käsitellään laajasti eri ilmaston vaihteluteorioiden yhteydessä.

Douglassin ja Huntingtonin tutkimukset ovat epäilemättä sangen merkittäviä, joskin ne kauaskantavuudessaan (etenkin Huntingtonin) tähtäävät ehkä liian korkealle. Tutkimukset perustuvat kyllä tarkkoihin mittauksiin ja havaintoihin, mutta ne ovat alkuaan syntyneet toisia teorioita tukemaan ja siksi tuntuukin siltä kuin itse puut olisivat sivuseikkana tutkimuksissa. Mitään fysiologisia havaintoja ei juuri tapaa. Myös maaperän vaikutukseen on kiinnitetty hyvin vähän huomiota. Samoin luulisi lämpötilan ainakin jossain erikoisissa tapauksissa vaikuttavan kasvuun. Puulajiin on nimikään kiinnitetty siksi vähän huomiota, että eräissä tapauksissa jää arvaamisen varaan, mikä puulaji on kyseessä.

Meillä Suomessa on ehkä ensimmäisiä havaintoja sääsuhteiden vaikutuksesta kasvuun tehnyt T a n t t u. Selvitellessään ojitettujen soiden kasvukykyä¹⁾ huomasi hän eräiden vuosilustojen olevan paljon muita ohuempia. Hän pani nyt merkille minkä vuoden lustoja nämä olivat ja huomasi jokaisessa tutkimassaan suopuussa juuri näitten vuosien lustoissa saman ominaisuuden. Erittäinkin 1860-luvun katovuosien lustot olivat tutkituissa puissa silmiin pistävät ohuutensa takia²⁾.

Vuonna 1916 piti B a c k m a n Suomen Metsätieteellisessä Seurassa esitelmän sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituuskasvuun³⁾. Esitelmätoimitsija oli v. 1915 keski-Pohjanmaalla Pyhäjoen, Haapaveden ja Kärsämäen pitäjissä tutkinut männyn pituuskasvua etenkin soistu-

¹⁾ T a n t t u n teos »Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä» ilmestyi v. 1915 keuhällä.

²⁾ T a n t t u n tutkimuksista kerrottu kirjallisen tiedonannon nojalla.

³⁾ Selostus esitelmästä on painettu »Acta Forestalia Fenica 7:ssä» 1917.

villa mailla, mutta myös kankailla ja soilla. Tarkoituksena oli hänellä puiden pituuskasvussa todeta soistumisen alkaminen. Osoittautui kuitenkin, että sääsuhteiden vaikutus peitti alkavasta soistumisesta aiheutuvan kasvun vähennyksen niin, ettei sitä onnistuttu toteamaan. — Edellä mainittua tarkoituspäätä varten oli Backman mitannut 25—30 viimeistä vuosikasvainta yli 100:sta¹⁾ 35—60 (-100)-vuotisesta männystä. Eri puut kasvoivat samoina vuosina yleensä suhteellisesti yhtä paljon; etenkin poikkeuksellisina vuosina huomattiin tämä selvästi. Useista puista oli piirretty kasvun kulkua osoittavat diagrammit, joista helposti huomasi runsaan kasvun vuodet 1895, 1897 ja 1902 sekä heikon kasvun vuodet etenkin 1903—1905, mutta myös 1889, 1893, 1899—1901, 1908 ja 1910. Osc. V. Johanssonin v. 1909 julkaisemien lämpötila- ja kosteussatotaulujen (Temperatur- und Niederschlagstafeln) mukaan piirrettiin diagrammit, jotka osoittivat vuotuisia poikkeuksia Oulun normaalista lämpötila- ja kosteussatoloista 1886—1905. Vertailemalla kasvudiagrammeja lämpötila- ja kosteussatodiagrammeihin tultiin seuraaviin lopputuloksiin: Kosteussato ei näytä vaikuttavan pituuskasvuun, mahdollisesti kuitenkin edistää kesä-elokuun runsas sateentulo jossain määrin kasvua. Edellisen vuoden lämpötila vaikuttaa suuresti pituuskasvuun siten, että korkea lämpötila, etenkin kesäkuun, edistää kasvua. Saman vuoden lämpötila ei vaikuta pituuskasvuun.

Myös allekirjoittaneella oli jo v. 1916 selvillä, että meidän oloissamme lämpötilan vaikutus männyn vuotuisen kasvuun on tärkeämpi kuin sademäärän. Verrattessani piirtämiäni pituus- ja paksuuskasvumurtoviivoja huomasin myös, että vuoden lämpötila paksuuskasvuun vaikuttaa samana vuonna, mutta pituuskasvuun seuraavana.

Vuonna 1917 ilmestyi Ruotsissa jälleen tutkimus käsillä olevalta alalta²⁾. Kirjoittaja Axel Wallén on saanut käsiteltäväkseen pienen aineiston Jämtlandin läänistä. Pituuskasvun selvittämistä varten on tutkittu 13 kuusta ja 4 mäntyä; sädekasvun puolesta tutkittuja kuusia oli 17 ja mäntyjä 4. Sekä pituus- että paksuuskasvumittaukset käsittävät 24 v. 1890—1914. Näiden mittausten nojalla piirretyt murtoviivat on matemaattisesti korjattu iän aiheuttaman kasvueroituksen puolesta, jonka jälkeen on laskettu kasvun ja lämpötilan sekä kosteussadon 2-kuukautisten arvojen väliset korrelatiokertoimet sekä kyseessä olevana vuonna että kasvun edellisen vuoden kesänä ja syksynä. Tulokseksi pituuskasvun suhteen saadaan, että sekä

¹⁾ Yksityisen ilmoituksen mukaan.

²⁾ Axel Wallén. Om temperaturens och nederbördens inverkan på granens och tallens höjd- och radietillväxt å Stammäs kronopark 1890—1914. Stockholm 1917.

männyn että kuusen pituuskasvuun vaikuttaa etupäässä edellisen vuoden kesä—syyskuun lämpötila, jota paitsi suuri kosteussato kasvuvuoden touko—kesäkuussa näyttää olevan jossain määrin merkityksellinen. Paksuuskasvun suhteen taas on huomattu, että sitä pääasiassa edistää kasvuvuoden kevään ja kesän korkea lämpötila sekä runsas kosteussato saman vuoden talven, kevään ja kesän aikana. Lisäksi vallitsee huomattava negatiivinen korrelatio kasvun ja edellisen syyskesän lämpötilan välillä sekä positiivinen korrelatio kasvun ja edellisen syyskesän kosteussadon välillä. — Wallénin tutkimus vaikuttaa kokeelta soveltaa matemaattis-statistisia menettelytapoja esillä olevaan kysymykseen. Tutkimusaineisto on etenkin männyn suhteen mitättömän pieni, eikä itse asiaan ole syvennytty juuri lainkaan.

Vielä on mainittava A. Bomanin Suomen Metsätieteellisessä Seurassa v. 1919 pitämä esitelmä¹⁾, jonka aiheena oli havupuiden paksuuskasvun aikakautiset vaihtelut. Eri suotyyppien metsänkasvun selvittämistä varten oli kaadettu koepuita keski-Pohjanmaalta, Haapajärveltä. Puista otettiin kiekot juurenniskasta, rinnan korkeudelta sekä kunkin parittoman metriluvun kohdalta. Kiekot tutkittiin mikroskooppisesti ja mitattiin kahta vastakkaista sädetä myöten 5-vuotisin ikäerotuksin. Näitä mittauksia käsitellessään oli esitelmäoittijä pannut merkille etenkin pitkissä havaintosarjoissa ilmenevän periodisuuden. Verratessaan näitä jaksoja auringonpilkkujen lukuisuutta osoittavaan käyrään ja sen 11-vuotiseen periodiin huomasi hän paljon vastaavaisuutta ja saattoi todeta, että tutkimusalueen suomaiden havupuiden paksuuskasvulla on selvästi ilmenevä 11-vuotista auringonpilkkuperiodia positiivisesti seuraava aikakautinen vaihtelu. Vaikka ei ainakaan esitelmän selostuksessa mainita mitään sääsuhteista, on luonnollista, että nuo vaihtelut, jotka sattuvat yhteen auringonpilkkujakson kanssa, ovat lähinnä sääsuhteiden aiheuttamia.

Viimeinen tutkimus kyseessä olevalta alalta on A. E. Douglassin v. 1919 Washingtonissa ilmestynyt teos nimeltä „Climatic cycle and tree-growth, a study of the annual rings of trees in relation to climat and solar activity”. Tätä kirjoitettaessa ei tuota teosta vielä ollut käytettävissä.

Tässä pääpiirteissään esitetyt tutkimukset ilmastollisten tekijäin vaikutuksesta puiden kasvuun, lienevät omiaan valaisemaan asiaa eri

¹⁾ Selostus esitelmästä m. m. »Helsingin Sanomissa» toukok. 21 p:nä 1919.

puolilta. Samalla kuin huomataan, että tutkijat ovat eri osissa maapalloa kiinnittäneet huomionsa kyseessä olevaan asiaan, nähdään myös, mitä menetelmiä he ovat käyttäneet ja mihin johtopäätöksiin tulleet. Mielenkiintoista on myös verrata toisiinsa eri ilmanaloissa ja eri kasvuvuoloissa saavutettuja tuloksia.

Seuraavassa esitettävä tutkimus antanee osittain lisävalaistusta käsillä olevaan kysymykseen.

I. Tutkimusaineisto.

1. Aineiston keräämisaika ja -edellytykset.

Vuonna 1915 keväällä tein ensimmäiset käsillä olevaa ainetta koskevat mittaukset eräiden sotilasvirkatalojen metsissä läntisellä Uudellamaalla. Tutkin pituuskasvua ja mittasin vuosikasvainten pituudet suuresta joukosta nuoria, miehen korkuisia mäntyjä, alkaen viimeksi syntyneestä, siis v:n 1914 kasvaimesta ja seuraten oksakehien välejä niin kauas kuin ne selvästi olivat erotettavissa. Koska toimenäni siihen aikaan oli johtaa polttopuuhakkuita eräillä sotilasvirkataloilla, en useinkaan voinut kaadattaa hyväkasvuisia, isompia mäntyjä, vaan oli tyytyminen mittaamaan enimmäkseen maasta ulotuttavia puita. — Saman vuoden syksyllä otin kairalastuja useista täysikasvuisista männyistä paksuuskasvun selvittämistä varten — Talvella suoritettut alustavat tutkimukset osoittivat, etteivät aivan nuoret puut olleeta sopivia valaisemaan sääsuhteiden vaikutusta pituuskasvuun. Myös huomattiin kairalastumittaukset jossain määrin epäluotettaviksi. — Keväällä 1916 pyysin juuri mainitusta syystä Metsähallitukselta lupaa saada tutkimustani varten erinäisten sotilasvirkatalojen mailta kaadattaa parisataa nuorta mäntyä. Pyyntöni Metsähallitus auliisti suostuikin toukok. 12 p:nä 1916. Täten sain tilaisuuden luotettavampiin ja pitemmälle ulottuviin havaintoihin. Myös paksuuskasvumittauksiin tarjoutui kevättalvella 1916 hyvä tilaisuus. Sain nim. määräyksen toimittamaan tukkipuuleimausta erinäisillä sotilasvirkataloilla Tuusulan pitäjässä sekä valvomaan näin leimattujen puiden hakkuuta ja vedätystä. Tällöin sain helposti melkoisen joukon kantoleikkauksia, jotka tarkoitukseensa soveltuivat paljon kairalastuja paremmin. — Jonkun verran lisä-aineistoa keräsin itä-Suomesta kesällä 1916 ja 1917 sekä Uudeltamaalta syksyllä 1919. — Vielä mainittakoon useat arvokkaat v. 1915 syksyllä tehdyt pituusmittaukset Uudeltamaalta, jotka maist. E. Saari on hyväntahtoisesti antanut käytettäväkseni.

Mitä tutkimusaineiston keräämiseen muuten tulee, on mainittava, että se on aina tapahtunut muiden, usein kiireellisten töiden lomassa, joten toivottavaa järjestelmällisyyttä ei ole aina voitu saavuttaa. On täytynyt toimittaa mittauksia, missä kulloinkin on sopinut eikä, missä aineen käsittelyn puolesta olisi ollut suotavinta.

