METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN

JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN FORSTLIGA FORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE LA FINLANDE

38

HELSINKI 1950.

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN

JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

MEDDELANDEN FRÅN FORSTLIGA FORSKNINGSANSTALTEN I FINLAND
PUBLICATIONS OF THE FOREST RESEARCH INSTITUTE IN FINLAND
MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN FORSCHUNGSANSTALT IN FINNLAND
PUBLICATIONS DE L'INSTITUT DE RECHERCHES FORESTIÈRES DE LA FINLANDE

38

HELSINKI 1950.

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE
38

38, 1 Sarvas, Risto, Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien uudistamisesta ..... 1— 84
Summary: Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in Northern Finland ..... 85— 95
38, 2 Ilvessalo, Yrjö, On the correlation between the crown diameter and the stem of trees ..... 1— 26
Selostus: Puiden latvuksen läpimitan ja rungon välisestä riippuvaisuussuhteesta ..... 27— 32
38, 3 Holopainen, Viljo, Kivihiilen ja halkojen kilpailu Suomessa vuosina 1927—1938 ..... 1— 57
Taulukot — Tables ..... 58— 68
Summary: Competition between coal and firewood in Finland in 1927—1938 ..... 69— 71
38, 4 Kujala, Viljo, Über die Kleinpilze der Koniferen in Finland. Ascomycetes, Fungi Imperfecti, Uredinales ..... 1—103
Selostus: Havupuiden pikkusienistä Suomessa ..... 104—113
Zitierte Literatur ..... 114—118
Register der Pilznamen — Sienien nimiluettelo ..... 118—121
38, 5 Mikola, Peitsa, Puiden kasvun vaihtelusta ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa ..... 1—125
Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies ..... 126—131
38, 6 Heiskanen, Veijo, Mäntytukkipuiden kuutioarvioinnin tarkkuudesta ..... 1— 22
Summary: The accuracy in appraisal of the volume of pine timber trees ..... 23— 24

TUTKIMUKSIA PERÄ-POHJOLAN HARSIMALLA HAKATTUJEN YKSITYISMETSIEN LUONTAISESTA UUDISTUMISESTA

RISTO SARVAS

INVESTIGATIONS INTO THE NATURAL REGENERATION OF SELECTIVELY CUT PRIVATE FORESTS IN NORTHERN FINLAND

SUMMARY

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat.

Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen metsänhoidon tutkimusosastossa pantiin professori Olli Heikinheimon johdolla kesällä 1937 alulle huonokuntoisten yksityismetsien metsänhoidollista tilaa koskeva tutkimus. Seuraavana vuotena uskottiin työn suorittaminen allekirjoittaneelle. Tutkimustyö kohdistui etupäässä Suomen eteläpuoliskon yksityismetsiin, ja tulokset näistä tutkimuksista julkaistiin vuosina 1944 ja 1946 Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisusarjassa. Alun perin oli kuitenkin tarkoitus ulottaa tutkimukset myös Perä-Pohjolaan ja jo kesällä 1939 tehtiinkin myös sinne n. kuukauden kestävä suunnistava tutkimusmatka. Poikkeuksellisten olojen vuoksi jäi tällä matkalla kerätty tutkimusaineisto kuitenkin seuraavina vuosina täydentämättä.

Ne alustavat yhdistelmät, jotka saatettiin tehdä kesällä 1939 kerätyn aineiston pohjalla, osoittautuivat kuitenkin niin mielenkiintoisiksi, että työtä päätettiin jatkaa heti, kun olosuhteet suinkin sallisivat. Tämä tapahtui syksyllä 1948 ja syksyllä 1949. Täydennettynäkään aineisto ei tosin ole varsin suuri, mutta kun Perä-Pohjolan laajapiirteisissä luonnonsuhteissa jo muutamakin edustava tutkimusmetsikkö riittää paremmin kuin Etelä-Suomessa kuvaamaan metsäluontoa, näyttää mahdolliselta tehdä sen varassa eräitä päätelmiä ja vertailuja. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, kun nyt puheena olevien tutkimusmatkojen ja useiden muiden Perä-Pohjolaan suuntautuneiden matkojen varrella on ollut tilaisuus tehdä runsaasti lisähavaintoja, jotka täydentävät koealametsiköiden antamaa yksityiskohtaisempaa kuvaa.

Saattaessani tämän monia vuosia keskeneräisenä olleen tutkimuksen nyt vihdoinkin painoon muistan kiitollisuudella ennen kaikkea esimiestäni ja vanhaa lapinkävijää, professori Olli Heikinheimoa, jolta olen työssäni saanut paljon hyödyllistä opastusta ja jonka aloitteesta tutkimus on syntynyt. Professori V. T. Aaltonen ja professori Erkki Laitakari ovat ystävällisesti lukeneet käsikirjoituksen. Heille olen kiitollinen monista hyvistä neuvoista. Lausun myös parhaat kiitokseni työtoverilleni, metsänhoitaja Olavi Heleniukselle, joka on auttanut minua aineiston keruussa ja sen myöhemmässä käsittelyssä. Maastotöitä on paljon helpottanut Perä-Pohjolan metsänhoitolautakunnasta metsänhoitaja Kaarlo Sipiltä saamani opastus, josta olen hänelle kiitollinen.

Helsingissä, joulukuun 18. päivänä 1949.

Risto Sarvas.

Sisällys.

Sivu

Johdanto 5
Tutkimusaineisto 9
Aineiston keruu 9
Kasvupaikat 11
Pintakasvillisuus 14
Maa 16
Harsintametsiköt 19
Nykyinen puusto 19
Puuston kehitys 24
Harsintametsiköiden uudistuminen 30
Siementyminen 30
Uudistumisvuodet 46
Taimistojen metsittämisarvo 54
Uudistumisaika 64
Tulosten tarkastelua 67

Kirjallisuusluettelo 79
English summary 85

Taulukoissa käytettyjen merkkien selitys.

Δ = vähän,
— = tutkimusten mukaan = 0,
· = tulos puuttuu sen vuoksi, ettei ole tutkittu.

Johdanto.

Perä-Pohjolan asuttaminen on tuntuvassa määrässä tapahtunut vasta viimeksi kuluneiden sadan vuoden kuluessa. Siitä huolimatta kulttuurin vaikutus metsiin on voimakas. Vaikuttavin tekijä on ollut sahateollisuus. Viime vuosisadan loppupuoliskolla, alkaen vuodesta 1860, ja tämän vuosisadan alussa perustettiin Kemi- ja Tornionjokien suille suuria sahalaitoksia, joiden kautta sen jälkeen Perä-Pohjolasta on sahatavaraksi jalostettuna kulkenut suuret määrät tukkipuuta maailman puutavaramarkkinoille. Myöhemmin on myös pienempää puutavaraa alettu hakata yhä enemmän selluloosateollisuuden raaka-aineeksi, mutta sahapuun merkitys on yhä edelleen suurin.

Sahapuiden ottaminen tapahtui aluksi yksinomaan määrämittaharsintoina, s. o. niistä metsistä, joihin hakkuut kohdistuivat, poimittiin kaikki jonkin tietyn määrämitan ja tietyt laadulliset vaatimukset täyttävät puut, kiinnittämättä sanottavasti huomiota jäljelle jäävän puuston metsänhoidolliseen tilaan. Sitä mukaa kuin pienelle puutavaralle on avautunut menekkiä, on hakkuissa kuitenkin yhä enemmän voitu ottaa metsänhoidollisiakin näkökohtia huomioon. Näin on tapahtunut varsinkin valtion omistamissa metsissä. Samanaikaisesti kuin kaavamaisista määrämittahakkuista on alettu luopua, on niiden tilalle kuitenkin kehittynyt uusia, niille läheistä sukua olevia hakkuutapoja. Nämä hakkuut eivät ole selviä uudistus- eivätkä selviä kasvatushakkuita, vaan jonkinlaista »ikuista väljentämistä», jossa metsän suurimpia puita poimitaan enemmän tai vähemmän suunnitelmattomasti koettaen samalla mahdollisesti ottaa metsänhoidollisiakin näkökohtia huomioon. Tällaiset hakkuut, joita seuraavassa varsinaisten määrämittaharsintojen ohella myös nimitetään harsintahakkuiksi, ovat varsinkin yksityismetsissä yleisiä.

Tarkempi käsitys Perä-Pohjolan metsissä yleensä ja erikseen yksityismetsissä käytetyistä hakkuutavoista saadaan valtakunnan metsien arviointien tuloksista.

Valtakunnan metsien ensimmäisen arvioinnin mukaan (H e i k i n h e i m o 1924, taulukko s. 6), joka kohdistui lähinnä vuoteen 1922, oli Suomen pohjoispuoliskossa arviointia edeltäneenä kymmenvuotiskautena suoritetuista hakkuista 4 % harvennushakkuita, 5 % siemenpuu- ja suo-

juspuuhakkuita, alle 1 % paljaaksihakkuuta, 50 % harsintaa, 35 % pilaavia ja 5 % hävittäviä hakkuita. Kun ns. pilaavat ja hävittävät hakkuutkin usein ovat itse asiassa harsintahakkuita, tavallisesti useaan kertaan toistuneiden harsintahakkuiden viime vaiheita, nähdään, että vielä kolmisenkymmentä vuotta sitten n. 90 % kaikista Perä-Pohjolassa suoritetuista hakkuista oli epämääräistä harsintaa tai sille lähisukuista metsän käsittelyä. Yksityismetsistä erikseen ei vastaavia lukuja ole käytettävissä, mutta tuskin on syytä olettaa, että ne olisivat tästä yleiskuvasta ainakaan edukseen poikenneet.

Valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa (Yrjö Ilvessalo 1942, taulukko 84 s. 353), joka kohdistui lähinnä vuoteen 1938, hakkuista saatu kuva on olennaisesti toisenlainen. Suomen pohjoispuoliskossa on kaikista arviointia edeltäneenä kymmenvuotiskautena suoritetuista hakkuista 57 % ollut harvennushakkuita, 37 % erilaisia metsänhoidollisia uudistushakkuita ja vain n. 6 % laadultaan epämääräisiä ja hävittäviä hakkuita. Joskaan ensimmäisen ja toisen arvioinnin tulosten vertaaminen ei ole yksityiskohtaisesti mahdollista, koska hakkuiden ryhmittämistapa on ollut melkoisesti erilainen, nähdään kuitenkin, että harvennushakkuiden määrä on lisääntynyt yli kymmenkertaiseksi ja uudistushakkuiden yli kuusikertaiseksi; harsinnan luonteisten epämääräisten hakkuiden sekä pilaavien ja hävittävien hakkuiden määrä on vastaavasti vähentynyt. Itse asiassa antavat toisen arvioinnin tulosten numerotaulukot arviointia edeltäneenä kymmenvuotiskautena suoritetuista hakkuista siinä määrin myönteisen kuvan, että ottaen huomioon kaiken inhimillisen työn puutteellisuuden silloinkin, kun se on parasta, eivät hakkuut suoritustapansa suhteen jätä paljoakaan toivomisen varaa. Kun tutustutaan tarkemmin numerotaulukoita esittelevään tekstiin, havaitaan kuitenkin, että arviointien välillä kuluneiden 14 vuoden aikana tapahtunut muutos ei ilmeisesti kuitenkaan ole niin suuri, kuin edellä esitetty vertailu näennäisesti osoittaa. Toisessa arvioinnissa harvennushakkuiksi luetuista hakkuista Yrjö Ilvessalo mm. huomauttaa (1942, s. 187), että nämä hakkuut ovat tietenkin vain osaksi nimeänsä vastaavia, säännöllisiä hakkuita. Osaksi ne ovat olleet epätyydyttävästi suoritettuja, jopa tavallaan poiminnankin tapaisia, mutta parhaiten tähän ryhmään luettavia. Ja uudistushakkuiksi toisessa arvioinnissa luetuista hakkuista hän huomauttaa, että uudistushakkuiden laatu ei tunnetusti likimainkaan aina ole ollut tyydyttävä, sillä niistä on pääosa ollut harsinnan luonteisia, vaikka tällaiset hakkuut yleensä saattavat olla metsänhoidollisesti täysin oikeita vain kuusimetsissä eivätkä aina niissäkään.

Niinpä laadultaan epämääräisiin hakkuihin, jotka on otettu jonkinlaiseksi täydennysryhmäksi, luettiin vain sellaiset hakkuut, joita ei »hyvällä tahdollakaan» voitu lukea minkään metsänhoidollisen hakkuutavan ryhmään.

Valtakunnan metsien toisen arvioinnin tuloksista nähdään lisäksi yksityismetsissä erikseen suoritettujen hakkuiden laatu (Yrjö Ilvessalo 1942, taulukko 85 s. 354). Kaikista vuotta 1938 edeltäneenä 10-vuotiskautena suoritetuista hakkuista on yksityismetsissä ollut 61 % enemmän tai vähemmän metsänhoidollisia harvennushakkuita, 28 % laadultaan erilaisia uudistukseen johtavia hakkuita ja loput 11 % laadultaan epämääräisiä ja hävittäviä hakkuita. Yksityismetsissä harvennushakkuita ja laadultaan epämääräisiä ja hävittäviä hakkuita on siis ollut enemmän kuin kaikissa metsissä keskimäärin. Harvennushakkuiden suureen määrään sisältyy nimenomaan yksityismetsissä varmasti paljon aikaisemmin mainittua »ikuista väljentämistä».

Jonkin tietyn, metsässä suoritetun hakkuun metsänhoidollisen laadun silmävarainen arvosteleminen sen jälkeen, kun puut on korjattu metsästä pois, on suhteellisen vaikea tehtävä, ja tuloksetkin saattavat tästä syystä olla melkoisen subjektiivisia. Helpompi on arvioida, millainen on kulloinkin edessä olevan metsikön metsänhoidollinen tila.

Valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa Suomen pohjoispuoliskon metsien metsänhoidollinen tila arvioitiin seuraavaksi (Yrjö Ilvessalo 1942, taulukko 86 s. 355). Arvosanan hyvä sai 8 % kaikista kasvullisen metsämaan metsistä. Tyydyttäviksi arvosteltiin 52 %, epätyydyttäviksi 38 % ja pilatuiksi sekä hävitetyiksi 2 % metsistä. Epätyydyttävien ja sitä huonommassa kunnossa olevien metsien ala lähentelee siis puolta koko kasvullisen metsämaan alasta. Yksityismetsät erikseen (Yrjö Ilvessalo 1942, taulukko 89 s. 359) saivat seuraavan arvostelun. Metsänhoidollisen tilansa puolesta hyviä oli 6 %, tyydyttäviä 51 %, epätyydyttäviä 37 % ja pilattuja sekä hävitettyjä yhteensä 6 %. Pilattujen ja hävitettyjen metsien ala oli siis yksityismetsissä suhteellisesti suurempi kuin Pohjois-Suomen metsissä keskimäärin.

Tässä yhteydessä on mielenkiintoista tarkastella myös puulajisuhteita. Onhan eräs yleisimpiä syitä metsien huonoon kuntoon se, että puulaji ei ole kasvupaikalle sovelias. Tämä koskee aivan erityisesti Perä-Pohjolaa, jossa kuusi on laajalla rintamalla työntynyt sen kasvulle liian karuina pidettäville kuivanpuoleisille kankaille. Valtakunnan metsien ensimmäisen arvioinnin mukaan (Yrjö Ilvessalo 1927, taulukko 57 s. 68) oli kuivanpuoleisten kankaiden yleisimmällä metsätyypillä, variksenmarja-mustikkatyypillä, kasvavista metsistä 35 % puhtaita männiköitä ja loput 65 % erilaisia sekametsiä, joista n. 69 % enemmän tai vähemmän kuusen sekaisia. Kuivanpuoleisten kankaiden kuusettuminen on siis edistynyt huolestuttavan pitkälle. Varsinaisilla kuivilla kankailla kuusta on paljon vähemmän. Esim. kanervatyypillä puhtaiden männiköiden ala arvioitiin 84 %:ksi koko tyypin alasta, ja kuusen sekaisia metsiä oli tällä tyypillä vain n. 8 %.

Valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa arvosteltiin metsiköiden metsänhoidollinen tila yleensä vain puuston silloisen tilan perusteella sivuuttaen joitakin rajatapauksia lukuun ottamatta puulajin soveltuvaisuus kasvupaikalle (Yrjö Ilvessalo 1942, s. 194). On selvää, huomioon ottaen väärää puulajia kasvavien metsiköiden runsaus, että Perä-Pohjolan metsien todellinen metsänhoidollinen tila tämän vuoksi on melkoista heikompi kuin edellä esitettyjen lukujen osoittama.

Metsien metsänhoidollisen tilan tarkastelu siis osoittaa, että suurin osa Perä-Pohjolan metsistä on epätyydyttävässä ja sitä huonommassa tilassa. Yksityismetsissä erikseen metsien tila on vieläkin huonompi.

Metsien tilan parantamiseksi suoritettava työ jakaantuu periaatteessa, ehkä ei aina niin selvästi käytännössä, kahdelle eri rintamalle: nuorissa ja keski-ikäisissä, vielä välttävässä kunnossa olevissa metsiköissä pyritään erilaisin perkaus- ja kasvatushakkuin korjaamaan aikaisempia virheitä tai laiminlyöntejä ja vanhoissa tai sopimattomilla hakkuilla kovin heikkoon tilaan saatetuissa metsiköissä ryhdytään tavalla tai toisella hankkimaan entisen tilalle kokonaan uutta puusukupolvea, s. o. metsiköiden uudistamiseen. Jälkimmäisen ryhmän työt ovat vaikeimmat. Metsikön kasvattamiseen tähtäävissä töissä voidaan näet laajassa mitassa käyttää hyväksi muuallakin saavutettuja kokemuksia, mutta metsikön uudistamisessa paikalliset luonnonsuhteet yleensä ovat ratkaisevia. Tämä koskee nimenomaan luontaista uudistumista, joka tosin kaikkialla maassamme, mutta erityisesti Perä-Pohjolan laajaperäisissä oloissa on ollut kylvöä ja istutusta verrattomasti tärkeämpi.

Perä-Pohjolan ja Lapin erikoiset luonnonsuhteet ovat sekä meillä että naapurimaissa joutuneet monipuolisen tutkimuksen kohteeksi, ja näin on kerätty paljon sellaista tietoa, joka suoranaisesti koituu metsätalouden ja nimenomaan metsänhoidon hyväksi. Edellä lueteltuja tehtäviä ajateltaessa on erityisesti mainittava Kihlmanin (1890), Renvallin (1912), Aaltosen (1919), Heikinheimon (1920 a, 1920 b, 1921 ja 1922) ja Lassilan (1920) tutkimukset, joista kolmen viimeksi mainitun käsittelevät yksityiskohtaisesti juuri metsien uudistumissuhteita.

Edellä mainitut tutkijat ovat liikkuneet pääasiassa valtionmetsissä. Kun yksityismetsät sekä metsien rakenteen että niissä käytettyjen hakkuutapojen puolesta eroavat monessa suhteessa valtionmetsistä, kaivataan myös niistä erikseen tietoja. Tällöinkin tulee juuri uudistumiskysymys tärkeänä esille. Kysytään, miten Perä-Pohjolan yksityismetsät uudistuvat luontaisesti niissä yleisesti käytettyjen harsintahakkuiden älkeen.

Tähän kysymykseen yritetään käsillä olevassa tutkimuksessa vastata.

Tutkimusaineisto.

Aineiston keruu.

Sopivien tutkimuskohteiden löytämiseksi pyydettiin Perä-Pohjolan metsänhoitolautakuntaa esittämään alueeltaan tutkittavaksi voimakkailla harsinnoilla hakattuja yksityismetsiä. Ehdotuksia saatiinkin runsaasti ja suureksi osaksi juuri niiden pohjalta lähtien on tutkimusmetsiköt valittu. Paitsi sitä, että näin voitiin mahdollisimman paljon käyttää hyväksi paikallista asiantuntemusta, on myös tutkimuksen itsensä kannalta ollut eduksi, että tutkimuskohteiden valinta ei ole jäänyt yksinomaan tutkimuksen suorittajien tehtäväksi. Voitaneen näet olettaa, että näin on vältetty subjektiivisuutta tutkimuskohteiden valinnassa ja päästy ainakin lähelle umpimähkäistä näytettä.

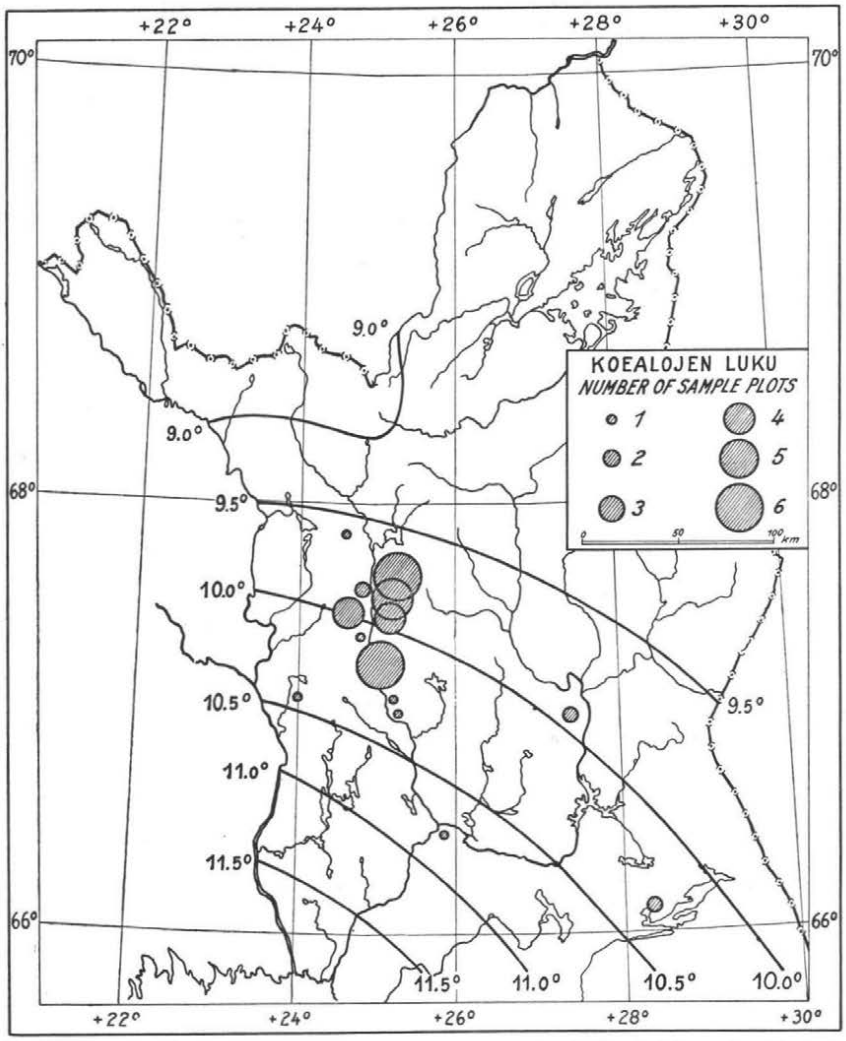
Tutkimuskohteiden tutkiminen on tapahtunut, ainakin pääasiassa, mittaamalla niistä koealoja. Ennen kuin koealaa ryhdyttiin rajoittamaan, tutkittiin kuitenkin koko se metsäpalsta, jolla tutkittavaksi ehdotettu metsikkö sijaitsi. Näin saatiin laajempi kuva Perä-Pohjolan yksityismetsistä, kuin minkä vain suhteellisen pienialaiset tutkimusmetsiköt olisivat tarjonneet. Samalla löytyi uusia sopivia tutkimuskohteita.

Koealaa tutkimusmetsikköön sijoitettaessa se pyrittiin saamaan metsätyypiltään ja metsikkömuodoltaan yhtenäiselle alueelle.

Tämä osoittautuikin olevan useimmissa tapauksissa verrattain helposti saavutettavissa. Tutkituissa metsissä ovat näet tyyppikuviot useinkin olleet kymmenien hehtaarien laajuisia ja puustotkin vastaavasti huomattavan yhtenäisiä.

Koealat rajoitettiin neliön tai suorakaiteen muotoisiksi, kaikki neljänneshehtaarin laajuisiksi. Metsikön mittaus tapahtui samoin kuin vastaavassa Etelä-Suomeen kohdistuneessa tutkimuksessa (S a r v a s 1944 a), johon tässä viitataan. Tärkeimpiin mittausmenetelmän yksityiskohtiin palataan jäljempänä asianomaisten tulosten tarkastelun yhteydessä.

Aineisto on kerätty pääasiassa Perä-Pohjolan keskisistä osista. Perä-Pohjolalla tarkoitetaan tässä aluetta, joka etelässä rajoittuu K u j a l a n (1936) esittämään Pohjois-Suomen ja Kainuun vaihettumisvyöhykkeen rajaan ja pohjoisessa Maanselän vedenjakajamaihin. Alue kuuluu ko-



Kuva 1. Koealojen sijainti ja kesä—syyskuun isotermien kulku tutkimusalueella (30-vuotinen jakso).

Fig. 1. Location of sample plots and the course of June—September isotherms on the area investigated (30-year cycle).

konaisuudessaan I:een niistä podsolialueista, joihin Aaltonen (1941, s. 9) on maamme jakanut. Koealojen paikat nähdään kuvasta 1.

Tutkimukset on rajoitettu ns. kuiville kankaille. Metsätyypit on erotettu ja nimitetty Yrjö Ilvessalon (1937, s. 26—33) esittämällä tavalla. Koealoja on asetettu vain varpu-jäkälätyypin *(Ericaceae-Cladinae*-tyypin, ErClT:n) ja variksenmarja-mustikkatyypin *(Empetrum-Myrtillus*-tyypin, EMT:n) metsikköihin. Koealojen jakaantuminen näiden metsätyyppien kesken on seuraava:

Varpu-jäkälätyyppi	13 koealaa,	35 %
Variksenmarja-mustikkatyyppi	24 »	65 »
Yhteensä	37 koealaa,	100 %

Yrjö Ilvessalon (1942, taulukko 11 s. 266) mukaan Kemi-Tornio-Tuntsajokien vesistöalueissa, jotka yhteisesti lähinnä vastaavat tutkimusaluetta, yksityismetsien kasvullisesta metsämaasta on jäkälätyyppiä alle 1 %, varpu-jäkälätyyppiä 11 %, kanervatyyppiä 1 %, variksenmarja-mustikkatyyppiä 30 %, variksenmarja-puolukkatyyppiä 20 %, puolukkatyyppiä 1 %, paksusammaltyyppiä 9 %, mustikkatyyppiä 11 %, lehtomaista maata 1 %, lehtomaata 1 % ja loput kasvullisia korpia ja rämeitä. Kuivia kankaita on siis kasvullisten kovien maiden alasta n. 75 % ja tuoreita kankaita, joihin edellä mainituista metsätyypeistä luetaan paksusammaltyyppi, mustikkatyyppi, lehtomaiset maat ja lehdot, n. 25 %. Varsinaisia kuivia kankaita, joihin on tapana lukea jäkälätyyppi, varpu-jäkälätyyppi ja kanervatyyppi, on kuivien kankaiden koko määrästä n. 19 % ja kuivanpuoleisia kankaita, joihin luetaan variksenmarja-mustikkatyyppi, variksenmarja-puolukkatyyppi ja puolukkatyyppi, yhteensä n. 81 %.

Tutkimusaineistossa varpu-jäkälätyyppi edustaa varsinaisia kuivia kankaita ja variksenmarja-mustikkatyyppi kuivanpuoleisia kangasmaita. Kuten edellä esitetyistä luvuista näkyy, on kumpikin alaryhmänsä yleisin metsätyyppi.

Tutkimuskohtia on valittu, kuten edellisestäkin jo on käynyt ilmi, vain alueen yksityismetsistä. Ne päätelmät, joita myöhemmin tehdään, koskevat siis ensi kädessä yksityismetsiä. On syytä korostaa tätä, koskapa yksityismetsät Perä-Pohjolassa poikkeavat sijaintinsa ja metsänhoidollisen tilansa puolesta huomattavasti valtion metsistä, enemmän kuin esim. Suomen eteläpuoliskossa.

Tutkittavaksi on otettu vain sellaisia metsiköitä, jotka on pääasiallisesti varattu metsän kasvatukseen. Esim. hakamaan luonteiset metsiköt (vrt. esim. Yrjö Ilvessalo 1936, s. 12) on sivuutettu.

Tarkempi kuva tutkimusmetsiköiden yleisestä laadusta saadaan taulukosta 1, johon on kerätty eräitä koealojen tärkeimpiä mittaustuloksia. Tutkimusmetsiköt on tässä taulukossa esitetty mäntyvaltapuiden iän mukaisessa järjestyksessä, ensin nuoremmat ja sitten vanhemmat metsiköt.

Kasvupaikat.

Arvosteltaessa tutkimusmetsiköiden kasvupaikkaa on metsätyypin määrityksen ohessa laadittu kuvauksia pintakasvillisuudesta ja kiinnitetty huomiota mm. maalajiin, humuksen paksuuteen, maan kivisyyteen sekä maaston korkeus- ja kaltevuussuhteisiin.

Taulukko 1. Mittaustulok-

Table 1. Mensuration

Koealan n:o *Sample plot, no.*	Tutkimus-aika *Date*	Kunta *Parish*	Paikan korkeus, m y. m. *Height above sea level, m*	Humuskerroksen paksuus, cm *Thickness of humus layer, cm*	Puuston latvusala, 0—1 *Canopy cover*	Valtapuiden ikä, v. *Age of dominant trees, years*	Puuston kuutiomäärä, m^3/ha *Growing stock, cu. m/ha*	Puulajisuhteet, % puuston kuutiomäärästä *Tree species, % of growing stock*			
								Pinus silvestris	*Picea excelsa*	*Betula verrucosa*	*Betula pubescens*
Varpu-jäkälätyyppi —											
149	30. 8. 39	Posio	450	·	·	95	22	100	Δ	—	—
258	6. 9. 48	Kittilä	160	2.0	0.24	109	43	39	61	—	—
257	4. 9. 48	Rovaniemen mlk. .	150	1.1	0.11	124	8	100	—	—	—
136	15. 8. 39	Kittilä	150	0.9	0.08	130	16	100	Δ	—	—
266	11. 9. 48	»	300	1.8	0.19	148	33	72	Δ	23	5
140	21. 8. 39	Pelkosenniemi	160	·	·	150	19	100	—	—	—
254	2. 9. 48	Kittilä	150	0.9	0.05	158	14	100	Δ	—	—
253	1. 9. 48	»	150	0.7	0.06	162	23	100	Δ	—	—
255	2. 9. 48	»	150	0.8	0.01	206	13	100	—	—	—
250	30. 8. 48	Rovaniemen mlk. .	150	2.6	0.17	209	28	100	—	—	—
260	7. 9. 48	Kittilä	160	1.6	0.02	257	5	100	—	—	—
261	8. 9. 48	»	160	1.5	0.02	284	11	91	Δ	9	Δ
262	9. 9. 48	»	150	1.4	0.06	286	14	93	Δ	—	7
Variksenmarja-mustikkatyyppi —											
a. männiköt —											
269	14. 9. 48	Kittilä	240	1.1	0.22	107	41	77	Δ	22	1
268	13. 9. 48	»	230	1.5	0.12	108	41	91	—	9	Δ
278	20. 9. 48	»	340	1.8	0.28	137	46	72	16	9	3
265	10. 9. 48	»	300	2.1	0.32	145	44	57	5	34	4
133	12. 8. 39	»	350	·	·	160	46	61	19	4	16
252	1. 9. 48	Rovaniemen mlk. ..	250	1.0	0.04	169	21	91	—	—	9
251	31. 8. 48	» ..	150	1.4	0.12	205	25	78	13	—	9
b. mänty-kuusisekametsiköt —											
143	23. 8. 39	Rovaniemen kaupp.	250	·	·	80	38	50	50	—	Δ
142	22. 8. 39	Pelkosenniemi	160	·	·	100	36	55	28	—	17
256	3. 9. 48	Kittilä	150	2.4	0.07	107	22	69	24	2	5
271	15. 9. 48	»	320	3.9	0.18	111	14	—	54	—	46
148	29. 8. 39	Posio	450	·	·	112	51	80	20	—	—
130	8. 8. 39	Kolari	170	·	·	130	20	40	20	—	40
135	14. 8. 39	Kittilä	370	2.6	0.02	140	33	79	6	—	15
134	14. 8. 39	»	370	·	·	150	22	—	36	—	64
273	17. 9. 48	»	340	3.1	0.21	151	32	15	46	36	3
270	15. 9. 48	»	370	2.9	0.21	159	19	37	30	—	33
264	10. 9. 48	»	300	3.0	0.16	163	42	36	51	—	13
272	15. 9. 48	»	320	2.8	0.12	164	22	Δ	42	58	—
275	17. 9. 48	»	250	2.4	0.14	172	34	23	57	Δ	20
276	18. 9. 48	»	300	8.5	0.36	172	22	13	44	2	41
263	9. 9. 48	»	300	3.8	0.16	186	39	40	48	—	12
277	20. 9. 48	»	320	4.8	0.20	206	37	30	32	23	15
274	17. 9. 48	»	250	3.0	0.17	217	41	40	38	21	1

sia tutkimusmetsiköistä.

results in research areas.

Hakkuut — *Cuttings*															
Hakkuuvuosi *Year of cutting*	Hakkuumäärä, m³/ha *Cut, cu. m/ha*	Hakkuumäärästä, % *% of total cut*			Hakkuuvuosi *Year of cutting*	Hakkuumäärä, m³/ha *Cut, cu. m/ha*	Hakkuumäärästä, % *% of total cut*			Hakkuuvuosi *Year of cutting*	Hakkuumäärä, m³/ha *Cut, cu. m/ha*	Hakkuumäärästä, % *% of total cut*			Koealan n:o *Sample plot, no.*
		Pinus silvestris	*Picea excelsa*	*Betula spp.*			*Pinus silvestris*	*Picea excelsa*	*Betula spp.*			*Pinus silvestris*	*Picea excelsa*	*Betula spp.*	
Ericaceae-Cladinae type															
1910	61	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	149
1946	16	100	—	—	1936	7	87	13	—	—	—	—	—	—	258
1932	76	100	—	—	1903	8	—	100	—	—	—	—	—	—	257
1928	6	100	—	—	1920	60	100	—	—	1895	32	100	—	—	136
1941	24	93	1	6	1914	34	100	—	—	1900	19	100	—	—	266
1934	48	100	—	—	1925	49	100	—	—	1900	34	100	—	—	140
1944	36	100	—	—	1933	15	100	—	—	1908	62	100	—	—	254
1944	51	100	—	—	1933	14	100	—	—	1908	43	100	—	—	253
1942	8	100	—	—	1928	27	100	—	—	1901	68	100	—	—	255
1931	73	79	9	12	1916	52	100	—	—	1909	90	100	—	—	250
1944	10	100	—	—	1932	23	100	—	*4*	1918	26	100	—	—	260
1944	9	100	—	—	1932	6	100	—	—	1918	51	100	—	—	261
1944	6	100	—	—	1932	5	100	—	—	1918	37	100	—	—	262
Empetrum-Myrtillus type															
a. Scots pine stands															
1945	23	98	—	2	1928	36	85	—	15	1907	88	100	—	—	269
1945	16	95	—	5	1933	17	82	—	18	—	—	—	—	—	268
1945	15	60	40	—	1921	62	90	4	6	1901	4	100	—	—	278
1941	30	95	—	5	1914	44	100	—	—	1901	6	100	—	—	265
1928	12	58	33	8	1910	56	100	—	—	1900	85	86	—	14	133
1944	9	—	9	—	1933	25	88	12	—	1915	38	100	—	—	252
1915	118	74	26	—	1910	70	100	—	—	—	—	—	—	—	251
b. Scots pine - Norway spruce mixed stands															
1934	58	45	55	*4*	1930	20	85	15	—	1900	20	100	—	—	143
1936	56	89	9	2	1925	44	93	2	5	1900	74	100	—	—	142
1948	31	7	6	87	1931	9	30	11	59	1919	16	55	45	—	256
1942	30	—	29	71	1931	25	—	36	64	1892	21	52	48	—	271
1939	47	81	17	2	1910	65	80	11	9	—	—	—	—	—	148
1936	13	*4*	69	31	1914	100	66	16	18	1900	54	100	—	*4*	130
1937	12	91	9	—	1930	27	70	30	—	1900	112	90	9	1	135
1937	2	—	73	27	1930	25	12	84	4	1895	32	10	89	1	134
1942	39	8	68	24	1920	59	49	32	19	1892	32	100	—	—	273
1928	20	14	73	13	1918	52	94	6	—	1892	25	100	—	—	270
1937	42	23	45	32	1911	66	91	9	—	1901	13	100	—	—	264
1942	21	—	95	5	1931	46	—	63	37	1892	20	—	100	—	272
1940	37	9	41	50	1918	41	51	26	23	1901	87	79	21	—	275
1946	12	3	60	37	1932	10	—	22	78	1922	90	26	24	50	276
1937	25	3	80	17	1911	34	100	—	—	1901	27	100	—	—	263
1940	18	—	100	*4*	1921	81	88	9	3	1908	11	63	37	—	277
1939	33	16	45	39	1918	85	85	12	3	1901	21	100	—	—	274

Pintakasvillisuus.