2. Seudut, joilta aineisto on kerätty.

Viimeksi mainittu seikka, nim. tutkimuksen sivutyönä suorittaminen, on ehkä eniten ollut haitaksi tutkimusalueen valintaan nähden. Olisi ollut suotavaa saada mittauksia eri osista maata, erittäinkin myös pohjoisimmilta seuduilta, jotta olisi muun ohessa selvinnyt näiden seutujen erikoisten olosuhteiden vaikutus kyseen alaisessa suhteessa. Tähän ei valitettavasti ole ollut tilaisuutta. Puutetta poistaa osittain Hesselmanin suorittama, Norrlandista peräisin olevien mittausten vertailu eteläisempiin, joka antaa aavistaa, että meillä olot vastaavilla leveysasteilla suhtautuisivat toisiinsa samoin. Meillä suoritettut tähänastiset mittaukset niin Backmanin kuin Bomanin ovat miltei samoilta seuduilta keski-Pohjanmaalta, siis vielä kaukana Lapin oloista, ja vertailu heidän tutkimuksiinsa on monesta syystä vaikeaa. Kuitenkin tukevat heidän tuloksensa otaksumaa, että olot meillä eri leveysasteilla suhtautuisivat toisiinsa samoin kuin Ruotsissa. — Kun siis mittaukset on täytynyt supistaa pääasiassa yhteen seutuun, on ollut sangen edullista suorittaa ne juuri läntisellä Uudellamaalla. Syynä tähän on se seikka, että Helsingin ilmastolliset havaintosarjat ulottuvat yhtäjaksoisena sarjana pitemmälle menneeseen aikaan kuin minkään muun havaintopaikan maassamme. Tämä on etenkin sääsuhteiden vaikutusta paksuuskasvuun tutkiessa sangen tärkeä asia. Huomattavin mittausalue — Vävarsin ja Jäppasin virkatalot, Ruotsinkylässä, Tuusulan pitäjässä — sijaitsee vain kahden peninkulman päässä Helsingistä linnun tietä, joten Helsingin meteorologiset havainnot hyvin sopivat käytettäväiksi vertailuja kasvun ja sääsuhteitten välillä tehtäessä. Toiseksi tärkeimmät tutkimusalueet ovat Nurmijärven pitäjässä, missä mittauksia on tehty Kirkonkylän Reinikkalan ja Nummepään Pyörlän virkataloilla. Edellinen alue on noin kolme ja jälkimäinen ei täyttä neljää peninkulmaa Helsingistä. Sääsuhteiden vaihtelut ovat toht. Osc. V. Johanssonin ilmoituksen mukaan täälläkin melkein samat kuin Helsingissä, joskin absoluuttiset arvot jonkun verran poikkeavat. Helsingin arvoja voidaan siis empimättä käyttää näidenkin mittausten suhteen. Sama koskee myös Tuusulan Rusutjärven mittauksia 3 penink. Helsingistä. — Mainittakoon, että Nurmijärven

Röykän havaintoasemalta ei ollut valmiiksi laskettuja tietoja saatavissa. Muuten eivät nuo havainnot olisi ulottuneetkaan kuin joitakin vuosia taaksepäin. — Vähemmän tärkeitä Vihdin (4 penink. Helsingistä) ja Lohjan (5 penink. Helsingistä) mittauksia on myös verrattu säätieloihin. Pieni mittaussarja Uukuniemeltä osoittaa niin suurta yhdenmukaisuutta Tuusulan ja Nurmijärven mittausten kanssa, ettei ole katsottu tarpeelliseksi verrata sitä erikoissäätieloihin havaintopaikan lähitienoilta. Muilta seuduilta olevat mittaukset esitetään pääasiassa vain vertauksen vuoksi, jotta nähtäisiin miten huomattavimmat vaihtelut ovat yhteisiä laajoilla aloilla, eikä näitä mittauksia siis verrata paikallisiin säätieloihin.

3. Suoritetut pituus- ja paksuuskasvumittaukset.

A. Pituuskasvumittaukset.

Pituuskasvumittauksista mainittakoon ensinnä *Tuusulan pitäjässä* suoritetut.

Ruotsinkylän Jäppäsin virkatalon maalla mitattiin 40 männyn kasvaimet vuodesta vuoteen niin pitkälle kuin ne selvästi olivat erotettavissa. Vielä mitattiin puiden pituus ja läpimitta 1.3 m:n korkeudelta kuorineen sekä määrättiin ikä lukemalla oksakehien välit ja vertaamalla lukua kannon vuosilustomäärään. Oikeastaan olisi siis ikään ollut lisättävä vielä muutamia vuosia. Kun kannot otettiin erittäin lyhyitä, ei tuo lisättävä vuosimäärä liene paria kolmea suurempi. Seuraavassa tarkoitetaan ikää sellaisena kuin se mittauksia tehdessä määrättiin. Puut olivat jotensakin saman ikäisiä 18—24 vuotisia. Saatiin siis 20-vuotinen mittaussarja. Metsikkö oli miltei puhdas, harva (0.5) männikkö, kuusta oli 10 %. Puut yleensä lyhyitä ja tyvekkäitä. Kasvupaikka oli etelään melkoisesti viettävä rinne, paikoin kivikkoisen, puolukkatyyppiä. Multakerros enimmäkseen ohut 2—5 cm. Kasvipeitteinä avoimissa paikoin puolukka, seinäsammal, *Gnaphalium* y. m. ruohoja; tuoreemmilla paikoin mustikka. — Mittaukset muodostavat sarjan 1. Keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1.

Ruotsinkylän Vävarsin virkatalolta mitattiin samoin 25 nuoren männyn kasvaimet sekä merkittiin muistiin puiden pituus ja rinnankorkeusläpimitta sekä määrättiin ikä. Puut olivat yleensä saman ikäisiä, nuorin 20 v., vanhin 28 v. Mittaussarja siis täälläkin n. 20-vuotinen. Metsikkö oli verraten tasaikäinen, harvahko (0.6) melkein puhdas männikkö. Koivuja ja kuusia harvaksen, yhteensä 10 %.

Puut olivat solakoita, hoikkavartisia. Kasvupaikka tasainen, paikoin kivikkoinen, entinen kaskimaa, mustikkatyyppiä. Multakerros 5—7 cm. Kasvipeite: seinäsammal, kosteammilla paikoin karhunsammal; harvaa, korkeaa puolukan varpua, siellä täällä mustikkaa. — Mittaukset muodostavat sarjan 2. Keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1.

Tämän jälkeen mainittakoon *Nurmijärven pitäjältä* peräisin olevat pituuskasvumittaukset.

Nummenpään virkatalolta on käytettävänä maist. Eino Saaren mittaussarja, joka käsittää 17 n. 35-vuotista mäntyä; nuorin 28. vanhin 40 vuotta. Sarjan pituus on siis 30 vuotta. Puiden pituus ja rinnankorkeusdiametri ovat ilmoitetut ja ikä määrätty samoin kuin edellä. Hetsikkö oli tasaikäistä rotevaa, miltei puhdasta männikköä, alikasvuna tiheässä kuusta. Männikön tieheys 0.8, kuutiomäärä hehtaaria kohti 150 m³. Kasvupaikka kaakkoon viettävä rinne, mustikkatyyppiä. Paksun multakerroksen alla murtokivisoro. Kasvipeitteinä seinäsammal, puolukka, vähän mustikkaa, *Pteris aquilina*. — Mittaukset muodostavat sarjan 3 a. Keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1. Sarjan 3 b muodostavat 3:n n. 85 vuoden ikäisen männyn kasvaimittaukset. Puut kasvoivat melkein samanlaisella mustikkatyyppin maalla kuin vasta mainittu ryhmä. Metsä oli tasaikäistä, kaunistä, hoikanpuoleista (8"—9" 6 m:n kork.) tukkipuumännikköä, pituuskasvu vielä täysin säännöllinen. Oksakehien jäljet olivat täysin selvät aina muutaman metrin päähän maasta. Nämä 63—75 vuotta taaksepäin ulottuvat mittaukset muodostavat pisimmän pituuskasvumittaussarjan.

Kirkonkylän Reinikkalan virkatalolta on mitattu kaikkiaan 201 nuorta mäntyä, joista maist. Eino Saaren mittaamia 115. Tärkeimmän osan muodostavat samalta kasvupaikalta mitatut 120 puuta, joiden ikä vaihtelee 16—37 vuoteen. Iän mukaan on nämä puut jaettu 8:aan ryhmään nim. 16—17 vuotiset (20 puuta), 18—19 vuotiset (20 puuta), 20—21 vuotiset (12 puuta), 22—23 vuotiset (16 puuta), 24—25 vuotiset (15 puuta), 26—27 vuotiset (17 puuta), 28—30 vuotiset (17 puuta) ja 33—37 vuotiset (3 puuta). Pituuden, diametrin ja iän suhteen on tehty samat merkinnät kuin edellisiin sarjoihin. Huomattava on, että kasvukautena mitattujen puiden pituuteen ja ikään ei ole luettu kehittymässä olevaa kasvainta. Syksyllä mitattuihin puuihin on kasvain luettu mukaan. Puuta iän mukaan ryhmitettäessä, on tämä otettu huomioon, joten saman ikäiset puut ovat tulleet samaan ryhmään mittausajasta huolimatta. — Edellä mainitut 120 mäntyä kasvoivat epätasaisessa harvassa metsikössä, joka oli syntynyt kapeahkona vyönä entiselle niitylle varsinaisen

metsän laitaan. Kasvupaikka viettää heikosti länteen, jolle suunnalle aukeavat laajat pellot. Multakerroksen alla alkaa pian puhdas savi. Kasvupaikka on verraten kostea, jota todistaa paikoin ilmenevä Sphagnum-sammal. Heiniä ja ruohoja kasvaa harvassa, juurella seinäsammal. Jos liiallinen märkyys jätetään huomioon ottamatta vastaa kasvupaikka hyvää mustikkatyyppeä. — Mainitut 120:n männyn mitaukset muodostavat mittaussarjan 4. Iän mukaan on mittaussarjan puut jaettu 8:aan ryhmään. Kunkin ryhmän mittausten keskiarvot nähdään taululiitteessä n:o 1. (Merkinnät 4, r. 1; 4, r. 2 j. n. e.) — Muut Reinikkalan puut, luvultaan 81 ovat enimmäkseen nuoria 8—15 vuotisia mäntyjä 4:ltä eri kasvupaikalta, jotka kuitenkin ovat siksi samanlaisia, että ne on voitu yhdistää. Männyt ovat nimittäin peräisin metsittyneiltä paksumultaisilta niityiltä ja pientareilta, missä muodostavat pieniä verraten eri-ikäisiä metsiköitä. Nämä kasvupaikat eivät ole liiallisen vetisyyden vaivaamia, kuten edellisen puuryhmän, ja vastaavat yleensä mustikkatyypin maita. Mittaussarjan puut on iän mukaan jaettu 5:een ryhmään: 8—9 vuotisiin (14 puuta), 10—11 vuotisiin (14 puuta), 12—13 vuotisiin (25 puuta), 14—15 (16) vuotisiin (25 puuta) ja 18—19 vuotisiin (3 puuta). — Puut muodostavat yhteensä mittaussarjan 5. Kunkin ryhmän mittausten keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1. (Merkinnät 5, r. 1; 5, r. 2 j. n. e.) Tämän sarjan puut olivat ensimmäisiä, joita mitattiin eikä kaikista sen vuoksi ole pituus- ja diametritietoja. Ikään nähden on huomattava, että se näille pienille puille, jotka mitattiin kaatamatta, yleensä määrättiin vain kasvainten perusteella lisäämällä muutamia vuosia alimman selvän oksakehän järjestyslukuun. Tämä lisäys on todennäköisesti (Vertaa esim. L. Iivessalon tutkimuksessa „Mäntymetsien uudistumisvuosista” olevia tietoja eri korkuisten männyn tainten iästä.) ollut liian pieni. Mutta sama virhe on tullut kaikkien puiden ikään, joten se ei vaikuta tulokseen.

Vihdin pitäjän Södergårdin talon maalta, vain muutama kilometri Nurmijärven Nummenpään kylästä on 96 puuta käsittävä pituusmittaussarja, josta 61 Saaren mittaamaa. Puut on jaettu iän mukaan 8:aan ryhmään: 8-vuotisiin (6 p.), 9-vuotisiin (14 p.), 10-vuotisiin (20 p.), 11-vuotisiin (21 p.), 12-vuotisiin (11 p.), 13-vuotisiin (15 p.), 14-vuotisiin (6 p.) 15—16 vuotisiin (3 p.). Paitsi kasvaimia, on mitattu puiden pituus ja rinnankorkeusdiametri sekä määrätty ikä. Metsikkö tai paremmin mäntynuorennos on kulon jälkeen syntyneitä, ryhmittäistä, reheväkasvuista, jonkun verran eri ikäistä. Kasvupaikka on kanervatyypin kangas, pohjamaa murtokivisoraa. Kasvipeitteenä on kanervaa, ei kuitenkaan yhtenäisenä varvukkona; jäkälää ja puolukan varpua. Laikuttain on maa aivan paljas. Vihdin Södergårdin

mittaukset muodostavat sarjan 6 ja ovat keskiarvot esitetyt taululiitteessä n:o 1 ikäryhmittäin (Merkinnät 6, r. 1; 6, r. 2; 6, r. 3 j. n. e.)

Lohjan pitäjistä on kaikkiaan 78:n puun vuosikasvaimet mitattu. Näistä on 68 puuta Vappulan Kousan virkatalolta ja ainoastaan 10 läheiseltä Maksjoen Ketun virkatalolta. Puut on iän ja metsätyypin perusteella jaettu 5:een ryhmään: 8—10 vuotisiin (puolukkatyyppi, 20 puuta), (10) 11—12 vuotisiin (kanervatyypin, 27 puuta), 13—15 (16) vuotisiin kanervatyypin, 21 puuta), 31 vuotisiin (mustikkatyypin, 2 puuta ja 33—40 vuotisiin (puolukkatyyppi, 8 puuta). Metsiköt, joissa mitatut puut kasvoivat, olivat virkatalojen hakatuille vuosilohkoille syntyneitä, verraten tasaikäisiä, yleensä tyydyttävän tiheitä ja hyvässä kasvussa olevia melkein puhtaita männiköitä. Kanervatyypin maalla, missä 2:sen ja 3:n ikäluokan puut kasvoivat, oli kasvipeitteenä tiheä kanerva, juurella vähän seinäsammalta, paikoin jäkälää: harvassa puolukan varpua. Kousan ja Ketun virkatalojen vastaavat kasvupaikat olivat siksi samanlaisia, että puut on voitu yhdistää samoihin ryhmiin. — Puolukkatyyppin maalla, mistä 1:sen ikäluokan puut ovat peräisin, oli varpukasveja ja sammalia tuskin nimeksikään; muista kasveista mainittakoon Pteris, Majanthemum, Gnaphalium, Epilobium, Melica. 5:n ikäluokan (33—40 vuotisten puiden) kasvupaikka oli myös puolukkatyyppiä, mutta täällä oli kasvipeitteenä yhtenäinen Hypnum parietinum-sammalisto, harva puolukan varvusto ja ankoissa harva kanerva. — Mustikkatyypin maalla, mistä 31-vuotiset puut ovat peräisin, oli yhtenäisen seinäsammalen lisäksi kasvipeitteenä harva mustikan ja puolukan varvusto. — Lohjan puut muodostavat mittaussarjan 7. Mittausten keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1. Osa tämän ryhmän puista kuului ensimmäisiin mittauksiin eikä niistä kasvainten pituuden ja iän ohella ole tavan mukaisia diametri- ja pituustietoja.

Uukuniemen pitäjistä, papiston virkatalojen maalta, puolukkatyyppiltä eri metsiköistä on 11 puuta käsittävä kasvaimittaussarja. Paitsi kasvainten mittoja on ilmoitettu rinnankorkeusdiametri ja osittain puiden pituus. Puiden ikä vaihtelee 26—29 vuoteen ja 43—45 vuoteen; edellisiä on 6, jälkimäisiä 5. Saadaan siis melkoisen pitkiä mittaussarjoja. Puut on mitattu elokuun 9—15 p:nä 1916, joten tämän vuoden kasvain kaiken todennäköisyyden mukaan jo on täysin kehittyneet. — Uukuniemen puiden mitaukset muodostavat sarjan 8 ja ovat mittausten keskiarvot kuten muidenkin sarjojen esitetyt taululiitteessä n:o 1. — Lisäksi on *Sulkavan ja Rautalammin pitäjissä* kesällä 1917 suoritettu eräitä kasvaimmittauksia. Muuta tarkoitusta varten kaadetuista koepuista mitattiin nim. kolmen, eräissä tapauksissa neljän viimeisen vuoden kasvaimet. 103:n tällaisen puun mitaukset muo-

dostavat sarjan 9 ja niiden keskiarvot mainituilta 3:lta tai 4:lta vuodelta löytyvät myös taululiitteestä n:o 1.

B. Paksuuskasvumittaukset.

Tärkeimmät paksuuskasvumittaukset ovat peräisin *Tuusulan pitäjältä*. Ensinnä mainittakoon Ruotsinkylän Vävarsin mittaukset, jotka käsittävät kaikkiaan 135 puuta. — Kanervatyypiltä on 59 puun muodostama, verraten tasaikäinen ryhmä, suurin osa on nim. iältään 100 vuoden vaiheilla; vain 7 puuta on vanhempaa, vanhin 161 v. Lustojen leveydet vuodesta vuoteen on mitattu talvella 1916 kaadettujen puiden kantokiekoista. Suurin osa puista oli läpimitaltaan 6 m:n korkeudelta yli 10 engl. tuumaa. Puut olivat kanervatyypin puiksi verraten solakoita. Keskipituus 18—23 m. Metsä oli puhdasta männikköä; paikoin oli kuusta ilmestynyt alikasvuksi. Tiheys 0.7. Kasvupaikka oli jostaikin tasainen hiekkakangas, kasvipeittensä tuhea kanerva, seinäsammal ja harva puolukan varvusto. — Ryhmän puut muodostavat paksuuskasvumittaussarjan I. Mittausten keskiarvot vuodesta vuoteen esitetään taululiitteessä n:o 2. Paitsi lustoleveyksiä on huomioon otettu lustoluku kantoleikkauksessa, (jota edellä tarkoitetaan iästä puhuessa) sekä kannosta sahatun kiekon läpileikkaus kuorineen keskiarvona kahdesta ristikkäisestä mittauksesta. — Pääasiassa mustikkatyypin maalta on 76 puuta. Niiden ikä (oik. lustoluku kantoleikkauksessa) vaihtelee 81—175 vuoteen. Mustikkatyypin puut on kaadettu samaan aikaan ja lustot mitattu samoin kuin edellisistäkin. Paksuudeltaan 6 m:n korkeudelta olivat ne kuten kanervatyypinkin puut pääasiassa yli 10 engl. tuumaa, mutta keskipituus oli suurempi, vaihdellen 23—26 metriin. Metsä oli paikoin miltei puhdasta männikköä, paikoin oli seassa vähän koivua ja kuusta alikasvuna, paikoin taas oli kuusikin päämetsää muodostavana, vaikka vähemmistönä. Tiheys 0.6—0.7. Männyt olivat vartevia, oksistaan korkealle puhdistuneita ja erittäin pitkärunkoisia. Kasvipeitteen muodostivat seinäsammal ja harva mustikan varvusto. Osa puista on kuitenkin kasvupaikalta, joka lähentelee puolukkatyyppiä. — Koska puut olivat verraten eri ikäisiä, on ne jaettu kahteen osaan siten, että 90 vuotta (kantoian muk.) nuoremmat (17 puuta) on erotettu erikseen. Puut muodostavat yhteensä mittaussarjan II, jonka keskiarvot vuodesta vuoteen nähdään taululiitteessä n:o 2 (Merkinmät II, r. 1 ja II, r. 2). Paitsi lustoleveyksiä, on lustoluku ja kantoläpimitta ilmoitettu kuten edellä.

Seuraavan, III:n paksuuskasvumittaussarjan muodostavat Ruotsinkylän Jäppasin mittaukset, myös mustikkatyypiltä. Puuta on 69.

Ikä (kantoikä) vaihtelee 60—141 vuoteen. Kaatoaika ja mittaustapa kuin edellä. Kaikkien kaadettujen puitten paksuus 6 m:n korkeudelta oli 10 engl. tuumaa tai yli. Keskipituus 25—26 m. Metsä on yleensä hyvin tiheää ja harvinaisen pitkävartista. Mäntyä ja kuusta on päämetsää muodostavana miltei yhtä paljon, mutta sitäpaitsi on paljon nuorempaa kuusta, joka tiheimmissä kohdin pysyy alikasvuna, mutta harvemmissä pyrkii päämetsän tasalle. Kasvipeitteenä on Hypnum-sammalisto ja aukkopaikoissa harva mustikan varvusto. Siellä täällä on pieniä kuivempia kunnaita, jotka lähimmin kuuluvat puolukkatyyppiin. — Koska Jäppasin puut olivat verraten eri ikäisiä, jaettiin ne kahteen osaan siten, että 90 vuotta (kantoian muk.) nuoremmat (17 puuta) erotettiin erikseen. Jäppasin paksuuskasvumittausten keskiarvot esitetään kuten muutkin taululiitteessä n:o 2.

Vielä on Tuusulan pitäjältä Rusutjärven kylästä kolme paksuuskasvu-mittaussarjaa, kylläkin vähemmän tärkeitä kuin edelliset. — Katilan virkatalolta mustikkatyypin maalta on mitattu kairalastuista 10:n 117—130 vuotisen (ikä=vuosilustoluku rinnan korkeudella) lähekkään kasvaneen kuusen lustoleveydet. Metsä oli puhdas järeä kuusikko; tiheys 0.7. Puiden pituus 25—30 m. Kasvupaikka viettää loivasti etelään. Turvekerros n. 30 cm. Kasvipeitteenä Hypnum-sammalisto, paikoin Polythricum, siellä täällä Sphagnum-mättäitä; harvassa mustikan ja puolukan vartta, paikoin sananjalkaa (Polystichum spinulosum, Polypodium dryopteris). — Kuusimittaukset muodostavat sarjan IV, keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 2. — Tuusulan kappalaisen virkatalon maalta, suopursurämeeltä on edelleen 15 puuta käsittävä paksuuskasvu-mittaussarja. V. Lustot on mitattu kairalastuista, jotka otettiin 1.3 m:n korkeudelta. Lustoluku kairalastussa vaihtelee 65—128. Metsä oli rämemetsäksi melko tiheää (0.5—0.6) 10—15 m:n pituista männikköä, seassa jokunen kituva koivu. Suo sijaitsee aivan Rusutjärven rannalla rantapenkereen takana. Turvekerros keskellä suota 100 + cm. Kasvipeitteen muodostaa yhtenäinen Sphagnum; mättäillä suopursua, juolukkaa, mustikkaa; muita kasveja: suomuurain, karpalo, harva niittyvilla. Kairatut puut kasvoivat yleensä lähellä suon reunaa, missä puut yleensä olivat muita kookkaampia. — Suopuumittausten keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 2. Vielä on käytettävänä pieni 5 puuta käsittävä lustomittaussarja VI, kangaskorvelta Katilan virkatalolta. Mittaukset on kuten edelliseltäkin tehty 1.3 m:n korkeudelta otetuista kairalastuista. Lustoluku rinnan tasalta vaihtelee 37—65. Männyt kasvavat harvinaisena metsikkönä, mutta eivät ole erityisen oksaisia. Sekä pituus että paksuuskasvu on hyvä; pituus vaihteli 13—17 m:iin. Kasvupaikka, jota käytetään turvemullan ottoon, on tasainen karhunsamma-

len, osittain Sphagnumin peittämä. Turvekerros n. 30 cm. Kairatut puut kasvoivat 10—20 m. korkeametsäisen kankaan reunasta. Sarjan keskiarvot ovat taululiitteessä n:o 2.

Seuraavat paksuuskasvumittaukset ovat *Nurmijärven pitäjältä*. — Reinikkalan virkatalolta on kahdelta kasvupaikalta — kumpikin mustikkatyyppiä — yhteensä 55 puuta käsittävä lustomittaussarja. — Mittaukset tehty rinnan tasalta otetuista kairalastuista. Ikä on arvioitu kairalastun lustoluvun mukaan, mutta lienee, kuten edellä on huomautettu, yleensä arvioitu liian alhaiseksi. Arvioitu ikä vaihtelee 84—108 vuoteen. — Tuoreella mustikkatyyppin kankaalla (maanimittarin kartassa merkitty alavaksi kankaaksi) kasvoi 55:stä kairalastusta puusta 40. Metsä oli tiheänlainen (0.7—0.8), verraten tasaikäinen, komea tukkipuumännikkö seassa vähän koivua ja harmaataleppää sekä harvanlaisena alikasvuna kuusta. Koivut, lepät ja raippamännyt poistettiin puhdistushakkuussa syksyllä 1915. Metsän sekä pituutta paksuuskasvu on viime vuosikymmeninä ollut varsin hidasta. — Kasvupaikka viettää jonkun verran kaakkoon. Paksunlaisen multakerroksen alla on selvä savipohja. Kasvipeitteen muodostaa seinäsammal ja harva mustikan varvusto. — Toinen mustikkatyyppin kangas, jolla tutkittuista puista kasvoi 15, on edellistä kuivempi. Maa viettää etelään. Kankaan pohjoispuoli on kallioista ja laskeutuu jyrkkänä rinteinä pohjoiseen. Ylempää ei siis vettä pääse valumaan. Metsä on meltei tasaikäinen männikkö, harvempi edellistä (0.6) seassa 5—10 % koivuja, vääriä ja hidaskasvuista n. s. mäkikoivuja. Tiheänlainen matalahko kuusialikasvu. Kasvipeitteenä seinäsammal; marjan varsia vähän. Puut ovat lyhempiä ja tyvekkäämpiä kuin ed. kasvupaikalla. Paksuuskasvu aikaisempina vuosina parempi. Kairalastun vuosilustoluvun mukaan arvioitu ikä vaihtelee 94—102 vuoteen. — Siihen nähden, että kummankin kasvupaikan puut ovat verraten eri ikäisiä, on kummankin ryhmän puista 80 vuotta nuoremmat puut (niitä on ed. ryhmässä 10 ja jälkimäisessä 3) erotettu pois ja niistä muodostettu 3:s ryhmä. Kaikkien näin saatujen ryhmäin puut muodostavat mittaussarjan VII. Keskiarvot taululiitteessä n:o 2. (Merkinnät VII, r. 1; VII, r. 2, VII r. 3).

Vielä on Nurmijärven pitäjältä 23 puuta käsittävä paksuuskasvumittaussarja VIII, nim. Nummenpään Pyörlästä. Lustoleveydet vuodesta vuoteen on mitattu rinnan tasalta otetuista kairalastuista. Puut, joiden (kairalastun muk.) arvioitu ikä vaihtelee 72—87 vuoteen, kasvoivat pääasiassa tuoreella puolukkatyyppin maalla ja olivat pitkävartisia ja solakoita. Tukkipuita oli metsikössä melkoisesta iästä huolimatta tuskin ollenkaan. Paksuuskasvu onkin ollut varsin hidasta. Päämetsä oli sangen tiheätä (0.9) miltei puhdasta tasaikäistä män-

nikköä, juurella rehevä kuusialikasvu. Tutkitut puut kasvoivat matalahkolla harjulla. Kasvipeitteenä oli seinäsammal ja harva puolukan varvusto, notkokohdissa, jotka olivat mustikkatyyppiä, kasvoivat paikoin tuheaaikin mustikan varpua. Nummenpään Pyörlän paksuuskasvumittaukset muodostavat sarjan VIII. Keskiarvot taululiitteessä n:o 2.