Pintakasvillisuutta on tutkittu metsätyypin määrittämistä varten sekä pintakasvillisuuden ja puuntaimien välisten kilpailusuhteiden selvittämiseksi.

Muutamien tutkimusmetsiköiden pintakasvillisuudesta on hankittu yksityiskohtainen kuva ruutumenetelmää käyttäen (vrt. Sarvas 1944 a, s. 24—25 ja s. 43—44, 1948 b): koealan lävistäjille rajoitettiin määräetäisyyksin tarkoitusta varten valmistettua kehystä käyttäen 10—20 kpl. 1 m^2:n suuruisia ruutuja. Jokaisessa ruudussa arvioitiin siinä olevien kasvilajien peittävyys 1—10 käsittävän asteikon mukaan. Täten kerätyn aineiston perusteella laskettiin sisätöissä koealoittain kunkin kasvilajin keskimääräinen peittävyys ja frekvenssi. Peittävyys laskettiin eri ruuduissa saavutettujen peittävyyslukujen keskiarvona ja frekvenssi laskettiin lukuna, joka osoittaa, monessako kymmenesosassa ruutujen koko lukumäärästä asianomaista kasvilajia on ollut.

Tulokset kasvipeitetutkimuksista on yhdistetty taulukkoon 2, joka sisältää kasviluettelot peittävyys- ja frekvenssilukuineen. Siinä on jäkälät nimitetty pääasiassa Magnussonin (1929), sammalet Brotheruksen (1923) ja putkilokasvit Hiitosen (1933) mukaan. Kasvillisuuden eri ryhmille, jäkälille, sammalille, heinille, ruohoille, varvuille ja pensaille on yleiskatsauksen helpottamiseksi laskettu kullekin erikseen ryhmän kokonaispeittävyys.

Perä-Pohjolan metsätyyppien pintakasvillisuuden vertailu Etelä-Suomen sijaistyyppeihin on tässä mielenkiintoista.

Varpu-jäkälätyyppiä vastaa Etelä-Suomessa lähinnä kanervatyyppi (ja kanerva-jäkälätyyppi, Kujala 1936, s. 25). Näiden metsätyyppien vertailu osoittaa (vrt. Sarvas 1944 a, s. 114), että harsintametsiköissä on Pohjois-Suomen varpu-jäkälätyypillä huomattavasti runsaammin jäkälää ja vastaavasti vähemmän sammalia sekä keskimäärin vähemmän varpuja kuin Etelä-Suomen kanervatyypillä. Varpujen vähemmyys johtuu ennen kaikkea siitä, että varpu-jäkälätyypillä on kanervaa suhteellisen vähän. Sen vastapainona tosin tavataan variksenmarjaa, mutta variksenmarja harvoin muodostaa varsinaisilla kuivilla kankailla taajoja kasvustoja. Tosin Pohjois-Suomessakin tavataan kasviyhdyskuntia, joissa kanervaa kasvaa runsaanlaisesti, onhan sieltä kuvattu kanervatyyppiäkin (esim. Lakari 1920, Yrjö Ilvessalo 1942). On kuitenkin ilmeistä, että kanerva viihtyy Pohjois-Suomessa huonommin kuin Suomen eteläpuoliskossa. Kun tarkastellaan esim. kanervan levinneisyysaluetta (Beijerinck 1940, s. 107), havaitaan, että kanerva on varsin selvästi merellinen kasvilaji, joka ei kasva lainkaan esim. mantereellisessa Siperiassa. Suurimman rehevyytensä kanerva tunnetusti saa-

Taulukko 2. Kasviluettelo muutamista tutkimusmetsiköistä.

Table 2. List of plants in some research areas.

Kasvilaji *Plant species*	*Ericaceae-Cladinae*-t.			*Empetrum-Myrtillus*-t.						
	Koealan n:o — *Number of sample plot*									
	149	136	140	143	142	148	130	135	134	133
	Frekvenssi : peittävyys — *Frequency : degree of covering*									
Peltigera aphthosa ..	—	—	—	1: 0.1	—	—	—	1: *Δ*	1: *Δ*	3: 0.3
Nephroma arcticum .	—	—	—	—	—	—	2: 0.2	—	1: *Δ*	—
Cladina spp.	10: 6.3	10: 6.2	10: 4.2	—	10: 1.5	10: 2.8	8: 1.2	9: 3.0	5: 0.5	10: 3.1
Cladonia spp.	10: 0.6	10: 1.2	10: 0.4	1: *Δ*	6: 0.5	10: 0.6	5: 0.1	7: 0.4	2: 0.1	7: 0.4
Peittävyys yhteensä — *Together*	6.9	7.5	4.6	0.1	2.0	3.4	1.5	3.4	0.6	3.8
Sphagnum spp.	—	—	—	2: 0.4	—	—	—	—	—	—
Pleurozium Schreberi	4: 0.4	—	2: 0.5	10: 1.7	9: 4.2	9: 3.2	8: 4.7	9: 3.8	10: 4.4	8: 2.9
Hylocomium prolifer-um	—	—	—	10: 4.9	—	1: *Δ*	1: *Δ*	3: 1.0	9: 1.7	3: 0.3
Dicranum spp.	3: 0.5	—	—	8: 0.5	9: 1.6	10: 2.9	4: 0.3	5: 0.7	8: 0.4	3: 0.1
Polytrichum spp. ..	5: 0.3	9: 1.4	9: 1.9	—	9: 0.5	8: 0.5	—	1: *Δ*	1: *Δ*	2: 0.1
Peittävyys yhteensä — *Together*	1.2	1.4	2.4	7.5	6.3	6.6	5.0	5.5	6.5	3.4
Luzula pilosa	—	—	—	—	—	3: 0.1	—	—	—	—
Carex brunnescens .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calamagrostis spp. .	—	—	—	2: 0.1	—	—	—	—	—	—
Deschampsia flexuosa	—	—	—	7: 0.3	6: 0.2	1: *Δ*	10: 0.7	3: 0.2	9: 0.9	10: 0.5
Peittävyys yhteensä — *Together*	—	—	—	0.4	0.2	0.1	0.7	0.2	0.9	0.5
Dryopteris linnaeana	—	—	—	2: 0.1	—	—	—	—	—	—
Majanthemum bifo-lium	—	—	—	7: 0.2	—	—	—	—	—	—
Chamaenerium an-gustifolium	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Melampyrum pra-tense	—	—	—	2: 0.1	—	2: 0.1	3: 0.1	—	—	—
Peittävyys yhteensä — *Together*	—	—	—	0.4	—	0.1	0.1	—	—	—
Lycopodium spp. ..	—	—	—	1: *Δ*	4: 0.1	—	1: *Δ*	—	3: 0.2	4: 0.1
Betula nana	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calluna vulgaris ...	10: 2.4	—	—	—	—	6: 1.4	—	—	—	—
Vaccinium vitis-idaea	10: 0.3	10: 0.4	10: 2.4	10: 1.3	10: 2.3	10: 0.9	10: 1.2	10: 1.0	9: 0.6	10: 1.1
Vaccinium myrtillus	3: 0.1	—	—	10: 4.5	5: 0.4	10: 1.4	10: 0.4	10: 2.5	9: 2.2	10: 1.0
Vaccinium uliginos-um	—	—	—	5: 0.3	—	1: 0.1	4: 0.5	—	6: 1.1	1: *Δ*
Ledum palustre	—	—	—	—	2: *Δ*	3: 0.2	—	—	4: 0.2	—
Empetrum nigrum .	3: 0.7	2: 0.1	—	5: 0.7	1: *Δ*	8: 0.6	9: 2.6	6: 0.7	10: 1.9	9: 1.8
Linnaea borealis ...	—	—	—	8: 0.4	—	—	—	—	—	4: 0.3
Peittävyys yhteensä — *Together*	3.5	0.5	2.4	7.2	2.8	4.6	4.7	4.2	6.2	4.3
Juniperus communis	—	—	—	3: 0.1	—	—	—	—	—	—
Alnus incana	—	—	—	1: *Δ*	—	—	—	—	—	—
Salix spp.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sorbus aucuparia ..	—	—	—	1: 0.1	—	—	—	—	—	—
Peittävyys yhteensä — *Together*	—	—	—	0.2	—	—	—	—	—	—

vuttaa Luoteis-Saksan ja Englannin sekä Skotlannin nummilla, missä ilmasto on varsin merellistä. Itse asiassa kanervan levinneisyysalueen raja leikkaa Suomen pohjoisosat juuri tutkimusalueen pohjoispuolitse. Useimmat Perä-Pohjolan kanervaa runsaassa määrässä kasvavat kankaat ovatkin enemmän tai vähemmän vereksiä kuloaloja, joilla kanervan runsaus ilmeisestikin on ohimenevää (vrt. Sarvas 1937, s. 18). Männyn uudistumisen kannalta varsinaisten kuivien kankaiden kasvillisuudessa Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä havaittavat erot — varsinkin varpukerroksessa ja nimenomaan kanervan kohdalla — merkitsevät sitä, että taimia pintakasvillisuuden taholta uhkaava kilpailu on Pohjois-Suomen varpu-jäkälätyypillä pienempi kuin Etelä-Suomen kanervatyypillä.

Variksenmarja-mustikkatyypin sijaistyyppi on puolukkatyyppi (Kujala 1936, s. 25). Kun verrataan näitä metsätyyppejä toisiinsa (Sarvas 1944 a, s. 116—117), nähdään, että harsintametsiköissä variksenmarja-mustikkatyypillä on keskimäärin jonkin verran enemmän jäkälää ja vähemmän heiniä ja ruohoja kuin puolukkatyypillä, mutta että erot muuten ovat verrattain vähäisiä. Näyttää näin ollen siltä, että männyn taimien ja pintakasvillisuuden välisellä kilpailulla on variksenmarja-mustikkatyypillä ja puolukkatyypillä monessa suhteessa samanlaiset ulkonaiset edellytykset.

Maa.

Maalaji on varpu-jäkälätyypin metsiköissä someroa (koealalla 250), hiekkaa (n:ot 136, 266, 140, 254, 253, 255) tai hietaista moreenia (n:ot 149, 257, 258, 260, 261, 262). Variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä maalaji on paria poikkeusta (n:olla 143 ja 148 hiekkaa) lukuun ottamatta hietaista moreenia. Seuraavilla koealoilla on otettu maanäytteet neljästä kuopasta 0.4 m:n syvyydeltä ja määritetty maan vedenpidätyskyky Bouyoucosin (1929) menetelmää soveltaen (sulkuihin on merkitty tulos): varpu-jäkälätyypin koealoilla n:o 149 (Vk = 6.1 %), 136 (3.9 %), 140 (3.8 %) ja variksenmarja-mustikkatyypin koealoilla n:o 133 (8.7 %), 143 (2.9 %), 142 (6.6 %), 148 (5.2 %), 130 (8.2 %), 135 (10.6 %) ja n:o 134 (11.4 %).

Maan kivisyys, jota arvosteltaessa on käytetty samaa asteikkoa kuin valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa (Yrjö Ilvessalo 1936, s. 29), on kaikilla varpu-jäkälätyypin koealoilla lukuun ottamatta n:oa 258 (aste 2) ollut vähäinen (aste 1). Myös useimmilla variksenmarja-mustikkatyypin koealoilla kivisyys on arvosteltu asteella 1; kivisempiä (aste 2) ovat olleet koealat n:o 278, 256, 135, 270, 264 ja 263.

Tutkimusalojen korkeus merenpinnasta lukien nähdään taulukosta 1, s. 12. Korkeus vaihtelee 150:stä 450:een metriin. Useimmat koealat sijaitsevat 150—300 m:n korkeudella.

Maiden kaltevuussuhteista mainittakoon, että yli 5°:n kaltevuus on mitattu vain seuraavilla koealoilla (sulkuihin on merkitty kaltevuuden suunta ja aste): n:o 278 (NE 6°), n:o 275 (SE 6°) ja n:o 274 (SE 7°).

Humuskerroksen paksuus on kullakin koealalla mitattu 10:stä eri kohdasta, jotka on valittu tasaisin välimatkoin koealan lävistäjiltä. Kun humuskerroksen paksuus vaihtelee samassa metsikössä suhteellisen vähän, voitaneen näiden mittaustulosten keskiarvoa pitää käsillä olevan tutkimuksen tarpeisiin riittävän tarkkana. Eri koealoilla saadut keskimäärät nähdään taulukosta 1, s. 12. Humuskerroksen paksuus on varpu-jäkälätyypin metsiköissä keskimäärin 1.4 cm, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 1.5 cm ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä 3.6 cm. Erinäisten vertailujen helpottamiseksi on koealat humuskerroksen paksuuden mukaan vielä jaettu kolmeen luokkaan kuten valtakunnan metsien toisen arvioinnin maata koskevissa tulosyhdistelmissä (A a l t o n e n 1941, s. 28) : 1. humuskerroksen paksuus vähemmän kuin 2 cm, 2. paksuus 2:sta 4 cm:iin ja 3. paksuus suurempi kuin 4 cm. Eri metsätyypeillä ja metsikkölajeissa koealat jakaantuvat näihin paksuusluokkiin seuraavasti: varpu-jäkälätyypin metsiköistä kuuluu 1. luokkaan 82 % ja 2. luokkaan 18 %, variksenmarja-mustikkatyypin männiköistä 1. luokkaan 83 % ja 2. luokkaan 17 % ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköistä kuuluu 1. luokkaan 0 %, 2. luokkaan 83 % ja 3. luokkaan 17 %. Sekä edellä mainittuja humuksen keskimääräisiä paksuuksia että nyt esitettyjä prosenttilukuja keskenään verrattaessa käy ilmi, että humuskerros on varpu-jäkälätyypin metsiköissä ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä huomattavasti ohuempi kuin variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä. Näyttäisi siis siltä kuin humuskerros kuusikoissa ja voimakkaasti kuusen sekaisissa metsiköissä olisi samankin metsätyypin puitteissa paksumpi kuin männiköissä. Kysymys siitä, mikä on syy ja mikä seuraus, ts. muuttuuko humuskerros kuusen vaikutuksesta paksuksi vai ovatko paksuhumuksiset maat yleensä herkempiä kuusettumaan kuin ohuthumuksiset, jää kuitenkin avoimeksi. Eräät havainnot viittaisivat siihen, että kysymyksessä ei olisi joko-tahi, vaan että molempiinkin kysymyksiin voitaisiin vastata myöntävästi (vrt. A a l t o n e n 1948, s. 201).

Kun verrataan tässä tutkimuksessa humuskerroksen paksuudesta saatuja lukuja valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa saatuihin tuloksiin (A a l t o n e n 1941, s. 28), nähdään, että varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä humuskerroksen paksuus on samaa suuruusluokkaa kuin yleensäkin Perä-Pohjolassa varpu-jäkälätyypillä. Variksenmarja-mustikkatyypin kohdalla vertailu on vaikeampaa, koska valtakunnan metsien arvioinnin tuloksista ei ole saatavissa Perä-Pohjolan osalta puulajeittaista erittelyä. Vertailu maan eteläpuoliskon läheisesti vastaaviin metsätyyppeihin osoittaa (A a l t o n e n 1941, s. 28 ja s. 32), että varpu-

jäkälätyypin metsiköissä ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä humuskerros on jokseenkin samanpaksuista kuin Etelä-Suomen kanervatyypillä, mutta että variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä humuskerros on paksumpi kuin Etelä-Suomen puolukkatyypin kuusivaltaisissa metsiköissä.

Humuksella on monessa suhteessa tärkeä merkitys metsän uudistumistapahtumassa. Yleensä humuksen pohjimmainen, sen pitkälle lahonnut osa, on metsän uudistumisen kannalta merkitykseltään myönteistä ja tämän päällä oleva heikosti lahonnut, raaka kerros merkitykseltään kielteistä (vrt. myös Aaltonen 1948, s. 255). Kasvupaikasta riippuen humus jakaantuu edellä mainittujen kerrosten kesken eri tavoin: karuilla kasvupaikoilla pääosa humuksesta on huonosti lahonnutta, ja pitkälle lahonnut kerros on niin heikosti kehittynyt, että se ohuena, tummana jauheena sekoittuu kivennäismaan pintaan. Hyvillä kasvupaikoilla karikkeiden lahoaminen sitä vastoin tapahtuu niin perusteellisesti, että huonosti lahonnutta, raakaa humusta kasaantuu tuskin lainkaan hyvin lahonneen päälle.

Nyt tarkasteltavina olevissa pohjoissuomalaisissa metsätyypeissä, varpu-jäkälätyypissä ja variksenmarja-mustikkatyypissä, humus kuuluu edelliseen tyyppiin: heikosti lahonnut, raaka kerros muodostaa humuksen pääosan. Humuskerroksen paksuutta voidaan siis näillä metsätyypeillä pitää ainakin jossakin määrin sen epäedullisuuden mittana. Tältä kannalta tarkasteltuna variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköiden paksu humuskerros ansaitsee aivan erityistä huomiota.

Harsintametsiköt.

Nykyinen puusto.

Tutkimusmetsiköiden puusto, sellaisena kuin se on ollut mittauksia suoritettaessa, ei kuvaa Perä-Pohjolan harsimalla hakattuja yksityismetsiä kokonaisuudessaan. Paitsi niitä rajoituksia, joista jo edellä on ollut puhe, on huomattava, että käsillä olevassa tutkimuksessa on päähuomio kiinnitetty uudistumistapahtumaan ja sen mukaisesti valittu tutkimuskohteet metsiköistä, jotka jatkuvien harsintojen tuloksena ovat harventuneet erittäin huonokuntoiseen tilaan. Kuitenkin on toisaalta sanottava, että suuri, ehkäpä suurin osa Perä-Pohjolan yksityismetsistä on juuri tällaisia.

Tutkimusmetsiköiden nykyistä puustoa ei voida tarkastella tai ei ainakaan ymmärtää irrallisena siitä kehityksestä, jonka alaisena se on ollut viime 50—100 vuoden kuluessa. Kun tämä kehitys seuraavassa aluksi sivuutetaan, se tapahtuu vain muodollisista syistä ja siihen palataan heti seuraavassa luvussa yksityiskohtaisesti.

Tarkasteltakoon ensiksi puulajisuhteita.

Tärkeimmät puulajit ovat, samoin kuin Suomen eteläpuoliskossakin, mänty, kuusi, raudus- ja hieskoivu. Kuitenkin on huomattava, että Perä-Pohjolassa näitä puulajeja edustavat toiset maantieteelliset rodut kuin Suomen eteläpuoliskossa. Toistaiseksi ei vielä ole paljoakaan selvitetty näiden rotuerojen metsänhoidollista merkitystä. Ilmeisimmät ovat erot hieskoivun kohdalla. Tässä ei ole mahdollista yksityiskohtaisesti tarkastella koivun lajikysymystä, vaan viitataan aikaisempiin esityksiin (Kujala 1946, Lindquist 1947, Sarvas 1949 a). Perä-Pohjolan hieskoivu eroaa huomattavasti ulkonäöltään, ekologiassaan ja metsänhoidollisessa merkityksessään Etelä-Suomen hieskoivusta. Morfologinen vaihtelu on erittäin suuri; jokseenkin kaikki asteet pohjoisimman rodun, tunturikoivun ja eteläisten rotujen välillä ovat edustettuina. Ekologisena erikoispiirteenä on merkittävä suurempi runsaus kuivilla kasvupaikoilla kuin eteläisillä roduilla. Metsänhoidollisesti on tärkeä Perä-Pohjolan hieskoivun suuri vesomiskyky ja huono teknillinen laatu. Huono laatu johtuu paitsi rungon mutkaisuudesta ja oksikkuudesta en

nen kaikkea siitä, että hieskoivu jää Perä-Pohjolassa varsin pieneksi kooltaan. Itse asiassa hieskoivu Etelä-Suomenkin metsissä yleisesti vain juuri ja juuri kasvaa vaneripuun mittaan. Kun siis rauduskoivua kookkaammaksi varttuvana puuna jo Etelä-Suomessa on pidettävä hieskoivua arvokkaampana, se on sellainen Perä-Pohjolassa vielä suuremmalla syyllä.

Tutkimusmetsiköiden puulajisuhteita on kuvattu laskemalla, montako prosenttia kutakin puulajia on puuston kokonaiskuutiomäärästä. Tulokset nähdään taulukosta 1, s. 12.

Varpu-jäkälätyypin harsintametsiköt ovat jokseenkin puhtaita männiköitä. Vain kahdessa metsikössä sekapuita on ollut enemmän kuin 10 %. Mänty näyttää siis tällä metsätyypillä olevan kilpailukykyisin puulaji. Yksittäisiä kuusia ja rauduskoivuja tosin tavataan, ja harvoissa jäännösmetsiköissä niitä saattaa olla suhteellisen runsaastikin, mutta tällaiset tapaukset ovat verrattain harvinaisia (esim. koeala n:o 258). Keskimäärin eri puulajeja on ollut seuraavat prosenttiosuudet puuston koko kuutiomäärästä: mäntyä 92 %, kuusta 5 %, rauduskoivua 2 % ja hieskoivua 1 %.[1])

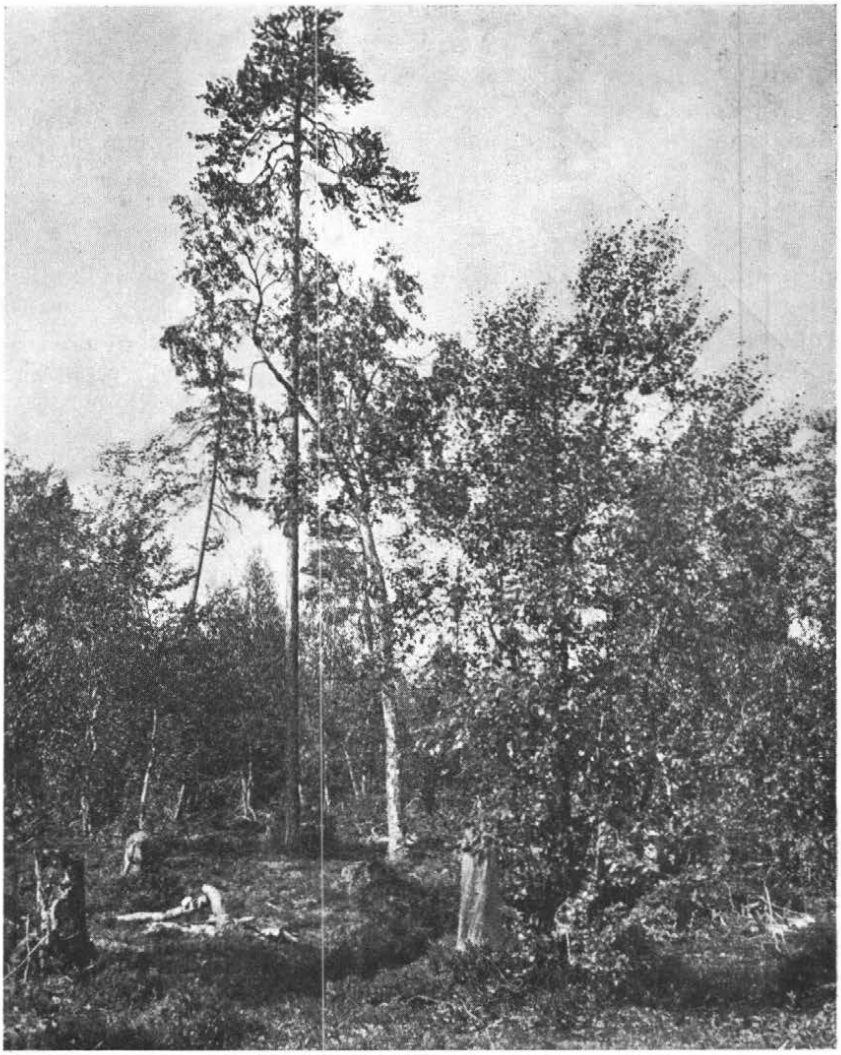
Variksenmarja-mustikkatyypin harsintametsiköissä puulajisuhteet ovat vaihtelevampia. Tästä syystä on katsottu tarpeelliseksi jakaa nämä metsiköt kahteen ryhmään, männikköihin ja mänty-kuusisekametsikköihin.[2]) Tällaisinakin nämä ryhmät tosin vielä ovat taksatorisesti katsoen epäyhtenäisiä, mutta metsänhoidollisesti ja nimenomaan uudistumisnäkökohtia silmällä pitäen jakoa on pidetty riittävänä. Sitä suoritettaessa on määräävänä ollut kuusen osuus; kaikki ne metsiköt, joissa kuusta on ollut vähintään 20 %, on viety mänty-kuusisekametsiköiden ryhmään — jopa muutama sellainenkin metsikkö, jossa tutkimushetkellä ei enää ole ollut mäntyä lainkaan. Koealoja ryhmiteltäessä ei näet ole kaavamaisesti pidetty kiinni vain nykyisistä puulajisuhteista, vaan eräissä tapauksissa on ollut välttämätöntä ottaa huomioon myös puuston aikaisempi kehitys.

Variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä sekapuulajeja on melkoisesti; rauduskoivu ja kuusi ovat tärkeimmät sekapuut. Rauduskoivun ohella on myös hieskoivua tuntuvasti. Rauduskoivu kasvaa tavallisesti yksittäisinä, suhteellisen suurikokoisina yksilöinä, hieskoivu taas suurempia tai pienempiä vesaryhmiä muodostaen. Keskimäärin eri puu-

[1]) Nämä prosentit on laskettu suoraan eri koealoja kuvaavien prosenttilukujen keskiarvoina. Kullekin koealalle on siis annettu sama paino. Keskiarvot olisi tietysti voinut myös punnita puuston kuutiomäärällä, kuten usein tehdään, mutta käsillä olevassa tutkimuksessa on edellistä tapaa pidetty tarkoituksenmukaisempana.

[2]) Tutkimusalueen pohjoisosissa hieskoivu käy yhä yleisemmäksi, ja siellä koivuvaltaisia tai ainakin voimakkaasti koivun sekaisia metsikkölajeja tavataan runsaasti (kuva 2). Tässä tutkimuksessa on työn keskittämistä silmällä pitäen kuitenkin ollut pakko sivuuttaa nämä paikallisesti tosin tärkeät, mutta kokonaisuuteen nähden suhteellisen vähän merkitsevät metsikkölajit.

lajeja on ollut seuraavasti: mäntyä 75 %, kuusta 8 %, rauduskoivua 11 % ja hieskoivua 6 % puuston kuutiomäärästä.



Kuva 2. Koivuvaltaista harsintametsää tutkimusalueen pohjoisosassa. Koivu suurimmaksi osaksi hieskoivua. Kittilä, Sirkka. Valok. 11. 8. 1939 R. S.

Fig. 2. Birch-dominated, selectively cut forest in the Northern part of the area studied. The majority of birch is Betula pubescens. Kittilä, Sirkka. Photo by author, Aug. 11, 1939.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä on milloin mänty, milloin kuusi vallitsevana, vieläpä joskus koivukin (koeala n:o 272). Suurin osa koivusta on hieskoivua. Raudus- ja hieskoivun

keskinäinen esiintymistapa on samanlainen kuin edellisessäkin metsikkölajissa. Keskimäärin eri puulajeja on ollut seuraavat prosenttiosuudet puuston kuutiomäärästä: mäntyä 36 %, kuusta 37 %, rauduskoivua 8 % ja hieskoivua 19 %.

Tutkimusmetsiköiden ikää on selvitetty vain männyn osalta. Ikä on määritetty kairaamalla lastu n. 5—15 valtapuun tyvestä, lukemalla lastuista lustot ja laskemalla näin saaduista luvuista keskiarvo. Keskiarvoa laskettaessa on yleisistä arvoista huomattavasti poikkeavat äärimmäisarvot jätetty huomioon ottamatta. Ikäerot eri puiden välillä ovat kuitenkin olleet odotettua vähäisemmät, minkä vuoksi saadut keskiarvot useimmissa tapauksissa tyydyttävästi kuvaavat puheena olevien metsiköiden mäntypuuston ikää.

Tulokset näin suoritetuista iän määrityksistä nähdään taulukosta 1, s. 12, johon koealat onkin järjestetty juuri mäntyvaltapuiden iän mukaisesti. Vaikkakaan yhden puun, saatikka sitten kokonaisen metsikön, ikää ei useinkaan voida määrittää vuoden tai parinkaan tarkkuudella, on ikäluvut taulukossa 1 esitetty sellaisenaan niitä mitenkään pyöristämättä. Pyöristäminen esim. täysille 5:ille tai 10:ille ikävuosille tuskin olisi tarjonnut mitään etuja.

Sekä varpu-jäkälätyypin että variksenmarja-mustikkatyypin koealaryhmissä hajonta iän suhteen on huomattavan suuri. Nuorimmat metsiköt ovat n. sadan vuoden ikäisiä, vanhimmat yli parin sadan vuoden ikäisiä, ja varpu-jäkälätyypillä suurimmat ikäluvut lähentelevät jopa kolmea sataa. Yleisimmät arvot ovat kaikissa ryhmissä n. 150 vuoden paikkeilla.

Mitä muiden puulajien ikään tulee, niin rauduskoivu on yleensä ollut suurin piirtein samanikäistä männyn kanssa, kuusi ja hieskoivu sitä vastoin tavallisesti nuorempaa.

Tutkimusmetsiköiden puuston määrää on kuvattu laskemalla runkopuun kuutiosisältö kiintomittana kuorineen, mutta ilman kantoa hehtaaria kohden. Tätä laskelmaa varten puut luettiin maastotöissä ja mitattiin rinnan korkeudelta (1.3 m) itsetasaavaa (2 cm:n luokat) käyräkaulainta käyttäen. Puiden runkomuodon selvittämiseksi mitattiin lisäksi edellä mainituista pystykoepuista läpimitta 6 m:n korkeudelta mm:n tarkkuudella toimivalla varsikaulaimella. Samoista puista mitattiin myös pituus. Kuutiosisällön laskeminen tapahtui Yrjö Ilvessalon (1947) kuutioimistaulukoita käyttäen.

Tulokset näistä laskelmista nähdään taulukosta 1, s. 12. Yleensä kuutiomäärät ovat tasaisesti varsin vähäisiä. Varpu-jäkälätyypin metsiköissä saadaan keskimääräksi 19 m^3/ha, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 38 m^3/ha ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusi-

sekametsiköissä 31 m³/ha kuorellista puuta. Puuston vähäinen määrä on kylläkin ymmärrettävä, kun muistetaan, että tutkittavaksi on otettu juuri sellaisia harsintametsiköitä, jotka jo ovat jatkuvien harsintojen tuloksena harventuneet ja väljentyneet uudistettavaan tilaan. Toisaalta puuston vähäinen määrä osoittaa, että tutkimusaineisto todella käsittää sellaisia jäännösmetsiköitä, jotka kaiken kohtuuden mukaan on uudistettava, mitä pikemmin sen parempi.

Uudistumissuhteita tarkasteltaessa kaivataan puuston määrän lisäksi tarkempia tietoja, jonkinlaista aputunnusta, siitä, miten puusto on jakaantunut kasvualustalle. Määrältään varsin vähäinenkin puusto voi eräissä tapauksissa vallata kasvualan melko tarkoin käyttöönsä ja toisissa taas jättää laajat alueet vapaaksi uusille puun taimille. Tällaisena aputunnuksena käsillä olevassa tutkimuksessa on käytetty puuston latvusalaa. Latvusalalla tarkoitetaan tässä lukua, joka osoittaa, montako kymmenesosaa kasvualasta on puuston latvusten vertikaaliprojektioiden peittämänä. Männyn uudistumistapahtuman kannalta on yleensä eduksi, että päällyspuuston latvusala on suhteellisen pieni.

Latvusalan määrittäminen on tapahtunut ruutumenetelmää käyttäen (Sarvas 1945 a). Kullakin koealalla on tutkittu 30 kappaletta 1 m²:n suuruisia, koealan lävistäjille määräetäisyyksin asetettuja ruutuja. Kussakin ruudussa on arvioitu, montako prosenttia päällyspuusto latvuksillaan peittää ruudusta, ja näistä arvioinneista on sitten laskettu keskimäärä. Nämäkin tulokset nähdään taulukosta 1, s. 12.

Varpu-jäkälätyypin metsiköissä päällyspuuston latvusala on varsin vähäinen, keskimäärin vain n. 0.09 koko kasvualasta. Mainittakoon vertailun vuoksi, että männyn latvusala esim. kanervatyypin siemenpuualoilla Etelä-Suomessa on keskimäärin jokseenkin saman suuruinen (Sarvas 1949 b, s. 17). Variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä latvusala on suurempi, keskimäärin n. 0.18 koko kasvualasta. Tätäkään ei kuitenkaan vielä voida pitää paljona, sillä esim. männyn latvusala puolukkatyypin siemenpuualoilla on Etelä-Suomessa jokseenkin sama, keskimäärin n. 0.16. Huomattakoon myös, että puusto nyt puheena olevissa harsintametsiköissä on paljon pienempää kuin vertailuna mainituilla siemenpuualoilla.

Puuston kasvu on myös hyvä puuston tilaa kuvaava tunnus. Kun kasvulaskelmat kuitenkin ovat suhteellisen suuritöisiä ja kasvun määrä lisäksi on aikakautisten vaihtelujen alainen, mikä huomattavasti vaikeuttaa saavutettujen tulosten tulkintaa, ei käsillä olevassa tutkimuksessa ole kasvua laskettu kuin muutamalta edustavalta koealalta.

Varpu-jäkälätyypin metsiköistä on kasvu selvitetty koealoilla (sulkuihin on merkitty kasvun määrä kuoretta laskettuna) n:o 149 (0.8 m³/ha), 136 (0.5 m³/ha), n:o 140 (0.5 m³/ha) ja variksenmarja-mustikkatyypin metsiköistä koealoilla n:o 143 (0.9 m³/ha), 142 (0.7 m³/ha), 148

(1.5 m³/ha), 130 (0.8 m³/ha), 135 (0.9 m³/ha), 133 (1.4 m³/ha) ja n:o 134 (1.0 m³/ha). Kasvun laskeminen on tapahtunut pystykoepuiden mittauksiin nojautuen (vrt. Yrjö Ilvessalo 1939).

Kuten jo puuston pienen määrän tuntien saattaa odottaakin, kasvu on varsin pieni, varpu-jäkälätyypin koealoilla keskimäärin vain 0.6 m³/ha ja variksenmarja-mustikkatyypin koealoilla keskimäärin 1.0 m³/ha.

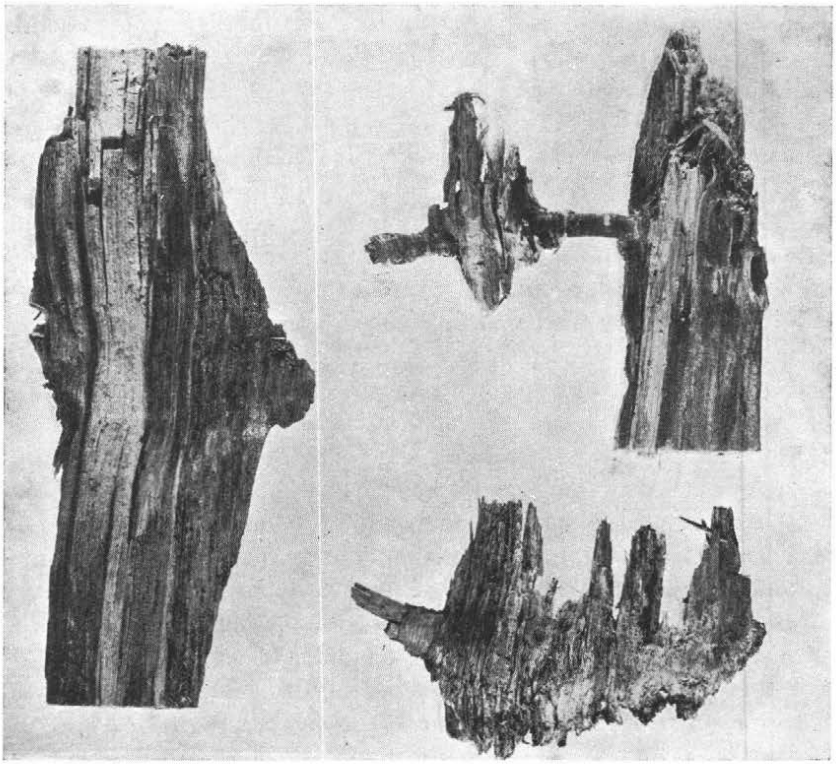
Puuston kehitys.