Vihdoin on *Sulkavan pitäjältä* 10 puuta käsittävä mittaussarja. Lustoleveydet on mitattu kairalastuista, joissa lustojen luku vaihtelee 54—76. Puut oli myrsky kaatanut kesällä 1917. Ne olivat kasvaaneet mustikkatyyppin maalla ja niiden kasvu oli ollut hyvä. Mittaukset muodostavat sarjan IX. Keskiarvot ovat taululiitteessä n:o 2.

Jotta saataisiin mahdollisimman pitkälle ulottuva ja mahdollisimman luotettava mittaussarja, on 10 vanhimman puun paksuuskasvumittaukset yhdistetty, muodostaen sarjan X, jonka keskiarvot vuodesta vuoteen myös esiintyvät taululiitteessä n:o 2.

C. Yleiskatsaus mittauksiin.

Yleiskatsauksen saamiseksi mittauksista, esitetään seuraavat taulukot.

a. Pituuskasvumittaukset.

Tutkittujen puiden kasvupaikka			Mittausarjan N:o	Puiden luku mittaussarjassa	Puiden ikä	Iän muk. erot. ryhmät	Mittauksen tekijä
Pitäjä	Tila	Metsätyyppi					
Tuusula	Jäppas	Puolukka	1	40	18—24		E. L.
»	Vävars	Mustikka	2	25	20—28		»
Nurmijärvi	Pyörlä	Mustikka	3 a	17	28—40		E. S.
»	»	Mustikka	3 b	3	n. 85		E. L.
»	Reinikkala	Mustikka (vesip.)	4	120	16—37	8	(E. S. (104 p.) (E. L. (16 p.))
»	»	Mustikka	5	81	8—15	5	(E. S. (12 p.) (E. L. (70 p.))
Vihti	Södergård	Kanerva	6	96	8—16	8	(E. S. (61 p.) (E. L. (35 p.))
Lohja	Kousa	Puolukka	7	20	8—10		E. L.
»	Kousa, Kettu	Kanerva	»	48	11—15	2	»
»	Kousa	Mustikka	»	2	31		»
»	»	Puolukka	»	8	23—40		»
Uukuniemi	Papiston virkatalot	Puolukka	8	11	26—45		»
Sulkava, Rautalampi	Papiston virkatalot	Eri tyyppiä	9 a-d	(103)	vaiht.		»
Yhteensä puita				471			
Ilman Sulkavan ja Rautalammin puita				368			

b. Paksuuskasvumittaukset.

Tutkittujen puiden kasvupaikka			Mittaussarjan N:o	Tutkittujen puiden tutkimus- sarjassa	Tutkittu- jen puiden ikä	Iän mukaan ero- tettu ryhmä	Mittauksen tekijä
Pitäjä	Tila	Metsätyyppi					
Tuusula	Vävars	Kanerva	I	59	98—161		E. L.
»	Vävars	Mustikka	II	76	81—175	2	»
»	Jäppas	Mustikka	III	69	60—141	2	»
»	Katila	Mustikka	IV	10	117—130		»
»	Kappalaisen v. talo	Suopursuräme	V	15	65—128		»
»	Katila	Kangaskorpi	VI	5	37—65		»
Nurmijärvi	Reinikkala	Mustikka	VII	55	74—108	3	»
»	Pyörlä	Puolukka	VIII	23	75—84		»
Sulkava	Khran virkatalo	Mustikka	IX	10	54—76		»
Tuusula	Vävars ja Jäppas	Kanerva ja must.	X		141—175		»
Yhteensä puita				322			

Huomattakoon, että tiedot puiden ikäsarakkeessa eivät ole yhdenmukaisia. Eräiden ryhmien ikä tarkoittaa lustolukua kanto-leikkauksessa, eräiden ikä kasvainten mukaan arvioitua j. n. e., kuten vastaavissa kohdin tekstissä on ilmoitettu. Kuitenkin saanee niistä suunnilleen käsityksen, minkä ikäisiä puita on mitattu.

4. Säätiedot.

Tärkeän osan esillä olevassa tutkimuksessa muodostavat säätiedot. Kuten edellä jo on mainittu, ovat huomattavimmat mittaussarjat siksi läheltä Helsingiä, että niitä voidaan verrata täällä tehdyihin ilmastolisiin havaintoihin. — Enimmät säätiedot, nim. v:sta 1882 v:een 1911 on saatu Meteorologisen keskuslaitoksen julkaisemasta vuosikirjasta. Vuosien 1912—1919 lämpötilatiedot on toht. O. S. C. V. Johansson hyväntahtoisesti antanut Meteorologisella keskuslaitoksella säilytettävistä käsikirjoituksista, samoin vuosien 1876—1881 ja vuosien 1840—1843. Lämpötilatiedot v:sta 1829 v:een 1839 ja v:sta 1844 v:een 1875 ovat Meteorologisella keskuslaitoksella säilytetystä H. Wildin julkaisemasta teoksesta ¹⁾. — Sademäärätiedot vuosilta 1886—1911 ovat

¹⁾ H. Wild. Die Temperatur-Verhältnisse des Russischen Reiches. Supplementband zum Repertorium für Meteorologie, herausgegeben von der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. St. Petersburg 1881.

meteorologisesta vuosikirjasta. Vuosien 1844—1881 tiedot ovat H. Wildin julkaisemasta niinikään Met. keskuslaitoksella säilytetystä teoksesta ²⁾ ja vuosien 1886—1915 tiedot toht. V. V. Korhosen julkaisusta „Sadetauluja Suomesta vuosilta 1886—1915”. Viime vuosien 1915—1919 sademäärätiedot on toht. Korhonen hyväntahtoisesti antanut käsikirjoituksista. — Siihen nähden, että miltei kaikkien kuukausien säätiedot tulevat kysymykseen selvitetessä niiden vaikutusta puiden kasvuun, esitetään erityisenä liitteenä (taululiite n:o 3 julkaisun lopussa) Helsingin lämpötila- ja sademäärätietojen kuukausikeskiarvot niin kauas taaksepäin kuin niitä on saatavissa. Jotta vertailu puiden kasvuun kävisi helpommin, on säätiedot esitetty samassa järjestyksessä kuin puiden kasvumittauksetkin, siis nykyajasta meneeseen siirtyen.

²⁾ H. Wild. Die Regen-Verhältnisse des Russischen Reiches. V Supplementband zum Repertorium für Meteorologie, herausgegeben von der Kaiserlichen Academie der Wissenschaften. St. Petersburg 1881.

II. Tutkimusmenetelmät.

1. Mittaustavat.

Pituuskasvumittauksista on mainittava, että kukin kasvain, s. o. kahden oksakehän väli mitattiin erikseen. Tästä on voinut aiheutua pieni virheellisyys mittaa siirrettäessä kasvaimesta kasvaimen. Ehdottomasti tarkka tulos olisi saavutettu jännittämällä pitkä mittanauha latvasta tyveen päin ja merkitsemällä muistiin suorastaan lukemat kunkin oksakehän kohdalla. Tämä olisi kuitenkin aiheuttanut käytännössä melkoisia hankaluuksia. Olisi ensinnäkin välttämättömästi tarvittu kaksi henkilöä mittausten joutuisaan suorittamiseen, toiseksi mittanauhan sovittaminen suoraksi kaadetun puun runkoa myöten olisi vaatinut enemmän oksimista kuin käyttämällä tavallista käännettävää metrimittaa ja mittaamalla kasvaimet erikseen. Mainittu siirtovirhe lienee sitäpaitsi jäänyt pieneksi, sillä ainakin useimmissa mittauksissa käytettiin jotain terävää esinettä merkitsemään ed. mittauksen päätekohtaa. Tietoja ei ole siitä, minkä verran kasvainmittausten summa poikkeaa yhtenäisesti mitatusta vastaavasta pituudesta. Puun pituutta ei nimittäin voida verrata kasvainten summaan, sillä tuskin missään tapauksessa on kasvaimia voitu mitata maahan asti. Todennäköisesti (Vertaa vastaavaa suhdetta lustoleveyksien summan ja säteen välillä!) on virheellisyys tässä kohdin sangen pieni. Joka tapauksessa käy kasvainten suhteellinen pituus mittauksista täysin tarkoin selville. Mittauksissa on käytetty $\frac{1}{2}$ cm:n tarkkuutta, (Saaren mittaukset 1 cm:n tarkkuudella) joka pieniin puihin nähden on paikallaan, mutta isojen puiden suhteen on vähemmän tarkoitustaan vastaavaa, oksakehät kun ovat usein melko laajat. Joka tapauksessa vähentää tarkemmuus siirtovirhettä, joskin eri suuntiin käyvät virheet myös tasoittavat toisiaan. — Ehdottomasti luotettavien mittausten saavuttamiseksi on tarpeen kaksi henkilöä, toinen muistiin merkitsemistä varten. Allekirjoittanut on Tuusulan mittauksissa (mittaussarjat 1 ja 2) käyttänyt muistiin merkitsijää. Muut mittauk-

set olen yksin suorittanut. E. Saari on pääasiassa yksin toimittanut mittauksensa. Jos itse panee muistiin tulokset, voi sattua, että joku kasvain jää mittaamatta, joku tulee kahdesti mitatuksi j. n. e. Muutenkin on kynän, muistikirjan, veitsen (vaihtokohdan merkitsemiseksi) ja mitan yhtäaikaa käsillä pitäminen varsin hankalaa ja voi sekin aiheuttaa erehdyksiä, etenkin jos säät ovat epäsuotuisat. — Eräs virhemahdollisuus kyseenalaisissa mittauksissa on kasvainten puuttuminen tai viallisuus. Kun kuitenkin valitsee sopusuhteisesti kehittyneitä puita (Toisten varjossa kasvaneita on vain poikkeustapauksissa käytetty.) eikä ulota mittauksia alemmas kuin oksakehät selvästi näkyvät, voinee pitää varmana, että vain hyvin pieni % kasvaimia ei kuulu siihen vuoteen, johon ne on merkitty. Puun ensimmäisinä kasvuvuosina lienee kasvainten puuttuminen tavallista, samoin voi olla varjostettujen tai muusta syystä kituvien puiden laita. Mutta normaalisti kehittyneiden ja taimi-ian sivuuttaneiden mäntyjen suhteen, jollaisia, kuten jo mainittiin tutkimusaineisto käsittää, ei ole huomattu poikkeusta säännöstä: joka vuosi kehittyy kasvain, joko lyhempi tai pitempi. Toisinaan kyllä kasvainten lyhyys saattaa luulemaan, että on kysymyksessä vain oksakehän tavallista suurempi laajuus, mutta vertailu useamman puun välillä ja rungon poikki sahaus selvittää helposti epäilykset. On kyllä varmaa, että tottumaton mittaaja saisi eräissä tapauksissa virheellisiä tuloksia, eikä allekirjoittanut puolestaan voisi luottaa asiaan kuulumattomien keräämään aineistoon. Mitä kasvainten satunnaisiin vikoihin tulee, on ne kahden ensimmäisen mittaussarjan puista otettu huomioon ja keskiarvoja laskiessa jätetty pois luvusta. — Kasvainmittausten huolellinen suorittaminen on verraten aikaa vievää työtä. N. 25-vuotisia puita mittaa hyvän apulaisen kanssa pitkässä työpäivässä 30—40.