Edellä on jo mainittu, että puuston nykyisen tilan ymmärtäminen edellyttää tietoja sen aikaisemmasta kehityksestä. Tämän kehityksen tuntemisesta on hyötyä myös suunniteltaessa vastaisia toimenpiteitä.

Puuston kehitystä on tutkittu kahdella eri tavalla. On tehty vertailuja eri kehitystilassa olevien harsintametsiköiden kesken ja on seurattu kunkin tutkimusmetsikön kehitystä niin pitkälle taaksepäin, kuin se suinkin on ollut mahdollista. Tämä seuraaminen on tapahtunut pääasiassa tutkimalla kantoja, mutta myös paikalliselta väestöltä on koetettu kerätä mahdollisimman tarkasti kaikki hakkuita, myrskyntuhoja, kuloja ym. metsiköiden kehitykseen olennaisesti vaikuttaneita tapahtumia koskevat muistitiedot. Kun metsien kehitys Perä-Pohjolassa on hidasta ja kun ihmismuisti useissa tapauksissa on lyhyt ja pettävä, muodostavat maastossa suoritetut tutkimukset kuitenkin tärkeimmän, pisimmälle taaksepäin ulottuvan ja luotettavimman tiedon lähteen.

Kantojen tutkiminen tapahtui lukemalla ja mittaamalla kaikki koealoilta löytyvät kannot. Samalla merkittiin muistiin puulaji ja luokiteltiin kannot hakkuuvuosien mukaan niin tarkoin kuin se kulloinkin oli mahdollista. Hakkuuvuosia selviteltäessä voitiin vielä kovina säilyneistä kannoista useinkin määrittää hakkuuvuosi vertaamalla kannon lustorakennetta samankokoisten vielä pystyssä olevien puiden tyvestä kairatuissa lastuissa näkyvään lustorakenteeseen; asettamalla viimeinen kannossa näkyvä lusto vastaavan lastussa näkyvän luston kohdalle voitiin lastusta suoraan lukea hakkuusta kuluneiden vuosien määrä. Useissa tapauksissa, kun hakkuuvuosista ei onnistuttu saamaan riittävää selvyyttä, oli pakko toimittaa luokittelu vain eri lahonneisuusasteisiin. Erikoistutkimuksilla selvitettiin sitten se aika, mikä suurin piirtein kuluu näiden eri lahonneisuusasteiden saavuttamiseen. Seuraavia lahonneisuusasteita käytettiin (vrt. myös Sarvas 1944 a, s. 34; sulkuihin on merkitty se keskisuuruisten männyn kantojen ikäkausi, jota kukin lahonneisuusaste likimäärin vastaa varsinaisilla kuivilla kankailla).

1. Vaalea. Kannon pinta on vielä jokseenkin samanlainen (vaalea) kuin välittömästi hakkuun jälkeen (0—1 v.).



Kuva 3. Lahossa männyn kannossa (vas.) oksankohta on kartiomainen, lahossa kuusen kannossa (oik.) ruotomainen.
Fig. 3. In a decayed Scots pine stump (left) the knot is conical, in a decayed Norway spruce stump (right), of a herring-bone pattern.

2. P i h k a i n e n. Kannon pinta on tummunut harmaaksi, mutta on vielä pihkainen. Esim. saappaan pohjalla kannon pintaa hangattaessa kuivunut pihka näkyy vaaleana jauheena (2—3 v.).
3. K o v a. Pihka on hävinnyt kannon pinnasta, mutta kanto on vielä kauttaaltaan aivan kova (4—12 v.).
4. P e h m e ä. Kanto on sen verran pehmennyt, että siitä saappaan korolla ulospäin potkaistessa lohkeilee palasia (13—25 v.).
5. L a h o. Kanto on joitakin syöpymisiä lukuun ottamatta vielä täysin koossa, mutta on kuitenkin jo niin paljon pehmennyt, että palasia helposti lohkeilee pois jo saappaan kärjelläkin potkaistessa (26—35 v.).
6. R a n k a. Pintapuu on varissut kannosta pois, ja sydänpuu pistää esiin rankamaisena tappina kasaan painuneen kaarnan ja pintapuun keskeltä. Tämä aste voidaan selvänä erottaa vain männyn kannoissa (36 v. +).

7. Maatunut. Kanto on täysin maatunut, useissa tapauksissa sammalen ja jäkälän peittämä kumpare. Tämä vaihe korvaa kuusen ja koivun kannoissa rankavaiheen.

Kantojen lukuun perustuen laskettiin, paljonko koealoilta oli eri hakkuuvaiheissa poistettu puuta. Tämä tapahtui siten, että ensin selvitettiin kasvavista puista kannon läpimitan ja rinnankorkeusläpimitan suhde, näitä suhdelukuja hyväksi käyttäen muunnettiin kannon läpimitat rinnankorkeusläpimitoiksi ja sitten samoja yksikkökuutioita käyttäen kuin puuston kuutiomäärälaskelmissakin suoritettiin kuutioinnit.

Selvää on, että tällaiseen hakkuumäärien laskemistapaan sisältyy monia virhemahdollisuuksia. Useat tarkistusmittaukset (Sarvas 1944 a, s. 38) ovat kuitenkin osoittaneet, että suhteellisen nuorista hakkuista saadaan tyydyttävä kuva. Kun kannot n. 25 vuoden kuluttua hakkuusta ovat lahonneet pehmeä-astetta pitemmälle, on niiden mittaaminen epävarmaa, ja vastaavasti koko laskelma muuttuu epäluotettavaksi. Kuitenkin on tällaisiakin laskelmia tehty; näissäkin tapauksissa tulokset tarjoavat kvalitatiivista mielenkiintoa osoittamalla, mihin puulajeihin varhaisimmat hakkuut ovat ensi kädessä kohdistuneet.

Tulokset hakkuita koskevista selvittelyistä nähdään taulukosta 1, s. 12. Siinä on mainittu kustakin hakkuusta hakkuuvuosi, hakattu puumäärä ja sen prosenttinen jakaantuminen eri puulajien kesken.

Varpu-jäkälätyypin metsiköissä hakkuumäärät sisältävät jokseenkin yksinomaan mäntyä. Kun nykyisetkin metsiköt ovat miltei puhtaita männiköitä, on selvää, että tämän metsätyypin metsiköissä ei puuston syntymästä lähtien ole tapahtunut puulajisuhteissa muutoksia. Tämä yhä varmistaa edellä jo esitettyä päätelmää, että mänty on tällä metsätyypillä kilpailukykyisin puulaji. Itse asiassa muiden puulajien näyttää olevan varsin vaikea vallata varpu-jäkälätyypillä jalansijaa, vaikkapa kilpailu männyn taholta supistuisi vähiinkin.

Variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä hakkuumäärien puulajikokoomus on myös samantapainen kuin nykyistenkin puustojen. Puulajisuhteissa ei siis ole tapahtunut sanottavia muutoksia. Toisin on variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä. Mitä vanhempia hakkuita tarkastellaan, sitä suurempi männyn osuus on hakkuumääristä ja yleensä suurempi kuin männyn osuus nykyisissä puustoissa. Niinpä kaikki tämän ryhmän tutkimusmetsiköt yhdistäen on viimeksi suoritetuissa hakkuissa, joista useimmat ovat tapahtuneet vuosien 1934 ja 1948 välisenä aikana, poistettu keskimäärin mäntyä 30 %, kuusta 45 % ja koivua 25 % hakkuumääristä. Viimeistä edellisissä hakkuissa, joista useimmat on suoritettu vuosien 1910 ja 1930 välisenä aikana, on hakkuumääristä keskimäärin ollut 68 % mäntyä, 20 % kuusta ja 12 %

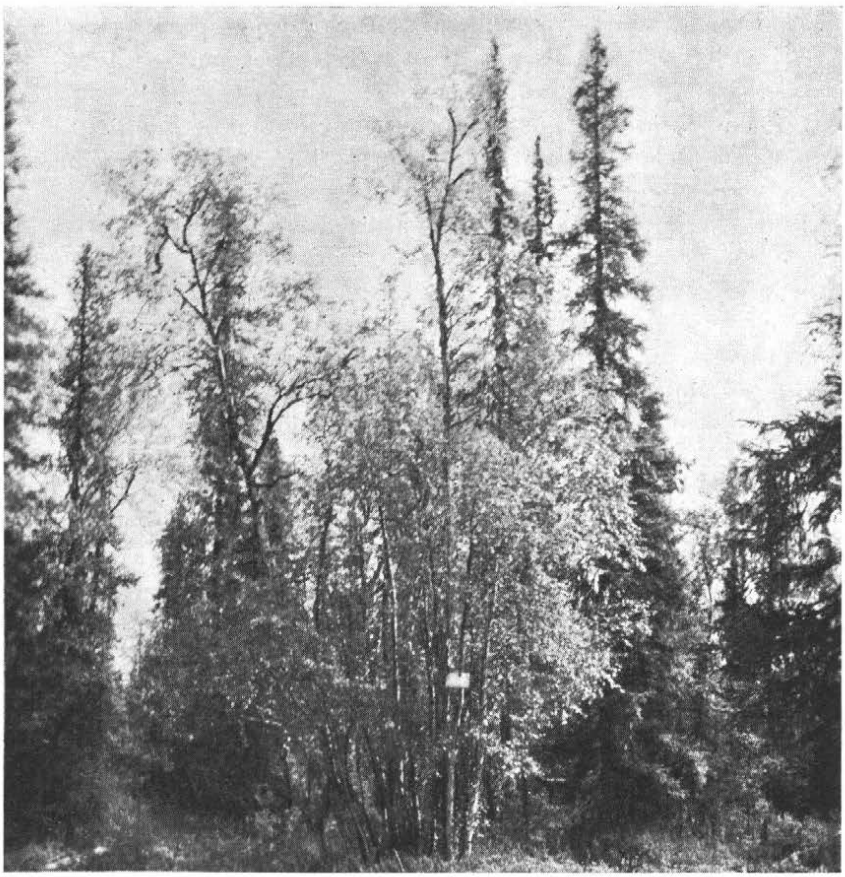
koivua. Varhaisimmissa hakkuissa, joita kantojen perusteella vielä on voitu selvitellä ja joista useimmat ovat sattuneet vuosien 1892 ja 1910 välisenä aikana, on mäntyä ollut n. 74 %, kuusta n. 19 % ja koivua n. 7 %. Viimeksi mainituista luvuista on kuitenkin huomattava, että koivun osuus todennäköisesti on oleva jonkin verran suurempi, koska useat koivun kannot näin pitkän ajan kuluessa ilmeisesti ovat lahonneet jo niin pitkälle, ettei niitä ole enää voitu havaita. On selvää, että nykyiset metsiköt näin ollen ovat sisältäneet suhteellisesti paljon enemmän mäntyä aikaisemmin kuin nyt. — Useimmat variksenmarja-mustikkatyypin metsiköt näyttävät alun perin syntyneen kuloaloille. Aluksi ne ovat nähtävästi olleet mänty-koivusekametsiköitä, joissa koivu on voinut olla pääpuulajinakin, mutta myöhemmin mänty on vallannut yhä suuremman osan kasvualasta haltuunsa, ja koivun osuus on vähentynyt (Sarvas 1937, s. 62—). Varsinkin nuorissa metsiköissä männyn ja koivun alle on noussut herkästi kuusta. Siementäviä kuusia on kasvanut tuoreissa painanteissa ja kankaiden laitamilla. Kuusen taimisto on kuitenkin tavallisesti jäänyt aluksi alikasvokseksi ja kitunut kauan. Kun sitten valtapuusto myöhemmin on joutunut harsintahakkuiden kohteeksi ja harventunut, on kuusialikasvokselle avautunut hyvät kehittymisen mahdollisuudet. Se on elpynyt nopeasti ja vallannut itselleen yhä huomattavamman osan kasvualasta. Ilmeistä on näin ollen, että harsintahakkuut ovat voimakkaasti edistäneet kuusen leviämistä variksenmarja-mustikkatyypin kangasmaille. — Samantapaisia havaintoja on tehty aikaisemminkin.

Lakari (1915, s. 12) on todennut, että sen jälkeen kun kulot ja kaskeaminen ovat vähentyneet, kehitys Perä-Pohjolan metsissä on saanut uuden suunnan. Korvista ja muista tuoreista painanteista kuusi on ensiksi alikasvoksena ilmaantunut mänty- ja koivumetsikköihin ja myöhemmin, kookkaaksi vartuttuaan, varjostuksellaan ehkäissyt männyn ja koivun uudistumisen. Tällä tavoin kuusen ala on yhä enemmän ja enemmän laajentunut, vieläpä sellaisilla kuivilla kankailla, joita on metsänhoidollisesti pidettävä absoluuttisena mäntymaana.

Aaltonen (1919, s. 309—310) on pannut merkille, että kuusi voi Perä-Pohjolan kylien lähellä olevissa kuivien kankaiden pahoin hävitetyissä metsissä, joista etupäässä on hakattu vain mäntyä, olla pääpuulajina, vaikkakin se aina on enemmän tai vähemmän kehnokasvuista ja esiintyy hyvin hajallaan siellä.

Tikka (1928, s. 55) mainitsee, että Sodankylän kunnassa kylien (kirkonkylä, Sassali, Unari, Vuojärvi ym.) lähistöllä olevilla kuivilla kangasmailla on erittäin runsaasti kuusta, paikoin vallitsevanakin.

Kuusen ohella myös hieskoivu voittaa alaa variksenmarja-mustikkatyypin harsintametsiköissä. Kuten edellä jo on mainittu, nuorissa, tavallisesti kuloaloille syntyneissä metsiköissä koivua on usein suhteellisen runsaasti. Metsikön kehittyessä keski-ikään ja vanhemmaksi koivun määrä yleensä vähenee, varsinkin hidaskasvuisen hieskoivun, joka jää helposti valtapuuston alle. Myöhemmin koivun määrä vähenee siitäkin



Kuva 4. Variksenmarja-mustikkatyypin harsintametsää. Etualassa pari vanhuuttaan kuolevaa hieskoivua, joiden tyvelle on noussut elinvoimainen vesaryhmä. Paperilappu on 2 m:n korkeudella. Sodankylä, Suksivaaranlehto. Valok. heinäk. 1934 R. S.

Fig. 4. Selectively cut forest of Empetrum-Myrtillus type. In the foreground, a couple of Betula pubescens, dying of old age, with a vigorous group of saplings surrounding them. The slip of paper is 2 metres above the ground. Sodankylä, Suksivaaranlehto. Photo by author, July. 1934.

syystä, että koivu on suhteellisen lyhytikäinen pääpuulajiin, mäntyyn, verrattuna. Näyttäisi näin ollen siltä, kuin koivulla ei olisi suuriakaan mahdollisuuksia levittäytyä metsikön kehityksen loppuvaiheissa, kun valtapuusto harsintahakkuiden seurauksena harvenee. Tämä pitääkin tavallisesti paikkansa rauduskoivuun nähden, mutta ei hieskoivuun. Perä-Pohjolan hieskoivu on erittäin sitkeähenkinen. Kun pääranka kuolee, ja tavallisesti jo hyvissä ajoin sitä ennenkin, syntyy sen tyvelle ryhmä vesoja, jotka ihmeteltävän sitkeästi jatkavat elämäänsä varsin tiheänkin päällyspuuston alla ja näennäisesti rajattoman kauan. Harsintahakkuiden johdosta syntyneissä metsikön aukkopaikoissa nämä

aluksi miltei huomaamattomat vesaryhmät elpyvät voimakkaasti (kuva 4). Tällaisten vesaryhmien puumäärä on verrattain vähäinen, ja siitä syystä ne puulajisuhteiden erittelyssä, joka tavallisesti perustetaan kuutiomääriin, eivät saa niin suurta painoa kuin ne metsänhoidollisesti arvosteltuina ansaitsevat. Siitä huolimatta ne moneen kertaan harsituissa metsiköissä usein pitävät varsin huomattavan osan kasvualasta hallussaan.

Harsintametsiköiden uudistuminen.

Siementyminen.

Riittävä siemennys on uudistumisen ensimmäinen edellytys.

Kun Perä-Pohjolassa juuri siemennys useinkin on käsitetty erääksi uudistumisen minimitekijäksi, on paikallaan aloittaa tutkimusmetsiköiden uudistumisedellytysten selvittely sillä. Tässä rajoitutaan tarkastelemaan pääasiallisesti vain männyn siemennystä.

Siemennystä arvosteltaessa on kiinnitettävä huomiota siemenvuosien kertautumiseen, siemensadon runsauteen ja siemenen laatuun.

Siemenvuodella tarkoitetaan seuraavassa sitä vuotta, jolloin siemen varisee. Hyvänä siemenvuotena on tapana pitää sellaista vuotta, jolloin keski-ikäisissä ja vanhemmissa, kutakuinkin sulkeutuneissa metsiköissä varisee siementä runsaasti. Kun siemenvuosia koskevat havainnot suureksi osaksi perustuvat käpyjen runsauteen, seuraavassa osittain rinnastetaan hyvät käpyvuodet ja hyvät siemenvuodet, mikä voidaankin suuremmitta virheittä tehdä, kun kiinnitetään huomiota vain siemensadon suuruuteen kuten seuraavassa aluksi tehdään —, mutta ei sen laatuun.

Tiedot eri vuosien satoisuudesta ovat suureksi osaksi subjektiivisia ja osittain suorastaan ristiriitaisiakin. Tämä johtuu, paitsi tarkkailumenetelmien puutteellisuudesta, suureksi osaksi myös siitä, että samakin vuosi saattaa maan eri osissa, vieläpä joskus läheisilläkin paikkakunnilla, olla siemenvuotena huomattavan eriarvoinen. Parhaat tiedot eri vuosien satoisuudesta maassamme on käytettävissä vuosilta 1927—1940, joilta Heikinheimo (1932, 1937, 1948) on julkaissut yksityiskohtaisia tutkimustuloksia. Sitä aikaisemmalta ajalta on saatu tietoja pääasiassa Metsähallituksen tilastokonttorissa käsikirjoituksina säilytetyistä yhdistelmistä sekä useissa eri tutkimuksissa tavattavista eri vuosien satoisuutta koskevista maininnoista.

Edellä mainittuja ja eräitä muita lähteitä yhdistellen näyttäisivät seuraavat vuodet olleen Perä-Pohjolassa hyviä tai ainakin keskinkertaista parempia männyn siemenvuosia ajanjaksona 1910—1949: 1911, 1914, 1920, 1924, 1927, 1933, 1937, 1940 ja 1949 (vrt. myös Lakari 1915, s. 41, Hagem 1917, kuva 53, Aaltonen 1919, s. 161 alamuist.,

Dybeck 1923, s. 106, Kujala 1927, s. 1—2, Lukkala 1936, s. 11—13, Heikinheimo 1937, s. 17, 1941, 1943, 1945, 1946, 1947, 1949 ja Hustich 1948, s. 51). Viimeksi kuluneiden 40 vuoden aikana männyllä on siis ollut 9 hyvää siemenvuotta Perä-Pohjolassa, mistä edelleen nähdään, että hyvät siemenvuodet ovat toistuneet keskimäärin n. 4—5 vuoden väliajoin. Merkillepantavaa on, että hyvät siemenvuodet eivät näin ollen ole Perä-Pohjolassa sen harvinaisempia kuin Suomen eteläpuoliskossakaan (vrt. Heikinheimo 1948, s. 4).

Näiden siemenvuosien merkitys metsien uudistumisessa riippuu kuitenkin huomattavasti siitä, millaista siemen on ollut laadultaan. Kujala (1927) on osoittanut, että männyn siemenen tuleentuminen käyttökelpoiseksi (itävyys yli 30 %) edellyttää kesäkaudelta (kesä—syyskuu) vähintään n. + 11.0° C keskilämpötilaa. Kun kesä—syyskuun isotermi +11.0° kulkee juuri tutkimusalueen eteläpuolitse, on selvää, että useimpina kesäkausina tämä ehto ei ole täytetty. Millaiset ovat siis olleet edellä mainittuja siemenvuosia edeltäneet tuleentumiskesät?

Tämän selvittämiseksi on taulukkoon 3 kerätty kesäkausien lämpötilaa kuvaavia lukuja tutkimusaluetta melkoisen hyvin edustavalta Sodankylän ilmatieteelliseltä asemalta (*Meteorologisches Jahrbuch für Finnland* 1908—1915, Suomen meteorologinen vuosikirja 1916—1937 ja Ilmatieteellisen keskuslaitoksen julkaisemattomat arkistotiedot vuosilta 1938—1949). Kun männyn siemennystä tapahtuu myös hyvien siemenvuosien välivuosina melkoisesti [1]) ja kun tällaisen siemennyksen merkitys joskus voi muista olosuhteista riippuen olla suurempikin kuin varsinaisten hyviksi tunnettujen vuosien, on taulukkoon 3 otettu kaikki vuodet 1949:stä taaksepäin niin pitkälle kuin havaintoja on ollut käytettävissä. Samaan taulukkoon on lisäksi yhdistetty tietoja kyseessä olevien vuosien ja kesäkausien sademääristä; niihin palataan myöhemmin. Taulukosta 3 nähdään, että kesä—syyskuun keskilämpötila oli Sodankylässä v. 1910 +9.2°, v. 1913 +11.2°, v. 1919 +11.9°, v. 1923 +9.6°, v. 1926 + 10.9°, v. 1932 +10.4°, v. 1936 +11.8°, v. 1939 +10.6° ja v. 1948 +10.8° C. Sääsuhteiden melkoisesta paikallisesta vaihtelusta huolimatta voitaneen näin ollen ainakin hyvien siemenvuosien 1914, 1920, 1927, 1937, 1940 ja v. 1949 siementä pitää käyttökelpoiseksi tuleentuneena. Viimeksi kuluneiden 40 vuoden aikana männyllä on siis Perä-Pohjolassa todennäköisesti ollut vain 6 sellaista hyvää siemenvuotta, jolloin siemen myös on tuleentunut tyydyttävästi. Toisin sanoen todella hyvät siemenvuodet ovat kertautuneet keskimäärin n. 7 vuoden väliajoin.

Ennen kuin siirrytään tarkastelemaan harsintametsiköiden siemensadon suuruutta, on syytä luoda katsaus siihen, mitä yleensä tiedetään

[1]) Erityisesti yksikseen kasvavat puut, jollaisia useimmat harsintametsiköiden siementävistä puista ovat, tekevät suhteellisen runsaasti siementä hyvien siemenvuosien välivuosinakin.

Taulukko 3. Tietoja kasvukauden säästä vuosina 1908—1949 Sodankylän ilmatieteellisellä asemalla (lev. 67°22′, pit. 26°39′, korkeus 180 m meren pinnasta).

Table 3. Meteorological data on the growth periods 1908—1949 at Sodankylä Meteorological Station (lat. 67° 22′, long. 26° 39′ E., 180 m above sea level).

Vuosi *Year*	Vuotuinen sademäärä, mm *Annual precipitation, mm*	Keskilämpötila, °C *Average temperature, °C*					Sademäärä, mm *Precipitation, mm*				Humidisuus *Humidity*
		Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*	Syyskuu *September*	Keskimäärin *Average*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*	Yhteensä *Together*	
1908	381.6	9.8	14.1	11.9	5.0	10.2	65.9	47.2	24.3	137.4	11.5
1909	463.8	9.6	15.6	11.8	6.4	10.9	36.1	36.2	77.9	150.2	12.2
1910	467.9	10.7	11.9	9.6	4.4	9.2	56.7	102.5	14.2	173.4	16.2
1911	479.2	9.5	13.5	13.0	6.4	10.6	79.8	122.2	59.8	261.8	21.8
1912	481.9	11.5	13.1	11.4	4.5	10.1	53.3	29.8	102.1	185.2	15.4
1913	324.4	10.6	16.5	11.7	5.9	11.2	32.3	16.6	63.2	112.1	8.7
1914	502.3	12.4	16.0	9.9	5.6	11.0	94.1	36.5	60.4	191.0	14.9
1915	374.3	8.4	17.1	9.8	4.1	9.9	44.2	49.5	34.1	127.8	10.8
1916	543.4	11.6	17.0	9.0	4.1	10.4	58.0	77.0	81.6	216.6	17.3
1917	638.3	13.8	13.0	14.6	4.6	11.5	41.3	53.5	54.5	149.3	10.8
1918	·	11.6	15.1	9.0	5.3	10.3	58.4	27.5	38.8	124.7	10.5
1919	440.5	13.8	16.8	10.6	6.2	11.9	60.1	17.1	74.8	152.0	11.1
1920	·	12.2	15.1	11.6	8.4	11.8	58.1	120.5	65.0	243.6	18.7
1921	652.6	12.8	12.8	12.3	6.3	11.1	69.3	95.9	79.3	244.5	19.4
1922	515.3	14.3	15.3	11.2	8.0	12.2	90.2	43.4	76.8	210.4	15.5
1923	598.4	8.5	14.4	9.1	6.2	9.6	71.5	62.7	34.6	168.8	15.8
1924	490.3	8.6	17.4	14.4	8.0	12.1	41.5	16.2	35.2	92.9	6.9
1925	550.2	11.3	18.5	11.8	5.6	11.8	56.5	113.7	90.7	260.9	18.9
1926	458.5	11.4	14.4	12.4	5.5	10.9	77.4	18.5	72.7	168.6	13.3
1927	515.7	11.9	17.8	12.5	4.7	11.7	64.6	72.1	61.6	198.3	14.1
1928	525.3	9.0	11.5	11.1	5.3	9.2	85.7	99.3	56.3	241.3	23.0
1929	524.5	10.5	11.0	10.5	7.1	9.8	30.7	42.8	93.6	167.1	15.6
1930	490.9	12.3	15.7	13.6	3.5	11.3	26.8	28.2	102.8	157.8	11.4
1931	631.0	6.6	15.3	11.3	2.7	9.0	120.3	64.5	122.9	307.7	27.7
1932	762.1	9.6	14.7	11.8	5.3	10.4	66.0	128.3	102.2	296.5	24.7
1933	369.4	12.9	15.6	11.1	5.2	11.2	31.8	88.2	27.7	147.7	11.2
1934	590.1	9.8	16.8	12.5	10.0	12.3	67.1	71.4	87.7	226.2	17.4
1935	656.4	10.7	13.9	10.1	4.4	9.8	71.4	46.2	81.3	198.9	17.1
1936	540.8	15.3	13.6	12.5	5.9	11.8	52.4	123.7	76.8	252.9	18.3
1937	407.5	14.0	16.8	15.7	5.7	13.1	29.3	22.0	65.5	116.8	7.5
1938	538.0	12.0	17.0	12.9	8.4	12.6	42.2	90.8	58.3	191.3	13.7
1939	500.0	10.6	14.2	13.4	4.3	10.6	83.9	62.7	71.8	218.4	17.2
1940	487.6	12.8	12.6	11.4	7.1	11.0	47.1	96.7	88.8	232.6	18.9
1941	365.1	9.4	18.0	11.0	4.7	10.8	20.1	77.2	135.9	233.2	18.2
1942	511.0	10.2	14.0	11.5	5.9	10.4	51.3	93.7	44.2	189.2	15.9
1943	640.2	13.0	14.6	11.4	5.9	11.2	10.4	94.3	159.9	264.6	20.4
1944	·	10.2	14.0	11.0	·	·	13.6	37.3	67.8	118.7	10.1
1945	·	9.2	16.1	14.2	5.3	11.2	·	22.4	88.0	·	·
1946	431.1	11.5	15.8	11.9	7.8	11.8	66.2	87.4	40.8	194.4	14.8
1947	512.5	14.4	15.4	12.0	7.8	12.4	51.3	109.9	29.6	190.8	13.7
1948	539.4	11.2	15.1	9.6	7.2	10.8	121.2	34.1	69.6	224.9	18.7
1949	·	9.3	12.5	10.6	8.8	10.3	46.7	15.5	42.9	104.7	9.7
Keskim. *Average*	510.9	11.2	15.0	11.6	5.9	11.0	57.2	64.2	69.4	191.3	15.3

Perä-Pohjolan metsien siementämiskyvystä. Tätä kysymystä on sivuttu useissa Perä-Pohjolan ja Lapin metsiä koskevissa tutkimuksissa.

Blomqvist (1881, s. 68—69) on varsin vakuuttunut siitä, että männyn siemensato on Pohjois-Suomessa huomattavasti vähäisempi kuin maan eteläosissa. Tähän käsitykseen hän on tullut tarkastelemalla männyn uudistumista Pohjois-Suomeen tekemällään matkalla. Hän huomauttaa, että pohjoisessa puiden harvan keskinäisen asennon tosin pitäisi kiihoittaa runsaaseen siemenen tekoon, mutta että lyhyt kesä suonee vain harvoin riittävästi lämpöä runsaiden siemenvuosien ilmaantumiseen.

Kihlman (1890, s. 234—243) lausuu epäilynsä Blomqvistin edellä mainitusta päätelmästä ja huomauttaa itse tavanneensa vieläpä metsänrajalla männyissä runsaasti käpyjä. Niinpä hän lausuukin käsityksensä olevan, että mänty tuskin tekee levinneisyysalueensa pohjoisrajan läheisyydessä vähemmän käpyjä kuin etelämpänä, mutta että mahdollisesti käpysato jakaantuu tasaisemmin eri vuosien osalle. Sitä vastoin hänen tutkimustensa mukaan itävän siemenen määrä on ehdottomasti vähäisempi ja voi todennäköisesti vain pitkin väliajoin kohota sanottavaan satoon.

Myös Lassilan (1920, s. 10—33) mäntymetsien syntyä ja kehitystä Perä-Pohjolassa koskevasta tutkimuksesta saadaan tietoja männyn käpy- ja siemensadosta. Lassila on tehnyt monenlaisia laskelmia käpy- ja siemensadon määrästä. Esim. hehtaaria kohden 50 normaalikokoisen mäntysiemenpuun hän laskee antavan siemenpuiden laadusta riippuen 0.5—1.8 kg:n keskimääräisen vuotuisen sadon lajittelematonta siementä.

Tärkeimmät ja samalla itse asiassa koko Pohjoismaissa ainoat objektiiviset tiedot pohjoisten metsien siemensadosta saadaan kuitenkin vasta Heikinheimon (1932, 1937 ja 1948) metsäpuiden siementämiskykyä koskevista tutkimuksista. Nämä tutkimukset on Pohjois-Suomea koskevalta osalta suoritettu Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Kivalon (66°25′ pohj. lev. ja 1°45′ it. Hels.) ja Pallasjärven (68°00′ pohj. lev. ja 0°52′ it. Hels.) kokeilualueissa, joista edellinen sijaitsee Rovaniemen ja jälkimmäinen Kittilän kunnassa, edellinen tässä Perä-Pohjolaksi käsitetyn alueen etelä- ja jälkimmäinen pohjoisrajalla. Kivalon tutkimuskohdat ovat n. 250:n ja Pallasjärven n. 325 metrin korkeudella meren pinnasta lukien. Tutkimukset aloitettiin kevättalvella 1925 Kivalon kokeilualueessa arvioimalla erään puolukkatyypin 80-vuotisen, sulkeutuneen männikön siemensato ns. koepuumenetelmää käyttäen. Metsikön puut jaettiin silmävaraisesti käpyisyysluokkiin ja kustakin käpyisyysluokasta valittiin koepuu, jonka kävyt laskettiin, mitattiin ja karistettiin. Näiden tietojen perusteella voitiin arvioida metsikön siemensato 14.0 kappaleeksi lajittelematonta siementä m^2:iä kohden eli 0.49 kg:ksi hehtaaria kohden. Mainittakoon, että vuosi 1925 oli Kivalossa männyn siemenvuotena enintään keskinkertainen.

Taulukko 4. Männyn siemensato Kivalon kokeilualueessa puhtaissa, sulkeutuneissa männiköissä. Kävyt on luettu syksyllä 1949, puusto on mitattu koealoilla 1—4 kesällä 1946 ja koealoilla I—II kesällä 1947.

Table 4. Seed crops of Scots pine, in pure Scots pine stands with closed canopy, of Kivalo Experimental area of the Forest Research Institute (lat. 66° 25', long. 24° 14' E., 250 m. above sea level). Cones counted in Autumn 1949, growing stock measured in sample plots 1—4 in Summer 1946, and on sample plots I—II in Summer 1947.

Siemennyskoeala, n:o *Research area, no.*	Pysyvä koeala, n:o *Permanent sample plot, no.*	Metsätyyppi *Forest type*	Puuston ikä, v. *Age of trees, years*	Puuston latvusala, 0—1 *Canopy cover, 0—1*	Runkoluku, kpl./ha *Number of stems per ha*	Valtapuiden pituus, m *Height of dominant trees, m*	Puuston määrä, m³/ha *Growing stock, cu. m/ha*	Puuston kasvu, m³/ha *Annual increment, cu. m/ha*	Siemensato lajittelematonta siementä vuosina *Seed crop (unsorted seed) in* 1927	1928	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	Keskimäärin *Average*	Käpyjä maassa kpl./m² *Cones on the ground per sq. m*
									Kpl./m² — *Seeds per sq. m*												
10	1	ClT	97	0.44	1 264	18	220	3.3	17	19	16	29	*4*	6	1	48	—	13	108	23.4	12.6
11	3	VT	97	0.24	828	19	174	5.0	26	9	14	35	*4*	5	—	52	—	25	128	26.8	11.1
12	4	VT	95	0.29	600	19	164	4.4	13	12	10	24	*4*	4	2	32	1	13	125	21.5	7.6
13	2 b	VClT	97	0.36	820	16	134	2.5	7	16	3	38	*4*	6	—	82	1	10	171	30.4	21.2
14	2 a	VClT	99	0.43	2 144	16	197	2.1	12	6	18	28	*4*	5	2	49	—	8	127	23.2	11.2
15	2 c	VClT	98	0.31	745	16	110	2.2	7	9	10	30	*4*	7	—	73	—	21	127	25.8	23.0
16	I a	VT	95	0.33	413	19	112	1.5	·	·	15	43	*4*	2	—	86	—	20	99	29.4	16.1
17	I b	VT	99	0.44	930	18	178	1.8	·	·	18	35	*4*	6	6	77	1	12	108	29.2	7.1
18	II	EVT	96	0.26	704	19	183	2.4	·	·	3	42	*4*	2	—	94	—	8	124	30.3	13.2
Keskimäärin — *Average*									13.7	11.8	11.9	33.8	*4*	4.8	1.2	65.9	0.3	14.4	124.2	26.7	13.7
Keskimäärin täysiä, kpl. — *Average full seeds*									10.8	10.1	9.2	26.6	*4*	3.3	0.9	57.8	0.1	10.0	98.2	20.6	
Keskimäärin täysiä, % — *Average full seeds, %*									79	86	77	79	—	69	75	88	33	69	79	77.1	
Keskimäärin itäviä, kpl. — *Average germinable seeds*									2.7	6.8	0.1	6.8	—	3.8	—	38.2	0.2	11.5	24.8	8.7	
Keskimäärin itäviä, % — *Average germinable seeds, %*									20	58	1	20	58	80	1	58	80	80	20	32.5	

Vuodesta 1927 lähtien tutkimuksia on suoritettu siemenlaatikoilla. Kivalon kokeilualueesta tuloksia on käytettävissä vuosilta 1927—28 ja 1932—40, Pallasjärven kokeilualueesta vuosilta 1935—40. Tarkasteltakoon ensiksi Kivalosta saatuja, sulkeutuneita männiköitä koskevia tuloksia, jotka puustoa valaisevien tietojen ohella on yhdistetty taulukkoon 4.



Kuva 5. Kuloalalle noussut tasaikäinen, »ylitiheä» männikkö. Siemennyskoeala n:o 17. Rovaniemen mlk., Kivalo. Valok. 7. 8. 1939 R. S.