Paksuuskasvumittauksista mainittakoon ensin, että ne suoritettiin yleensä yhtä sädettä myöten. Kairalastamittausten suhteen on asia ilman muuta selvä, sillä kustakin puusta otettiin vain yksi lastu. Kiekkoja mitatessa olisi kyllä voitu lustot mitata kahtakin sädettä myöten, mutta aineiston laajuuteen nähden ei tätä ole tehty. Epäilemättä mittaukset eri säteitä myöten antaisivat erässä tapauksissa hyvinkin erilaisia tuloksia lustojen absoluuttisiin leveyksiin nähden, mutta suhteet eri lustojen välillä olisivat suurin piirtein katsoen varmasti samat. Vaikuttavathan lämpö-, kosteus-, valaistus-, juurikilpailu-, y. m. suhteet suunnilleen samalla tavoin eri puolilla puuta. lukuun ottamatta ehkä eri ilmansuuntien vaikutusta, jonka selvittelemine ei kuulu tähän. Lustoleveysmittaukset jo saman metsikön, voidaampa sanoa saman seudun puiden mielivaltaisia säteitä myöten (salmalta korkeudelta) osoittavat sellaista yhtäpitävääsyyttä, jottei ole

epäilemistäkään, etteivätkö saman puun eri säteitä myöten tehdyt mitaukset olisi eri lustojen välisiin suhteisiin nähden yhteen käyviä. Mittaamalla kunkin puun kiekot kahta sädettä myöten, olisi siis saatu vain kaksi kertaa suurempi aineisto ilman, että sen käyttökelpoisuus kyseessä olevan aineen selvittelyyn katsoen olisi ollut sanottavastikaan suurempi. — Jos lustoleveyksien absoluuttinen suuruus olisi erikoisen tärkeä, olisi luonnollisesti kahden säteen mittauksilla etunsa, mutta ne pitäisi silloin suorittaa pisintä ja lyhintä sädettä myöten. Lyhimmän säteen käyttäminen on taas usein hyvinkin vaikeaa ja erittäinkin aikaa vievää. M. m. Huntingtonin oli monasti turvaututtava pisimpiin säteisiin, vaikka hänellä oli tarkoituksena saada puiden keskimääräistä kasvua ilmaisevia tuloksia. Kairalastumittauksissa muuten tulee puheena oleva virhesyö itsestään eliminoiduksi. Lastut on nimittäin otettu milloin miltäkin puolen puuta, siis usein lyhimmänkin säteen puolelta. Muuten ei kiekkomittauksissakaan ole suinkaan valittu aina leveintä puolta. Kun vain lustot olivat kyllin selvät mitattaviksi, ei otettu pisintä eikä lyhinä, vaan keskivälinen säde. Mutta jos lustot olivat yleensä kovin kapeita, oli pakko valita pisin ja selvin. Kiekkomittaukset antavat siis puiden kasvusta jonkun verran liian edullisen kuvan, jota vastoin kairalastumittaukset keskimäärin esittävät todellisia lustoleveyksiä. — Lustojen leveyksiä kiekkoista mitatessa on ensin terävällä veitsellä vuoltu jonkun säteen kohta sileäksi, jotta lustojen rajat selvästi erottuvat. Myös kairalastut on ennen mittaamista siloitettava. Kun ei mikroskooppia ollut käytettävissä, oli myös ennen mittauksia tarkastettava, olivatko lustot niin selvät, että ne tavallista 4—5 kertaa isontavaa suurenmuslasia apuna käyttäen voitiin mitata. Sahatuista kiekkoista ei kuitenkaan tarvinnut hylätä kuin pari kappaletta, joista ei lustojen kapeuden vuoksi saanut selvää. Otettuja kairalastuja jäi samasta syystä noin kymmenkunta käyttämättä. Itse mittaukseen käytettiin kaupassa kromsirkkelin nimellä käypää kojetta, jolla saatiin lukemat 1/10 mm:ssä ja jonka rakenne ja käyttötapa selvinnevät seur. sivulla olevasta piirroksesta. Mittaus aloitettiin luonnollisesti pinnasta käsin ja mitattiin lusto kerrassaan. Tavallisesti merkittiin joka 10:s vuosi kiekkoon tai kairalastuun ja tarkastettiin merkin kohdalle tultaessa, oliko myös muistiinpanija ehtinyt 10-luvun kohdalle. Mainittakoon tässä yhteydessä, että kairalastujen mittaaminen on paljon hankalampaa kuin kiekkojen, lastut kun helposti katkeilevat. Muutenkin on kairalastuilla kiekkoihin verraten useita haittoja, joista vähän tuonnempaan mainitaan. — Lustomittauksissa on ehdottomasti käytettävä kirjoitusapulaista. Puhumattakaan tavattomasta ajanhukasta, jota vuorotellen mittaaminen ja kirjoittaminen tuottaa, on mahdotonta tällöin välttää sekaannuksia ja erehdyksiä.

Kaikkissa tähän tutkimukseen kuuluvissa lustomittauksissa onkin käytetty kirjoitusapulaista. Mitä itseensä mittaamiseen tulee, on se erittäin tarkkaa ja suurta huolellisuutta vaativaa työtä. Asiaan perehtymättömän henkilön käyttäminen tähän toimeen ei voida ajatellakaan, jos tahdotaan luotettavia tuloksia. Kaikki tämän tutkimuksen pohjana olevat lustomittaukset on allekirjoittanut itse suorittanut. — Vielä on eräitä seikkoja lustomittauksen suhteen huomioon otettava. Erehdyksiä voi aiheuttaa lustojen puuttuminen kokonaan tai joltakin puolen puuta, tai vielä kaksoislustojen muodostuminen. Lustojen puuttuminen kokonaan näyttää olevan suhteellisen hyväkasvuista puissa — jollaisia ensin osa tutkittuja puuta on — harvinaisuus. Olisi muuten mahdotonta, että eri puiden paksuuskasvun kulkua vuodesta vuoteen osoittavat murtoviivat olisivat niin yhdenmukaisia. Jonkun puun ehkä puuttuvan luston vaikutus häviää joka tapauksessa vähiin, kun otetaan monien puiden keskiarvot. Lustojen puuttuminen toiselta puolen puuta on tavallisempaa, mutta kiekkomittauksissa voidaan siitä aiheutuvat virheet miltei säännöllisesti torjua. Kiekosta näkee nimittäin helposti, millä puolen puuta tuollainen lustojen kapeneminen ja pieninten lustojen häviäminen on tapahtunut, ja siltä puolen ei luonnollisesti mitausta toimiteta. Kairalastussa ei tätä virhemahdollisuutta voida välttää, seikka joka tekeekin kairalastumittaukset paljon kiekkomittauksia epäluotettavammiksi. — Kaksoislustot, joita Douglass on huomannut pohjois-Arizonan keltamännyltä seurauksena äkillisestä kevätkuivuudesta lienevät meillä harvinaisuuksia. Ainakaan ei allekirjoittanut ole huomannut sen tapaisia muodostumia, jotka tietysti olisivat todettavissa useissa ainakin lähekkäin kasvaneissa puissa. Joskus olen tavannut lustoja, joissa syyspuu on tavallista vaalempaa ja hohkaisen näköistä, eikä raja sen ja seuraavan kevätpuun välillä ole täysin selvä. Mistä tuo muodostuma johtuu, on vaikea sanoa. Tuskin on kuitenkaan mikään kaksoislusto kysymyksessä, sillä nuo lustot eivät ole tavallista kapeampia, jollaisia ainakin toisen kaksoislustosta täytyisi olla. Missään tapauksessa eivät samat syyt kuin Arizonassa aiheutaneilla kaksoislustoilla. Jos näitä muodostumia meillä todettaisiinkin.



Lustojen mittauksessa käytetty koje. — 1/2 luonn. koosta.

ovat ne siksi harvinaisia, etteivät saata aiheuttaa erehdyksiä ainakaan useamman puun lustojen keskiarvoihin. — Mittausten tarkkuudesta mainittakoon seuraavat havainnot. Erään puun (N:o 7 mittaussarjassa VII, r. 2) vuosilustoista tuli osa erehdyksestä mitatuksi kahteen ja osa kolmeen kertaan. Täten saatiin kaikkiaan 84 vertailukohtaa, joista 31 % osoitti 0.0 mm:n erotusta, 40.5 % 0.1 mm:n erotusta, 15.5 % 0.2 mm:n 9.5 % 0.3 mm:n, 2.4 % 0.4 mm:n ja 1.2 % 0.5 mm:n erotusta. Jokseenkin samanlaisiin tuloksiin on tultu mitattaessa tarkoituksella kahdesti erään puun (N:o 2 mittaussarjaa VI) lustot, jolloin saatiin 38 vertailukohtaa. Saman lukemaan osoitti 26.3 % vertailuista, 0.1 mm:n poikkeusta osoitti 47.4 %, 0.2 mm:n poikkeusta 18.4 %, 0.3 mm:n poikkeusta 5.3 % ja 0.4 mm:n poikkeusta 2.6 %. Huomattakoon vielä, että molempain mainittujen puiden lustot mitattiin kairalastuista, joiden käsitteleminen — kuten jo on mainittukin — on hankalampaa kuin kiekkojen, joten näiden lustomittaukset kaiken todennäköisyyden mukaan ovat tarkempia. Yleensä voidaan leveälustoisten puiden mittauksia pitää luotettavimpina, joskin hidaskasvuistenkin puiden suhteen on koetettu suurennuslasia käyttäen noudattaa mitä suurinta tarkkuutta. — Kuten kasvaimittauksissa, aiheutuu lustomittauksissakin virhe mitan siirtämisestä. Tämän virheen suuruutta on tutkittu muutamien umpimähkään valittujen puiden suhteen. On laskettu jonkun vuosimäärän lustolukemat ja verrattu summaa suorastaan mittaamalla saatuun tulokseen. Tarkasteltiin IV:n mittaussarjan puita n:ot 1, 9 ja 10 seuraaviin tuloksiin:

Puun:o 1			Puun:o 9			Puun:o 10		
	cm	vv.		cm	vv.		cm	
Lustosumma	3.95	1919—	Lustosumma	0.98	1919—	Lustosumma	0.55	
Tod. mitta ..	3.70	1874	Tod. mitta...	1.00	1910	Tod. mitta ..	0.50	
Lustos.	8.14	1919—	Lustos.	1.69	1919—	Lustos.	1.10	
Tod. m.	7.90	1844	Tod. m.	1.65	1900	Tod. m.	1.05	
Lustos.	10.37	1919—	Lustos.	2.65	1919—	Lustos.	1.88	
Tod. m.	10.00	1829	Tod. m.	2.65	1890	Tod. m.	1.85	
Lustos.	13.27	1919—	Lustos.	3.43	1919—	Lustos.	2.71	
Tod. m.	12.70	1813	Tod. m.	3.50	1880	Tod. m.	2.65	
Lustos.	15.11	1919—	Lustos.	4.08	1919—	Lustos.	3.51	
Tod. m.	14.60	1803	Tod. m.	4.15	1870	Tod. m.	3.45	
			Lustos.	5.48	1919—	Lustos.	5.07	
			Tod. m.	5.70	1860	Tod. m.	5.00	
			Lustos.	6.20	1919—	Lustos.	6.63	
			Tod. m.	6.35	1850	Tod. m.	6.55	

(Jatk.)

Puun:o 9			Puun:o 10		
	cm	vv.		cm	
Lustos.	6.91	1919—	Lustos.	8.50	
Tod. m.	7.05	1840	Tod. m.	8.40	
Lustos.	8.19	1919—	Lustos.	10.63	
Tod. m.	8.35	1830	Tod. m.	10.55	
Lustos.	9.90	1919—	Lustos.	12.70	
Tod. m.	10.15	1820	Tod. m.	12.55	
Lustos.	11.43	1919—	Lustos.	14.64	
Tod. m.	11.60	1810	Tod. m.	14.50	
Lustos.	13.03	1919—	Lustos.	16.36	
Tod. m.	13.40	1800	Tod. m.	16.30	
		1919—	Lustos.	17.17	
		1795	Tod. m.	17.20	

Kuten huomataan on lustojen summa toisinaan vähän isompi, toisinaan vähän pienempi todellista mitta. Erotukset ovat yleensä vähäpätöisiä. Kairalastupuut — jollaisia edellä mainitut kolme puuta olivat — antavat todennäköisesti mittaushankaluutensa vuoksi tarkkuuteen nähden epäedullisemmän kuvan kuin kiekkopuut. Vertailuja näiden puiden suhteen ei ennen kiekkojen hävittämistä tehty, eikä lustojen summaa voida suorastaan verrata ilmoitettuun diametriin, koska se on mitattu kuorineen. Joidenkin kiekkopuiden lustojen summa on kuitenkin laskettu ja voitiin todeta, että se vastasi suunnilleen $\frac{1}{2}$ diametriä erotuksena kuoren tavallinen vahvuus. — Mittauskojeen siirtämisessä syntynyt virhe vaikuttaa siis lustojen absoluuttisiin arvoihin verraten vähän, lustojen keskinäisiin erotuksiin — jotka tässä ovat tärkeimmät — tuskin olleenaan. — Lopuksi mittauksista puhuttaessa, mainittakoon, että n. 100-vuotisen puun lustojen mittamiseen kairalastusta kuluu kirjoitusapulaista käyttäen keskimäärin puoli tuntia, kiekkomittaukset ottavat jonkun verran vähemmän aikaa.

2. Aineiston käsittelytavat.

Esillä olevan kysymyksen tapaisten asian selvittelyssä on vertailu ensi sijalla. Saman puun eri vuosien kasvua on verrattava toisiinsa, samoin eri puiden vastaavien vuosien kasvua. Useiden puiden mittauksista eri vuosille laskettuja keskiarvoja on niinkään verrattava toisiinsa ja samoin eri keskiarvosarjoja. Ja lopuksi on sääsuhteiden vaikutuksia tutkittaessa verrattava esim. lämpötilan eri kuukautisia

arvoja keskenään ja vastaaviin sademääriin ja tietysti myös vastaavien vuosien kasvuun. Tätä vertailua helpoittaa suuresti, jos piirretään eri vuosien arvoja vastaavat murtoviivat. Luomalla silmäyksen tuollaiseen puiden kasvua vuodesta vuoteen esittävään murtoviivaan, saa yhdellä silmäyksellä selvän kuvan kasvun yleisestä kulusta. Minimit ja maksimit esiintyvät silmiin pistävän selvästi ja huomioiden teko yleensä käy helpoksi. Jos piirretään allekkain esim. jonkun kuukauden lämpötiloja eri vuosina esitettävä murtoviiva ja jonkun puuryhmän lustoleveyksiä ilmoittava murtoviiva, nähdään helposti onko niillä yhteyttä keskenään vai ei.