Fig. 5. An even-aged, »super-dense» Scots pine stand regenerated on burnt area. Seeding sample plot No. 17. Rovaniemi Rural Commune, Kivalo. Photo by author, Aug. 7, 1939.

Puustoa tarkasteltaessa nähdään, että nyt kyseessä olevat metsiköt ovat monessa suhteessa keskenään samankaltaisia. Kaikki ovat n. 100

vuotta sitten nousseet luonnon siemennyksestä kuloalalle nähtävästi saman laajalle alalle levinneen kulon jälkeen. Uudistuminen on ilmeisestikin tapahtunut erittäin suotuisissa oloissa, koska metsiköt ovat varsin tasaikäisiä ja ainakin alkujaan taajarunkoisia. Vuoden 1927 jälkeen on eri metsiköissä suoritettu erilaisia harvennuksia, minkä vuoksi metsiköiden latvusalassa, runkoluvussa, puuston kuutiomäärässä ja puuston kasvussa nyt on melkoisia eroja. Kaikki ne kuitenkin ovat edelleenkin kasvatusvaiheessa olevia verrattain sulkeutuneita metsiköitä. Kun puheena olevat metsiköt ovat pääosan elinajastaan kasvaneet erittäin tiheinä, ovat latvukset vielä jokseenkin poikkeuksetta suhteellisen heikosti kehittyneitä (vrt. kuva 5). Suhteellisen vähäinen ikä ja heikosti muodostuneet latvukset antavat aiheen otaksua, että siemennyskyky ei vielä ole kehittynyt täyteen määräänsä.

Siemennystä tarkasteltaessa kiinnittää ehkä ensinnä huomiota siemenvuosien kertautuminen. Ero hyvien ja huonojen siemenvuosien välillä on varsin selvä, kuten yleensäkin sulkeutuneissa metsiköissä. Ei siis näytä olevan syytä otaksua, kuten esim. K i h l m a n arvelee, että tässä suhteessa olisi olennaista eroa Etelä-Suomen metsiin verrattuna. Kun Perä-Pohjolan metsät ja varsinkin lähellä metsänrajaa sijaitsevat kuitenkin yleisesti ovat suhteellisen harvapuisia, paljon harvempia kuin nyt puheena olevat, on mahdollista, että tästä syystä Perä-Pohjolassa on suurempaa tasaisuutta eri vuosien satoisuudessa kuin Suomen eteläpuoliskossa.

Siemensato on hyvinä siemenvuosina yllättävän suuri. Tähän on H e i k i n h e i m o k i n (1948, s. 4) kiinnittänyt huomiota. Varsinkin vuoden 1940 sato on verrattavissa parhaisiin Suomen eteläpuoliskon vastaavanlaisista sulkeutuneista männiköistä mitattuihin. Mutta eivät vain huipputulokset ole suuria, vaan myös keskimääräinen vuotuinen sato. Se vaihtelee 21.5:stä siemenestä m^2:iä kohden 30.4:ään (lajittelematonta siementä). Kaikkien nyt puheena olevien tutkimusmetsiköiden keskimääräksi saadaan 26.7 siementä m^2:iä kohden vuosittain. Erot eri metsiköiden välillä ovat tässä suhteessa varsin vähäisiä, mikä tietysti lisää tulosten arvoa. Itse asiassa tämä keskimääräinen satotulos näyttää olevan samaa suuruusluokkaa kuin männyn siemensato vastaavanlaatuisissa sulkeutuneissa kuivien kankaiden metsiköissä Etelä-Suomessa (vrt. S a r v a s 1949 b, s. 27).

Myös Pallasjärven kokeilualueesta on saatu suuria satotuloksia. Pallasjärvellä siemenlaatikoita on kuitenkin sijoitettu vain kuusikkoihin ja mänty-kuusisekametsikköihin, minkä vuoksi tuloksia ei voida suorastaan verrata edellä esitettyihin. Mainittakoon esimerkkinä, että eräässä variksenmarja-mustikkatyypin sekametsikössä, jossa puuston kuutiomäärästä oli 70 % mäntyä, 20 % koivua ja 10 % kuusta ja jonka ikä oli 150 v. ja puuston määrä 80 m^3/ha, v. 1940 saatiin 162 kpl. lajittele-

matonta männyn siementä m²:iä kohden. Keskimääräinen vuotuinen sato oli tässä metsikössä vuosina 1937—40 72 lajittelematonta männyn siementä m²:iä kohden.

Tässä todetut suuret siemensadot ovat sitäkin merkittävämpiä, kun ne on mitattu metsiköistä, jotka ilmeisestikään eivät ole Perä-Pohjolan parassatoisia, mihin edellä jo on viitattu.

Kysytään nyt, millainen on siemenen laatu, kuinka suuri on itämiskykyisen siemenen määrä edellä mainituista sadoista. Tätäkin kysymystä on alustavasti selvitetty Heikinheimon tutkimuksissa. Kaikki siemenlaatikkoihin varisseet siemenet on näet halkaistu ja näin erotettu tyhjät siemenet täysinäisistä. Taulukosta 4 nähdään, että täysien siementen määrä on ollut ilahduttavan suuri. Keskimäärin on kaikista tarkastetuista siemenistä 77 % ollut täysiä. Vastaava luku Suomen eteläpuoliskossa on n. 82 % (Heikinheimo 1937, s. 26). Täysien siementen suhteellisessa määrässä ei siis Perä-Pohjolan ja Suomen eteläpuoliskon välillä näytä olevan mainittavaa eroa. Lopullista selvitystä havupuun siemenen laadusta ei kuitenkaan saada erottamalla tyhjät ja täysinäiset siemenet toisistaan. Kaikki tyhjät tietysti kylläkin ovat itämiseen kykenemättömiä, mutta sen lisäksi suurempi tai pienempi osa täysistä siemenistä on luettava tähän ryhmään. Kuten on tunnettua, täyttää suurimman osan havupuun siemenestä vararavintosolukko, ns. primäärinen endospermi, jonka syntyminen ja kehitys tapahtuu monella tavoin erillisenä alkion kehityksestä. Itse asiassa endospermi syntyy jo ennen hedelmöitystä ja on usein kehittynyt varsin pitkälle, ennen kuin alkion kehitys on edes alkanut. Varsinkin kylminä kesinä endospermi voi kehittyä melkoisen täydellisesti siitä huolimatta, että alkion kehitys jää aivan puutteelliseksi ja epänormaaliksi (yhden alkion sijasta syntyy useita). Edellä (s. 31) onkin jo viitattu Kujalan tutkimuksiin, joiden mukaan tuleentumiskesän keskilämmöllä on ratkaiseva merkitys siemenen laadulle. Näissä tutkimuksissa on osoitettu, että tuleentumiskesän kesä—syyskuun keskilämpötilan ollessa vähemmän kuin 10° C männyn siemen on käytännöllisesti katsoen itämiskyvytöntä. Kun kesän keskilämpötila on 10—11°, männyn siemenen itävyys on (yhdistäen Kujalan kesiltä 1923 ja 1924 saamat tulokset, s. 88) n. 20 %, kesän keskilämpötilan ollessa 11—12° se on n. 58 % ja kesän keskilämpötilan ylittäessä 12° n. 80 % lajittelemattoman siemenen määrästä. Käyttäen hyväksi näitä tietoja voidaan osapuilleen arvioida, kuinka suuri määrä edellä selostetuissa Heikinheimon tutkimuksissa mitatuista siemensadoista on itämiskykyistä siementä. Tällainen laskelma on liitetty taulukkoon 4 kahdelle alimmaiselle vaakariville. Alimmalla rivillä nähdään kunkin vuoden siemenen keskimääräinen itävyys sellaisena, miksi se on arvioitu edellä mainitut Kujalan tutkimustulokset ja kyseessä olevan vuoden

kesä—syyskuun keskilämpötila (vrt. taulukko 3, s. 32) huomioon ottaen. Sen yläpuolella ovat näitä prosenttilukuja käyttäen lasketut itämiskykyisen siemenen määrät. Näitä viimeksi mainittuja lukuja tarkasteltaessa käy kouraantuntuvasti ilmi tuleentumiskesän merkitys siemensadon laadun kannalta. Vasta näitä lukuja keskenään verraten onkin mahdollista saada selvä käsitys eri vuosien siemennyksen tehosta. Esim. vuosi 1940 osoittautuu vuotta 1937 heikommaksi, vaikka edellisen vuoden keskimääräinen vuotuinen sato tutkituilla koealoilla oli keskimäärin 124 ja jälkimmäisen 66 lajittelematonta siementä m^2:iä kohden. Vuosina 1927—28 ja 1932—40 varisseen itämiskykyiseksi arvioidun siemenen määrä on samaan aikaan varisseen lajittelemattoman siemenen määrästä n. 33 %. Tämä on tärkeä luku, koska sitä voidaan pitää yleensäkin Perä-Pohjolan männyn siemenen keskimääräistä itävyyttä kuvaavana, ja sitä tullaankin vielä tuonnempana tarvitsemaan harsintametsien siemennyksen tehoa arvosteltaessa. Kun Suomen eteläpuoliskossa männyn siemenen keskimääräinen itävyys voidaan arvioida n. 80 %:ksi, on tässä syytä todeta, että Perä-Pohjolassa männyn siemen keskimäärin on laadultaan olennaisesti huonompaa kuin Etelä-Suomessa.

Nyt käsillä olevan tutkimuksen kannalta on vielä tärkeätä merkitä Heikinheimon tutkimuksista muistiin siemenen varisemisaikoja koskevat tiedot. V. 1937 julkaistuista tuloksista (taulukko 7, s. 45) nähdään, että pääosa siemenestä yleensä varisee kesäkuun puoliväliin mennessä. Varisemistapahtumassa ei kokonaisuudessaan eikä liioin yksityiskohdissa näytä olevan muuta sanottavaa eroa Suomen eteläpuoliskoon verrattuna, kuin että se siirtyy n. pari viikkoa myöhemmäksi.

Tässä tutkimuksessa on männyn siemensadon suuruutta selvitelty tarkasteltavana olevissa harsintametsiköissä maahan varisseiden käpyjen avulla (vrt. Sarvas 1945 b ja 1949 b). Jossakin määrin samantapaista menetelmää on aikaisemmin käyttänyt Pearson (1923, s. 15) tutkiessaan keltamännyn *(Pinus ponderosan)* luontaista uudistumista Yhdysvaltain lounaisvaltioissa. Maahan varisseiden käpyjen määrä on arvioitu ruutumenetelmää käyttäen siten, että kaikki vielä koossa pysyvät kävyt on kullakin koealalla luettu 30:stä 1 m^2:n suuruisesta ruudusta. Ruudut rajoitettiin tasaisin välimatkoin koealojen lävistäjille käyttäen varta vasten valmistettua puukehystä. Tutkimalla vanhoja hakkuualoja, joilta kaikki männyt oli jonakin tiettynä vuotena hakattu pois, on männyn käpyjen lahoamisen todettu tutkimusalueen kuivilla kankailla kestävän keskimäärin n. 14—16 vuotta. Maassa oleviin käpyihin nojaavan menetelmän etuna esim. siemenlaatikkomenetelmään tai yleensä erilaisiin siemennysmittarimenetelmiin verrattuna on sen suuri nopeus. N. 1—2 tuntia kestävän maastotyön tuloksena saadaan varsin tyydyttävä läpileikkaus n. 15 viimeksi kuluneen vuoden käpy-

sadon suuruudesta. Käpysadon nojalla voidaan edelleen tehdä päätelmiä siemensadon suuruudesta. Siemenen laadun suhteen taas on mahdollista, varsinkin näin pitkän ajanjakson kyseessä ollen, nojautua muulla tavoin hankittuihin yleisiin keskimäärälukuihin. Jotta voitaisiin määrittää tiettyä maahan varissutta käpymäärää vastaava siemensato, on kävyt luettu ruutumenetelmää käyttäen myös niistä edellä kuvatuista tutkimusmetsiköistä, joiden siemensato jo aikaisemmin oli selvitetty H e i k i n h e i m o n tutkimuksissa siemenlaatikkomenetelmää käyttäen (taulukko 4, s. 34). Kun käpyjen määrää koskevat arvioinnit kohdistuvat aikaan syksystä 1949 taaksepäin ja vastaavissa metsiköissä siemenlaatikoilla suoritetut siemensatoa koskevat selvittelyt vuosiin 1927—40, eivät nyt puheena olevat arviot kuitenkaan kuin osaksi peitä toisiaan. Niiden tietojen perusteella, jotka on käytettävissä vuosien 1941—49 satoisuudesta Kivalon alueella, sekä vuosien 1927—40 satolukuja hyväksi käyttäen, on kuitenkin ollut mahdollista suurin piirtein arvioida myös vuosien 1941—49 siemensato. Tämän jälkeen on tehty seuraava laskelma. Nyt puheena olevilla 9 koealalla on ollut maassa keskimäärin 13.7 käpyä m²:iä kohden. Samoilla koealoilla männyn keskimääräinen siemensato on viime parinkymmenen vuoden aikana ollut n. 19 siementä m²:iä kohden vuosittain. Jakamalla jälkimmäinen luku edellisellä saadaan kerroin (1.4), joka osapuilleen osoittaa, suurtako vuotuista siemensatoa m²:iä kohden lausuttuna kukin m²:iä kohden löydetty käpy vastaa.

Vastaava laskelma voidaan tehdä toisellakin, edellä esitetystä riippumattomalla tavalla. Niiden havaintojen nojalla, joita on tehty kävyistä, voidaan näet olettaa, että männyn käpy Perä-Pohjolassa sisältää osapuilleen saman määrän siemeniä kuin Suomen eteläpuoliskossakin, eli n. 19 kpl. puhdistettuja, mutta muuten lajittelemattomia siemeniä. Edellä on jo mainittu, että männyn kävyt kuivilla kankailla lahoavat keskimäärin n. 15 vuoden kuluessa. Näin ollen vastaa siis kutakin maahan varissutta käpyä n. 19/15 = 1.3 siemenen vuotuinen sato m²:iä kohden. Näin saatu kerroin on siis kutakuinkin samansuuruinen kuin edellisellä tavalla laskettu poiketen siitä vain n. 7 %.

Koealametsiköiden käpymääriä sekä niiden nojalla arvioitua siemensatoa koskevat tiedot nähdään taulukosta 5. Tarkasteltakoon ensiksi männyn käpysatoa varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä.

Verrattaessa eri tutkimusmetsiköiden käpysatoja toisiinsa kiinnittää niissä havaittava suuri vaihtelu huomiota. Pienin sato on vain 5 käpyä m²:iä kohden suurimman ollessa 78. Kuitenkin varsin monen tutkimusmetsikön käpysato on lähellä kaikkien metsiköiden keskimäärääkin 31.1:tä, minkä vuoksi viimeksi mainittua suuresta vaihtelusta huolimatta voidaan pitää edustavana. Paras käsitys siitä, miten tällaista käpysatoa on arvosteltava, saadaan vertaamalla sitä sellaisten metsiköiden käpysatoon, joiden siemensato tunnetaan. Niinpä jo aikaisem-

Taulukko 5. Siemensato Perä-Pohjolan harsintametsiköissä.

Table 5. Seed crop in selectively cut forests of Northern Finland.

Kocalan n:o *Sample plot. no.*	Mänty — *Scots pine*			Kuusen käpyjä maassa *Norway spruce cones on the ground*	Raudus-koivu, siemen-puita *Betula verrucosa seed trees*	Hieskoivu, siemen-puita *Betula pubescens seed trees*
	Käpyjä maassa *Cones on the ground*	Kaikki siemenet *All seeds*	Itävät siemenet *Germinable seeds*			
		Vuotta kohden — *Per year*				
	Kpl./m² — *Per sq. m*				Kpl./ha — *Per ha*	
Varpu-jäkälätyyppi — *Ericaceae-Cladinae type*						
258	10.8	15.0	5.0	2.6	—	—
257	5.7	7.9	2.6	0.7	1.5	—
136	61.3	85.2	28.1	—	.	.
266	38.4	53.4	17.6	0.9	13.1	3.8
254	39.7	55.2	18.2	—	—	—
253	39.7	55.2	18.2	—	—	—
255	30.0	41.7	13.8	—	—	0.6
250	78.0	108.4	35.8	—	—	—
260	20.3	28.2	9.3	—	—	—
261	5.0	7.0	2.3	—	3.8	3.2
262	13.3	18.5	6.1	—	5.4	2.0
Keskimäärin — *Average*	31.1	43.2	14.3	0.4	2.4	1.0
Variksenmarja-mustikkatyyppi — *Empetrum-Myrtillus type*						
a. männiköt — *a. Scots pine stands*						
269	17.2	23.9	7.9	—	24.5	2.8
268	46.5	64.6	21.3	0.1	13.3	1.0
278	4.7	6.5	2.1	2.0	12.4	6.0
265	27.7	38.5	12.7	0.1	29.6	4.9
133	23.5	32.7	10.8	0.2	.	.
252	11.9	16.5	5.4	—	—	6.4
251	17.8	24.7	8.2	2.4	—	6.2
Keskimäärin — *Average*	21.3	29.6	9.8	0.7	13.3	4.6
b. mänty-kuusisekametsiköt — *b. Scots pine - Norway spruce stands*						
256	6.1	8.5	2.8	—	1.1	4.4
271	—	—	—	0.9	—	24.1
135	14.2	19.7	6.5	0.5	.	.
273	2.1	2.9	1.0	1.3	10.3	2.0
270	4.1	5.7	1.9	0.8	—	20.0
264	4.0	5.6	1.8	—	—	16.4
272	—	—	—	0.9	—	34.2
275	14.7	20.4	6.7	2.7	1.2	11.8
276	—	—	—	1.2	9.4	17.6
263	3.0	4.2	1.4	1.9	—	15.4
277	6.8	9.5	3.1	1.5	32.6	17.1
274	10.3	14.3	4.7	0.8	18.3	5.8
Keskimäärin — *Average*	5.4	7.6	2.5	1.0	6.6	15.3

min esitellystä taulukosta 4, s. 34 nähdään, että Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Kivalon kokeilualueessa on yhdeksän sulkeutuneen männikön keskimääräinen sato samanpituisena aikana (n. 15 v.) ollut 13.7 käpyä m²:iä kohden. Vertailun tulos on yllättävä. Tarkasteltavana

olevien harsintametsiköiden käpysato on yli kaksinkertainen näihin sulkeutuneisiin metsikköihin verrattuna. Tässä on syytä palauttaa mieleen (vrt. s. 36), että edellä mainittujen sulkeutuneiden metsiköiden siemensato on ollut varsin tyydyttävä ja likipitäen samaa suuruusluokkaa kuin vastaavanlaisten metsiköiden siemensato Suomen eteläpuoliskossa. Jo pelkästään käpysatoja tarkastelemalla käykin tämän vuoksi ilmeiseksi, että varpu-jäkälätyypin männiköiden siemensato on useimmissa tapauksissa harvasta ja monin tavoin vajavaisesta siementävästä puustosta huolimatta huomattavan runsas.

Vieläkin selvempi kuva saadaan nyt puheena olevien harsintametsiköiden siementämiskyvystä, kun tarkastellaan niitä lukuja, jotka saadaan muuntamalla käpysadot edellä laskettua kerrointa käyttäen siemensadoiksi. Nämäkin luvut nähdään taulukosta 5. Laskelmien mukaan männyn keskimääräinen vuotuinen siemensato varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä on n. 43 siementä m^2:iä kohden (lajittelematonta siementä). Tällaista satoa on pidettävä varsin runsaana. Mainittakoon vain vertailun vuoksi, että esim. Etelä-Suomessa männyn siemenpuualoilla, jotka edustavat erittäin runsassatoista metsikkömuotoa, keskimääräinen siemensato on kanervatyypin metsiköissä arvioitu (S a r v a s 1949 b, s. 25) n. 19 siemeneksi ja puolukkatyypin metsiköissä n. 49 siemeneksi m^2:iä kohden (samoin lajittelematonta siementä).

Herää tietysti heti kysymys, miten tämä on selitettävissä, mikä on syynä näin yllättävän suureen siemensatoon. Onhan ilmeistä, että nyt tarkasteltavana olevat harsintametsiköt eivät ole Perä-Pohjolan runsassatoisimpia, ja kuitenkin niiden siemensato tavoittaa suurimmat vastaavanlaisilta kasvupaikoilta Etelä-Suomesta mitatut satoluvut. Vastaus tuskin voi olla muu, kuin että vastoin aikaisempia käsityksiä männyn siementämiskyky Perä-Pohjolassa on suhteellisen hyvä ja eräissä tapauksissa nähtävästi jopa parempi kuin Suomen eteläpuoliskossa.

Siemenen määrä ei kuitenkaan, kuten edellä jo on monesti huomautettu, yksinomaan ratkaise siemennyksen tehokkuutta. Muista sen ohella vaikuttavista tekijöistä on siemenen itämiskyky tärkein. Käsillä olevassa tutkimuksessa ei ole suoritettu harsintametsien siemenen itävyyttä koskevia tutkimuksia, mutta tuskin on syytä epäillä, että se olennaisesti eroaisi esim. siitä siemenestä, jonka laatua on selvitetty H e i k i n h e i m o n tutkimuksissa ja mistä edellä jo on tehty selkoa. Tämän mukaan itävyys on huomattavasti huonompi kuin Suomen eteläpuoliskossa. Keskimääräisen itävyyden laskettiin olevan n. 33 % lajittelemattoman siemenen määrästä.

Aikaisemmin on jo ohimennen huomautettu, että männyn siemennys ei siinä määrin kuin esim. kuusen siemennys keskity hyviin siemenvuosiin, vaan että useina välivuosinakin saadaan melkoisesti siementä. Tässä on tärkeätä edelleen huomata, että harvassa keskinäisessä asennossa



Kuva 6. Varpu-jäkälätyypin harsintamännikkö. Vuotuinen keskimääräinen siemensato n. 7 siementä m^2:iä kohden. Taimia kaikkiaan 32 000 kpl./ha. Kittilä, Kaukonen, koeala n:o 261. Valok. 1948 R. S.

Fig. 6. Selectively cut Scots pine stand of Ericaceae-Cladinae type. Average annual seed crop approx. 7 seeds per sq. m. Total of seedlings 32 000 seedlings per ha. Kittilä, Kaukonen, Sample Plot No. 261. Photo by author in 1948.

kasvavat puut, kuten esim. siemenpuut siemenpuualoilla, tuottavat siementä hyvien siemenvuosien välivuosina suhteellisesti runsaammin kuin sulkeutuneet metsiköt (vrt. Heikinheimo 1937, s. 13—15). Tämä koskee ilmeisesti myös tässä tutkimuksessa puheena olevia harvoja jäännöspuustoja. Itse asiassa tämä käy ilmi tutkimusaineistostakin. Ruutumenetelmällä luetuista ja talteen otetuista kävyistä on näet voitu erottaa tutkimusvuoden (1949) aikana varisseet kävyt vanhemmista. Vuosi 1949 oli, kuten edellä jo on mainittu, hyvä männyn siemenvuosi. Sen kuluessa varisseiden käpyjen määrä on Kivalon kokeilualueen sulkeutuneissa männiköissä ollut 16.5 % kaikista maassa olleista kävyistä, mutta harsintamänniköissä vain 9.1 %. Tätä ilmiötä on nyt puheena olevien metsien siemenen tuleentumisen kannalta pidettävä myönteisenä tekijänä, koska sen johdosta tuleentuminen, mikä voi tapahtua vain keskimääräistä lämpöisempinä kesinä, ei jää niin sattuman varaan kuin siemennyksen keskittyessä vain suhteellisen harvoihin siemenvuosiin. On näin ollen mahdollista, että siemenen itävyys harsintametsiköissä on jonkin verran edellä mainittua keskimäärää parempikin.



Kuva 7. Variksenmarja-mustikkatyypin harsintamännikkö. Vuotuinen keskimääräinen siemensato n. 39 siementä m²:iä kohden. Taimia kaikkiaan 29 300 kpl./ha. Kittilä, Kallo, koeala n:o 265. Valok. 1948 R. S.

Fig. 7. Selectively cut Scots pine stand of Empetrum-Myrtillus type. Average annual seed crop approx. 39 seeds per sq. m. Total of seedlings 29 300 seedlings per ha. Kittilä, Kallo, Sample Plot No. 265. Photo by author in 1948.

Tässä on lisäksi syytä huomata, että useimmat tämän tutkimuksen koealametsiköt ovat sijainneet keskikorkeilla ja tasaisilla mailla ja sen vuoksi niiden siemenen laatua arvosteltaessa on voitu hyvin soveltaa yleisiä keskimäärälukuja. Korkeilla vaaramailla ja vaarojen pohjoisrinteillä kasvavissa metsiköissä siemenen laatu on keskimääräistä paljon huonompaa, mutta voi joissakin etelärinteiden metsiköissä olla keskimäärää huomattavasti parempaakin.

Harsintametsiköiden siemensadon itävyyttä ja itämiskelpoisen siemenen määrää koskevat arvioinnit nähdään myös taulukosta 5, s. 40. Varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä saadaan keskimäärin vuosittain n. 14 itävää siementä m²:iä kohden. Lajittelemattomaan siemeneen verrattuna itämiskelpoisen siemenen määrä on pieni, mutta yhäkin suhteellisen suuri — samaa suuruusluokkaa kuin esim. männyn siemennys useilla Etelä-Suomen kanervatyypin siemenpuualoilla.

Siirryttäköön tämän jälkeen tarkastelemaan variksenmarja-mustikkatyypin metsiköiden käpy- ja siemensatoa. Huomataan heti, että männiköiden ja mänty-kuusisekametsiköiden välillä on suuri ero, minkä vuoksi onkin syytä tarkastella kumpaakin erikseen.

Variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä käpysato ja sen nojalla arvioitu siemensato on tosin pienempi kuin varpu-jäkälätyypin männiköissä, mutta kuitenkin vielä tyydyttävä — näin voitaneen sanoa. Keskimäärin n. 15 vuoden käpysato on 21.3 käpyä m^2:iä kohden ja sen mukaan arvioitu vuotuinen siemensato 30 lajittelematonta siementä m^2:iä kohden, mikä vastannee n. 10 itämiskelpoista siementä.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä männyn siemennys on paljon pienempi. Useissa metsiköissä männyn siemennystä ei ole käytännöllisesti katsoen lainkaan. Keskimäärin on n. 15 vuoden käpysato 5.4 käpyä m^2:iä kohden, mikä vastaa n. 8 lajittelematonta ja n. 3 itämiskelpoista siementä vuotuisena keskimääräisenä satona. Kun muunnetaan viimeksi mainittu luku painoyksiköiksi, nähdään, että se vastaa vain n. 123 g:aa hehtaaria kohden eli n. 615 g 5 vuoden pituisen uudistumisajan kokonaissatona hehtaarin alalle.[1]) Tällaista siemennystä on ilmeisestikin pidettävä niin vähäisenä, että männyn uudistumisen täytyy jo tästäkin syystä olla hidasta.

Edellä on ollut puhe vain männyn siemennyksestä. Myös kuusen kävyt on luettu useimmista tutkimusmetsiköistä; nämäkin tulokset nähdään taulukosta 5, s. 40.

Kuusen käpysadot ovat kaikissa metsiköissä olleet vähäisiä: varpu-jäkälätyypin männiköissä n. 15 vuoden käpysato on keskimäärin vain 0.4 käpyä m^2:iä kohden, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 0.7 käpyä ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä 1.0 käpyä m^2:iä kohden. Kun kuusen kävyt lahoavat jonkin verran nopeammin kuin männyn ja kun kuusen normaalisti kehittynyt käpy sisältää n. 4 kertaa niin paljon siemeniä kuin männyn käpy, ei männyn ja kuusen käpysatoja voida suoranaisesti verrata toisiinsa.

Voidaan kuitenkin tehdä ylimalkainen laskelma siitä, kuinka suuria siemenmääriä edellä mainitut kuusen käpymäärät enintään vastaavat. Maastossa tehtyjen havaintojen mukaan kuusen käpy lahoaa Perä-Pohjolan kuivilla kankailla n. 12 vuoden kuluessa. Voitaneen myös olettaa, että kuusen käpy Perä-Pohjolassa ei keskimäärin sisällä useampia itämiskelpoisia siemeniä kuin Etelä-Suomessakaan, missä 40:tä voidaan pitää keskimääräisenä itävien siementen lukumääränä.[2]) Kukin m^2:iä kohden maasta löydetty käpy vastaisi näitä lukuja soveltaen siis enintään $40/12 = 3.3$ siemenen suuruista vuotuista keskimääräistä satoa.

[1]) Tässä on Kujalan (1927, s. 73) mukaan 1 000 männyn siemenen paino merkitty 4.099 grammaksi.

[2]) Itse asiassa koealoilta kerätyt kuusen kävyt ovat huomattavan pienikokoisia eteläsuomalaisiin kuusen käpyihin verrattuna, *obovata*-muotoa lähenteleviä, joten on todennäköistä, että siementen määräkin on huomattavasti vähäisempi. Kuusen siemenen laatukin on Perä-Pohjolassa huonompi kuin Suomen eteläpuoliskossa samasta syystä kuin männynkin siemenen. Kuitenkin kuusen siemenen tuleentuminen käyttökelpoiseksi tapahtuu keskimäärin n. astetta viileämpinäkin kesäkausina kuin männyn siemenen (Kujala 1927), joten keskimääräinen tuleentuminenkin lienee jonkin verran parempi kuin männyn siemenen.

Tätä kerrointa käyttäen huomataan, että kuusen siemennys mahdollisimman suureksikin arvioituna jää kaikissa harsintametsiköissä vähäiseksi. Varpu-jäkälätyypin metsiköissä saadaan vuotuisen keskimääräisen sadon enimmäismääräksi 1.3, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 2.3 ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä 3.3 itämiskelpoista siementä m^2:iä kohden.

Ilmeistä siis on, että sekä varpu-jäkälätyypin että variksenmarja-mustikkatyypin harsintamänniköissä männyn siemennys on keskimäärin ja vieläpä miltei kaikissa erillisissäkin tapauksissa suurempi kuin kuusen. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä sitä vastoin kuusen siemennyksen määrä nähtävästi useissa tapauksissa lähentelee männyn siemennyksen määrää ja saattaa eräissä tapauksissa jopa ylittää sen.

Koivun siemennyksestä on pyritty saamaan suunnistava käsitys lukemalla siementävät koivut. Koivut on jaettu kolmeen luokkaan: 1. täysikasvuiset puut, joiden latvus on säännöllisesti kehittynyt, 2. puut, joiden siemennyskyky voidaan arvioida n. puoleksi edellisten siemennyskyvystä, ja 3. puut, joiden siemennyskyky voidaan arvioida n. neljännekseksi ensimmäisen ryhmän puiden siemennyskyvystä. Rauduskoivu ja hieskoivu on erotettu toisistaan. Myös koivua koskevat tulokset nähdään taulukosta 5, s. 40. Siinä on siementämiskykynsä puolesta eriarvoiset koivut laskettu yhteen siten, että ensimmäinen luokka on saanut painoluvun 1, toinen luokka ½ ja kolmas luokka ¼.

Tuloksia tarkasteltaessa nähdään, että koivun kokonaismäärä eri metsikkölajeissa on melkoinen. Varpu-jäkälätyypin männiköissä se vastaa n. 3:ea normaalisti kehittynyttä koivusiemenpuuta ha:ia kohden, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä n. 18:aa ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä n. 22 siemenpuuta.

Koivun kokonaismäärästä on varpu-jäkälätyypin männiköissä n. 71 % rauduskoivuja ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä suunnilleen saman verran, n. 74 %. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä rauduskoivua sitä vastoin on paljon vähemmän, keskimäärin vain n. 30 %.

Tässä kiinnittää huomiota variksenmarja-mustikkatyypin männiköiden ja mänty-kuusisekametsiköiden välinen suuri ero. Aikaisemmin on jo mainittu, että variksenmarja-mustikkatyypin männiköt yleensä edustavat ensimmäistä kuloalalle kulon jälkeen noussutta puusukupolvea ja mänty-kuusisekametsiköt myöhempiä kehitysvaiheita. Ilmeisesti nyt todettu ero eri koivulajien keskinäisissä runsaussuhteissa johtuu näistä metsikköhistoriallisista tekijöistä. Rauduskoivu uudistuu hieskoivua helpommin vereksillä kuloaloilla, ja sen vuoksi sen määrä aluksi on suhteellisen suuri. Kun kulosta on kulunut n. 100—140 vuotta, rauduskoivu alkaa yli-ikäisenä vähitellen kuolla ja hävitä. Samoin käy

tosin hieskoivulle, ja jo rauduskoivua aikaisemminkin, mutta hyvän vesomiskykynsä ansiosta hieskoivu ei häviä kokonaan, vaan vanhojen puiden tilalle nousee elinvoimaisia vesaryhmiä.

Niissä tutkimuksissa, joissa on selvitetty koivun uudistumista Suomen eteläpuoliskossa, on todettu ha:ia kohden yhden normaalisti kehittyneen koivusiemenpuun antavan keskimäärin n. 17 siemenen vuotuisen sadon m^2:iä kohden (Sarvas 1948 a, s. 29). Tätä kirjoitettaessa ei ole käytettävissä riittävästi tietoja, jotta voitaisiin arvioida, millainen tämä suhde on Perä-Pohjolassa. Maastossa tehtyjen silmävaraisten havaintojen ja Rovaniemen mlk:ssa Hirvaksen metsäkoululla sekä Kittilän kunnassa, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Pallasjärven kokeilualueessa suoritettujen siemensatoa koskevien mittausten perusteella näyttäisi kuitenkin siltä, kuin koivun siemensato olisi Perä-Pohjolassa samantapainen kuin Suomen eteläpuoliskossakin. Nähtävästi ei siemenen laadussakaan ole kovin suurta eroa. Rauduskoivun siemen lienee hieman huonommin itävää kuin Suomen eteläpuoliskossa, mutta hieskoivun sitä vastoin on ehkä parempaakin kuin Etelä-Suomen siemen.

Uudistumisvuodet.

Jonkin puulajin hyvällä (huonolla) uudistumisvuodella tarkoitetaan seuraavassa sellaista vuotta, jonka aikana asianomaisen puulajin taimia on ilmaantunut uudistusaloille runsaasti (niukasti). Uudistumisvuosien esiintyminen liittyy läheisesti siemenvuosien kertautumiseen ja sääsuhteiden vuosittaiseen vaihteluun. Tutkimusalueella viime 40 vuoden kuluessa sattuneista männyn siemenvuosista on jo edellä ollut puhe. Seuraavassa tarkastellaan aluksi saman ajanjakson sääsuhteita.

Tärkein pieniä männyn taimia kuivilla kankailla uhkaava ilmastollinen vaara on ilmeisestikin kuivuus. Niin kauan kuin sirkkataimi elää siemenen vararavinnosta, se on jossakin määrin omavarainen. Mutta kun vararavinto on kulutettu loppuun, ja tyhjä siemenkuori varisee maahan, pieni sirkkataimi on hyvinkin arka monille ulkonaisille vaaroille ja nimenomaan kuivuudelle. Männyn taimen sirkkajuuri tosin alkaa heti siemenen itämisen tapahduttua kasvaa voimakkaasti, mutta kestää kuitenkin olosuhteiden mukaan lyhyemmän tai pitemmän ajan, ennen kuin juuri saavuttaa kosteussuhteiltaan suotuisan maakerroksen ja täten turvaa taimen ainakin lievältä ja keskinkertaiselta kuivuudelta. Suotuisissa olosuhteissa, esim. kuloaloilla, kun siemen pääsee itämään miltei kivennäismaan pinnassa, kun päällyspuuston ja pintakasvillisuuden taholta taimeen kohdistuva kilpailu on vähäistä ja kun tuhkalannoitus lisäksi edistää taimen kasvua, taimen juuri tavoittaa tavallisesti jo en-



Kuva 8. Variksenmarja-mustikkatyypin harsintamännikkö, jossa kasvaa runsaasti rauduskoivua sekapuuna. Kolari, Sieppijärvi. Valok. 9. 8. 1939 R. S.

Fig. 8. Selectively cut Scots pine stand of Empetrum-Myrtillus type, with a great deal of common birch growing as a mixed tree. Kolari, Sieppijärvi. Photo by author, Aug. 9, 1939.

simmäisen kesän kuluessa edellä mainitun päämäärän. Epäsuotuisissa olosuhteissa, esim. hakkuualoilla, missä siemen usein itää paksun, huonosti lahonneen humuskerroksen pinnalla ja missä siemenpuiden, pienikokoisen jäännöspuuston sekä pintakasvillisuuden taholta taimiin kohdistuva kilpailu useinkin miltei alkuunsa pysähdyttää jo pikku taimen ensi kehityksen, kestänee parikin vuotta, ennen kuin juuri on tunkeutunut riittävän syvälle maahan.

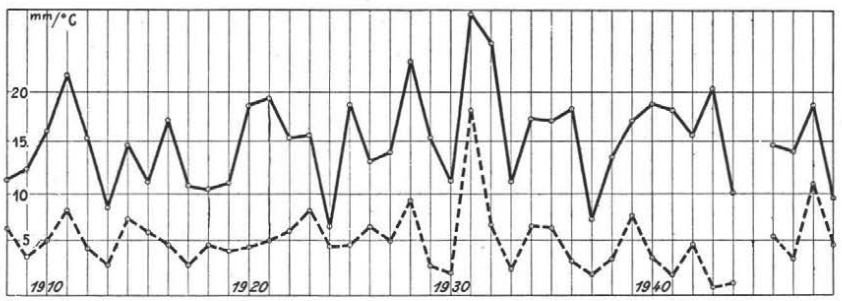
Kun halutaan selvittää, milloin on ollut edellytyksiä uudistumisvuosien muodostumiselle, ei siis riitä, että kiinnitetään huomiota vain siemenvuosien sääsuhteisiin, vaan on otettava huomioon myös niitä

seuraavat kesäkaudet. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, kun siementen jälki-itäminen on todettu tutkimusalueella yleiseksi (Wibeck 1917 ja 1920, Lassila 1920, s. 41—46). Lisäksi on ilmeistä, että kesäkauden eri kuukausina taimien kuivumisvaara on melkoisesti erilainen.

Taimien kuivuminen aiheutuu monista erilaisista säätekijöistä. Meidän maassamme on sademäärä tärkein. Jo sademäärän suuri vuotuinen vaihtelu korostaa sen merkitystä. Sademäärän rinnalla ovat ilman lämpötila ja tuulisuus tärkeitä, koska haihtumisen voimakkuus riippuu olennaisesti niistä. Kun ilmaston kosteus on suoraan verrannollinen sademäärään ja kääntäen verrannollinen lämpötilaan, kuvataan näiden ilmastotekijöiden yhteisvaikutusta yksinkertaisimmin niiden suhteella, kuten ensinnä Lang (1920, s. 108) ja myöhemmin mm. Martonne (1926, s. 449—458 ja 1941), Hesselman (1932, s. 530), Aaltonen (1933, s. 4) ja Kujala (1936 s. 12) ovat tehneet. Tätä suhdelukua nimitetään seuraavassa yhdenmukaisesti edellä mainittujen tutkijain kanssa ilmaston kosteus- l. humidisuusluvuksi.

Säähavainnoista käy ilmi, että vuosina 1908—49 kesäkuun sademäärä on ollut Sodankylässä keskimäärin 57 mm, heinäkuun 64 mm ja elokuun 69 mm; samojen kuukausien keskilämpötila on Sodankylässä ollut mainittuna ajanjaksona kesäkuussa 11.2°, heinäkuussa 15.0° ja elokuussa 11.6° C. Kesäkuun humidisuus on siis Sodankylässä keskimäärin 5.1, heinäkuun 4.3 ja elokuun 5.9. Kun kasveilla Perä-Pohjolassa vielä kesäkuussa on käytettävänään enemmän tai vähemmän talven lumien sulamisvesistä maahan jäänyttä kosteutta, kärjistyy siis kuivumisvaara suurimmilleen yleensä heinäkuussa. Että myös kasvillisuus silloin todella on kuivimmillaan, käy ilmi siitäkin, että Pohjois-Suomessa suurin metsäpalojen vaara on heinäkuussa. Saaren (1923, s. 88) mukaan on Pohjois-Suomessa vuosina 1911—1921 palaneesta valtion metsien alasta jopa 71 % tullut tämän kuukauden osalle. Sama seikka nähdään Kalelan (1937, s. 22) vakuutetuissa metsissä sattuneita kuloja koskevasta tutkimuksesta. Vuosina 1925—34 palaneesta alasta tuli tämän tutkimuksen mukaan Oulun läänissä 84 % heinäkuun osalle. Koska kuitenkin kesäkuun sääsuhteilla on melkoinen merkitys heinäkuussa mahdollisesti syntyvään kuivuuteen, ja elokuun sääsuhteet voivat muodostua ratkaiseviksi kuivuudesta kärsineiden taimien toipumiselle, kiinnitetään seuraavassa huomiota myös näihin kuukausiin.

Jo aikaisemmin esitetystä taulukosta 3 s. 32 sekä vielä havainnollisemmin kuvasta 9 nähdään kesä—elokuun humidisuus vuosina 1908—49 Sodankylän ilmatieteellisellä asemalla. Vertailun vuoksi on piirretty vastaava diagramma myös Kuusamon ilmatieteellisen aseman mittauksiin perustuen. Tuloksia julkaisematta mainittakoon, että niin hyvin Sodankylässä kuin Kuusamossakin kesä—elokuun humidisuus on nyt puheena olevana ajanjaksona ollut hyvin samantapainen. Tämän vuoksi onkin



Kuva 9. Kesä—elokuun (yhtenäinen viiva) sekä erikseen heinäkuun (katkoviiva) humidisuus (koko sademäärä, mm : keskilämpötila, °C) Sodankylän ilmatieteellisellä asemalla.
Fig. 9. Humidity, June-August (unbroken line), and July (dotted line) (Total precipitation in mm : average temperature in °C), Sodankylä Meteorological Station.

Seuraavassa aivan yleispiirteisessä tarkastelussa katsottu mahdolliseksi käsitellä koko tutkimusaluetta yhtenä kokonaisuutena ja nojauduttu vain Sodankylän aseman säähavaintoihin. On kuitenkin selvää, että kiinteämpi yhteys tutkimusalueen eri osien ja sääsuhteita tutkivien asemien välillä olisi ollut suotava. Toistaiseksi kuitenkin ilmatieteellisten asemien verkko on Perä-Pohjolassa siksi harva, ettei tähän ole ollut mahdollisuuksia.

Humidisuutta kuvaavassa diagrammassa kiinnittävät huomiota eri vuosien väliset suuret vaihtelut. Keskimäärin humidisuus on Perä-Pohjolassa sekä yhteisesti kesä—elokuun aikana että erikseen heinäkuun kuluessa suurempi kuin Etelä-Suomessa. Näin siitäkin huolimatta, että vuotuinen sademäärä on Pohjois-Suomessa keskimäärin paljon pienempi kuin Etelä-Suomessa. Esim. Sodankylässä vuotuinen sademäärä oli vuosina 1908—1949 keskimäärin n. 511 mm (taulukko 3 s. 32) ja Tampereella samana aikana n. 587 mm. Perä-Pohjolan suhteellisen mantereellisesta ilmastosta näet johtuu, että kesäsateilla on siellä huomattavampi osuus koko vuoden sademäärästä kuin Etelä-Suomessa. Niinpä tutkimusalueella kesä—elokuun keskimääräinen sademäärä (Sodankylässä vv. 1908—1949 191 mm) on miltei sama kuin keskimääräinen sademäärä vastaavana aikana Etelä-Suomessa (Tampereella samoina vuosina 190 mm). Kun kesä—elokuun keskilämpötila Perä-Pohjolassa on alhaisempi (Sodankylässä vv. 1908—1949 +12.6° C) kuin Etelä-Suomessa (Tampereella samoina vuosina +15.5° C), humidisuus muodostuu Perä-Pohjolassa suuremmaksi (Sodankylässä kesä—elokuun aikana mainittuina vuosina keskimäärin n. 15.3 ja Tampereella n. 12.3).

Tarkasteltakoon vielä erikseen heinäkuun, kuivumisvaaran kannalta tärkeimmän kuukauden, kosteussuhteita. Vuosina 1908—49 heinäkuun keskimääräinen humidisuus on Sodankylässä ollut 4.3 ja Tampereella 3.7. Nämä humidisuusluvut eivät tietysti ole verrattavissa aikaisemmin esitettyihin koko kesäkauden humidisuuslukuihin, mutta Sodankylän

ja Tampereen lukuja keskenään verrattaessa nähdään, ettei vain kesä—elokuu, vaan myös heinäkuu erikseen on Perä-Pohjolassa humidisempi kuin Etelä-Suomessa.

Perä-Pohjolan ilmaston Etelä-Suomea suurempi humidisuus on todettu aikaisemmissakin tutkimuksissa. Aaltonen (1933, s. 5) on laatinut kartan, josta nähdään Suomen ilmaston humidisuus koko vuoden sademäärän ja lämpötilan huomioon ottaen. Tästä kartasta näkyy, että Suomen pohjois- ja itäpuolisko ovat maan humidisimmat osat. Kujala (1936, s. 13) on julkaissut vastaavanlaisen kartan kesäkauden (kesä—syyskuun) humidisuussuhteista Suomessa. Siitä nähdään, ettei vain koko vuosi, vaan myös kesäkausi erikseen on Suomen pohjois- ja itäosissa humidisempi kuin muualla.

Perä-Pohjolan kesän humidisuutta arvosteltaessa on lisäksi huomattava, että kun kesäkausi Perä-Pohjolassa on lyhyempi kuin Etelä-Suomessa, on talven aikana lumen muodossa varastoituneen kosteuden merkitys kasveille suurempi pohjoisessa kuin etelässä. On kuitenkin vaikea tarkemmin arvioida, miten suuri tästä johtuva ero on.

Kosteussuhteiltaan kasvukausi siis on kuivilla kankailla tapahtuvaa männyn uudistumista silmällä pitäen Perä-Pohjolassa selvästi suotuisampi kuin Etelä-Suomessa.

Tässä yhteydessä herää myös kysymys siitä, mikä vaikutus Perä-Pohjolan pitkällä kesäpäivällä mahdollisesti on kosteusoloihin. Valaistuksen kokonaismäärässä ei tosin ole sanottavaa eroa Suomen eteläpuoliskoon verrattuna. Suoraa säteilyä saadaan Perä-Pohjolassa vähemmän kuin Etelä-Suomessa, mutta hajavalon merkitys on suurempi (vrt. Keränen ja Korhonen 1949, s. 3—4). Päivän pituudesta johtuu, että Perä-Pohjolassa kasvien elintoiminnan vuorokautinen rytmi on huomattavasti erilainen kuin Suomen eteläpuoliskossa. Tästä taas voi aiheutua erilaisia vaatimuksia kosteuden suhteen. Kysymys päivän pituuden vaikutuksesta käy näin varsin monisäikeiseksi, eikä käsillä olevassa tutkimuksessa sen vuoksi ole ollut mahdollisuuksia syventyä siihen pitemmälti.

Itse uudistumisvuosista saadaan paras kuva tarkastelemalla taimistoja ja vertaamalla niiden ikäluokkasarjoja edellä kuvattuihin säätekijöihin. Tätä varten on kultakin koealalta maastotöissä kerätty umpimähkäinen näyte taimia (n. 50—100 kpl.) ja sitten myöhemmin sisätöissä määritetty mikroskooppia apuna käyttäen jokaisen taimen ikä. Kaikkiaan on tarkoin määritetty 1 255 taimen ikä. Tällaiseen iän määrittämiseen liittyvistä virheistä on aikaisemmin tehty yksityiskohtaisesti selkoa (Lakari 1915, s. 91—118; 1921, s. 24—36, Heikinheimo 1920 c ja viimeksi Hustich 1948, s. 57—58). Tässä yhteydessä on tärkeätä panna merkille, että virheitä tuskin voidaan tätä menetelmää

käyttäen suurimmallakaan huolella välttää ja että, mikä pahinta, virheet yleensä kasautuvat toispuolisesti siten, että ikä saadaan liian pieneksi.

Taimien iänmäärityksiin nojaten laskettiin koealoittain taimien jakaantuminen vuosiluokkiin. Nämä vuosiluokkasarjat on yhdistetty taulukkoon 6. Siitä puuttuvat variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköistä mitatut koealat, koska näissä metsiköissä on ollut liian vähän taimia ikäluokkasarjojen tutkimiseen. Taulukkoon on lisäksi tehty eräitä uudistumistapahtuman kannalta tärkeitä merkintöjä: hyviksi tai ainakin keskinkertaisiksi arvioidut männyn siemenvuodet on osoitettu painamalla taulukon ylälaidassa olevat, niitä vastaavat vuosiluvut lihavalla ja hakkuuvuodet käyttämällä niiden kohdalle sattuvissa taimiluvuissa samoin lihavia numeroita. Huomattakoon edelleen, että keskimääräinen ikäluokkasarja on laskettu suoraan alkuperäisistä taimien absoluuttista lukumäärää osoittavista sarjoista niitä esim. prosenttisarjoiksi muuttamatta. Näin menetellen on siis keskimääräsarjaa laskettaessa kukin koeala saanut taimiensa lukumäärää vastaavan painon.

Niin houkuttelevalta ja lupaavalta kuin tällaisten ikäluokkasarjojen tutkiminen uudistumisvuosia selviteltäessä näyttääkin, on myönnettävä, että menetelmään liittyy monia heikkouksia, jotka vähentävät tulosten selvyyttä. Edellä on jo mainittu iän määrittämiseen sisältyvät virheet. Niistä johtuu, että uudistumisvuosien kohdalle syntyvät maksimit tasoittuvat suuren osan taimista siirtyessä pääasiassa uudistumisvuotta seuraaville 1—5 vuodelle. Kun hyvien uudistumisvuosien tietysti odottaisi liittyvän lähinnä sellaisiin hyviin männyn siemenvuosiin, joita on seurannut yksi tai useampi kosteussuhteiltaan suotuisa kesäkausi, on tässä jälleen syytä korostaa, ettei männyn siemennys keskity yksinomaan hyviin siemenvuosiin, vaan että välivuosinakin varisee suhteellisen paljon siementä ja paikallisesti ehkä joskus enemmänkin, varsinkin jos kiinnitetään huomiota vain itämiskelpoiseen siemeneen, kuin yleisesti hyväksi tunnettuina siemenvuosina. Ikäluokkasarjoja tasoittavasti vaikuttaa myös siementen jälki-itäminen, jota voi tapahtua ainakin 1—2 vuotena siementen varisemisen jälkeen. Myös hakkuut vaikuttavat omalla tavallaan voimakkaasti taimien syntymisen mahdollisuuksiin aiheuttaen sen, että ikäluokkasarjoihin muodostuu tiettyä hakkuuvuosiin liittyvää jaksollisuutta. Tämän vuoksi maksimeja voidaankin etsiä ja tarkastella vain lyhyehköjen ajanjaksojen puitteissa, eikä niitä siis voida erottaa vertaamalla eri vuosien taimilukuja koko sarjaan, vaan vain lähivuosiin.

Ikäluokkasarjojen tarkastelu aloitetaan sopivimmin niiden alkupäästä.

Viimeksi (lukuun ottamatta tutkimusvuotta 1949) on Perä-Pohjolassa ollut männyllä hyvä siemenvuosi v. 1940. Kuten esim. taulukosta 4 s. 34 nähdään, siemensato oli erittäin runsas, mutta edellisen kesän viileyden vuoksi itävän siemenen määrä jäi paljon vähäisemmäksi.

Taulukko 6. Männyn taimien

Table 6. Distribution of pine

Koealan n:o *Sample plot, no.*	Syntymävuodet —																			
	49	48	47	46	45	44	43	42	41	**1940**	39	38	**37**	36	35	34	33	32	31	1930
	Taimia kpl. —																			
	Varpu-jäkälätyyppi —																			
149	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	—	—	—	—	1	—	2	1
258	—	—	—	**3**	3	1	3	2	4	2	1	—	1	**1**	3	—	—	1	2	2
257	—	—	1	—	1	2	—	2	5	—	—	1	3	3	13	18	30	**23**	33	36
136	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
266	—	—	—	—	—	—	5	1	**3**	—	7	2	—	—	4	1	2	2	1	6
140	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	—	—	—	**—**	—	—	1	1
254	—	—	—	—	—	**—**	—	4	1	2	—	—	1	1	1	1	**1**	3	1	4
253	—	—	—	1	1	**2**	—	2	—	—	1	4	2	—	1	1	**—**	2	1	2
255	—	1	1	3	1	1	2	**—**	3	1	1	—	—	1	—	3	2	1	1	1
250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	1	—	—	2	1	—	1	—	**—**	5
260	—	—	1	—	—	**1**	2	8	5	1	4	4	—	1	—	1	2	**—**	2	—
261	—	—	1	—	—	**2**	1	1	2	7	5	1	2	2	4	3	2	**2**	2	1
262	—	—	—	—	—	**—**	1	—	3	—	—	1	—	2	1	—	2	**1**	3	3
	Variksenmarja-mustikkatyyppi (männiköt) —																			
269	—	—	—	—	**—**	—	1	2	1	—	1	—	—	—	—	1	2	2	1	1
268	—	—	—	—	**2**	1	1	1	—	—	—	1	—	2	—	1	**2**	1	2	—
278	—	—	—	—	**—**	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	2	2	2
265	—	—	1	—	4	1	4	1	**1**	—	—	2	2	1	1	1	—	—	4	—
133	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	2	—	2	—	—	—	—	—	2	—
252	—	—	—	—	—	**—**	—	1	1	2	1	2	1	—	1	1	**2**	—	4	1
251	—	—	—	—	—	—	3	—	2	—	—	2	—	—	—	—	1	1	1	1
Yht. - *Togeth.*	—	1	5	7	13	12	24	25	31	20	24	20	14	16	30	32	52	41	65	69

Tähän vuoteen mahdollisesti liittyvän uudistumisvuoden odottaisi näkyvän erityisen selvästi, koska se on juuri sellaisella etäisyydellä tutkimusvuodesta 1949, että kaikki sen ikäiset taimet varmasti löytyvät, mutta toisaalta taimia ei vielä ole ennättänyt kovin paljoa tuhoutua varsinaisiin taimituhoihin ensi vuosien kuivumisia lukuun ottamatta. Niinpä vuoden 1940 kohdalla nähdäänkin useassa ikäluokkasarjassa runsaasti taimia, ja kokonaiskeskimäärässä siihen liittyy 5—6:n runsaasti taimia sisältävän vuosiluokan sikermä. Kuvasta 9 nähdään, että kesä 1940 on ollut keskimääräistä paljon kosteampi ja että myös sitä lähinnä seuraavat kolme kesäkautta ovat olleet keskimääräistä kosteampia, varsinkin kesä 1943.

Vuosi 1937 on nähtävästi ollut paras viime parinkymmenen vuoden kuluessa sattuneista männyn siemenvuosista. Siihen liittyvän uudistumisvuoden odottaisi myös erottuvan selvästi, mutta sellaista näkee tuskin yhdelläkään koealalla. Kun vilkaistaan kuvaan 9 ja taulukkoon

jakaantuminen syntymävuosiin.
seedlings by years of germination.

Year of germination																					Yhteensä *Together*	Koealan n:o *Sample plot, no.*
29	28	**27**	26	25	24	23	22	21	**1920**	19	18	17	16	15	**14**	13	12	11	1910	—1910		
Seedlings																						
Ericaceae-Cladinae type																						
1	2	4	3	4	3	4	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	▬	1	29	149
—	1	1	10	1	2	2	3	2	2	1	—	1	—	—	—	—	—	—	—	1	56	258
37	16	19	15	14	8	10	5	4	6	6	—	2	4	—	1	—	—	—	—	9	327	257
1	▬	—	—	—	5	—	—	—	**9**	6	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	26	136
3	—	2	1	3	5	2	—	—	—	2	—	—	—	—	▬	—	—	—	—	4	56	266
—	—	1	1	**3**	3	3	6	5	2	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	29	140
4	1	3	3	3	3	3	1	3	3	1	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	51	254
2	3	1	3	3	4	4	7	1	2	—	1	1	—	1	—	—	—	—	—	1	54	253
3	**1**	—	4	2	7	4	1	3	—	1	—	1	—	1	—	2	—	—	—	1	54	255
—	1	2	3	4	2	2	2	—	3	2	—	—	▬	—	—	—	—	—	—	1	36	250
1	1	1	1	—	—	—	—	3	3	—	**2**	1	—	1	—	—	—	—	1	4	51	260
3	2	3	2	3	4	5	5	2	—	—	**1**	—	—	—	—	—	1	—	—	1	70	261
4	—	1	2	5	1	5	—	1	2	—	**1**	—	2	—	2	—	—	—	2	12	57	262
Empetrum-Myrtillus type (Scots pine stands)																						
4	**6**	7	2	6	2	—	7	3	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	53	269
4	1	2	4	4	3	7	4	2	—	2	1	—	1	—	1	—	—	1	—	3	54	268
4	1	4	7	1	7	4	5	**7**	1	—	2	1	—	—	—	—	1	—	—	3	56	278
4	2	1	5	1	2	6	2	1	—	—	—	1	—	—	**1**	1	2	—	—	4	56	265
—	**3**	3	4	1	1	4	4	—	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	▬	—	31	133
1	4	2	3	4	6	2	6	5	4	1	—	—	—	▬	—	—	—	—	—	—	55	252
2	4	2	4	6	4	7	—	2	2	1	4	1	1	▬	1	—	—	—	▬	2	54	251
78	49	59	77	68	72	74	59	46	43	26	13	10	10	3	7	3	4	1	3	49	1 255	

3 s. **32** nähdään, että kesä 1937 kokonaisuudessaan ja erikseen heinäkuukin oli keskimääräistä paljon kuivempi. Erityisesti kiinnittää huomiota heinäkuun vähäinen sademäärä, joka Sodankylässä oli vain 22.0 mm (vv. 1908—1949 keskimäärä on 64.2 mm). Vuoden 1937 heinäkuun humidisuusluku on vain 1.3 (vv. 1908—49 keskimäärä on 4.3).

Siirryttäessä ajassa taaksepäin nähdään, että vuodet 1928 ja 1927, erityisesti jälkimmäinen, ovat hyviä männyn siemenvuosia. Kesä 1928 oli kokonaisuudessaan normaalia huomattavasti kosteampi ja heinäkuu erikseen samoin. Kesä 1927 oli hieman normaalia kuivempi, mutta heinäkuu kutakuinkin normaali. Vuosien 1926—1929 kohdalla nähdäänkin taimien ikäsarjoissa runsaasti taimia.

Seuraava keskinkertaista parempi siemenvuosi oli 1920, joka näyttääkin olleen erittäin satoisa siemenvuosi ja jonka siemen lisäksi oli hyvin tuleentunutta (vrt. K u j a l a 1927, taulukko IV, s. 101). Tämän vuoden kesäkausi oli keskimääräistä kosteampi. Tätä siemenvuotta ja

sen vaikutusta tarkasteltaessa on huomattava, että useimmat tutkimusmetsiköt ovat väljentyneet uudistumistilaan vasta vuoden 1920 jälkeen. On näin ollen ymmärrettävää, että sen kohdalla ei voi olla kovin suuria taimilukuja. Nähdään kuitenkin, että vuosi 1920 erottuu suuremman taimimääränsä puolesta aikaisemmista ikäsarjojen vuosista.

Edellä esitetyn tarkastelun tulokset yhdistäen voitaneen sanoa, että Perä-Pohjolassa hyvät männyn siemenvuodet yleensä muodostuvat kuivien kankaiden uudistusaloilla myös hyviksi männyn uudistumisvuosiksi poikkeuksellisen kuivia kesäkausia lukuun ottamatta.

Kun Suomen eteläpuoliskossa, ainakin kanervatyypin männiköissä, vain sellaiset männyn siemenvuodet, joita seuraa keskimääräistä kosteampi kesäkausi, yleensä saattavat muodostua hyviksi männyn uudistumisvuosiksi (S a r v a s 1944 a, s. 111, 1944 b), on selvää, että Perä-Pohjolassa männyn uudistuminen ilmastollisista syistä tapahtuu kuivilla kankailla helpommin kuin Suomen eteläpuoliskossa.

Taimistojen metsittämisarvo.

Hakkuualoille nousseita taimia ja taimiryhmiä voidaan tietysti tarkastella monesta eri näkökulmasta. Metsänhoitotieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin kysymys siitä, muodostavatko nämä taimet kyseessä olevalla hakkuualalla riittävän ja muutenkin tyydyttävän uuden puuston alun, eli kysymys niiden metsittämisarvosta, tärkein.

Itse taimi-käsite ei ole kirjallisuudessa vielä vakiintunut. Käsillä olevassa tutkimuksessa on taimiksi luettu kaikki 1.3 m:iä pienemmät puut sekä ne tätä pituutta suuremmat, jotka muodostavat edellisten kanssa yhteisen latvuskerroksen. Täten määritellyt taimet on jaettu kolmeen ryhmään: 0.1 m:iä lyhyemmät (taimiaines), 0.1—1.3 m:n pituiset ja 1.3 m:iä pitemmät taimet (esikasvos).

Taimistoja on tutkittu ruutumenetelmää käyttäen. Kullakin koealalla on taimet luettu 30:stä 1 m^2:n suuruisesta ruudusta. Ruudut on rajoitettu varta vasten valmistettua neliönmuotoista puukehystä käyttäen määräetäisyyksin koealan lävistäjille. Samalla kun taimet luettiin, ne ryhmiteltiin edellä mainittuihin pituusluokkiin sekä puulajeittain.

Yksinkertaisin ja yleisimmin käytetty taimiston metsittämisarvoa kuvaava tunnus on taimiluku esim. m^2:iä tai hehtaaria kohden laskettuna. Taimiluvun antama kuva taimiston metsittämisarvosta on kuitenkin pahasti puutteellinen. Sen lisäksi kaivataan ennen kaikkea tietoja taimien alueellisesta jakaantumisesta eli niiden ryhmittymistavasta.

Ruutumenetelmää käytettäessä tarjoutuukin mahdollisuus tällaisen lisätunnuksen kehittämiseen. Laskemalla, monessako prosentissa tutkituista ruuduista on ollut taimia tai vaikkapa vain yksikin taimi, saadaan luku, joka taimiluvun rinnalla kuvaa taimiston tasaisuutta (vrt. Sarvas 1944 a, s. 41—42). Tätä prosenttilukua nimitetään seuraavassa taimiston ryhmittymisluvuksi.

Ryhmittymisluku on tietysti riippuvainen ruudun koosta; mitä suurempia ruutuja tutkitaan, sitä suurempi ryhmittymisluku saadaan ja kääntäen.

On kuitenkin selvää, etteivät mitkään taimistoa kuvaavat tunnukset sellaisenaan voi ratkaista taimiston metsittämisarvoa. Tunnukset vain kuvaavat kulloinkin tutkittavana olevaa taimistoa, mutta ratkaisua varten tarvitaan kriteeri, johon tutkimuskohteita voidaan verrata. Tällainen kriteeri saataneen parhaiten niistä taimiluvuista, joihin metsänviljelyksissä yleisimmin on päädytty. Kustannussyistä on näet metsänviljelyksiä suoritettaessa useimmiten käytetty niin pitkiä istutusvälejä tai kylvölaikkujen välejä kuin on suinkin pidetty mahdollisena tulevan puuston kehitystä vaarantamatta, toisin sanoen eräänlaisia vähimmäistaimilukuja. Esim. männylle on Etelä-Suomessa suoritettavia viljelyksiä varten suositeltu n. 5 000 tainta hehtaaria kohden (Heikinheimo 1944, s. 68). Kun Pohjois-Suomessa metsiköt yleensä ovat huomattavasti harvempia kuin Suomen eteläpuoliskossa, katsotaan seuraavassa sellainen tasainen taimisto, jossa on 3 000 tainta hehtaaria kohden, vielä tyydyttäväksi, mutta sitä vähemmän taimia sisältävät epätyydyttäviksi.

Kun käytetään 1 m^2:n suuruisia ruutuja, ryhmittymisluku on tasaisissa taimistoissa yhtä suuri kuin taimiluku hehtaaria kohden laskettuna jaettuna sadalla. Esim. kun taimiluku on 5 000 kpl./ha, ryhmittymisluku on 50, kun taimiluku on 4 000 kpl./ha, ryhmittymisluku on 40, jne. Epätasaisessa taimistossa ryhmittymisluku on pienempi kuin taimiluku jaettuna sadalla ja sitä suuremmassa määrässä, mitä epätasaisempi kyseessä oleva taimisto on. Toisaalta voidaan sanoa, että epätasaisen taimiston ryhmittymisluku kerrottuna sadalla ainakin joten kuten osoittaa, millaiseen tasaiseen taimistoon kyseessä oleva epätasainen taimisto lähinnä on metsittämisarvoltaan verrattava. Kun epätasaisessa taimistossa ryhmittymisluku on 50, se on siis metsittämisarvonsa puolesta lähinnä verrattava sellaiseen tasaiseen taimistoon, jossa on 5 000 kpl. taimia hehtaarin alalla, kun ryhmittymisluku on 40, se on verrattavissa tasaiseen taimistoon, jossa on 4 000 tainta/ha, jne. Otettaessa huomioon edellä tyydyttävän ja epätyydyttävän taimiston kriteeriksi asetettu raja voidaan siis sanoa, että sellaista epätasaista taimistoa, jossa ryhmittymisluku on yhtä suuri tai suurempi kuin 30, on tutkimusalueella pidettävä metsittämisarvoltaan tyydyttävänä, ja taimistoja, joissa ryhmittymisluku on pienempi, epätyydyttävinä.

Taulukko 7. Mittaustuloksia harsintametsiköiden taimistoista.

Table 7. Results of mensuration in seedling stands of selectively cut forests.

Koealan n:o *Sample plot, no.*	Mänty — *Pinus silvestris*					Kuusi — *Picea excelsa*					Koivu — *Betula spp.*					
	Taimiluku *Number of seedlings*				Ryhmittymisluku, % *Frequency figure, %*	Taimiluku *Number of seedlings*				Ryhmittymisluku, % *Frequency figure, %*	Taimiluku *Number of seedlings*				Vesaryhmiä, kpl./ha *Shoot groups per ha*	Ryhmittymisluku, % *Frequency figure, %*
	< 0.1 m	0.1-1.3 m	> 1.3 m	Yhteensä > 0.1 m *Together*		< 0.1 m	0.1-1.3 m	> 1.3 m	Yhteensä > 0.1 m *Together*		< 0.1 m	0.1-1.3 m	> 1.3 m	Yhteensä > 0.1 m *Together*		
	Kpl./ha — *Seedlings per ha*					Kpl./ha-*Seedlings per ha*					Kpl./ha-*Seedlings per ha*					
Varpu-jäkälätyyppi — *Ericaceae-Cladinae type*																
149	35 000	23 000	244	23 244	90	—	—	12	12	—	40	—	—	—	—	—
258	33 330	8 330	—	8 330	38	670	670	—	670	7	—	—	—	—	—	—
257	19 000	62 670	1 000	63 670	95	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
136	58 500	28 000	608	28 608	65	—	—	4	4	—	—	—	—	—	—	—
266	14 000	8 670	330	9 000	50	—	670	—	670	7	—	—	—	—	—	—
140	28 000	28 500	124	28 624	80	500	—	—	—	—	500	—	—	—	—	—
254	68 670	24 670	—	24 670	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
253	33 670	46 670	—	46 670	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
255	47 670	31 000	330	31 330	73	330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
250	2 000	7 670	330	8 000	30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
260	26 330	7 670	—	7 670	47	—	1 330	—	1 330	7	—	—	—	—	—	—
261	25 670	6 000	330	6 330	57	—	—	—	—	—	—	330	—	330	3	—
262	49 670	10 670	2 000	12 670	67	—	670	—	670	7	—	—	—	—	—	—
Keskimäärin — *Average*				22 986	65				258	2				25	—	—
Variksenmarja-mustikkatyyppi — *Empetrum-Myrtillus type*																
a. männiköt — *a. Scots pine stands*																
269	4 330	11 670	670	12 340	37	—	330	—	—	3	—	330	—	330	330	7
268	15 000	17 000	670	17 670	73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
278	670	1 330	330	1 660	17	—	1 670	330	2 000	13	—	—	—	—	—	—
265	16 300	13 000	—	13 000	43	—	670	—	670	7	—	—	—	—	—	—
133	3 500	5 500	96	5 596	30	—	1 000	—	1 000	10	—	—	—	—	—	—
252	14 670	7 000	4 000	11 000	43	—	1 330	—	1 330	13	—	330	—	330	—	3
251	20 000	11 330	5 000	16 330	73	2 000	2 330	—	2 330	23	—	—	—	—	—	—
Keskimäärin — *Average*				11 085	45				1 047	10				94	47	1
b. mänty-kuusisekametsiköt — *b. Scots pine - Norway spruce mixed stands*																
143	—	—	100	100	—	—	500	344	844	5	—	—	—	—	—	—
142	—	1 500	12	1 512	3	—	—	260	260	—	—	—	—	—	—	—
256	330	330	—	330	3	670	4 330	—	4 330	23	—	—	—	—	670	7
271	—	—	—	—	—	330	670	—	670	7	—	—	—	—	1 300	11
148	1 000	500	52	552	3	—	—	116	116	—	—	330	—	330	—	3
130	—	500	200	700	3	500	6 000	196	6 196	30	—	—	—	—	330	3
135	500	1 000	12	1 012	7	—	—	96	96	—	—	—	—	—	330	3
134	—	—	12	12	—	—	—	4	4	—	—	—	—	—	—	—
273	—	670	330	1 000	7	—	—	330	330	3	—	—	—	—	670	7
270	330	330	330	660	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
264	670	330	—	330	3	—	330	—	330	3	—	330	—	330	330	7
272	—	—	—	—	—	330	670	330	1 000	10	1 670	2 670	—	2 670	—	10
275	—	330	330	660	7	330	670	330	1 000	10	—	—	—	—	—	—
276	—	—	—	—	—	—	1 330	330	1 660	13	—	3 000	670	3 670	1 000	13
263	—	—	—	—	—	—	330	330	660	7	—	330	—	330	330	7
277	—	330	—	330	3	—	330	—	330	3	—	—	—	—	—	—
274	—	1 330	—	1 330	10	—	1 000	—	1 000	7	—	330	—	330	—	3
Keskimäärin — *Average*				502	3				1 107	7				451	292	4

Taimiin kohdistuneiden mittausten tulokset nähdään taulukosta 7. Siinä on taimet eritelty puulajeittain ja kunkin puulajin taimet edelleen pituusluokittain. Taimiluvut on laskettu hehtaaria kohden. Paitsi eri pituusluokkien taimilukuja on esitetty myös 0.1 m:iä suurempien taimien kokonaislukumäärä sekä samoin 0.1 m:iä suurempien taimien ryhmittymisluku. Kun sekä kokonaistaimiluvun että ryhmittymisluvun tarkoituksena tässä on ennen kaikkea kuvata taimiston metsittämisarvoa, ei niitä laskettaessa ole otettu huomioon taimiainesta. Taimiaines edustaa näet niin hentoa taimiston osaa, ettei sen voida katsoa vielä varmistaneen edes elämänsä ensi edellytyksiä.

Tarkasteltakoon ensiksi taimilukuja.

Varpu-jäkälätyypin harsintametsiköissä taimiluvut ovat erittäin suuria. Suurimmat luvut ovat 63 670 kpl. ja 46 670 kpl. 0.1 m:iä suurempia männyn taimia hehtaaria kohden, pienimmät 6 330 kpl. ja 7 670 kpl. Huomattakoon samalla, että viimeksi mainituissa tapauksissa taimiainesta on varsinaisen taimiston lisäksi runsaasti (25 670 kpl. ja 26 330 kpl.). Keskimäärin on 0.1 m:iä pitempiä männyn taimia nyt puheena olevan metsätyypin metsiköissä 22 986 kpl./ha ja sen lisäksi 0.1 m:iä pienempää taimiainesta keskimäärin 33 962 kpl./ha. Jo pelkästään taimilukuja tarkastellessa on ilmeistä, että useimmissa tämän metsätyypin harsintametsiköissä männyn taimia on riittävästi uuden puuston lähtökohdaksi.