Jokaista puuta varten on mahdoton ruveta murtoviivoja piirtämään, samoin vertailu kunkin yksityisen puun ja eri sääsuhteiden välillä johtaisi liian häilyviin tuloksiin. Jonkun yksityisen puun kasvuun on nim. joku tilapäinen tekijä eräinä vuosina voinut vaikuttaa, siten häiriten luonnollista kasvun kulkua. Tällaisista mainittakoon: vahingoittuminen, äkkiä lisääntynyt valon saanti, juurten joutuminen ravintorikkaampaan tai -köyhempään maahan, muutos juurikilpailussa ja muut samantapaiset seikat. Lisäksi on kuten minuttua, yksityisen puun kasvumittauksiin voinut tulla erilaisista syistä johtuvia virheitä, vaikka niitä mahdollisuuden mukaan on pyrittykin välttämään. Huolimatta siitä, että tällaisten häiritsevien tekijöiden vaikutus ei yksityisissäkään puissa tunnu läheskään siinä määrin kuin olisi taipuvainen uskomaan, on parasta vertailuja tehdessä ja murtoviivoja piirtäessä käyttää useiden puiden kasvumittausten aritmeettisiä keskiarvoja. Mitä homogeenisempi tutkittu puusarja on s. o. mitä tasaikäisempiä ja mitä samanlaisempia kasvultaan puut ovat, sitä luotettavampia ovat keskiarvot. Tietysti lisää myös sarjan puiden lukuisuus keskiarvojen luotettavuutta. Tilapäiset häiriöt jonkun yksityisen puun kasvussa ja samoin jonkun puun kasvun mittauksissa syntyneet erehdykset (esim. luston puuttumisen aiheuttamat) häviävät keskiarvoja käytettäessä, tai ne enintään tekevät kasvua esittävän murtoviivan latteammaksi. Jos tutkittavan puuryhmän puut ovat hyvin eri-ikäisiä ja kasvultaan erilaisia, on keskiarvoilla vähän merkitystä. Tämän vuoksi onkin puut mikäli mahdollista ryhmitetty iän ja kasvupaikan mukaan. — Muut käytetyt menetelmät, kuten esim. iän vaikutuksen eliminoiminen selviävät erikoiskäsittelyn yhteydessä. — Verraten laajaan aineistoon katsoen on yleensä pyritty käyttämään mahdollisimman yksinkertaisia ja vähemmän aikaa vieviä menetelmiä.

III. Erikoiskäsittely.

1. Pituuskasvu ja sääsuhteet.

Sääsuhteiden vaikutuksen tutkiminen puiden pituuskasvuun kohtaa erinäisiä vaikeuksia. Ensinnäkään ei kaikkien puulajien vuosittaista pituuskasvua voida ilman suuria hankaluuksia jälkeenpäin määrätä. Kun käsitellään mäntyä, ei tämä seikka kuitenkaan ole haittana. Sen sijaan ei männynkään pituuskasvua voida seurata kauas menneeseen aikaan. On harvinaista, että oksakehain jäljet selvinä säilyvät useita vuosikymmeniä, kuten oli laita mittaussarjaan 3 b kuuluvien 3:n puun, joiden mittaukset ulottuvat n. 75 vuotta taaksepäin. Tuollaisten puiden kasvaimia saa kuitenkin harvoin mitatuksi, koska niitä kasvun säännöllisenä ollessa harvoin kaadetaan, eikä heikkojen, varjostettujen tai viallisten puiden tutkiminen monesta syystä ole suositeltavaa. Nuoria puita saa kyllä helpommin mitatuksi, joko maasta käsin tai harventamalla, mutta niiden arvo tutkimusaineistona ei ole kovinkaan suuri. Luomalla esim. silmäyksen mittaussarjoja 5 ja 6 edustaviin keskiarvoihin, huomataan helposti, että kasvaimet latvasta käsin pienenemistään pienenevät. Eri puissa ei säännöllisesti toistuvia poikkeuksia puoleen tai toiseen ole havaittavissa. Tämä ilmiö johtuu puiden kasvun kulusta. Kasvu nim. ensin verraten äkisti kiihtyy alkaakseen taas vähitellen hidastua. Tuo kasvun kiihtyminen siis peittää suureksi osaksi sääsuhteiden vaikutuksen puun ensimmäisinä 10—15 vuotena. Kuitenkin voivat tällöinkin erittäin tyypillisten vuosien vaikutukset tuntua. Niinpä v. 1915 mitatuissa 16—17 vuotisissa puissa sangen yleisesti huomataan vuoden 1903 tyypillinen lyhyt kasvain. Jos iän aiheuttama vaikutus eliminoidaan tuonnempana esitetyllä tavalla, eivät pienten puiden murtoviivat kuitenkaan ole juuri yhtäpitäviä keskenään eikä liioin vanhempien puiden vastaavan murtoviivan osan kanssa. Osaksi vaikuttaa sekin seikka, että mitattujen nuorten puiden kasvu-aikana ei ole ollut erikoisen tyypillisiä vuosia. — Samaa säännöttö-

myyttä osoittavat tässä suhteessa ne toht. B a c k m a n i n nuorten (pääasiassa) suomäntyjen mittaukset, joita minulla on ollut tilaisuus tarkastaa. — Jos sitten katsellaan lhieman vanhempien puiden (yli 15 v., samalta kasvupaikalta) kasvun kulkua esittäviä lukuja tai jos piirretään kutakin puuta vastaavat murtoviivat, saadaan aivan toisenlainen kuva. Nämä murtoviivat nim. ovat suuresti toistensa näköisiä ja poikkeavat varsin vähän useiden puiden keskiarvoja edustavista murtoviivoista. Samoin huomataan kaikkien säännöllisesti kehittyneiden puiden kasvaimittauksissa eräitä varmasti uusiutuvia piirteitä. Varmin tällainen merkki on vuosien 1902 ja 1903 kasvaimissa. Jos edellinen ei ole tavallista pitempi ja jälkimäinen tavallista lyhyempi, saa olla varma mittausvirheestä tai erehdyksestä, tällöin nim. useimmat kasvunmaksimit sattuvat minimien kohdalle ja päinvastoin. Näin vertaamalla muihin vuosiin onkin todettu eräitä virheitä. Melkein täydellä varmuudella voi määrätä virheen kohdankin. Näitä puita ei kuitenkaan ole tahdottu korjattuina käyttää, vaan on ne (luvultaan 9, Pyörlän puita 2, Reinikkalan 7) poistettu. Missään tapauksessa eivät ne olisi sanottavasti keskiarvoihin ja niiden mukaisiin murtoviivoihin vaikuttaneet. — Tällainen suuri yhdenmukaisuus eri metsikköjen, eri metsätyyppien, eri seutujen, vieläpä etäistenkin (Uukuniemen puut) puiden välillä, voi johtua ainoastaan tekijöistä, jotka ovat kaikille ainakin jossain määrin yhteisiä. — Jos piirretään vanhempien puiden kasvua esittäviä murtoviivoja, niin nähdään ettei kasvun periodi vaikuta yhtä häiritsevästi kuin oli laita 15 vuotta nuorempien puiden. Murtoviiva nousee hitaasti aikaisempia vuosia kohti, samalla kuin mutkat ylös ja alaspäin käyvät jyrkemmiksi: suurempi kasvu aiheuttaa suuremmat poikkeukset. Kun on jouduttu murtoviivaa seuraten puun aikaisimpaan ikään, laskee murtoviiva verraten äkisti ja mutkat vähenevät. Iän vaikutuksen eliminoimiseksi pituuskasvumurtoviivoista on menetelty seuraavasti: On otettu mahdollisimman monen samoilla paikoin kasvaneen eri ikäisen puun ensimmäisen ilmoitetun kasvuvuoden kasvainten keskiarvo, samoin toisen j. n. e. Nämä keskiarvot esittävät siis pituuskasvun suuruutta puun eri ikäasteilla ensinkään riippumatta sääsuhteiden vaikutuksesta, sillä keskiarvon muodostavista kasvaimista on yksi syntynyt esim. v. 1901, toinen v. 1900 j. n. e. Jos nämä keskiarvot esitetään graafisesti, muodostavat ne murtoviivan, joka suuresti lähentelee säännöllisesti kulkevaa käyrää ja voidaan verraten tarkasti siksi tasoittaa silmämääräisesti. Täten saadulla käyrällä valitaan joku piste, jota verrataan käyrän kunkin vuoden arvoihin. Näillä suhdeluvuilla sitten kerrotaan jonkun puuryhmän eri vuosien mittaamalla saadut keskiarvot. Tällöin tulevat suhteellisesti liian alhaiset arvot kerrotuksi 1:ä suuremmilla luvuilla,

kun taas liian korkeat arvot tulevat kerrotuiksi 1:ä pienemmillä luvuilla. Menetelmä on muuten sama jota Huntington on käyttänyt. Tällä tavoin on korjattu eräät 6:n mittaussarjan puuryhmien keskiarvot, samoin sarjan 4 sekä parin puuryhmän keskiarvot sarjasta 5. Korjatut keskiarvot esitetään taululiitteessä n:o 1 alkuperäisten rinnalla. Luvuksi, joka on verrattu korjauskäyrän eri vuosien arvoihin, on valittu 30. — Vanhemmille puuryhmille ei ole laskettu korjattuja keskiarvoja, koska puita niissä on liian vähän ja liian samanikäisiä. Vertailu säätieloihin käy kuitenkin päinsä korjaamattomiakin murtoviivoja käyttäen, kunhan vain otetaan huomioon kasvun kulusta aiheutuvat seikat. — Puut on yleensä ryhmitetty mahdollisimman tasaikäisiin luokkiin. Milloin kuitenkin on samaan ryhmään tullut jonkun verran eri-ikäisiä puita, joten eräiden puiden mittaukset loppuvat ennen muita, on kaikista jätetty 3:n viimeisen vuoden mittaukset huomioon ottamatta, koska ne yleensä ovat enemmän iän vaikutuksen alaisia. Jotta keskiarvot olisivat toisiinsa verrattavia on ne taululiitteessä ilmoitettu vain siihen vuoteen asti, johon kaikki sarjan puut ulottuvat. Ilmoitetut luvut ovat siis yleensä keskiarvoja yhtä monesta mittauksesta.

Verratessamme eri vuosien kasvainten pituuksia vastaavien vuosien kuukautisiin sademääriin, emme voi huomata mitään selvää yhdenmukaisuutta. Olisi ajateltavissa, että runsaat kevätsateet edistäisivät pituuskasvua sulattamalla aikaisin roudan, joten kasvu pääsee alkamaan tavallista varemmin. Tarkastakaamme muutamia hyväkasvuisia vuosia ja verratkaamme kevään sademääriin. Vuonna 1902, jonka kasvain poikkeuksetta on viereisiään suurempi, oli huhtikuun sademäärä (joka roudan sulattajana on tärkein) erittäin pieni, vain 18 mm. Vuoden 1904, jonka kasvu myös on erittäin hyvä, vastaava sademäärä oli verraten runsas 74 mm. Hyväkasvuista vuotta 1907 sen sijaan vastaa melkoisen alhainen huhtikuun sademäärä, nim. 33 mm. Huonon kasvun vuosista on ensi kädessä mainittava v. 1903. Tällöin oli huhtikuun sademäärä hyvä, 79 mm. Vuonna 1905 taas oli vastaava sademäärä niukanlainen, 37 mm. Kasvun edistäjänä sellaisenaan on kevätsateilla vähemmän merkitystä, sillä lumen sulettua on maassa aina kylliksi kosteutta. Muiden kevätkausien sademäärät eivät siis kasvulle ole merkityksellisiä, eikä niiden sademäärien ja kasvun välillä voi yhtäpitävyyttä liioin huomata. — Tarkastakaamme edellisen kasvukauden sademäärien vaikutusta pituuskasvuun. Kuten muita tutkimuksia selostettaessa on selvinnyt ja seuraavasta tullaan näkemään, on nimittäin edellisen kesän lämpötilalla huomattava vaikutus pituuskasvuun ja voisi siis olettaa, että myös silloisilla sademäärillä olisi vaikutusta. Murtoviivoja tarkastaessa ei kuitenkaan säännöl-

listä yhtäpitävyyttä voi havaita. Esim. v:n 1902 sateista heinä—elokuuta seurasi vuonna 1903 erittäin lyhyt kasvain; v:n 1901 miukassateista heinä—elokuuta taas seurasi v:n 1902 pitkä kasvain. Eräiden vuosien taas, kuten 1904, 1905 ja 1910 heinä—elokuun sademäärät ovat sopuoinnussa seuraavien vuosien kasvaimiin nähden.

Tarkastaessamme pituuskasvu- ja lämpötilamurtoviivoja, huomaamme heti, ettei samojen vuosien pituuskasvun ja lämpötilan välillä ole yhteyttä, kasvumaksimit ja -minimit myöhästyvät nim. säännöllisesti vastaavista lämpötilan ylimmistä ja alimmista kohdista. Mutta jos piirämme allekkain esim. heinäkuun lämpötilamurtoviivan ja seuraavan vuoden arvoja esittävän pituuskasvumurtoviivan, kuten on tehty graafisessa taulussa n:o 1, pistää kohta silmään niiden yhtäpitävyys. Erittäin selvä on tämä samansuuntaisuus vv. 1891—1911 ja se huomataan miltei jokaisen mittausryhmän murtoviivan suhteen. Pantakoon merkille esim. Lohjan ja Uukuniemen kasvumurtoviivan melkoinen yhtäpitävyys. Tyyppillisimmän, kaksinkertaista v:tä muistuttavan osan kaikissa pituuskasvumurtoviivoissa muodostavat vuodet 1902—1906. Täsmälleen samat muodot nähdään myös touko-, kesä-, heinä- ja elokuun lämpötilamurtoviivoissa vuosilta 1901—1905. Tällainen poikkeukseton yhtäpitävyys 5:n vuoden aikana olisi mahdotonmuus, jolleivät vastaavat ilmiöt olisi toisistaan riippuvaisia. Yhdenmukaisimmin seuraa kasvu heinäkuun lämpötiloja; myös elokuun lämpötilat osoittavat suurta yhdenmukaisuutta. Toisinaan näyttää kasvu olevan paremmin heinäkuun, toisinaan elokuun vaikutukselle alttiina. Esim. v:n 1911 kasvumaksimi näyttää johtuvan edellisen heinäkuun lämpötilamaksimista viereisiin vuosiin verrattuna, kun taas vuoden 1909 kasvumaksimi seuraa paremmin elokuun lämpötilaa. Samoin v:n 1899 kasvuminimi näkyy vaikuttaneen elokuun lämpötilaminimi, sivuuttaen pienen heinäkuun maksimin. — Vuodesta 1891 taaksepäin pienenee yhdenmukaisuus kasvu- ja lämpötilamurtoviivojen välillä, mutta myös kasvutiedot käyvät epäluotettaviksi, joten siihen ei voida paljon huomiota kiinnittää. Omituista sen sijaan on, että vuodesta 1911 eteenpäin on yhdenmukaisuus kasvun ja lämpötilan välillä verraten pieni. Mittauksia on olemassa ensinnäkin vain vuoteen 1915, eräitä seuraavaan vuoteen. Kyseessä ovat siis etupäässä vuosien 1913, 1914 ja 1915 kasvaimet. Kasvumurtoviiva kulkee näinä vuosina hyvin tasaisena tekemättä mutkia ylös tai alas. Näinä vuosina ovat heinä- ja elokuun lämpötilat melko lailla vastakkaisia vähentäen siis toistensa vaikutusta. Sitäpaitsi voivat sellaiset abnormin pienet sademäärät kuin heinäkuun 1912 (8 mm), heinä- ja elokuun 1914 (12 ja 24 mm) vaikuttaa ehkäisevästi. Tähän viittaa se seikka, että v:n 1914 pituuskasvu kuivilla kasvupaikoilla (Södergård, kanerva-

tyyppi, mittaussarja 6; Kousa, kanerva-tyyppi, mittaussarja 7, ryhmät 2 ja 3) muodostaa maksimin, tuoreilla taas joko kulkee aivan tasaisena vuodet 1913—1915 tai laskee vuoteen 1915 päin. Mitä tulee lämpötilan vaikutukseen eri kasvupaikoilla, ei erotusta eri tyyppien välillä ole huomattavissa. Aineistossa ovat kuitenkin kuivat kasvupaikat siksi vähän edustettuna, ettei johtopäätöstä täydellä varmuudella voida tehdä.

2. Paksuuskasvu ja sääsuhteet.

Paksuuskasvun ja sääsuhteiden vertaamisella on se huomattava etu, että mittaussarjat saadaan verraten pitkiä, joten ne ulottuvat yhtä pitkälle kuin säätiedotkin. Myös on aineiston hankkiminen helpompaa, kun ei puita tarvitse välttämättömästi kaataa ja voidaan käyttää muihin tarkoituksiin kaadettuja puita. Myöskään ei kasvuperiodi suuresti häiritse vertailua, etenkin jos tutkitaan täysi-ikäisiä puita, mikä on edullisinta sarjan pituuteenkin nähden. Muutaman vuosikymmenen aikana on kasvuperiodin vaikutus tuskin tuntuva. Kuitenkin nousee paksuuskasvua esittävä murtoviiva hitaasti menneeseen aikaan päin, jolloin luonnollisesti ylös- ja alaspäiset mutkat ovat suurempia, ne kun ovat suhteellisia kasvuun. Jos tarkastetaan eri puiden lustomittauksia tai piirretään kunkin puun lustoleveyksiä esittävät murtoviivat, huomataan, etteivät eri puut siinä määrässä ole toistensa kaltaisia kuin ne olivat pituuskasvun suhteen. Kuitenkin ovat yleiset piirteet samat ja moni tyyppillinen lusto esiintyy melkein kaikilla puilla. Jos tarkastetaan sitten eri puuryhmien keskiarvojen mukaan piirrettyjä murtoviivoja, huomataan, että vanhinten ja muutoinkin hidaskasvuisten puiden murtoviivat vähimmän tekevät mutkia. Tällaisia ovat Vävarsin kanervatyyppin (m.-sarja I) ja Pyörlän puolukkatyyppin (m.-sarja VIII), murtoviivat sekä vanhinten puiden (m.-sarja X) ja kuusten (m.-sarja) IV murtoviivat. Nuorten puiden kasvun vaihtelut (esim. m.-sarjan VI puiden) ovat melkoisia. Samoilta tai läheisiltä paikoilta peräisin olevien puiden murtoviivat ovat hyvin saman näköisiä. Esimerkkinä mainittakoon mittaussarjojen II a ja b, III a, b, ja c puiden keskiarvoja esittävät murtoviivat. Tuusulan Ruotsinkylän murtoviivat ovat keskenään hyvin samanlaisia, samoin Nurmijärven. Tuusulan Rusutjärven männyt, joiden kasvupaikka on n. 1 peninkulma Ruotsinkylästä pohjoiseen, muistuttavat kasvunsa puolesta enemmän Nurmijärven kuin Tuusulan puita. Toisiinsa verrattuna osoittavat eri paikkakuntien murtoviivat suurta yhtäpitävyyttä, yksinpä Sulkavan murtoviivakin muistuttaa melko paljon muita. Kuusten kasvua osoittava murtoviiva sen sijaan kulkee enimmäkseen omia teitänsä. Tosin

käsittää mittaussarja vain 10 puuta, jotka on mitattu pääasiassa vertailun vuoksi; myös olivat puut hyvin vanhoja ja paksuskasvu hyvin hidas, mutta suurempaa yhdenmukaisuutta olisi joka tapauksessa odottanut. Näin pienen aineiston nojalla on vaikea mitään sanoa. Todenmukaiselta näyttää, että kuusen erilainen juurimuodostus aiheuttaa jonkun verran erilaisia kasvusuhteita. — Murtoviivoja tarkastellessa huomaa selvästi jaksottaisuutta vaihteluissa. Selvimmin esiintyy jaksottaisuus ehkä kuusimurtoviivassa (m.-sarja IV) mutta sangen selvästi myös Rusutjärven suomäntymurtoviivassa (m.-sarja VI), Sulkavan ja Nurmijärven Pyörlän (m.-sarjat IX ja VIII) murtoviivoissa. Muissakin huomataan jaksottaisuutta, joskaan ei yhtä selvää. Kun jakson pituus näyttäisi olevan kymmenkunta vuotta, verrattiin sitä tunnettuun 11-vuotiseen auringonpilkkujaksoon samoin kuin Douglass, Huntington ja meillä Boman. Tulos oli odottamattoman hyvä. Tosin eivät auringonpilkkujakson minimi- ja maksimikohtat aina sattuneet täsmälleen kasvun minimeihin ja maksimeihin, mutta poikkeukset eivät olleet suuria. Asian selvittämiseksi merkittiin Rusutjärven suopuumurtoviivan (m.-sarja VI) Hannin klimatologian ja Newcomb in tähtitieteen mukaan auringonpilkkuminimi- ja maksimivuodet, jolloin yhtäpitävyys selvästi kävi ilmi.

Kuten on mainittu, voidaan kasvun ja sääsuhteiden vertailuun käyttää lustoleveysmurtoviivoja sellaisenaan, kun vain otetaan huomioon, että aikaisemman osan mutkat ylös ja alas merkitsevät vähemmän kuin myöhemmän osan. Vertailu on kuitenkin helpompi jos iän vaikutus saadaan tuntumattomaksi. Ikäkorjaukseen on käytetty paras ja homogeenisin mittaussarja, nim. Vävarsin kamervatyypin (m.-sarja I). Mittaussarjasta on ensin erotettu pois 8 muita vanhempaa puuta sekä lisäksi yksi keskimäärää nuorempi pyöreän puuluvun saamiseksi. Näiden 50 puun kunkin vuoden lustosummista otettiin 10-vuotiset keskiarvot tasoittaen keskiarvojen erotukset niiden välisille vuosille. Koko tasoitettavan murtoviivan 5 ensimmäistä ja 5 viimeistä vuotta merkittiin ensimmäisen ja viimeisen 10-vuotiskauden keskiarvojen suuruisiksi. Näin saadut luvut vastaavat siis suunnilleen lukuja, jotka olisi saatu esim. ottamalla keskiarvo kustakin vuodesta ja neljästä viereisestä kummaltakin puolen. Nämä luvut edustavat siis kasvun kulkua eri ikäkausina. Tästä saadaan myös selvä kuva esittämällä graafisesti 10-vuotiset keskiarvot. Huomattakoon kasvun paraneminen viimeisinä kahtena vuosikymmenenä, joka johtuu v:n 1890 tienoilla sattuneen myrskyn tekemästä harvennuksesta ja siis jäljelle jääneiden puiden kasvuedellytysten paranemisesta. — Kunkin vuoden kasvua eri ikäkausina vastaaviin lukuihin — voitaisiin myös graafisesti sanoa kasvukäyrän korkeuksiin eri vuosina — verrataan kunkin

vuoden lustosummaa, jolloin saadut luvut ovat suurempia tai pienempiä kuin 1, sen mukaan miten iästä riippumattomat tekijät ovat olleet suotuisia tai epäsuotuisia. Saatujen arvojen keskiarvo muuten on jotakuinkin 1. Nämä vuotuiset arvot (korjatut keskiarvot) 90:lle vuodelle on myös merkitty varsinaisten keskiarvojen alle taululiitteeseen 2. Graafisesti on ne esitetty graafisessa taulussa N:o 2, jossa myös on lämpötila- ja sademääräkeskiarvoja vuodesta vuoteen esittäviä murtoviivoja sekä sarjan II, r. 1 murtoviiva. Korjattu murtoviiva on sopiva lähtökohdaksi verratessa sääsuhteita paksuskasvuun. Ennen vertaamista katsottakoon vielä missä suhteessa korjattu murtoviiva on muuttunut. Sen muoto on yhä aivan sama, minimi- ja maksimit aivan samat, mutta sen sijaan, että aikaisempien vuosien mutkat ennen olivat tavattoman suuria, ovat ne nyt saman suuruisia kuin myöhempienkin vuosien. Myöskään ei murtoviiva enää nouse aikaisempiin vuosiin päin, vaan kulkee suurin piirtein vaakasuorasti. — Pituuskasvuun huomattiin edellisen kesän sääsuhteiden vaikuttavan, mikä olikin luonnollista katsoen siihen, että tällöin muodostuvat seuraavan vuoden silmut ja vararavintoa kerääntyä niitä varten seuraavaksi kesäksi. Jo vertaamalla paksuus- ja pituuskasvumurtoviivoja, huomaa helposti, ettei sama riippuvaisuus voi olla kysymyksessä paksuskasvun suhteen. Pikainen silmäys taululiitteessä n:o 3 esitettyihin heinä- ja elokuun lämpötiloihin riittää osoittamaan, ettei edellinen kesä vaikuta paksuskasvuun. Oli odotettavissa m. m. Schwarzin mukaan, että kevätkuukaudet ensi kädessä vaikuttaisivat kasvuun. Jos ensinnäkin tarkastetaan vuoden ensimmäisten kuukausien lämpötiloja niin huomataan, että ne useina vuosina ovat hyvin samansuuntaiset. Esim. vv. 1878—1883 oli helmi—toukokuuden lämpötilan vaihtelu samanlainen ja osittain vielä tammikuunkin lämpötilat olivat saman tapaisia. Huomattavaa on, että näinä vuosina puiden paksuskasvukin antaa miltei suoranaisen kuvan kevään lämpötilasta. Samoin on muualla, missä useampien kevätkuukausien lämpötilat käyvät yhteen. Silloin on paksuskasvukin suurella varmuudella, voipi sanoa, saman suuntaisen. Enemmän yhtäpitävyyttä huomataan huhtikuun lämpötilan ja paksuskasvun välillä, mutta viereisilläkin kuukausilla on merkitystä. Sellainen yhdenmukaisuus, jota etenkin huhtikuun lämpötila ja paksuskasvu osoittavat vuodesta 1878 vuoteen 1903, siis 26 vuoden aikana ei voi olla sattumaa. Asian täytyy olla siten, että huhtikuussa pääsee paksuskasvu alkuun sitä pikemmin mitä lämpimämmät säät tällöin ovat, kasvukausi pidentyy ja koko kesän kasvu tulee tavallista suurempi. Vaikka yhdenmukaisuus juuri mainitun ajanjakson ulkopuolella ei olekaan yhtä suuri, on se kuitenkin huomattava. Eräitä poikkeuksia löytyy, joita ei voida selittää.