Variksenmarja-mustikkatyypin harsintamänniköissä taimistot ovat jossakin määrin samantapaisia. Taimiluvut ovat vain kauttaaltaan melkoista pienempiä. Suurimmat luvut ovat 17 670 kpl. ja 16 330 kpl. hehtaaria kohden, pienimmät 1 660 kpl. ja 5 596 kpl. Keskimäärin on 0.1 m:iä pitempiä männyn taimia 11 085 kpl./ha ja sen lisäksi 0.1 m:iä pienempää taimiainesta keskimäärin 10 639 kpl./ha. Taimien riittävyys kyseessä olevien hakkuualojen metsittämiseen ei tämän alaryhmän metsiköissä ole enää niin selvää kuin edellisen metsätyypin kohdalla. Useissa tapauksissa ratkaisu riippuu taimistojen tasaisuudesta.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä taimistot ovat olennaisesti erilaisia kuin edellä kuvatuissa ryhmissä. Männyn taimiluvut ovat erittäin pieniä. Suurimmat luvut ovat vain 1 512 kpl. ja 1 330 kpl. taimia hehtaaria kohden ja pienimmät lähentelevät nollaa. Keskimäärin 0.1 m:iä pitempiä taimia on vain 502 kpl./ha ja sen lisäksi 0.1 m:iä pienempiä taimia keskimäärin 167 kpl./ha. Jo taimilukuja tarkastellessa käy näin ollen ilmeiseksi, että useimmilla tämän metsikkölajin hakkuualoilla männyn taimistot ovat aivan riittämättömiä uuden puuston aluksi.

Siirryttäköön tämän jälkeen ryhmittymislukujen tarkasteluun.

Varpu-jäkälätyypin metsiköissä 0.1 m:iä pitempien männyn taimien ryhmittymisluvut ovat huomattavan suuria. Suurin arvo, 95 %, lä-



Kuva 10. Varpu-jäkälätyypin harsintamännikkö. Taimia kaikkiaan 56 624 kpl./ha. Pelkosenniemi, Alaperä, koeala n:o 140. Valok. 21. 8. 1939 R. S.

Fig. 10. Selectively cut Scots pine stand of Ericaceae-Cladinae type. Total of seedlings 56 624 per ha. Pelkosenniemi, Alaperä, Sample Plot No. 140. Photo by author, Aug. 21, 1939.

henee suurinta mahdollista, ja sitä lähinnä suurimmat, 90 % ja 80 %, eivät ole paljoakaan pienempiä. Pienimmät ryhmittymisluvut ovat 30 % ja 38 %. Ryhmittymislukujen keskimääräksi saadaan tämän metsätyypin harsintametsiköissä 65 %. Näin siis ryhmittymislukujen tarkastelu yhä vahvistaa jo taimilukujen nojalla tehtyjä päätelmiä: varpujäkälätyypin harsintamänniköissä taimistot ovat jokseenkin säännöllisesti metsittämisarvoltaan vähintään tyydyttäviä.

Variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä ryhmittymisluvut ovat pienempiä. Kaksi suurinta arvoa on 73 %, pienimmät ovat 17 % ja 30 %.



Kuva 11. Varpu-jäkälätyypin harsintamännikkö. Vuotuinen keskimääräinen siemensato n. 85 siementä m²:iä kohden. Taimia kaikkiaan 87 108 kpl./ha. Kittilä, Alakylä, koeala n:o 136. Valok. 15. 8. 1939 R. S.

Fig. 11. Selectively cut Scots pine stand of Ericaceae-Cladinae type. Average annual seed crop approx. 85 seeds per sq. m. Total of seedlings 87 108 per ha. Kittilä, Alakylä, Sample Plot No. 136. Photo by author, Aug. 15, 1939.

Ryhmittymislukujen keskimäärä on 45 %. Ilmeisestikin männyn taimistot tämänkin alaryhmän metsiköissä useimmiten ovat metsittämisarvoltaan tyydyttäviä, mutta epätyydyttäviä on enemmän kuin varpu-jäkälätyypin metsiköissä.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköissä ryhmittymisluvut ovat olennaisesti pienempiä kuin molemmissa edellä tarkastetuissa ryhmissä. Suurimmat arvot ovat 10 % ja 7 % ja pienimmät nollia. Ryhmittymislukujen keskimäärä on vain 3 %. Ilmeistä on, kuten jo taimilukujenkin nojalla saatettiin päätellä, että männyn taimistot ovat variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköissä jokseenkin poikkeuksetta metsittämisarvoltaan epätyydyttäviä.

Kuva harsintametsiköiden taimistoista jäisi kuitenkin puutteelliseksi, ellei kiinnitettäisi huomiota myös muiden puulajien kuin männyn taimiin. Näistä sekapuulajeina pidettävistä taimistakin saadaan numerotietoja taulukosta 7. Seuraavassa tarkastellaan vain 0.1 m:iä pitempiä taimia.

Varpu-jäkälätyypin metsiköissä sekapuulajien taimia on, varsinkin pääpuulajin taimistoihin verrattuna, varsin vähän. Kuusen taimia on



Kuva 12. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsikkö. Männyn taimia kaikkiaan 700 kpl./ha. Kolari, Sieppijärvi, koeala n:o 130. Valok. 8. 8. 1939 R. S.

Fig. 12. Selectively cut Scots pine - Norway spruce stand of Empetrum-Myrtillus type. Total of pine seedlings 700 per ha. Kolari, Sieppijärvi, Sample Plot No. 130. Photo by author, Aug. 8, 1939.

keskimäärin 258 kpl./ha ja rauduskoivun 25 kpl./ha. Kun muistetaan, että suurempikin puusto on jokseenkin puhdasta mäntyä ja että hakkuissa on poistettu miltei yksinomaan vain mäntyä, on selvää, että varpujäkälätyypin harsintamänniköissä puulajisuhteissa ei harsinnan johdosta synny tuntuvia muutoksia. Kuten aikaisemminkin jo on huomautettu, on tämä pantava näiden metsien hoidon kannalta tyydytyksellä merkille. Itse asiassa se, ettei kuusi tunkeudu tälle metsätyypille huomattavassa määrässä männyn kilpailijaksi, on nähtävästi eräs tärkeä syy männyn hyvään uudistumiseen.

Variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä sekapuulajien taimia on enemmän. Kuusen taimia on keskimäärin 1 047 kpl./ha ja koivun siementaimia 94 sekä vesaryhmiä 47 kpl./ha. Sinänsä nämä taimiluvut ovat suhteellisen pieniä, mutta on huomattava, että ne metsiköt, joissa sekapuulajeja on ollut runsaasti, onkin suurimmaksi osaksi merkitty seuraavaan alaryhmään.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköissä sekapuulajien taimia on männyn taimiin verrattuna runsaasti. Kuusen taimia on useissa tapauksissa enemmän kuin männyn taimia ja koivukin ylittää



Kuva 13. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsikkö. Männyn siemenen vuotuinen keskimääräinen sato n. 6 siementä m²:iä kohden, männyn taimia kaikkiaan n. 1 000 kpl./ha. Kittilä, kk., koeala n:o 270. Valok. 15. 9. 1948 R. S.

Fig. 13. Selectively cut Scots' pine - Norway spruce stand of Empetrum-Myrtillus type. Average annual crop of pine seed approx. 6 seeds per sq. m, total of pine seedlings approx. 1 000 per ha. Kittilä, Church Village, Sample Plot No. 270. Photo by author, Sept. 15, 1948.

eräillä koealoilla taimiluvussa männyn. Suurimmat kuusen taimiluvut ovat 6 196 kpl. ja 4 330 kpl. taimia hehtaaria kohden. Keskimäärin kuusen taimia on 1 107 kpl./ha, siis jokseenkin kaksi kertaa niin paljon kuin männyn taimia. Kuusen taimien suurimmat ryhmittymisluvut ovat 30 % ja 23 %; ryhmittymislukujen keskimäärä on 7 %, sekin suunnilleen kaksi kertaa niin suuri kuin männyn taimien. Näistä kuusen taimistoja kuvaavista tunnuksista nähdään, että kuusi uudistuu nyt puheena olevassa metsikkölajissa runsaammassa määrässä kuin mänty. Metsiköiden tulevaa kehitystä silmällä pitäen tämä merkitsee sitä, että variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköt joutuvat tulevaisuudessa yhä täydellisemmin kuusen haltuun. Ja kun toisaalta otetaan huomioon, että nyt puheena olevaa kehitystä ilmeisestikin on tapahtunut menneisyydessäkin jo pitkälti taaksepäin, on selvää, että juuri harsintahakkuiden aiheuttamat nurinkuriset uudistumissuhteet ovat useasti syynä nyt puheena olevan metsikkölajin syntymiseen. Kun mänty puhtaissa variksenmarja-mustikkatyypin harsintamänniköissä uudistuu suhteellisen hyvin, on ilmeistä, että männyn huono uudistuminen mänty-kuusiharsintametsiköissä johtuukin suureksi osaksi juuri

kuusen taholta mäntyyn kohdistuvasta kilpailusta. — Koivunkin taimia on variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköissä enemmän kuin molemmissa edellä tarkastetuissa ryhmissä. Taimet ovat suurimmaksi osaksi hieskoivua. Suurimmat siementaimien luvut ovat 3 670 kpl. ja 2 670 kpl. hehtaaria kohden; keskimäärin siementaimia on 451 kpl./ha. Tämän lisäksi on melkoisesti vesoja, jotka ovat jokseenkin yksinomaan hieskoivua. Suurimmat vesaryhmien luvut ovat 1 300 kpl. ja 1 000 kpl. ha:ia kohden. Keskimäärin vesaryhmiä on 292 kpl./ha.

Se kuva, joka edellä on hahmoteltu Perä-Pohjolan kuivilla kankailla kasvavien metsien uudistumisesta, perustuu tietysti olennaisesti tässä tutkimuksessa kerättyyn aineistoon. Ne rajoitukset, jotka koskevat itse aineistoa, merkitsevät tämän vuoksi rajoituksia myös tuloksissa. Varsinkin kaksi varausta näyttää sen vuoksi tässä aiheellisilta. Tutkimusaineiston kokoonpanoa selitettäessä mainittiin, että varpu-jäkälätyyppi, johon luetaan erilaisia runsaan varpu- ja jäkäläkasvillisuuden luonnehtimia alatyyppejä, on tutkimusaineistossa edustanut Perä-Pohjolan varsinaisia kuivia kankaita. Kaikkein laihimmalla, jäkälätyypin kankailla, männyn luontaisen uudistumisen edellytykset silmävaraisten havaintojen mukaan kuitenkin ovat selvästi huonommat kuin varpu-jäkälätyypillä. Aikaisemmin on myös jo huomautettu, että useimmat tämän tutkimuksen koealat on sijoitettu keskikorkeilla mailla kasvaviin metsikköihin. Suurien vaarojen lakiosissa ja vaarojen pohjoisrinteillä männyn luontaisen uudistumisen edellytykset ovat ilmeisesti kauttaaltaan huonommat kuin nyt tarkastetuissa metsiköissä. Tähän viittaavat mm. Holmbäckin (1932, s. 165) ja Enerothin (1934, s. 59) Ruotsin pohjoisosassa suorittamat tutkimukset.

Tässä on syytä tarkastella myös eräiden aikaisempien Perä-Pohjolan metsien uudistumista selvittelevien tutkimusten tuloksia.

Aaltosen (1919) laajasta Lapin kangasmetsien uudistumissuhteita selvittelevästä tutkimuksesta saadaan yksityiskohtainen kuva lähinnä luonnontilaisissa männiköissä tavattavista taimistoista. Tutkimustuloksista käy ilmi, että syystä tai toisesta harvoissa tai harvaksi käyneissä kuivien kankaiden männiköissä on yleisesti verrattain runsaasti männyn taimia (s. 108 ja 117). Esim. yleiskoealojen ruuduista oli vain 35.6 %:ssa epätyydyttäväksi arvosteltu taimisto. Keskimäärin taimia oli erikoisen taimitilaston mukaan (s. 112 ja 127) n. 9 000 kpl./ha. Taimien laatu oli hyvä. Samalla kun Aaltonen keräsi tutkimusaineistoa valtionmetsistä, hän saattoi lisäksi matkojen varrella panna merkille (s. 225), että kylien ja yleensä ihmisasuntojen lähistöllä olevissa harvoissa nuorissa ja keski-ikäisissä metsissä, joista jo pitkähkön aikaa oli hakattu sekä kotitarve- että myyntipuuta, esiintyi silmäänpistävän runsaasti hyväkasvuista männyn taimistoa. Aaltonen päätyykin myöntei-

seen käsitykseen Perä-Pohjolan kuivien kankaiden männiköiden uudistumissuhteista ja mainitsee (s. 152), ettei näiden metsien luontainen uudistuminen suinkaan ole mahdotonta eikä edes kovin vaikeata. »Ei siis voida nähdä metsien uudistumisessa muuta erikoista vaikeutta, kuin että se tapahtuu hitaasti» (s. 153). Hän olettaa lisäksi, että metsien joutuessa järkiperäisen hoidon alaisiksi uudistumismahdollisuudet yhä paranevat.

Lassila (1920) on tutkiessaan Perä-Pohjolan mäntymetsien syntyä ja uudistumista tullut samantapaiseen myönteiseen lopputulokseen näiden metsien uudistumissuhteista kuin Aaltonenkin. Hän mainitsee mm. (s. 80), että melkein kaikilla hänen näkemillään vanhanlaisilla hakkuualoilla on ollut »mukiinmenevä taimisto». Lassila (s. 77) on lisäksi todennut, että laihemmilla mailla taimien lukumäärä on suurempi kuin lihavammilla, ja hän päätteleekin, että juuri kuivimmilla mailla saadaan luonnon uudistusta käytettäessä varmemmin syntymään taimisto kuin tuoreemmilla.

Aaltosen ja Lassilan tutkimukset ovat kohdistuneet kutakuinkin puhtaisiin männikköihin. Tikka (1928) sitä vastoin on valinnut tutkimuskohteekseen enemmän tai vähemmän kuusettuneita kuivia kankaita, joista osalla puusto on ollut luonnontilaista, osalla hakkuilla käsiteltyä. Tikan tulosyhdistelmästä (taulukko 15) näkyy, että näissä metsiköissä on männyn taimia ollut varsin niukasti. Männyn ohella on tavattu kuusen taimia, tosin niukasti niitäkin, mutta kuitenkin riittävästi kyseessä olevien alueiden jatkuvaan kuusettumiseen.

Räsänen (1939) on metsänhoitajien jatkokursseilla esittänyt käytännönmiehen kokemuksia ja näkemyksiä Perä-Pohjolan valtionmetsien uudistumisesta. Hän mainitsee mm., että kuivilla kankailla tavataan hakkuiden johdosta harventuneiden emometsien alla usein runsaasti pientä männyn taimistoa ja että tällaiset metsät varsinaisen uudistushakkuun yhteydessä uudistuvat helposti. Mikäli taimistoa ei ole jo ennen lopullista paljastavaa hakkuuta, saadaan sitä tavallisesti odottaa kauan.

Perä-Pohjolan alueeseen lännestä liittyvässä Ruotsin Norrbottenin läänissä suoritetuista männyn uudistumista koskevista tutkimuksista on Kallinin (1926) ensimmäisiä. Kallin on kiinnittänyt huomiota mm. harsintametsien uudistumissuhteisiin. Hänen tutkimuksestaan nähdään (s. 160—161), että jäkälää ja varpuja runsaasti kasvavilla kankailla on ollut runsaasti pientä männyn taimistoa. Useissa tapauksissa harsintahakkuut eivät kuitenkaan olleet kyenneet vapauttamaan näitä kitutaimistoja riittävästi. Varsinaisilla jäkäläkankailla männyn uudistuminen sitä vastoin näytti hyvin vaikealta. Holmbäck (1932) on tutkinut metsien uudistumissuhteita erityisesti juuri Suomen Perä-Pohjolaa vastaavassa Pohjois-Ruotsin osassa. Tutkimustuloksista näkyy,

että taimia on kuivilla kankailla tavattu erittäin runsaasti; keskimäärin taimiluvut ovat vielä paljon suurempia kuin tässä tutkimuksessa lasketut. Esim. *Vaccinium-Cladonia*-tyypin koealoilla on taimia luettu keskimäärin 39 800 kpl./ha korkeimman rannan yläpuolella ja 71 050 kpl./ha korkeimman rannan alapuolella. *Vaccinium-Myrtillus-Cladina*-tyypiltä vastaavat luvut ovat 30 500 ja 45 900 kpl./ha ja kuivalta *Vaccinium*-tyypiltä 25 600 ja 36 500 kpl./ha. Wretlind (1931 ja 1934) on tutkinut männyn uudistumista Malån hoitoalueessa, joka sijaitsee n. 65. leveysasteen paikkeilla Pohjois-Ruotsissa, siis huomattavasti etelämpänä tämän tutkimuksen aluetta. Hänkin on todennut, että kuivilla kankailla yleensä tavataan runsaasti männyn taimia. Samaan tulokseen on tullut myös Eneroth (1934). Myöhemmistä tutkimuksista mainittakoon Holmbäckin ja Malmströmin (1948) suorittama, jossa selvitellään erilaisten maanparannusmenetelmien vaikutusta kuivien kankaiden taimettumiskuntoon. Tästäkin tutkimuksesta käy ilmi (esim. s. 1 ja 11), että sanotunlaisilla kasvupaikoilla tavataan Ruotsin »Perä-Pohjolassa» runsaasti männyn taimia. Myös Arnborg (1946) mainitsee kuvaillessaan Mudduksen kansallispuiston metsiä, että kuivilla kankailla tavataan runsaasti männyn taimia. Onpa hän lukenut jopa n. 80 000 tainta hehtaaria kohden — tosin vain 10 × 15 m:n suuruiselta koealalta.

Aikaisempiin Perä-Pohjolan kuivien kankaiden uudistumissuhteita selvitteleviin tutkimuksiin tutustuttaessa voidaan siis niissä kohdin, missä vertailu on mahdollista, todeta tuloksissa useissa paikoin suurta yhdenmukaisuutta tämän tutkimuksen tulosten kanssa.

Uudistumisaika.

Arvosteltaessa jonkin uudistumistapahtuman metsänhoidollista onnistuneisuutta eivät tarkatkaan tiedot taimien lukumäärästä ja niiden ryhmittymistavasta yleensä riitä, vaan tämän lisäksi tarvitaan tietoja siitä, kuinka kauan paljastavasta hakkuusta on kulunut metsittämisarvoltaan tyydyttävän taimiston syntymiseen. Tätä aikaa nimitetään seuraavassa uudistumisajaksi. Paljastavalla hakkuulla tarkoitetaan tässä hakkuuta, jossa ratkaisevasti siirrytään metsikön kasvatusvaiheesta sen uudistamisvaiheeseen ja jonka jälkeen päällyspuusto jää niin harvaksi, että pääpuulajin taimet voivat muodostaa metsittämisarvoltaan tyydyttävän taimiston sen alle.

Kun harsintahakkuut edustavat sellaista metsän käsittelyä, jossa ei voida tehdä selvää eroa kasvatusvaiheen ja uudistamisvaiheen välillä, on selvää, että edellä mainittujen käsitteiden soveltaminen on niiden kohdalla vaikeata. Aikaisemmin on kuitenkin jo todettu, että kaikki nyt tutkitut metsiköt ovat niin vähäpuisia, että ne kaiken kohtuuden

mukaan olisi uudistettava, mitä pikemmin sen parempi. Voidaan näin ollen katsoa, että kaikkien tutkimusmetsiköiden kohdalla paljastava hakkuu jo on tapahtunut. Hakkuita koskevien selvittelyjen pohjalla taas on useimmissa tapauksissa ollut mahdollista määrittää se hakkuu, jonka johdosta metsikkö on tällaiseen tilaan lopullisesti joutunut. Milloin hakkuut ovat olleet lieviä ja toistuneet lyhyin väliajoin, tämä on ollut paljon vaikeampaa, ja ratkaisu on näissä tapauksissa jäänyt melkoisen subjektiiviseksi.

Mikäli uudistusalalle ei ole noussut metsittämisarvoltaan tyydyttävää taimistoa, ei uudistumisajasta tietenkään voida puhua lainkaan tai enintään voidaan sanoa, että se yhä jatkuu. Kun kaikki variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköt kuuluvat tähän ryhmään, kohdistuu seuraava uudistumisajan tarkastelu vain varpu-jäkälätyypin ja variksenmarja-mustikkatyypin männikköihin.

Uudistumisajan pituudesta näissä metsiköissä saadaan käsitys tarkastelemalla taimien jakaantumista syntymävuosiin, mikä nähdään taulukosta 6, s. 52. Kuten jo aikaisemmin mainittiin, on kuhunkin ikäluokkasarjaan merkitty paljastavan hakkuun vuosi painamalla vastaava taimiluku lihavalla. Ikäluokkasarjoja tarkasteltaessa kiinnittää huomiota niiden pituus, toisin sanoen se, että taimistot ovat syntyneet huomattavan pitkän ajanjakson kuluessa. Tällainen taimistojen ikäluokkasarjojen rakenne näyttää olevan yleensäkin ominainen harsintametsiköille; esim. Suomen eteläpuoliskon harsintamänniköissä taimien jakaantuminen syntymävuosiin on myös pitkä (Sarvas 1944 a, s. 112—113), ja samanlaista ikäluokkasarjojen rakennetta tavataan varsin usein metsänhoidolliset vaatimuksetkin täyttävillä männyn uudistusaloilla (Sarvas 1949 b, s. 28). Näyttää kuitenkin siltä, että Perä-Pohjolassa on olemassa aivan erityiset luontaiset edellytykset tällaisten varsin eri-ikäisten taimistojen syntymiselle. Metsät ovat yleensä harvoja, ja sen tähden niissä on paljon taimia jo ennen kuin varsinainen paljastava hakkuu on tapahtunutkaan. Tämä tärkeä ja erityisesti Perä-Pohjolan männiköille ominainen piirre nähdään selvästi taulukosta 6. Kun taimet nyt puheena olevilla karuilla kasvupaikoilla kasvavat hyvin hitaasti, ennättää lisäksi suhteellisen moni ikäluokka osallistua taimistoon, ennen kuin taimisto sulkeutuu, ja uusien taimien nouseminen tämän vuoksi käy vaikeaksi. Uudistusmisaika näyttää eri tutkimusmetsiköissä olleen varsin erilainen. Edellä on jo kiinnitetty huomiota siihen, että useissa metsiköissä taimia on runsaasti jo ennen kuin lopullisesti paljastavaa hakkuuta on suoritettukaan, useissa jopa riittävästi uuden puusukupolven aluksi. Näissä metsiköissä uudistumisaika siis on mahdollisimman lyhyt, mikäli siitä voidaan lainkaan puhua. Tällaisia metsiköitä on kaikkiaan n. 37 % tutkittujen harsintamänniköiden koko lukumäärästä. Enintään 10 vuotta on paljastavasta hakkuusta kulunut metsittämisarvoltaan tyydyttävän

taimiston syntymiseen n. 26 %:ssa ja yli 10 vuotta n. 37 %:ssa tämän ryhmän tutkimusmetsiköistä. Useimmissa tapauksissa männyn uudistuminen on siis tapahtunut metsänhoidollisesti katsoen tyydyttävän ajan kuluessa. Kun muistetaan, että männyn luontainen uudistaminen esim. Etelä-Suomessa tuottaa metsänhoidollisesti käsitellyilläkin uudistusaloilla vaikeuksia, on niiden metsiköiden määrää, joissa metsittämisarvoltaan tyydyttävän taimiston syntymiseen on kulunut yli 10 vuotta, pidettävä pikemminkin vähäisenä kuin suurena.

Ottaen huomioon ne vaikeudet, joita uudistumisajan käsitteen soveltaminen harsintametsiköissä tuottaa ja joihin edellä jo on kiinnitetty huomiota, ei tässä ole syytä lähteä yksityiskohtaisempaan tarkasteluun. Edellä esitetyn nojalla voidaan kuitenkin päätellä, että Perä-Pohjolan kuivien kankaiden harsintamänniköt useissa, ehkä useimmissa tapauksissa, uudistuvat metsänhoidollisesti katsoen tyydyttävän lyhyen ajan kuluessa.

Tulosten tarkastelua.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on otettu selviteltäväksi, miten harsimalla hakatut yksityismetsät uudistuvat Perä-Pohjolassa. Tutkimus on rajoitettu kuiville kankaille, joiden osuus kaikista kovan maan kasvullisista metsämaista Yrjö Ilvessalon (1942, taulukko 9, s. 264) mukaan Perä-Pohjolassa on 73 %. Tutkimuksen ulkopuolelle on kuitenkin jätetty suhteellisen vähän merkitsevinä kaikkein kuivimmat kankaat (jäkälätyyppi). Tutkimusmetsiköt sijaitsevat n. 150—450 metrin korkeudella meren pinnasta lukien.

Perä-Pohjolan harsintametsiköt voidaan jakaa muutamaan harvaan metsälaatuun, jotka taksatorisesti tosin ovat epäyhtenäisiä, mutta metsänhoidollisesti muodostavat verrattain kiinteitä kokonaisuuksia. Varsinaisilla kuivilla kankailla, joita tutkimusaineistossa edustaa varpujäkälätyyppi, on puhdas männikkö tärkein ja itse asiassa ainoa merkittävä metsikkölaji. Ns. kuivanpuoleisilla kankailla, joita tutkimusaineistossa edustaa variksenmarja-mustikkatyyppi, puulajisuhteissa on enemmän vaihtelua. Tällä metsätyypillä on erotettu puhtaiden männiköiden ryhmä ja mänty-kuusisekametsiköiden ryhmä, jotka luonnossa tosin usein liittyvät monin väliastein toisiinsa. Varsinkin tutkimusalueen pohjoisosassa hieskoivua tavataan harsintametsiköissä runsaasti ja erityisten koivuvaltaisten tai ainakin runsaasti koivua sisältävien metsikkölajien erottaminen on tarpeellista. Kun käsillä oleva tutkimus kuitenkin on pääosaltaan kohdistunut vain keskiseen Perä-Pohjolaan, on nämä metsikkölajit tässä sivuutettu.

Tässä yhteydessä on mielenkiintoista todeta suuri yhdenmukaisuus metsälaaduissa Pohjois-Suomen ja Etelä-Suomen harsintametsiköiden välillä. Etelä-Suomessa on kanervatyyppi tärkein varsinaisten kuivien kankaiden metsätyyppi ja kanervatyypin harsintametsiköissä ovat puhtaat männiköt miltei yksinvallitsevia (Sarvas 1944 a, s. 64). Kuivanpuoleisiin kankaisiin luetaan Etelä-Suomessa vain puolukkatyyppi; tällä metsätyypillä ovat puhtaiden männiköiden ja mänty-kuusisekametsiköiden metsikkölajit tärkeimmät — aivan vastaavasti kuin Pohjois-Suomen variksenmarja-mustikkatyypillä.

Puuston tilaa ei tutkittavaksi otetuissa harsintametsiköissä ole selvitetty tarkempaan, kuin mitä on pidetty uudistumistapahtuman ymmärtä-

misen kannalta välttämättömänä. Puusto on kaikissa tutkimusmetsiköissä ollut huomattavan vanhaa; sekä varpu-jäkälätyypin että variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä ikä on yleisimmin ollut n. 150 vuoden paikkeilla. Puuston kuutiomäärä on varpu-jäkälätyypin metsiköissä ollut keskimäärin 19 m^3/ha, variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 38 m^3/ha ja variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä 31 m^3/ha. Puuston latvusala on varpu-jäkälätyypin metsiköissä ollut keskimäärin 0.09 ja variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä 0.17 koko kasvualasta. Sekä puuston vähäinen kuutiomäärä että sen pieni latvusala osoittavat, että tutkittavaksi otetut metsiköt todella ovat sellaisia harvaksi harsittuja jäännöspuustoja, jotka kaiken kohtuuden mukaan olisi uudistettava, mitä pikemmin sen parempi.

Tutkimusmetsiköiden uudistumista selviteltäessä on kiinnitetty huomiota hakkuualojen siementymiseen, uudistumisvuosiin, hakkuualoille nousseiden taimistojen metsittämisarvoon ja uudistumisaikaan.

Harsintametsiköiden siemennyskykyä on tutkittu selvittämällä maahan varisseiden käpyjen määrä. Saadut tulokset osoittavat, että männyn siemensato on kuivien kankaiden harsintamänniköissä yllättävän suuri. Varpu-jäkälätyypin männiköissä on vuotuisen siemensadon keskimääräksi saatu 43 siementä m^2:iä kohden ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä 30 siementä m^2:iä kohden (lajittelematonta siementä). Vertailun vuoksi mainittakoon, että Etelä-Suomessa on männyn vuotuinen keskimääräinen siemensato kanervatyypin siemenpuualoilla arvioitu n. 19 siemeneksi m^2:iä kohden ja puolukkatyypin siemenpuualoilla n. 49 siemeneksi m^2:iä kohden (samoin lajittelematonta siementä). Kun tässä tutkitut harsintametsiköt siementävän puuston vajavaisuuden vuoksi eivät ilmeisestikään edusta Perä-Pohjolan parassatoisia metsiköitä, kuten siemenpuustot metsänhoidollisesti hakatuilla uudistusaloilla Etelä-Suomessa, on selvää, että Perä-Pohjolan männyn siementämiskykyä on pidettävä varsin hyvänä ja mahdollisesti eräissä tapauksissa parempanakin kuin eteläsuomalaisen männyn.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköissä männyn siemennys on ollut paljon pienempi, keskimäärin n. 8 siementä vuosittain m^2:iä kohden. Tämä onkin hyvin ymmärrettävissä, koska useissa metsiköissä mäntyä on ollut vain nimeksi.

Siemenen huonosta keskimääräisestä laadusta kuitenkin johtuu, että männyn siemennyksen todellinen teho on paljon vähäisempi kuin suhteellisen suurien satolukujen osoittama. Siemenen keskimääräisen itävyyden voidaan arvioida olevan keskikorkeilla mailla n. 33 %. Niinpä onkin itämiskykyisen siemenen vuotuinen keskimääräinen sato varpu-jäkälätyypin männiköissä »vain» n. 14 siementä m^2:iä kohden ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä n. 10 siementä m^2:iä kohden. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä voidaan vuo-

tuinen keskimääräinen sato arvioida n. 3 itämiskykyisekseksi siemeneksi m^2:iä kohden.

Arvosteltaessa siemensadon riittävyyttä tarkasteltavana olevien harsintametsiköiden uudistumista silmällä pitäen voidaan sanoa, että varpujäkälätyypin ja variksenmarja-mustikkatyypin männiköissä männyn siemennys on siksi runsas, että se tarjoaa tyydyttävät edellytykset männyn luontaiselle uudistumiselle. Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä sitä vastoin siemennys on niin vähäinen, että vain joitakin poikkeustapauksia lukuun ottamatta männyn uudistumisen jo tästä syystä täytyy olla puutteellista ja hidasta.

Kuusen ja koivun siemennyksen tutkiminen on käsillä olevassa työssä jäänyt mäntyä vähemmälle.

Kuusen siemennys on osoittautunut varsin vähäiseksi. Vieläpä variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä, joissa kuusta on eniten, kuusen siemennyksen määrä on varsin niukka, ja itämiskykyistä siementä tuskin varisee maahan sanottavasti enempää kuin itämiskykyistä männynkään siementä. Ilmeisesti kuusen tunkeutuminen kuiville kankaille ei Perä-Pohjolassa ole ainakaan tehokkaan siemennyksen ansiota.

Koivun siemennys sitä vastoin näyttää suhteellisen runsaalta. Kuivien kankaiden männiköissä rauduskoivu kylvää hieskoivua runsaammin, mutta mänty-kuusisekametsiköissä suhde on päinvastainen. Kun hieskoivun siemen Pohjois-Suomessa yleensä on paremmin itävää kuin rauduskoivun, hieskoivun siemennyksen tehokkuus rauduskoivuun verrattuna on suurempi kuin pelkästään siementävien puiden lukumäärän perusteella arvioituna.

Uudistumisvuosien tarkastelussa on todettu, että tärkein taimistoja uhkaavista ilmastollisista vaaroista on kuivumisen vaara. Ilmaston kosteus on ennen muuta riippuvainen sademäärästä ja lämpötilasta. Näiden tekijöiden yhteisvaikutusta on kuvattu, kuten eräissä aikaisemmissakin tutkimuksissa, niiden suhteella, jota on nimitetty kosteus- eli humidisuusluvuksi. Taimien kuivumisen kannalta on kesä—elokuun kosteussuhteilla ratkaiseva merkitys. Perä-Pohjolaa edustavassa Sodankylässä kesä—elokuun humidisuusluku on vuosien 1908—1949 keskimääränä laskettuna 15.3 ja Suomen eteläpuoliskoa edustavalla Tampereella samojen vuosien keskimääränä 12.3. Verrattain manteerellisessa Perä-Pohjolan ilmastossa kesä siis on kosteampi kuin merellisemmässä Etelä-Suomessa. Tämä on huomattavan myönteinen tekijä uudistumistapahtumassa. Itse uudistumisvuosien tarkastelu on suoritettu taimistojen ikäluokkasarjoja tutkimalla. Niistä nähdään, että uudistumista tapahtuu miltei kaikkina vuosina, vain kaikkein kuivimpia lukuun ottamatta. Esim. vertailu Perä-Pohjolan varpu-jäkälätyypin ja Etelä-Suomen kanervatyypin uudistusalojen välillä osoittaa, että kanervatyypillä männyn uudistuminen kes-

kittyy selvemmin keskinkertaista kosteampiin kesäkausiin kuin varpu-jäkälätyypillä. Taimistojen ikäluokkasarjojenkin tarkastelu vahvistaa siis sitä käsitystä, että männyn uudistuminen tapahtuu Perä-Pohjolassa suotuisammissa ilmastollisissa oloissa kuin Etelä-Suomessa.

Taimistojen metsittämisarvoa on tutkittu ruutumenetelmällä. Tällä menetelmällä on se etu, että taimen lukumäärän lisäksi saadaan tietoja taimien alueellisesta jakaantumisesta eli niiden ryhmittymistavasta. Laskemalla, monessako prosentissa tutkituista ruuduista on tavattu taimia, saadaan luku, joka melkoisesti kuvaa taimiston tasaisuutta. Tätä lukua on nimitetty taimiston ryhmittymisluvuksi.

Varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä taimiluvut ovat olleet erittäin suuria. Suurimmat luvut ovat 63 670 kpl. ja 46 670 kpl. 0.1 m:iä suurempia taimia, minkä lisäksi samoissa metsiköissä on ollut pienempiä taimia 19 000 kpl. ja 33 670 kpl. Keskimäärin on 0.1 m:iä pitempiä männyn taimia nyt puheena olevissa metsiköissä 22 986 kpl./ha ja sen lisäksi 0.1 m:iä pienempää taimiainesta keskimäärin 33 962 kpl./ha. Jo pelkästään taimilukuja tarkastellessa ilmenee, että useimmissa tämän metsätyypin harsintametsiköissä männyn taimia on riittävästi uuden puuston lähtökohdaksi. Itse asiassa tässä esitetyt taimiluvut ovat suurimpia, mitä ylipäänsä on Suomen metsistä mitattu ja julkaistu. Myös ryhmittymisluvut ovat varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä olleet huomattavan suuria. Suurimmat arvot, 95 % ja 90 %, lähentelevät suurinta ylipäänsä mahdollista. Ryhmittymislukujen keskimääräksi on saatu 65 %. Näin siis ryhmittymislukujen tarkastelu yhä vahvistaa sitä myönteistä kuvaa, mikä saadaan jo taimilukujen perusteella. — Tässä on syytä palauttaa mieleen eräitä jo aiemmin esitetyistä tutkimustuloksista, joiden yhteisvaikutuksesta tässä todettu taimistojen hyvä metsittämisarvo nähtävästi suureksi osaksi johtuu. Männyn itämiskelpoisen siemenen sato on nyt puheena olevissa metsiköissä todettu varsin tyydyttäväksi. Pintakasvillisuus on esim. Suomen eteläpuoliskon kanervatyyppiin verrattuna suhteellisen niukkaa, ja humuskerros on ohuehko. Lisäksi juuri nyt puheena olevien varsinaisten kuivien kankaiden kohdalla, joilla pienien taimien kuivumisen vaara yleensä on uudistumisen minimitekijä, on muistettava, että Perä-Pohjolassa kesät ovat yleensä, vain joitakin poikkeuksellisen kuivia lukuun ottamatta, kosteussuhteiltaan suotuisia männyn uudistumiselle.

Kun Perä-Pohjolassa varsinkin 1930-luvulla useat kesät olivat poikkeuksellisen lämpimiä, ja kun muutenkin tällä vuosisadalla on voitu havaita ilmaston muuttumista lämpimämmäksi maassamme (K e r ä n e n 1946), herää kysymys, johtuvatko tässä männyn uudistumistapahtumasta saadut myönteiset tulokset mahdollisesti tästä ilmastollisesti suotuisasta ajanjaksosta ja onko niitä sen vuoksi pidettävä tilapäisinä. Kun ilmaston lämpötilan muutokset tuntuvat herkimmin männyn siemenen tuleen-

tumisessa, on syytä ensin tarkastella sitä. Aikaisemmin on nähty, että männyllä on tutkimusalueella ollut sellaisia hyviä siemenvuosia, jolloin siemen myös nähtävästi on tuleentunut käyttökelpoiseksi, viime 40 vuoden kuluessa keskimäärin n. 7 vuoden väliajoin. Näiden siemenvuosien jakaantumisessa ei voida havaita ryhmittymistä edellä mainittuun 1930-luvun »lämpökauteen», vaan niitä näyttää muodostuneen suunnilleen yhtä runsaasti aikaisemminkin. Selvää kuitenkin on, että ilmaston lämpeneminen ajan mittaan merkitsee yhä runsaampia satoja itämiskykyistä siementä, vaikka se sattumalta ei vielä näytä päässeen sanottavasti vaikuttamaan. Taimistojen ikäluokkasarjoista taas nähdään, että pääosa niistä taimistoista, joihin tässä tutkimuksessa tehdyt päätelmät nojaavat, on syntynyt ennen mainittua lämpökautta. Voidaan myös nähdä, että jo niissä monissa tutkimuksissa, joissa tämän vuosisadan toisella vuosikymmenellä selviteltiin Perä-Pohjolan kuivien kankaiden männiköiden biologiaa, näiden metsien uudistuminen todettiin tyydyttäväksi.

Variksenmarja-mustikkatyypin harsintamänniköissä taimistot ovat melkoisesti samantapaisia kuin varpu-jäkälätyypilläkin. Taimiluvut tosin ovat pienempiä. Keskimäärin on 0.1 m:iä pitempiä männyn taimia 11 085 kpl./ha ja sen lisäksi pienempää taimiainesta keskimäärin 10 639 kpl./ha. Taimien riittävyys pelkästään taimilukujen perusteella arvosteltuna ei enää ole niin selvä kuin edellä. Ryhmittymislukujen keskimäärä on 45 %. Pienimmät ryhmittymisluvut ovat 17 % js 30 %. Ilmeisestikin männyn taimistot tämänkin alaryhmän metsiköissä useimmiten ovat metsittämisarvoltaan tyydyttäviä.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusisekametsiköissä taimistot sitä vastoin ovat olennaisesti erilaisia kuin edellä kuvatuissa ryhmissä. Männyn taimiluvut ovat erittäin pieniä. Suurimmat nyt mitatuista taimiluvuista ovat vain 1 512 kpl./ha ja 1 330 kpl./ha. Keskimäärin 0.1 m:iä pitempiä taimia on vain 502 kpl./ha ja sen lisäksi pienempiä taimia keskimäärin 167 kpl./ha. Jo taimilukuja tarkastellessa käy selville, että useimmat taimistot ovat aivan riittämättömiä uuden puuston aluksi. Ryhmittymislukujen keskimäärä on vain 3 % ja suurimmatkin arvot ovat vain 10 % ja 7 %. On näin ollen selvää, että nyt puheena olevassa metsikkölajissa männyn taimistot ovat jokseenkin poikkeuksetta metsittämisarvoltaan epätyydyttäviä. Edellä onkin esitetty jo useita tutkimustuloksia, jotka selittävät tässä todettua huonoa männyn uudistumistulosta. Ensinnäkin itämiskykyistä männyn siementä varisee maahan varsin vähän. Kuusen taholta männyn taimiin sekä varjostuksen että juuristovaikutuksen muodossa kohdistuva kilpailu on ilmeisestikin huomattavan suuri. Pintakasvillisuus on usein tuuheampi kuin edellisissä metsikkölajeissa, ja humus on paksuhko.

Arvosteltaessa jonkin uudistumistapahtuman metsänhoidollista onnistuneisuutta tarvitaan taimien määrää ja niiden ryhmittymistapaa

koskevien lukujen lisäksi tietoja ajasta, joka on kulunut paljastavasta hakkuusta metsittämisarvoltaan tyydyttävän taimiston ilmaantumiseen. Tätä aikaa nimitetään uudistumisajaksi.

Laskelmia uudistumisajan pituudesta voidaan yleensä tehdä vain sellaisilla hakkuualoilla, joille jo on noussut metsittämisarvoltaan tyydyttäväksi katsottava taimisto. Tästä syystä uudistumisajan tarkastelu luonnostaan rajoittuu vain varpu-jäkälätyypin ja variksenmarja-mustikkatyypin harsintamännikköihin, kun variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköt sitä vastoin pakosta jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

Uudistumisajan pituutta arvioitaessa on käytetty hyväksi niitä tietoja, joita kantojen perusteella on saatu hakkuista, ja niitä taimien ikäluokkasarjoja, jotka on laadittu taimien iän määrityksiin nojaten. Harsintahakkuiden luonteesta johtuu, että uudistumisajan käsitteen soveltaminen eräissä tapauksissa tuottaa vaikeuksia; tämä koskee varsinkin sellaisia metsiköitä, joissa eri hakkuut ovat olleet lieviä, mutta toistuneet lyhyin väliajoin. Useimmissa tapauksissa uudistumisajan pituus on kuitenkin helposti arvioitavissa. Useissa metsiköissä taimia on ollut riittävästi uuden puusukupolven aluksi jo ennen kuin lopullisesti paljastava hakkuu on suoritettukaan. Näissä metsiköissä, joita on kaikkiaan 37 % nyt puheena olevien harsintamänniköiden koko lukumäärästä, uudistumisaika siis on mahdollisimman lyhyt. Sellaisia harsintamänniköitä, joissa paljastavasta hakkuusta on kulunut enintään 10 vuotta metsittämisarvoltaan tyydyttävän taimiston kehittymiseen, on n. 26 %, ja sellaisia, joissa se on yli 10 vuotta, n. 37 % tutkimusmetsiköiden määrästä. Näiden tulosten nojalla voidaan päätellä, että männyn uudistuminen tapahtuu Perä-Pohjolan kuivien kankaiden harsintamänniköissä varsin usein, ehkäpä useimmissa tapauksissa, metsänhoidollisesti katsoen tyydyttävän lyhyenä pidettävän ajan kuluessa.

Edellä esitettyjä tutkimustuloksia hyväksi käyttäen on syytä lopuksi tarkastella, miten Perä-Pohjolan yksityismetsissä yhä yleisesti käytettyä harsintaa on metsänhoidollisesti arvosteltava.

Harsinta vaikuttaa yleensä kahdella tavalla metsien tilaan: suoranaisesti kasvavan puuston tuottokykyyn ja enemmän välillisesti metsien uudistumiseen.

Tässä tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota jokseenkin yksinomaan vain uudistumiskysymyksiin. Harsinnan suoranaista vaikutusta puuston tuottokykyyn ei silti ole pidettävä vähän merkitsevänä. Etelä-Suomen harsintametsiä koskevissa tutkimuksissa (S a r v a s 1944 a) on voitu todeta, että harsinta kaikissa tutkituissa metsälaaduissa on tuntuvasti heikentänyt puuston tuottokykyä. Tärkein syy tähän on ilmeisestikin

se, että harsintahakkuissa tavallisesti poistetaan puuston järeimmät ja samalla elinvoimaisimmat puut ja jäljelle jätetään heikoimmat puuyksilöt, joiden toipuminen täyteen tuottokykyyn, mikäli se enää ylipäänsä ollenkaan on biologisesti mahdollista, vie yllättävän pitkän ajan. Itse asiassa tämä toipumisvaihe useimmiten kestää niin kauan, että seuraava harsintahakkuu jo kohdistuu parhaiten toipuneisiin puuyksilöihin ennen kuin ne ovat kerinneet edes täysin toipua edellisestä hakkuusta. On selvää, että harsintametsässä puusto näin ollen elää alituista toipumisvaihetta saavuttamatta koskaan elinvoimaisen puuston tuottokykyä. On syytä otaksua, että nämä Etelä-Suomesta kerättyyn aineistoon nojaavat päätelmät voidaan ulottaa koskemaan myös Perä-Pohjolan metsiä. Tästä syystä on harsintahakkuut, jotka kohdistuvat keski-ikäisiin, vielä kasvatusvaiheessa oleviin metsikköihin, arvosteltava metsänhoidollisesti epätyydyttäviksi.

Kun harsinta kohdistuu vanhoihin, jo uudistumisikään varttuneisiin metsikköihin, on harsinnan vaikutusta arvosteltava lähinnä sen mukaan, millaiseksi uudistumistapahtuma metsänhoidollisesti tarkasteltuna muodostuu. Käsillä olevassa tutkimuksessa on käynyt ilmi, että tässä suhteessa on suuria eroja eri metsälaatujen välillä.

Varpu-jäkälätyypin harsintamänniköissä männyn uudistuminen tapahtuu useimmissa tapauksissa metsänhoidollisesti katsoen tyydyttävästi. Taimistot ovat yleensä metsittämisarvoltaan tyydyttäviä ja uudistumisaikakin muodostuu tavallisesti lyhyehköksi. Ne myönteiset kokemukset, joita viime aikoina on yhä enemmän tuotu esiin Perä-Pohjolan harsintamänniköiden uudistumisesta, ovat ilmeisesti suureksi osaksi peräisin juuri tästä metsälaadusta. Samalla kun tässä siis voidaan tyydytyksellä yhtyä näihin kokemuksiin, on syytä korostaa, että niitä on varottava liiaksi yleistämästä, kuten seuraavasta yksityiskohtaisemmin ilmenee. Tässä on kuitenkin syytä lisäksi huomauttaa, että siementävien puiden genotyyppi useissa tapauksissa herättää epäilyksiä. Kun harsintahakkuissa ensinnä poistetaan metsikön elinvoimaisimmat ja laadullisesti parhaat puut, on todennäköistä, että viimeksi jäljelle jäävät, jotka pääasiassa joutuvat huolehtimaan uudistusalan siementämisestä, ovat perinnöllisiltä ominaisuuksiltaan ihmisen kannalta arvosteltuina keskimääräistä huonompia.

Variksenmarja-mustikkatyypin harsintamänniköissä mänty myös useimmissa tapauksissa uudistuu tyydyttävästi. Tämän ryhmän metsiköt eroavat kuitenkin edellisen ryhmän metsiköistä sikäli olennaisesti, että sekapuulajien, nimenomaan kuusen, taholta mäntyyn kohdistuva kilpailu on suurempi. Onkin selvästi havaittavissa, että mitä enemmän kuusta tavataan tämän ryhmän metsiköissä, sitä huonommin mänty uudistuu. Kun harsintahakkuut ovat huomattavasti myötävaikuttaneet kuusen tunkeutumiseen variksenmarja-mustikkatyypin metsämaille, ovat

ne täten välillisesti myös useissa tapauksissa perimmäisenä syynä männyn huonoon uudistumistulokseen.

Variksenmarja-mustikkatyypin mänty-kuusiharsintametsiköt edustavat sen puulajikehityksen loppuvaihetta, mikä useissa edellisen ryhmän metsiköissä jo on hyvällä alulla. Kuivan kankaan kuusettuminen on tässä alaryhmässä edistynyt niin pitkälle, että mänty uudistuu vain perin puutteellisesti ja metsänhoidollisesti katsoen aivan epätyydyttävästi. Voidaan myös kysyä, onko lainkaan asiallista erottaa edellisen ja tämän ryhmän metsiköitä toisistaan. Pitkällä tähtäimellä katsoen osutaan varmaan paremmin asian ytimeen toteamalla yksinkertaisesti, että harsintahakkuut variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä vähitellen johtavat näiden metsiköiden yhä täydellisempään kuusettumiseen ja männyn väistymiseen. Kun kuusen tuotto yleensäkin on Perä-Pohjolassa heikompi kuin männyn (Yrjö Ilvessalo 1937, s. 129—130), se on heikompi erityisesti kuivilla kankailla. Tästä syystä on variksenmarja-mustikkatyypin metsiköissä suoritettuja harsintahakkuita, joiden johdosta huonokuntoisten kuusivaltaisten metsiköiden ala yhä lisääntyy, arvosteltava metsänhoidollisesti erittäin ankarasti.

Tässä on syytä palauttaa mieleen, että Perä-Pohjolan kuivien kankaiden alasta on varsinaisia kuivia kankaita vain n. 19 % ja 81 % on luettava kuivanpuoleisiin kankaisiin (vrt. s. 11). Jälkimmäisessä ryhmässä, jossa harsinta siis vähitellen johtaa yhä täydellisempään kuusettumiseen, ovat jo nyt runsaasti kuusen sekaiset metsiköt varsinkin yksityismetsissä erittäin yleisiä.

Nähdään siis, että joistakin ilahduttavista yksityiskohdista huolimatta kokonaiskuva harsinnasta ja sen vaikutuksesta Perä-Pohjolan yksityismetsiin jää metsänhoidollisesti arvosteltuna erittäin kielteiseksi.

Tässä on myös mielenkiintoista verrata Perä-Pohjolan ja Etelä-Suomen harsintametsiköiden uudistumista.

Perä-Pohjolan varpu-jäkälätyypin harsintamänniköitä vastaavat Suomen eteläpuoliskossa lähinnä kanervatyypin harsintamännikö t. Kummallekin metsälaadulle on ominaista, että mänty on jokseenkin yksin metsää muodostavana puulajina. Kun nyt puheena olevat kasvupaikat ovat kovin karuja sekä kuuselle että koivulle, jotka lähinnä tulisivat sekapuulajeina kyseeseen, ei muiden puulajien tunkeutumista näiden metsätyyppien männikköihin yleensä tapahdu. Ehkä juuri tästä perimmältään johtuu, että tämän ryhmän harsintamänniköissä männyn uudistuminen yleensä tapahtuu paremmin kuin tuoreemmilla kankailla, Perä-Pohjolassa kuitenkin nähtävästi paremmin kuin Suomen eteläpuoliskossa.

Perä-Pohjolan variksenmarja-mustikkatyyppiä vastaa Etelä-Suomessa puolukkatyyppi. Kummallakin metsätyypillä puhtaat harsintamännikö t

uudistuvat kutakuinkin tyydyttävästi — tässäkin tapauksessa Perä-Pohjolassa nähtävästi paremmin kuin Suomen eteläpuoliskossa. Huonoimmin mänty uudistuu niissä metsiköissä, joissa tavataan kuusta sekapuuna. Kun molemmat nyt puheena olevat metsätyypit tarjoavat varsin tyydyttävät kasvuedellytykset kuuselle, niin kauan kuin se pysyy pienenä, onkin kuusettumisen vaara suuri. Harsintahakkuut ovat monella tavalla edistäneet kuusen leviämistä näiden metsätyyppien metsikköihin ja siten vaikeuttaneet männyn uudistumista. Viimeisenä kehitysvaiheena, jota sekä Perä-Pohjolassa että Suomen eteläpuoliskossa tavataan huolestuttavan laajoilla aloilla, on pidettävä sellaisia kuusen sekaisia jäännösmetsiä, joissa männyn uudistuminen on kokonaan pysähdyksissä. Näissä jäännöspuustoissa tavataan sekä pohjoisessa että etelässä myös hieskoivua yhä enenevässä määrässä.

Harkittaessa Perä-Pohjolan yksityismetsien metsänhoidollisen tilan parantamista ansaitsevat harsintahakkuut aivan erityistä huomiota. Erilaiset harsintahakkuut ovat vielä nytkin yleisimmät Perä-Pohjolan yksityismetsissä käytetyt hakkuutavat. Käsillä olevassa tutkimuksessa on todettu, että nämä hakkuut monella tavalla heikentävät metsien kuntoa. Tärkeätä olisi tämän vuoksi, että näistä hakkuutavoista luovuttaisiin, mitä pikemmin sen parempi, ja siirryttäisiin metsänhoidollisiin kasvatus- ja uudistushakkuisiin.

Jatkuvien harsintojen tuloksena Perä-Pohjolaan on syntynyt laajoille aloille erilaisia jäännösmetsiä, joiden saattaminen metsänhoidollisesti tyydyttävään tilaan on metsänhoidon tärkeimpiä tehtäviä. Useimmissa tapauksissa puuston tila on siksi heikko, ettei sen edelleen kasvattamista enää voida pitää tarkoituksenmukaisena, vaan metsä on kunnostettava hankkimalla kokonaan uusi puusukupolvi. Kun käsillä olevassa tutkimuksessa on erityisesti selvitelty niitä mahdollisuuksia, mitä on olemassa luontaiseen uudistumiseen eräissä tyypillisissä ja laajalle levinneissä metsälaaduissa, tehdään seuraavassa lyhyesti selkoa niistä toimenpiteistä, jotka tässä saavutetut tutkimustulokset huomioon ottaen näyttävät tarkoituksenmukaisilta.

Varsinaisilla kuivilla kankailla, joita tutkimusaineistossa edustaa varpu-jäkälätyyppi, on yleensä hyvät mahdollisuudet männyn luontaiseen uudistamiseen. Milloin koko uudistettavalla alalla jo tavataan runsaasti elinvoimaista männyn taimistoa, mikä ei suinkaan ole harvinaista, voidaan päällyspuusto poistaa kokonaisuudessaan yhdellä kertaa (vrt. W r e t l i n d 1931, s. 312). Nyt kyseessä olevat metsämaat ovat näet niin laihoja, että vähäinenkin päällyspuusto pahasti haittaa varttuneiden taimien kehitystä. Useissa tapauksissa on kuitenkin syytä aluksi suorittaa vain puhdistushakkuu, jossa poistetaan emopuustosta kaikki kuuset ja huonot koivut, mm. kaikki hieskoivut, sekä huonoimmat män-

nyt. Mikäli jäännöspuusto on suhteellisen tiheätä, joudutaan mäntyjä tietysti poistamaan enemmänkin. Tällöin on lähellä ajatus pyrkiä muodostamaan jäljelle jäävistä puista mahdollisimman kaunis, tasainen siemenpuuasento. Perä-Pohjolan metsien erikoisesta rakenteesta johtuu kuitenkin, että kaavamainen siemenpuuasento ei aina ole paras mahdollinen. Näissä metsissä on näet, varsinkin juuri kuivimmilla kankailla, tavallisesti suurempia tai pienempiä taimiryhmiä suhteellisen tiheänkin emopuuston puiden välipaikoissa. Tällaisten taimiryhmien äkillinen vapauttaminen voi muodostua kohtalokkaaksi monelle pienelle taimelle, joka aikaisemmin on kasvanut emopuuston suojassa. Sen vuoksi onkin todennäköistä, että tasaista siemenpuuasentoa joustavampi päällyspuuston käsittelytapa, joka paremmin ottaa huomioon kaikki jo olemassa olevat mahdollisuudet, johtaa parempaan uudistumistulokseen. Etelä-Suomessa samantapaisia metsiköitä tavataan usein kanervatyypin kankailla. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen toimesta on tällaisissa metsiköissä Etelä-Suomessa pantu alulle kokeita, joissa kaavamaisen siemenpuuhakkuun sijasta on sovellettu sellaisen suojuspuuhakkuun periaatteita, jossa suojuspuusto on suhteellisen harva ja uudistumisaika lyhyt. Ilmeisesti Perä-Pohjolassa, missä metsät jo luonnostaan ovat harvempia ja epätasaisempia, näiden periaatteiden soveltaminen männiköiden uudistamisessa on vieläkin helpompaa ja kiitollisempaa.

Uudistusalalle jätettäviä siemenpuita valittaessa on tietysti kiinnitettävä huomiota myös niiden siementämiskykyyn. Suuri ja tuuhea latvus on yleensä hyvän siementämiskyvyn tunnus. Kuitenkin siementämiskyky ilmeisestikin on riippuvainen myös sellaisista perinnöllisistä tekijöistä, jotka eivät näy puun ulkonäössä. Varmimmin tunnetaan runsaasti siementävät puut niiden juurelle varisseiden käpyjen määrästä. Tarkastelemalla maassa olevia käpyjä voidaan tämän vuoksi siemenpuiden valintaa huomattavasti tehostaa.

Joissakin tapauksissa, kun männyn luontainen uudistuminen esim. huonosti siementävän puuston tai jonkin muun seikan vuoksi uhkaa muodostua vaikeaksi, voidaan uudistumista helpottaa paljastamalla kivennäismaa laikuittain.

Kuivanpuoleisilla kankailla, joita tutkimusaineistossa edustaa variksenmarja-mustikkatyyppi, riippuu männyn luontaisen uudistamisen mahdollisuus olennaisesti siitä, kuinka pitkälle kuusettuminen on edistynyt. Puhtaissa männiköissä tai vain vähän, enintään n. 20 % puuston kuutiomäärästä kuusta sisältävissä metsiköissä mahdollisuudet männyn luontaiseen uudistamiseen ovat suhteellisen hyvät. Tällaisissa harsintametsiköissä suoritettavat metsänhoidolliset toimenpiteet ovat samantapaiset kuin edellisenkin ryhmän metsiköissä. Puhdistushakkuun suorittaminen on useimmissa tapauksissa välttämätöntä, ja se kohdistuu etupäässä kuuseen, joka poistetaan niin tarkkaan kuin kulloinkin on

mahdollista. Milloin taas kuusettuminen on edistynyt pitemmälle, ei mäntyä yleensä enää voida luontaisesti uudistaa, vaan on turvauduttava metsänviljelyyn. Ensimmäinen toimenpide näissäkin metsiköissä on kuitenkin puhdistushakkuu, jossa kaikki kuuset, hieskoivut ja huonot rauduskoivutkin poistetaan. Usein on tarpeellista suorittaa vielä hakkuualan raivaus pienikokoisen kuusialikasvoksen ja koivun vesaryhmien poistamiseksi.

Ne myönteiset tekijät, joista johtuu männyn suhteellisen hyvä uudistuminen Perä-Pohjolan puhtaissa harsintamänniköissä, tulevat avuksi myös metsänviljelyä suoritettaessa. Kun männyn siemensato Perä-Pohjolassa yleensä on runsas, ei käyttökelpoisen siemenen hankkiminen voi olla ylivoimaista, siitäkään huolimatta, että siementä kannattaa kerätä vain keskimääräistä lämpöisempien kesien jälkeen. Metsänviljelyjen onnistumista ajatellen voidaan taas tyydytyksellä todeta, että pahin taimia uhkaavista vaaroista, kuivumisen vaara, on Perä-Pohjolan kuivilla kankailla ilmeisestikin pienempi kuin vastaavanlaisilla kasvupaikoilla etelämpänä.

Verrattaessa Perä-Pohjolassa ja Suomen eteläpuoliskossa harsintametsien kunnostamiseksi suoritettavia metsänhoidollisia töitä keskenään havaitaan niissä suurta samankaltaisuutta. Erityisellä tyydytyksellä voidaan panna merkille, että biologiset edellytykset näiden töiden onnistumiselle eivät Perä-Pohjolassa ole kuivilla kankailla huonommat kuin Suomen eteläpuoliskossakaan, vaan pikemmin päin vastoin.

•

Ne myönteiset tulokset, joihin tässä tutkimuksessa on päädytty männyn luontaisesta uudistumisesta Perä-Pohjolan kuivilla kankailla, antavat aihetta tarkastaa männyn uudistumista vastaavanlaisilla kasvupaikoilla yleensäkin.

Edellä on jo tehty vertailuja Suomen eteläpuoliskoon ja todettu Perä-Pohjolan tässä vertailussa jäävän varsin edulliseen asemaan.

Vieläkin vähemmän humidiseen ilmastoon siirryttäessä männyn luontainen uudistaminen näyttää käyvän yhä vaikeammaksi. Parhaat tiedot ovat käytettävissä Pohjois-Saksan mäntyalueilta, esim. Brandenburgin maakunnasta. Tältä alueelta on myös tämän tutkimuksen tekijällä ollut tilaisuus kerätä omakohtaisia havaintoja n. puolen vuoden aikana.

Vanselowin (1931, s. 197, s. 218 ja s. 221), Denglerin (1935, s. 481), Wiedemannin (1925, s. 10—13) ja Olbergin (1933, s. 27 ja s. 40) julkaisuista nähdään, että männyn mahdollisuudet uudistua luontaisesti ovat kyseessä olevalla alueella perin huonot. Mäntyä ei ole kuin joissakin harvinaisissa ja sikäläisten metsämiesten keskuudessa suurta huomiota herättäneissä poikkeustapauksissa uudistettu luontaisesti. Tärkeimpänä syynä tähän pidetään hakkuualojen heinittymistä ja keskikesän ankaraa kuivuutta. Heinittyminen on erittäin voimakasta

kuivanpuoleisilla kankailla. Nuorissa ja keski-ikäisissä männiköissä ei heiniä tosin ole kovinkaan paljoa, mutta sitä mukaa kuin metsikköjä harvennetaan, heinien määrä lisääntyy ja jo paljon ennen kuin metsikkö on saavuttanut sellaisen väljyyden, että männyn taimet saattaisivat tulla sen alla toimeen, kattaa maata yhtäjaksoinen tuuhea heinikkö. Ilmiö on tuttu meillekin maamme eteläisiltä ja lounaisilta rannikkoseuduilta, joskin heinittyminen meillä on lievempää. Onpa tärkein heinälajikin sama, ahdelauha *(Deschampsia flexuosa)*. Varsinaisilla kuivilla kankailla heinittyminen on paljon lievempää ja useimmissa tapauksissa itse asiassa siksi lievää, ettei se voi sanottavasti ehkäistä männyn luontaista uudistumista. Mutta näillä kankailla kesän kuivuus ilmeisestikin muodostuu pienille männyn taimille ylivoimaiseksi. Itse maa on suurin piirtein verrattavissa Etelä-Suomen kanervanummien tai Pohjois-Suomen varpujäkälätyypin kankaiden maahan (vrt. Hartmann 1928, Aaltonen 1935), mutta ilmaston humidisuus on kasvukauden aikana olennaisesti pienempi. Tämä käy varsin selvästi ilmi mm. siitä, että Berliinissä (Süd) kesä—elokuun sademäärä on vähän pienempi kuin Tampereella (Tampereella keskimäärin 190 mm, Berliinissä 180 mm, vrt. Schenck 1939, s. 313), ja keskilämpötila huomattavasti korkeampi (Tampereella keskimäärin 15.5° ja Berliinissä 18.0° C). Koko vuoden sademäärä tosin on Berliinissä hieman suurempi kuin Tampereella (Tampereella keskimäärin 587 mm ja Berliinissä 595 mm), mutta Berliinin alueen suhteellisesti merellisemmässä ilmastossa kesäsateiden osuus koko vuoden sademäärästä on pienempi kuin Tampereella (Berliinissä kesä—elokuun sademäärä on 30.5 % koko vuoden sademäärästä, Tampereella 32.1 %, Sodankylässä 37.5 %). Niinpä kesä—elokuun humidisuusluvuksi saadaan Tampereella 12.3, mutta Berliinissä vain 10.0 (Sodankylässä 15.3). Brandenburgin alueen vähäinen humidisuus nähdään myös, joskin vain koko vuotta kohden laskettuna, Martonnen (1941) julkaisemasta maapallon humidisuuskartasta.

Vertailu Keski-Euroopan tärkeimpään mäntyalueeseen osoittaa siis, että siirryttäessä sieltä meidän maahamme, ensiksi lounais-, sitten keski- ja lopuksi pohjoisosiin, männyn luontaisen uudistumisen edellytykset näyttävät asteittain paranevan. Samalla nähdään, että tärkeänä syynä tähän on pintakasvillisuuden taholta taimia uhkaavan vaaran pieneneminen ja kesän kosteussuhteiden paraneminen. Kun pienien sirkkataimien kuivumisen vaara ilmeisestikin on ainakin varsinaisilla kuivilla kankailla männyn uudistumisen minimitekijä (vrt. esim. Cajander 1916, s. 92—93), onkin ymmärrettävää, että juuri kasvukauden humidisuus ratkaisevasti vaikuttaa männyn luontaisen uudistumisen suuriin regionaalisiin piirteisiin.

Kirjallisuusluettelo.

Aaltonen, V. T. 1919. Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. I. Referat: Über die natürliche Verjüngung der Heidewälder im finnischen Lappland. I. MTJ 1.

—»— 1933. Über die postglazialen, natürlichen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. Selostus: Suomen metsämaaperän luontaisista muutoksista jääkauden jälkeen. MTJ 18.

—»— 1934. Metsänhoito-opin alkeet. Porvoo ja Helsinki.

—»— 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. Selostus: Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. I. MTJ 20.

—»— 1941. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. Referat: Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung. MTJ 29.

—»— 1948. Boden und Wald unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. Berlin und Hamburg.

Arnborg, Tore. 1946. Skogarna i Muddus nationalpark. En preliminär sammanställning. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. H. III. Stockholm.

Beijerinck, W. 1940. Calluna. A monograph on the Scotch heather. Verhandelingen der Koninklijke nederlandsche akademie van wetenschappen, afdeeling natuurkunde. Tweede sectie, deel XXXVIII, N:o 4. Amsterdam.

Blomqvist, A. G. 1881. Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I. Tallen. Finska forstföreningens meddelanden. Tredje bandet. Helsingfors.

Bouyoucos, George John. 1929. A new, simple and rapid method for determining the moisture equivalent of soils, and the role of soil colloids on this moisture equivalent. Soil science. Volume XXVII. New-Brunswick, New Jersey.

Brotherus, V. F. 1923. Die Laubmoose Fennoskandias. Societas pro fauna et flora fennica. Flora fennica I. Helsingfors.

Cajander, A. K. 1916. Metsänhoidon perusteet. I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. Porvoo.

Dengler, Alfred. 1935. Waldbau auf ökologischer Grundlage. Ein Lehr- und Handbuch. Zweite Auflage. Berlin.

Dybeck, W. 1923. Fröår, kottinsamling och fröklängning. Skogen. Stockholm.

Eide, Erling. 1923. Om temperaturmaalinger og frøsaetning i Nord-Norges furuskoger 1920. Referat: Über Temperaturmessungen und Samenertrag in den Kiefernwäldern des nördlichen Norwegens in 1920. Meddelelser fra det Norske skogsforsøksvaesen. H. 3. Kristiania.

Eneroth, Olof. 1934. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken. II. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. Stockholm.

Hagem, Oscar. 1917. Furuens og granens frøsætning i Norge. Belyst ved undersøkelse av kongleaarene 1912—13—14. Meddelelse nr. 2 fra Vestlandets forstliga forsøksstation. Bergen.

Hartmann, Friedrich Karl. 1928. Kiefernbestandestypen des norddeutschen Diluviums. Neudamm.

Heikinheimo, Olli. 1920 a. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Referat: Die Schneeschadengebiete in Finnland und ihre Wälder. MTJ 3.

—»— 1920 b. Pohjois-Suomen kuusimetsien esiintyminen, laajuus ja puuvarastot. Referat: Vorkommen, Umfang und Holzvorräte der Fichtenwälder in Nord-Finnland. MTJ 3.

—»— 1920 c. Kuusen iän määräämisestä ja kuusen myöhäisjuurista. Referat: Über die Bestimmung des Alters der Fichte und ihre Adventivwurzeln. MTJ 2.

—»— 1921. Suomen metsänrajametsät ja niiden vastainen käyttö. Referat: Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. MTJ 4.

—»— 1922. Pohjois-Suomen kuusimetsien hoito. Referat: Über die Bewirtschaftung der Fichtenwälder Nordfinnlands. MTJ 5.

—»— 1924. Suomen metsien metsänhoidollinen tila. MTJ 9.

—»— 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. I. MTJ 17.

—»— 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä. II. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. II. MTJ 24.

—»— 1941. Minkälaiset mahdollisuudet on nyt saada uutta männyn ja kuusen siementä? Metsälehti n:o 51—52. Helsinki.

—»— 1943. Havupuiden käpy- ja siemenvuosi koko maassa heikko. Metsälehti n:o 47. Helsinki.

—»— 1944. Metsänhoito. Tapion taskukirja. 10. painos. Helsinki.

—»— 1945. Havupuillamme heikonlainen siemenvuosi. Metsälehti n:o 17. Helsinki.

—»— 1946. Metsäpuittemme siemensato kahtena lähivuotena poikkeuksellisen heikko. Metsälehti n:o 48—49. Helsinki.

—»— 1947. Kuusen siementä tuskin lähivuosina saadaan. Männyllä sitävastoin hyvänlainen käpyvuosi. Metsälehti n:o 39. Helsinki.

—»— 1948. Metsäpuiden siementämiskyvystä. III. Summary: On the seeding capasity of forest trees. III. MTJ 35.

—»— 1949. Männyn siemensato lähivuosina kohtalainen, kuusen hyvin heikko. Metsälehti n:o 3. Helsinki.

Hesselman, Henrik. 1910. Studier öfver de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. I. Referat: Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden. I. Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. H. 7. Stockholm.

—»— 1932. Om klimatets humiditet i vårt land och dess inverkan på mark, vegetation och skog. Referat: Die Humidität des Klimas Schwedens und ihre Einwirkung auf Boden, Vegetation und Wald. Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. H. 26. Stockholm.

Hiitonen, Ilmari. 1933. Suomen kasvio. Vanamon kirjoja n:o 32. Helsinki.

Holmbäck, Bure. 1932. Föryngringsmöjligheterna i Norrbottens lappmarker. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. Stockholm.

—»— och Malmström, Carl. 1948. Några markförbättringsförsök på nordsvenska tallhedar. Summary: Site-improvement experiments in lichen-pine forests in Northern Sweden. Medd. från Statens skogsforskningsinstitut. Bd. 36. Stockholm.

Hustich, I. 1948. The Scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. Acta botanica fennica 42. Helsingforsiae.

Ilvessalo, L. 1917. Tutkimuksia mäntymetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. Referat: Studien über die Verjüngungsjahre der Kiefernwälder in Süd- und Mittelfinnland. AFF 6.

—»— ja Laitakari, Erkki. 1930. Metsikön uudistus. Maa ja metsä IV: Metsätalous II. Metsän hoito ja suojelu. Porvoo.

Ilvessalo, Yrjö. 1927. Suomen metsät. Tulokset vuosina 1921—1924 suoritetusta valtakunnan metsien arvioimisesta. Summary: The forests of Suomi (Finland). Results of the general survey of the forests of the country carried out during the years 1921—1924. MTJ 11.

—»— 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. Summary: Instructions for field work of the II national survey of the forests of Suomi (Finland). MTJ 22.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. Summary: Growth of natural normal stands in central North-Suomi (Finland). MTJ 24.

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. Referat: Die Abschätzung des Bestandeszuwachses. Metsänhoitajien jatkokurssit 1938. IV. SF. 52.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey. MTJ 30.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Summary: Volume tables for standing trees. MTJ 34.

Johnsson, Helge. 1945. Interspecific hybridization within the genus Betula. Hereditas XXXI. Lund.

Kairamo, A. Osw. Katso Kihlman, A. Osw.

Kalela, Erkki K. 1937. Vakuutetuissa metsissä vuosina 1925—34 sattuneista kuloista. Referat: Über die in finnischen Privatwäldern in der Periode 1925—34 eingetroffenen Waldbrände. AFF 46.

Kallin, K. E. 1926. Föryngringsstudier i Norrlands skogar. Utförda under åren 1922—1924. Stockholm.

Keränen, J. 1946. Lämpötilan muutoksista Suomessa viimeisten sadan vuoden aikana. MA.

—»— ja Korhonen, V. V. 1949. Suomen ilmaston piirteet. Suuri metsäkirja. Metsän hoito. Porvoo ja Helsinki.

Kihlman (Kairamo), A. Osw. 1890. Pflanzenbiologische Studien aus Russisch Lappland. Ein Beitrag zur Kenntniss der regionalen Gliederung an der polaren Waldgrenze. Acta Societatis pro fauna et flora fennica 6. Helsingfors.

Korhonen, V. V. 1949. Ks. J. Keränen ja V. V. Korhonen.

Kujala, Viljo. 1927. Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. Selostus: Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenien rakenteesta ja itävyydestä Suomessa. MTJ 12.

—»— 1936. Tutkimuksia Keski- ja Pohjois-Suomen välisestä kasvillisuusrajasta. Referat: Über die Vegetationsgrenze von Mittel- und Nord-Finnland. MTJ 22.

—»— 1946. Koivututkimuksia. Summary: Some recent research data on birches. MTJ 34.