1877 v:n kasvu on alhaiseen kevään lämpötilaan nähden kovin suuri, samoin on v:n 1852 kasvu vastaavaan lämpötilaan nähden liian suuri. Pitkän vuosisarjan aikana löytyy aina pahojakin poikkeuksia. — Mitä tulee kesän lämpötilan vaikutukseen, on jo kesäkuun lämpömurtoviiva huomattavasti poikkeava kevään olosuhteista ja vielä enemmän elokuun. Näiden kuukausien lämpötila ei siis voi vaikuttaa paksuuskasvuun. — Mitä tulee eri murtoviivojen suhtautumiseen lämpötiloihin ja sademääriin, ei niissä ole suuria eroavaisuuksia kuusimurtoviivaa ja Sulkavan puita lukuun ottamatta. Myös Rusutjärven suopuiden murtoviiva on jonkun verran poikkeava, mutta mitään erilaista suhtautumista esim. sademääriin ei voida panna merkille. — Jotta saataisiin sääsuhteiden vaikutus paksuuskasvuun toisellakin tavoin osoitetuksi, on laskettu korjatun lustoleveysmurtoviivan ja vastaavien huhtikuun lämpötilojen kerrelatiokertoin. Luokkaväleinä on käytetty 0.05 mm. ja 0.5 °C. Korrelatiotaulukosta voidaan jo nähdä, ettei tulos ole erikoisen hyvä. Muutamit poikkeukselliset vuodet, joiden kasvu ei vastaa lämpötiloja, vaikuttavat hyvin häiritsevästi. Tulos on kuitenkin positiivinen, nim. $r = 0.191 \pm 0.014$. Kun otetaan huomioon, että muutkin kuukaudet kuin huhtikuu voivat vaikuttaa ja sen lisäksi sademäärätkin eräänlaisina kombinaatioina aiheuttaa häiriöitä, voidaan tulosta pitää tyydyttävänä. Niin pitkän ajan kuluessa kuin 90 vuotta sattuu tietysti myös poikkeuksia. Jos korrelatio olisi laskettu 1903—1878 väliseltä ajalta olisi kertoin varmasti saanut melko suuren arvon. Myös saman puuryhmän paksuuskasvun ja huhtikuun sademäärien välinen korrelatio on laskettu ajalta, johon saakka sademäärätiedot ulottuvat s. o. vuoteen 1844. Tulokseksi on saatu $r = -0.142 \pm 0.015$. Näyttäisi siis siltä, että huhtikuun ollessa niukkasateinen, on paksuuskasvu tavallista suurempi. On kyllä esimerkkejä päinvastaisestakin asiaintilasta, mutta yleinen suunta ainakin kyseessä olevan metsikön suhteen viittaa runsaitten kevätsateitten haitallisuuteen. Kuitenkin on todenmukaista, että sademäärät erilaisina kombinaatioina lämpötilojen kanssa voivat vaikuttaa milloin puoleen, milloin toiseen täten häiriten lämpötilojen vaikutusta.

Johtopäätöksinä edellä olevasta voidaan esittää:

Männyn pituuskasvuun vaikuttavat huomattavan edullisesti edellisen vuoden jälkikesän, etenkin heinäkuun korkeat lämpötilat. Sademäärien vaikutusta ei voida todeta.

Paksuuskasvuun vaikuttaa huomattavan edullisesti saman vuoden kevään, etenkin huhti-

kuun korkea lämpötila. Runsas sademäärä keväällä vaikuttaa eräissä tapauksissa haitallisesti. Todenmukaiselta näyttää, että sademäärä erilaisina yhdistelminä lämpötilojen kanssa vaikuttaa milloin puoleen, milloin toiseen täten häiriten lämpötilojen vaikutusta. Näin voitaisiin selittää useat ilmeiset lämpötila- ja paksuuskasvumurtoviivojen epäsoinnut.

Paksuuskasvun kulussa huomataan selvä jaksottaisuus, joka verraten hyvin sopii yhteen auringonpilkkujaksojen kanssa.

Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf den Längen- und Dickenwachstum der Kiefer (*Pinus silvestris*).

(Referat)

Anfangs wird bemerkt, dass die Nahrungszuführung der Pflanzen und das davon bedingte bessere oder schlechtere Gedeihen derselben von der Witterung stark beeinflusst wird. Bei dem Getreide ist dieser Einfluss ohne weiteres klar. Aber auch der Zuwachs des Baumes ist von der Witterung abhängig. Dieses ist namentlich unter abweichenden Verhältnissen bemerkt worden. So wurde die Aufmerksamkeit der Forscher in dieser Hinsicht geweckt durch die besonders trockenen Monate, die im Jahre 1904 in Mittel-Europa herrschten, 1901 in Nord-Europa, 1885 in Mittel-Russland und 1893 in Frankreich. Doch ist das Verhältnis zwischen dem Wachstum der Bäume und den klimatischen Faktoren auch vor den erwähnten Jahren bemerkt worden. Schon im Jahre 1867 macht nämlich der österreichische Forscher A. Pokorny in besonders klaren Worten auf diese Tatsache und deren Bedeutung aufmerksam. Um die Entwicklung der Erforschung der erwähnten Tatsachen und die zu diesem Zweck benutzten Methoden zu erklären, sowie um den Vergleich der in verschiedenen Klimaten erhaltenen Ergebnisse zu erleichtern, wird dann für die auf diesem Gebiet ausgeführten bekannten Untersuchungen und Beobachtungen Bericht erstattet. Die wichtigsten dieser sind diejenigen des Franzosen E. Mer (1895 erschienen), des Deutschen Frank Schwarz (1899), des Schweden Henrik Hesselman (1904), des Österreicherers A. Cieslar (1907), des Russen A. Tolsky (1913), der Amerikaner A. E. Douglass (1909, 1914) und E. Huntington (1912, 1914). Die Ergebnisse ihrer Forschungen sind von einander ziemlich abweichend, welches zum Teil davon abzuhängen scheint, dass ein verhältnismässig dürftiges Material zu Verwendung gekommen ist, und dass ziemlich kurze Zeiträume, öfters von nur

einigen Jahren beobachtet worden sind. Die hauptsächlichliche Ursache der erwähnten Abweichungen ist jedoch, dass die Untersuchungen in verschiedenen klimatischen Verhältnissen gemacht worden sind. Einen gemeinsamen Zug besitzen sie doch alle, sie bestätigen nämlich alle den bedeutenden Einfluss der Witterung auf den Längen- und Dickenwachstum der Bäume. Die Amerikaner, welche Bäume, die ein besonders hohes Alter erzielen, untersucht haben, u. a. *Sequoia gigantea*, haben auf Grund der Jahresringmessungen geglaubt auf die klimatischen Verhältnisse ehemaliger Zeiten, sogar 2000—3000 Jahre zurück, schliessen zu können, worauf auch zu seiner Zeit schon Pokorny hindeutet.

Um die Einwirkung der Witterung besonders auf den Zuwachs der Kiefer (*Pinus silvestris*) in den Verhältnissen Finnlands zu erklären, hat der Verfasser in den Jahren 1915—1919 eine Menge Messungen ausgeführt, hauptsächlich in einer Entfernung von 2—4 Meilen von Helsinki. Um das Verhältnis zwischen den klimatischen Faktoren und dem Längenzuwachs herauszustellen, sind die Jahrestriebe 360 junger Kiefern aufgemessen worden, von dem letzten Trieb beginnend und den Zweigkränzen folgend soweit sie deutlich unterscheidbar waren; ausserdem wurden die letzten 3—4 Jahrestriebe von 103 Bäumen gemessen. — Um die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf den Dickenwachstum zu untersuchen, hat der Verfasser die Breite der Jahresringe 322 ungenau 100-jähriger Bäume (darunter 10 Fichten, die übrigen Kiefern) gemessen, von der Aussenfläche beginnend bis zum Kern. — Die Messungen sind mit der grössten möglichen Sorgfalt ausgeführt worden. Die Jahrestriebe sind bis auf 1/2 cm genau aufgemessen worden, die Jahresringe mit einer Genauigkeit bis auf 1/10 mm. Die Bäume wurden im allgemeinen aus verschiedenen Waldtypen erwählt, ungefähr 20—100 Bäume in jeder Gruppe. (Die Mittel der Messungen jeder Baumgruppe finden sich in den Tabellen N:o 1 und 2 am Schluss dieser Abhandlung). Ausser der Länge der Jahrestriebe und der Breite der Jahresringe ist der Durchmesser, die Höhe, das Alter und der Standort der Bäume, sowie auch die Art des Bestandes angeführt worden. Die in dieser Weise erhaltenen Resultate sind mit den Witterungsverhältnissen der entsprechenden Jahre verglichen worden nach den von der Meteor. Centralanstalt zu Helsinki erhaltenen Angaben. (Die Mittel der monatl. Temperaturen in den Jahren 1829—1919 und die monatl. Niederschlagsmenge in den Jahren 1844—1919 sind in Tabelle N:o 3 am Schluss dieser Untersuchung zu finden). Um den Vergleich zu erleichtern sind die Messungen der einzelnen Bäume nicht gebraucht worden, sondern die Mittel der Messungen der Bäume von jeder Gruppe (in jeder

Gruppe 20—100 Bäume ziemlich gleichen Alters) über welche von Jahr zu Jahr fortlaufende Zuwachskurven errichtet worden sind. Diese sind dann mit den Kurven der Witterungsverhältnisse der entsprechenden Zeiten verglichen worden. Damit in verschiedenem Alter vorkommende Verschiedenheit im Zuwachs den Vergleich nicht hindere, sind die Kurven einiger Gruppen hinsichtlich des Alters korrigiert worden, wobei ganz einfache Methoden verwendet wurden; die Form der Kurven ist hierbei im wesentlichen dieselbe geblieben. Die Kurve erhält nur eine horizontale Richtung und die Fluktuationen des Kurventeiles, der das frühere Alter des Baumes darstellt, werden kleiner.

Um die vorliegende Frage aufzuklären ist hauptsächlich Vergleich zwischen den Kurven, welche den Zuwachs, und denjenigen, welche die Witterungsverhältnisse darstellen, gebraucht worden. Um die erhaltenen Resultate zu unterstützen, sind auch einige Korrelationskoeffizienten gerechnet worden.

Vergleicht man die Längenzuwachs- und die Temperaturkurven, beobachtet man leicht, dass ein Zusammenhang zwischen dem Längenzuwachs der Kiefer und der Temperatur des Spätsommers des letzten Jahres besteht, zumal in solchen Jahren, in welchen die Temperaturkurven der Sommermonate, besonders Juni-August ähnlich laufen. Besonders klar ist dieser Zusammenhang in den Jahren 1891—1911. Die Kurve fast jedes Baumes läuft in derselben Weise. Am treuesten folgt der Zuwachs der Temperatur des Monats Juni des vorigen Jahres. Zwischen dem Niederschlag und dem Längenzuwachs der Kiefer hat man ein deutliches Verhältnis nicht nachweisen können. Dieses Verhältnis zwischen der Temperatur und dem Längenzuwachs, welches in Schweden fast ähnlich konstatiert worden ist, hängt, wie von Hesselmann deutlich erklärt worden ist, davon ab, dass die Bäume im Spätsommer, wenn die Knospen sich bilden, für das folgende Vegetationsjahr Reservenahrung sammeln. Falls in dieser Zeit also ein kaltes und ungünstiges Wetter herrscht, wie im Jahre 1902, wird der Trieb des folgenden Jahres kurz und unter entgegengesetzten Verhältnissen umgekehrt. Die Kiefer, deren Wurzelsystem tief in die Erde dringt, scheint für Wasserzuführung nicht so empfindlich zu sein wie sie es hinsichtlich der Temperaturveränderungen ist.

Zwischen dem Radienzuwachs und der Temperatur wird bei Vergleich der Kurven auch ein Zusammenhang beobachtet. Hier kommen die Frühlingsmonate des Vegetationsjahres selbst in Frage, meist April. Äusserst auffallend ist dieser Zusammenhang in den Jahren 1878—1903. Und wiederum ist die Übereinstimmung am

grössten in den Jahren, wo die Temperatur der Frühlingsmonate sich in derselben Weise ändert. Ein warmes und zeitiges Frühjahr regt den Dickenzuwachs früher als gewöhnlich an; so wird die Vegetationsperiode eine längere, und ein breiter Jahresring entsteht. Ein ähnliches Resultat hat Schwarz in Deutschland erzielt.

Zwischen dem Radienzuwachs und dem Niederschlag hat man einen deutlichen Zusammenhang nicht feststellen können. Wahrscheinlich scheint es, dass der Niederschlag in wariierenden Kombinationen mit der Temperatur bald vorteilhaft, bald hindernd auf den Zuwachs wirkt, so die Einwirkung der Temperatur störend. Auf solche Weise könnte man die offenbaren Abweichungen in der Übereinstimmung der Kurven erklären, welche die Breite der Jahresringe und die Frühjahrstemperatur darstellen.

Bei Beobachtung der Radienzuwachskurven, wird man auf die deutlich hervortretende Periodizität aufmerksam. Da jede Periode ungefähr 10 Jahre zu umfassen schien, machte der Verfasser einen Vergleich derselben mit der bekannten Sonnenfleckenperiode. Das Ergebnis war gut, besonders bezüglich einiger Baumgruppen. Zwar stimmten die Minima und Maxima der Sonnenflecken nicht immer mit den Minima und Maxima des Zuwachses überein, doch waren die Abweichungen nicht gross. Man konnte also in dem Dickenzuwachs eine ziemlich deutliche Periodizität feststellen, die verhältnismässig gut mit den 11-jährigen Sonnenfleckenperioden übereinstimmt.