Laitakari, Erkki. 1930. Metsän hoito eri metsätyypeillä. Maa ja metsä IV: Metsätalous II. Metsän hoito ja suojelu. Porvoo.

—»— 1930. Ks. L. Ilvessalo ja Erkki Laitakari.

—»— 1938. Metsän uudistamisesta laihoilla kangasmailla. Referat: Die Verjüngung der Wälder auf armen Heiden. Metsänhoitajien jatkokurssit 1937. III. SF 46.

Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. AFF 5.

—»— 1920. Tutkimuksia Pohjois-Suomen metsätyypeistä. Referat: Untersuchungen über die Waldtypen in Nordfinnland. AFF 14.

—»— 1921. Tutkimuksia kuusimetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. Referat: Untersuchungen über die Verjüngungsjahre der Fichtenwälder in Süd- und Mittelfinnland. MTJ 4.

Lang, Richard. 1920. Verwitterung und Bodenbildung als Einführung in die Bodenkunde. Stuttgart.

Lassila, I. 1920. Tutkimuksia mäntymetsien synnystä ja kehityksestä pohjoisen napapiirin pohjoispuolella. Referat: Untersuchungen über die Entstehung und Entwicklung der Kiefernwälder nördlich vom nördlichen Polarkreise. AFF 14.

Lindquist, Bertil. 1947. On the variation in Scandinavian Betula verrucosa Ehrh. with some notes on the Betula series Verrucosae Sukacz. Svensk botanisk tidskrift. Bd. 41, h. 1. Uppsala.

Lukkala, O. J. 1936. Rämemäntyjen siementen laadusta. Referat: Über die Beschaffenheit der Moorkiefernsamen. MTJ 22.

Magnusson, A. H. 1929. Flora över Skandinaviens busk- och bladlavar. Utarbetad huvudsakligen för nybörjare. Stockholm.

Malmström, Carl. 1948. Ks. Bure Holmbäck och Carl Malmström.

De Martonne, Emm. 1926. Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. La Météorologie. Paris.

—»— 1941. Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. La Météorologie. Paris.

Mikola, Peitsa. 1942. Koivun vesomisesta ja sen metsänhoidollisesta merkityksestä. Referat: Über die Ausschlagbildung bei der Birke und ihre forstliche Bedeutung. AFF 50.

Olberg, Adolf. 1933. Die Entwicklung des Waldzustandes in der Oberförsterei Chorin und die Folgerungen hieraus für die künftige Wirtschaft. Mitteilungen aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Hannover.

Pearson, G. A. 1923. Natural reproduction of western yellow pine in the South-West. United States Department of Agriculture, bulletin no. 1105. Washington, D. C.

Renvall, August. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. AFF 1.

Resvoll-Holmsen, Hanna. 1928. Om skoggraenser og spireevne hos frø av fjeldbirk. Tidsskrift for skogbruk. Oslo.

Räsänen, A. A. 1939. Metsien uudistamisesta Perä-Pohjolassa. Referat: Die Verjüngung der Wälder in Nordfinnland. Metsänhoitajien jatkokurssit 1938. IV. SF 52.

Saari, Eino. 1923. Kuloista, etupäässä Suomen valtionmetsiä silmällä pitäen. Tilastollinen tutkimus. Summary: Forest fires in Finland, with special reference to state forests. Statistical investigation. AFF 26.

Sarvas, Risto. 1937. Kuloalojen luontaisesta metsittymisestä. Pohjois-Suomen kuivilla kankailla suoritettu metsäbiologinen tutkielma. Referat: Über die natürliche Bewaldung der Waldbrandflächen. Eine waldbiologische Untersuchung auf den trockenen Heideböden Nord-Finnlands. AFF 46.

—»— 1944 a. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. Referat: Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. MTJ 33.

—»— 1944 b. Havaintoja kanervatyypin paljaaksihakkuualoilta. MA.

—»— 1945 a. Puuston tiheys metsikön tunnuksena. MA.

—»— 1945 b. Metsikön siemensadon arvioimisesta. MA.

—»— 1948 a. Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa. Summary: A research on the regeneration of Birch in South Finland. MTJ 35.

—»— 1948 b. Metsän pintakasvillisuuden kuvaamisesta. MA.

—»— 1949 a. Puumaiset koivulajimme. MA.

—»— 1949 b. Siemenpuuhakkuu männikön uudistushakkuuna Etelä-Suomessa. Summary: Seed-tree cutting as a regeneration method in Scots pine forests of Southern Finland. MTJ 37.

Schenck, Carl Alwin. 1939. Fremdländische Wald- und Parkbäume. Erster Band. Klimasektionen und Urwaldbilder. Berlin.

Schotte, Gunnar. 1924. Några norrländska skogsföryngringsproblem. II. Résumé: Quelques problèmes relatifs à la régénération dans la Suède septentrionale. II. Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. H. 21. Stockholm.

Tikka, P. S. 1928. Havaintoja kuusen esiintymisestä ja kehityksestä Pohjois-Suomen kuivissa kangasmetsissä. Referat: Über das Vorkommen und die Entwicklung der Fichte in den trockenen Heidewäldern von Nord-Suomi (-Finnland). SF 10.

Vanselow, Karl. 1931. Theorie und Praxis der natürlichen Verjüngung im Wirtschaftswald. Neudamm.

Wibeck, Edvard. 1917. Om eftergroning hos tallfrö. Referat: Über Verspätung der Keimung nordschwedischen Kiefernsamens bei Freilandssaat. Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. H. 13—14. Stockholm.

—»— 1920. Det norrländska tallfröets grobarhet. Referat: Die Keimfähigkeit des norrländischen Kiefernsamens. Medd. från Statens skogsförsöksanstalt. H. 17. Stockholm.

Wiedemann, Eilhard. 1925. Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes. Untersuchungen in Bärenthoren, Frankfurt a. d. O. und Eberswalde. Studien über die früheren Dauerwaldversuche und den Kiefernurwald. Braunschweig.

Wretlind, J. E. 1931. Bidrag till belysande av de norrländska tallhedsproblemen. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. Stockholm.

—»— 1934. Bidrag till belysande av föryngringsbetingelserna på övre Norrlands tallhedsmarker. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. Stockholm.

Meteorologisches Jahrbuch für Finnland. Herausgegeben von der Meteorologischen Zentralanstalt. Bd. VIII—XV. Helsingfors 1908—1915.

Suomen meteorologinen vuosikirja. Julkaissut Valtion meteorologinen keskuslaitos. (Vuodesta 1932 lähtien Ilmatieteellinen keskuslaitos). — Meteorologisches Jahrbuch für Finnland. Herausgegeben von der Meteorologischen Zentralanstalt des Staates. Bd. XVI—XXXVII. Helsinki 1916—1937.

Lyhennyksiä. — Abbreviations.

AFF = Acta forestalia fennica. Helsinki.
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae (Communicationes ex Instituto questionum forestalium Finlandiae editae). Helsinki.
SF Silva fennica. Helsinki.
MA = Metsätaloudellinen aikakauslehti. Helsinki.

Investigations into the Natural Regeneration of Selectively Cut Private Forests in Northern Finland.

SUMMARY.

Object of study, and material (pp. 5—18).

The present investigation is an attempt to ascertain how selectively cut private forests regenerate in Northern Finland. The investigation was started by the Summer of 1938, but due to the war and the subsequent period of crisis it was only possible to complete it recently. The investigation has been restricted to dry forest lands [1]), which in Northern Finland amounts to 73 % of all firm productive forest lands[2]), according to Yrjö Ilvessalo (1942, Table 9, p. 264). However, the poorest lichen heaths (in Swedish, skarp hedtyp) are not represented in the material. All the stands studied were situated on relatively low lands, approx. 150—450 metres above sea level.

The woods studied were, in part, suggested by the Northern Finland Forestry Board, in part are such as have otherwise come within the scope of the investigation. All selectively cut stands in these woods thinned to an extent requiring regeneration have been subjected to study, regardless of choice. The material represents, therefore, at least roughly, a random sample of the type of forest concerned. The investigation itself was effected by measuring sample plots, ¼ ha in size, from the stands subjected to study. A total of 37 sample plots was measured, 13 of them from *Ericaceae-Cladinae* type, and 24 from *Empetrum-Myrtillus* type. The material has been dealt with by the comparative method of study.

Mother stands (pp. 19—29).

The selectively cut forests in Northern Finland may be divided up into a few stand types which, while not homogenous it is true from a forest valuation point of view, in the silvicultural respect form fairly firm wholes. On dry forest lands proper represented in the material by the *Ericaceae-Cladinae* type, pure Scots pine stand is the most important and, in fact, the only significant type of forest. On the dryish forest land, represented in the present investigation by the *Empetrum-*

[1]) The most important forest types distinguished in North Finland on the so-called dry forest lands are: the *Cladina* type, the *Ericaceae-Cladinae* type and the *Empetrum-Myrtillus* type. The first two types, and their closely related types, are usually grouped together as »dry forest lands proper», and the *Empetrum-Myrtillus* and related types are grouped as »dryish forest lands».

[2]) It is customary in Finland to include in productive forest land only such land on which the tree species best adapted to it can yield, as an annual average, more than 1 cu. m/ha.

Myrtillus type, the composition of tree species offers more variation. On this site type, groups of pure Scots pine stands and of mixed Scots pine and Norway spruce stands have been distinguished;[1]) in Nature they are often connected with each other by several intermediary stages. Particularly in the northern part of the area studied white birch *(Betula pubescens)* is very frequent in the selectively cut stands, and it is necessary to distinguish special stand types dominated by birch, or at least containing a considerable amount of birch. As the present investigation, however, in its main part comprises the central area only of Northern Finland, these stand types have been disregarded here.

It is of interest in this connection to recognise the great homogeny in stand types between South-Finnish and North-Finnish selectively cut stands. In South-Finland the *Calluna* type is the most important site type on dry forest lands proper, and in the selectively cut stands of *Calluna* type pure pine stands are practically alone in dominating (Sarvas 1944 a, p. 64). Dryish firm forest lands in South Finland are considered to include the *Vaccinium* type only; on this site type the stand types of pure pine stands and mixed stands of pine and spruce are of the greatest importance — exactly corresponding to the *Empetrum-Myrtillus* type of North Finland.

The state of the growing stock in the selectively cut stands studied has not been investigated in any greater detail than has been considered necessary from the point of view of understanding the regeneration occurrence (Table 1, p. 12). The growing stock in all the stands studied has been remarkably old; in the stands of both *Ericaceae-Cladinae* type and *Empetrum-Myrtillus* type the age, most generally, has been about 150 years. The volume of the growing stock, in the stands of *Ericaceae-Cladinae* type averaged 19 cu. m/ha, in the pine stands of *Empetrum-Myrtillus* type 38 cu.m/ha and in the mixed pine and spruce stands of *Empetrum-Myrtillus* type 30 cu.m/ha. Canopy cover in the stands of *Ericaceae-Cladinae* type averaged 0.09 and in the stands of *Empetrum-Myrtillus* type 0.18 of the entire growth area. Both the low cubic content of the growing stock and its small canopy cover indicate that the stands studied are really cut-over forests that should reasonably be regenerated as early as possible.

Seeding (pp. 30—46).

In studying the regeneration of the stands investigated attention has been paid to the seeding of logging areas, years of regeneration, afforestation value of the seedling stands growing on logging areas, and the regeneration period.

Of the previous investigations into the seeding properties of North Finnish forests, those carried out by Heikinheimo (1932, 1937 and 1948) are of the greatest importance. The majority of these investigations were made into middle-aged pine stands treated with various silvicultural thinning cuttings. The investigations were initiated in 1925 and provide detailed information on the seed crop for a total of 12 years. The investigations show (Table 4, p. 34), among other things, that the seeding properties of pine in the stands studied have been fairly good, and approximately equal in extent similar stands in the Southern half of Finland. A preliminary study has even been made of the quality of the seed, and it has been found that the percentage of full seed, on an average, amounted

[1]) As Scots pine in Finland is the only natural pine species and Norway spruce the only natural spruce species, they are for the sake of brevity, referred to merely as pine and spruce in the following.

to the same as in South-Finnish pine stands. The quantity of full seeds, however, does not decide the seed quality. In defectively matured seed the food reserve tissue, the so-called primary endosperm, usually fills the seed fairly completely, in spite of the quite defective development of the embryo. In such cases the quality of the seed can be ascertained only by a germination test or by examining the embryo's degree of development from split seeds. The interrelationship in Northern Finland between the quality of the seed and the average temperature of the Summer of its maturation has been clarified in detail by K u j a l a (1927). These investigations show, among other things, that pine seed reaches over 30 % germinability only provided the average June—September temperature in the year of maturation exceeds +11° C. As it is known that the June—September +11°C isotherm runs from North-West to South-East approx. 60 km South of the area studied, it is obvious that pine seed can mature, even reasonably well, in the area studied, only in Summers warmer than the average. On the basis of K u j a l a's investigation results it can be concluded, too, that the crops measured by H e i k i n h e i m o, according to the above, include, on an average, approx. 33 % germinable seed. This figure is probably applicable to the average quality of North-Finnish pine seed in general.

The seeding properties of selectively cut forests have been studied by determining the quantity of cones shed on the ground. The cones have been counted by the square method, by marking off 30 squares of 1 sq.m along both diameters of each sample plot with the aid of a wooden frame made for this purpose. The total of cones in each square have been counted, including those buried under moss and humus. As the cones were also counted from the sample plots employed by H e i k i n h e i m o (mentioned above), of which the seed crop quantity was measured for several years back with seed traps (Table 4, p. 34), it has been possible to estimate the seed quantities that correspond to the amounts of cones counted in each square (Table 5, p. 40). Further, it has been possible to check this calculation against another, independent one, by ascertaining the average time of decomposition of the cones and the average number of seeds contained in one cone.

The results arrived at in this way show that the seed crop of pine in selectively cut pine stands on dry forest lands is surprisingly big. For *Ericaceae-Cladinae* type pine stands the average annual seed crop arrived at is 43 seeds per sq.m, and for *Empetrum-Myrtillus* type 30 seeds per sq.m (unsorted seed). For the sake of comparison it may be mentioned that the average annual seed crop of pine in South Finland on seed tree areas of *Calluna* type has been estimated at approx. 19 seeds per sq.m, and on seed tree areas of *Vaccinium* type at approx. 49 seeds per sq.m (also unsorted seed, S a r v a s 1949 b, p. 25). As the selectively cut stands involved in the present investigation, due to the deficient seeding stock, are obviously not representative of the best yield stands in Northern Finland, as are the seeding stands in the silviculturally cut regeneration areas in Southern Finland, it is evident that the seeding properties of the North Finnish pine must be considered very good, in certain cases probably even better than those of the South-Finnish pine.

In the selectively cut pine-spruce stands of *Empetrum-Myrtillus* type the seeding of pine has been much less, averaging annually approx. 8 seeds per sq.m. This is quite comprehensible as the percentage of pine in several stands is negligible.

The poor average quality of the seed, however, accounts for the actual effect of pine seeding being much less than that indicated by the fairly high crop figures. It has already been mentioned above that the average germinability of the seed can be assessed at approx. 33 %. Hence the average annual crop of germinable seed in pine stands of *Ericaceae-Cladinae* type is »only» approx. 14 seeds per sq.m,

and in pine stands of *Empetrum-Myrtillus* type approx. 10 seeds per sq.m. In mixed stands of pine and spruce of *Empetrum-Myrtillus* type the average crop can be assessed at approx. 3 germinable seeds per sq.m.

In discussing the adequacy of the seed crop for the regeneration of the selectively cut stands under review, it may be said that in the pine stands of *Ericaceae-Cladinae* and *Empetrum-Myrtillus* types the seeding of pine is abundant enough to afford favourable opportunities for the natural regeneration of pine, whereas in the mixed stands of pine and spruce of *Empetrum-Myrtillus* type the seeding is so poor that, apart from a few exceptional cases, the regeneration of pine is for this reason alone necessarily defective and slow.

Investigation into the seeding of spruce and birch has been devoted less attention in the present investigation than that of pine. This is because of the secondary economic importance of these tree species in Northern Finland in general, and, especially on the dry forest lands concerned here. Information of a general character however, has been procured on these tree species as well. The spruce cones have been counted similarily to the pine cones. The seeding capacity of birch has been studied by estimating the number of birches.

The seeding of spruce has proved very poor. Even in the mixed pine and spruce stands of *Empetrum-Myrtillus* type, where spruce dominates, the amount of spruce seeding is very small, and germinable seed is shed in quantities hardly any greater than the germinable seed of pine. Obviously the penetration of dry forest lands in Northern Finland by spruce is not due to efficient seeding at all events.

The seeding of birch, on the other hand, seems relatively abundant. In pine stands on dry forest lands common birch *(Betula verrucosa)* obviously seeds more than the white birch *(B. pubescens)*, whereas in mixed stands of pine and spruce the relationship is reversed. As the seed of white birch in North Finland, generally speaking, germinates better than that of common birch, the effectivity of the seeding of white birch, compared with common birch, is better than would appear to be indicated by the number of seeding trees alone.

Regeneration Years (pp. 46—54).

In considering the regeneration years it has been found that the most serious climatic danger threatening the seedling stands is that of drought. The humidity of the air, above all, is dependent on the precipitation and the temperature. The joint influence of these factors has been represented, similarily as in certain earlier investigations, in the form of a ratio, precipitation : temperature, termed the humidity value. From the point of view of the seedlings drying, the humidity conditions of June—August are of decisive importance. At Sodankylä (lat. 67°22′, long. 26°39′ E., 180 m above sea level), representing Northern Finland, the humidity value, calculated as the average of 1908—1949, is 15.3 (Table 3, p. 32), while at Tampere, representing the Southern half of Finland, the same years give an average of 12.3. In the relatively continental climate of Northern Finland the summer season is more humid than in the more maritime South Finland. This is a remarkably favourable factor from the regeneration point of view. The regeneration years themselves have been considered by studying the age class series of seedling stands (Table 6, p. 52). They show that regeneration takes place practically every year, excluding the very driest ones only. E. g. a comparison between the regeneration areas of the North-Finnish *Ericaceae-Cladinae* type and the South-Finnish *Calluna* type shows that on the *Calluna* type the regeneration of pine is more

definitely confined to summer seasons of above average humidity than on *Ericaceae-Cladinae* type. The study of the age class series of seedling stands, therefore, also reinforces the notion that the regeneration of pine in Northern Finland takes place in more favourable climatic conditions than in South Finland.

Afforestation Value of Seedling Stands (pp. 54—64).

The afforestation value of seedling stands has been studied by the square method. The advantage of this method is that it provides information not only on the number of seedlings, but also on the territorial distribution of the seedlings, or their manner of grouping. By calculating the percentage of the squares in which seedlings (or even a single seedling) have been found, a figure is arrived at which characterises to some degree the evenness of the seedling stand. This figure has been termed the frequency figure of the seedling stand. As the patches studied are 1 sq.m in area, the frequency figure in even seedling stands is equal to the number of seedlings per hectare divided by a hundred. On the other hand, it can be taken that the frequency figure of an uneven seedling stand, multiplied by a hundred, indicates the even seedling stand with which the uneven seedling stand in question may first be coordinated.

To serve as a criterion for the comparison of the seedling stands encountered, attempts have been made to find a seedling stand to represent the boundary line between satisfactory and unsatisfactory afforestation value. On the strength of experience gained in artificial regeneration the lowest limit of satisfactory has been taken as an even seedling stand with 3 000 seedlings per hectare. On the basis of what was said above regarding the frequency figure, it can therefore be stated, in addition, that seedling stands with a frequency figure of at least 30 % may be regarded as satisfactory, while those with a lower frequency value must be considered unsatisfactory.

In selectively cut pine stands of *Ericaceae-Cladinae* type the numbers of seedlings have been very high (Table 7, p. 56). The peak figures are: 63 670 and 46 670 seedlings exceeding 0.1 m in height, in addition to which the same stands had 19 000 and 33 670 smaller seedlings. The average for pine seedlings over 0.1 m in height in the stands concerned here is 22 986 per ha, with an additional 33 962 seedlings/ha less than 0.1 m in height, on an average. A survey of the seedling numbers alone makes it obvious that most of the selectively cut stands of this forest type possess an adequate supply of pine seedlings to provide for a new growing stock. In fact the present seedling figures are among the highest, generally speaking, that have been measured and published for Finnish forests. The frequency figures, too, have been considerable in the pine stands of *Ericaceae-Cladinae* type. The highest values, 95 % and 90 %, approach the maximum possible. The average obtained for frequency figures is 65 %. Hence the study of frequency figures further reinforces the positive picture already gained on the basis of seedling numbers. — It is necessary here to review certain investigation results discussed earlier, for their combined influence apparently accounts to a great extent for the good afforestation value obtained for the seedling stands in the present study. The crop of germinable pine seed in the stands concerned has been found to be very satisfactory. Ground vegetation, compared with e. g. the *Calluna* type of the Southern half of Finland, is relatively scarce, and the humus layer is fairly thin. Furthermore, as regards the dry forest lands proper under review, where the risk of drying of small seedlings is the minimising factor in regeneration, it

must be borne in mind that in Northern Finland the Summers, broadly speaking, apart from a few exceptionally dry ones, are favourable in their humidity conditions to the regeneration of pine.

In the selectively cut pine stands of *Empetrum-Myrtillus* type the seedling stands bear a fair similarity to the *Ericaceae-Cladinae* type. The seedlings, it is true, are fewer in number. Pine seedlings over 0.1 m in height average 11 085 per hectare, with an additional average of 10 639 smaller seedlings per ha. The adequacy of the seedlings, judged by numbers alone, is no longer as evident as it was above. The average for frequency figures is 45 %. The lowest frequency figures encountered are 17 % and 30 %. Obviously most of the pine seedling stands, even in the stands of this sub-group, are satisfactory with regard to their afforestation value.

In the mixed pine and spruce stands of *Empetrum-Myrtillus* type, on the other hand, the seedling stands differ essentially from the groups described above. Pine seedlings are very few in number. The highest seedling figures measured are only 1 512 per ha and 1 330 per ha. The average for seedlings over 0.1 m in height is only 502 per ha, with an additional average of 167 smaller seedlings per ha. From a study of these figures it is obvious, therefore, that most of the seedling stands are completely insufficient to provide a new growing stock. The average of frequency figures is 3 % only, and the maximum values even do not exceed 10 % and 7 %. It is clear, therefore, that in the type of stand concerned the pine seedling stands, almost without exception, are of an unsatisfactory afforestation value. Several already previously mentioned findings have led, in fact, to the results accounting for the poor regeneration result of pine arrived at here. Very little germinable pine seed is shed. The competition offered by spruce to pine seedlings, in the form of both shading and root influence, is obviously considerable in extent. Ground vegetation is often denser than in the previous stand types and the humus fairly thick.

Regeneration Period (pp. 64—66).

In a silvicultural estimate of the success of a certain regeneration occurrence, information is required, not only on the number of seedlings and the way in which they are grouped, but also on the period elapsing from the cutting until a seedling stand of satisfactory afforestation value has come into existence. This period is termed the regeneration period.

The length of the regeneration period can be calculated, generally, on such cutting areas only where a seedling stand that can be considered of satisfactory afforestation value has already grown. For this reason study of the regeneration period is naturally restricted to selectively cut pine stands of both *Ericaceae-Cladinae* and *Empetrum-Myrtillus* type, while the selectively cut mixed stands of pine and spruce of *Empetrum-Myrtillus* type must of necessity remain beyond the scope of the survey.

In estimating the length of the regeneration period the data utilised are those obtained on the loggings on the basis of stumps, and the age class series of seedlings worked out on the strength of age determinations of the seedlings. The nature of the selective cuts accounts for the fact that the application of the conception regeneration period involves difficulties in certain cases; this concerns, in particular, stands where the various cuttings have been slight but repeated at short intervals. In the majority of the cases, however, the length of the regeneration period is easy

to estimate. In several stands the number of seedlings was sufficient to ensure a new generation of trees even before the final cutting was effected. In these stands — amounting to 37 % of the total number of the selectively cut pine stands involved here — the regeneration period therefore is the shortest possible. The selectively cut pine stands where a maximum of 10 years has elapsed from the last cutting until the development of seedling stands to a satisfactory afforestation value, amount to approx. 26 %; for approx. 37 % of the stands studied the period has exceeded 10 years. It can be concluded from these results that the regeneration of pine, in the selectively cut pine stands of dry forest lands in Northern Finland, often, perhaps in the majority of cases, takes place within a period which from the forestry point of view can be considered fairly short in duration.

The Pros and Cons of Selective Cutting (pp. 72—74).

On the basis of the investigation results reported above it is perhaps useful to consider, in conclusion, how the selective cuttings generally employed in the private forests of Northern Finland are viewed as a whole from the forestry point of view.

Generally speaking, selective cutting affects the condition of the forests in two ways: directly, the yield capacity of the growing stock; and, more indirectly, the regeneration of the forests.

In the present investigation attention has been paid almost exclusively to questions of regeneration only. It must not be assumed, however, that the direct effect of selective cutting on the yield capacity of growing stock is of little importance. Investigations into the selectively cut forests in South Finland (S a r v a s 1944 a) have shown that selective cutting, in all forest types studied, has perceptibly reduced the yield capacity of growing stock. The most important reason, obviously, is that selective cuttings usually remove the largest trees, which are at the same time trees of the greatest vitality, leaving the weakest tree individuals, whose recovery to full productivity, if at all possible biologically, requires a surprisingly long time. In fact, this phase of recovery takes so long in most cases that the next selective cutting involves the best recovered tree individuals before their complete recovery from the former cutting. It is obvious, therefore, that the growing stock in selectively cut forests lives in a continuous phase of recovery, without ever, attaining the yield capacity of growing stock in full vitality. These conclusions based on material collected in South Finland, may be assumed to be applicable to the forests in Northern Finland as well. For this reason selective cuttings involving middle-aged forests still in their growing phase must be considered, from the silvicultural point of view, as unsatisfactory.

When introduced in old stands which have reached their regeneration age the effect of selective cutting must be criticised in the first place according to the course the regeneration occurrence takes from the forestry point of view. It is evident from the present study that great differences exist in this respect between the various types of forest.

In selectively cut pine stands of *Ericaceae-Cladinae* type the regeneration of pine in the majority of cases follows a course satisfactory from the silvicultural point of view. The seedling stands, broadly, are of satisfactory afforestation value, and the regeneration period too is usually fairly short. The positive experience gained on the regeneration of the selectively cut pine stands in Northern Finland, recently published in increasing extent, obviously originates, to a great degree, from this type of forest. At the same time as this experience can be readily accepted here, it must be emphasised that generalisation requires the exercise of great cau-

tion, as will be shown in greater detail below. Further, it is necessary to point out that the genotype of seeding trees, in the majority of cases, arouses suspicion. As the most vigorous trees of the best quality in the stand are removed first in selective cuttings, it is very probable that those remaining in the end, which will be mainly responsible for the seeding of the regeneration area, are, with regard to their hereditary properties, from the human point of view, below average.

In selectively cut pine stands of *Empetrum-Myrtillus* type the pine, in the majority of cases, also regenerates satisfactorily. The stands of this group, however, differ essentially from the stands of the former group in that the competition from mixed tree species, especially the spruce, against the pine, is keener. It is definitely observable that the more numerous the spruce in the stands of this group, the more poorly does the pine regenerate. As selective cuttings have considerably promoted the penetration of forest lands of *Empetrum-Myrtillus* type by spruce, they thus also in many cases constitute the primary cause of the poor regeneration result of pine.

The selectively cut pine and spruce stands of *Empetrum-Myrtillus* type represent the final stage of the development which was well on the way in many stands of the former group. Penetration of dry firm forest land by spruce has advanced so far in this sub-group that pine is regenerated very defectively only, and quite unsatisfactorily from the silvicultural point of view. As a matter of fact, the question is one of whether it is desirable to distinguish at all between the stands of the former and the present group. Taking the long view the essence of the matter is better revealed simply by stating that selective cuttings in stands of *Empetrum-Myrtillus* type gradually lead to an ever more complete penetration of these stands by spruce, and to the decline of pine. As the yield of spruce in Northern Finland, in general, is less than that of pine (Ilvessalo 1937, p. 168), this statement has quite particular application to dry forest lands. For this reason selective cuttings in stands of *Empetrum-Myrtillus* type, as a result of which spruce-dominated stands in poor condition tend to increase, must be condemned from the forestry point of view.

It is thus seen that, in spite of some encouraging details, the overall picture of selective cuttings and their effect on the private forests of Northern Finland, viewed silviculturally, remains extremely negative.

Comparison with Selectively Cut Forest in South Finland (pp. 74—75).

It is also of interest here to compare the regeneration of the selectively cut stands in North and South Finland.

The selectively cut pine stands of *Ericaceae-Cladinae* type in Northern Finland correspond roughly to those of *Calluna* type in the southern half of Finland. It is characteristic of each of these types that pine, practically alone, is the tree species forming forest. As the habitats involved are very barren for both spruce and birch, which would be the nearest mixed tree species possible, penetration of the selectively cut pine stands of these types by other tree species need not be feared generally. It may be largely due to this fact that the regeneration of pine in the selectively cut pine stands of this group is satisfactory on the whole, obviously better, however, in Northern Finland than in the southern half of Finland.

The *Empetrum-Myrtillus* type of Northern Finland corresponds to the *Vaccinium* type in South Finland. On both of these forest types pure, selectively cut pine

stands regenerate fairly satisfactorily — obviously in this case too even better in Northern Finland than in the southern half of Finland. Poorest is the regeneration of pine in the stands in which spruce is encountered as a mixed tree species. As both of these forest types offer quite satisfactory growth conditions for spruce, as long as it remains small, the danger of penetration by spruce is great. Selective cuttings have in many ways promoted the spreading of spruce into the stands of these forest types, and thus hampered the regeneration of pine. The last stages of development, present on alarmingly extensive areas both in Northern Finland and the southern half of the country, must be considered to consist of such cut-over forests, admixed with spruce, where the regeneration of pine has entirely ceased. In these cut-over stands, both in the North and in the South, white birch is also present in increasing quantities.

Reconditioning of Selectively Cut Forests in Northern Finland (pp. 75—77).

In any considered improvement of the silvicultural condition of the private forests in Northern Finland selective cuttings deserve very special attention. The various selective cuttings constitute even today the most generally employed methods of felling in private forests in Northern Finland. It has been established in the present investigation that these cuttings in many ways weaken the condition of the forests. It would therefore be of importance to abandon these cutting methods as soon as possible, and to go over to silvicultural thinnings and regeneration cuttings.

As a result of continued selective fellings cut-over forests of different descriptions have come into existence on extensive areas in Northern Finland, and to get them into a condition satisfactory from the silvicultural point of view is one of the most important tasks of forestry. In the majority of cases the state of the growing stock is so poor that its further raising cannot be considered to serve any useful purpose and the forest must be reconditioned by procuring an entirely new generation of trees. The present investigation has particularly dealt with the prospects for natural regeneration in certain characteristic wide-spread types of forest. In the following, therefore, a short summary is given of the measures which, taking into consideration the results achieved in the present study, seem appropriate.

On dry forest lands, represented in the material of study by the *Ericaceae-Cladinae* type, the prospects of natural regeneration of pine are generally good. In the majority of cases a cleaning cutting is advisable, to remove from the mother stand all spruces and poor birches, e. g. all white birches, and the poorest pines. If the cut-over stand is fairly dense it will be necessary to remove even more pines. Now the attempt to form from the remaining trees a stand of seed-trees, as beautiful as possible, appears attractive. Due to the peculiar structure of the forests in Northern Finland, however, a schematic stand of seed-trees is not always the best possible. In these forests, on the driest forest lands in particular, there are usually larger or smaller groups of seedlings in the gaps of trees in even a fairly dense mother stand. The sudden release of such seedling groups may prove fatal to many of the seedlings formerly growing in the shelter of the mother stand. So it seems probable that some other method of treating the shelterwood, more adaptable than the seed-tree stand and one giving greater consideration to existing possibilities, will lead to a better regeneration result. In South Finland similar stands are often found on forest lands of *Calluna* type. The Forest Research Institute has initiated

experiments in such stands in South Finland, applying, instead of the seed-tree method of cutting, a principle of the shelterwood method of felling in which the shelter stand is relatively sparse and the regeneration period relatively short. In Northern Finland, where the forests, even in Nature, are sparser and more uneven, the application of such principles in regeneration of pine stands is obviously still more easy and profitable.

In some cases, in which natural regeneration of pine e. g. due to poor seeding stand or some other factor, threatens to entail difficulty, regeneration can be facilitated by uncovering the mineral soil in patches.

On dryish forest lands, which in the material studied are represented by the *Empetrum-Myrtillus* type, the possibility of natural regeneration of pine is essentially dependent on how far the penetration by spruce has advanced. In pure pine stands or in stands containing but little spruce — a maximum of approx. 20 % of the growing stock volume — prospects for the natural regeneration of pine are relatively good. The silvicultural measures to be taken in such selectively cut stands are similar to those recommended for the stands of the previous group. A cleaning cutting is necessary in the majority of cases, and this concerns spruce in particular, which must be removed as totally as possible in each case. With more advanced penetration of spruce, pine can generally no longer be regenerated naturally, and artificial regeneration must be resorted to. The first measure even in these stands, however, is a cleaning cutting in which all spruces, white birches and even poor common birches are removed. It is often necessary to clear the cutting area, too, in order to remove small-size spruce undergrowth and groups of birch sprouts.

The positive factors to which the relatively good regeneration of pine in the pure, selectively cut pine stands in Northern Finland is due, also contribute to artificial regeneration. As the seed crop of pine in Northern Finland in general is fairly abundant, acquisition of serviceable seed cannot prove too difficult, though it is advisable to collect the seed only after Summers of above average warmth. As regards the likelihood of success in artificial regeneration, it can be readily stated that the worst danger threatening the seedlings, that of drying, is obviously less on the dry forest lands of Northern Finland than on similar habitats further South.

Comparison of the silvicultural measures for the reconditioning of selectively cut forests in Northern Finland and in the southern half of the country reveals great similarities. It is particularly satisfying to find that the biological prospects for successful work are no worse on the dry forest lands of Northern Finland than in the southern half of the country, rather the contrary.

Regional Features of the Regeneration of Pine (pp. 77—78).

The positive results arrived at in the present investigation regarding natural regeneration of pine on the dry forest lands of Northern Finland call for a review of the regeneration of pine on similar habitats in general.

Comparisons made above with the southern half of Finland show that Northern Finland, in this respect, assumes a rather favourable position.

Further South, in less humid climate, natural regeneration of pine seems to become more and more difficult. The best information available is from the pine districts of North Germany, e. g. the Province of Brandenburg.

From publications by Vanselow (1931, pp. 197, 218 and 221), Dengler (1935, p. 481), Wiedemann (1925, pp. 10—13) and Olberg (1933, pp. 27 and 40) it is apparent that prospects for the natural regeneration of pine in the district in question are very poor. The present investigator has also had the opportunity of collecting personal observations from this area for some six months. E. g. in forestry, pine has not been regenerated naturally, apart from a very few exceptional cases which have aroused great attention among the local foresters. The most important reasons for this are considered to be the overgrowing of cutting areas with grass and the severe drought of mid-Summer. Overgrowing with grass is very marked on dryish forest lands. In young and middle-aged stands, it is true, the grass is not very abundant, but as the stands are thinned the amount of grasses increases, and long before the stand has attained a sparsity permitting the subsistence of pine seedlings underneath it, the ground is covered by continuous, dense grass vegetation. The phenomenon is well-known to us from the southern and south-western coastal districts of our own country, even though the overgrowth with grass in Finland is slighter. The most important grass species too is the same, *Deschampsia flexuosa*. On dry forest lands proper the grass overgrowth is much slighter, and, in fact, so slight in the majority of cases that it cannot prevent the natural regeneration of pine to any degree worth mentioning. But on these forest lands the Summer's drought obviously becomes too much for small pine seedlings. The soil itself, broadly speaking, is comparable to the soil of *Calluna* heaths in South Finland or of *Ericaceae-Cladinae* type forest lands in Northern Finland (cf. Hartmann 1928, Aaltonen 1935), but the humidity of the climate during the growth period is essentially lower. This is clearly illustrated by the fact that the precipitation in June—August in Berlin is roughly the same as in Tampere (lat. 61°30′, long. 23°46′ E., 95 m above sea level; average for Tampere 188 mm, Berlin 180 mm, cf. Schenck 1939, p. 313), while the average temperature is considerably higher (average for Tampere 15.5° C and Berlin 18.0° C). The annual precipitation, it is true, is somewhat higher for Berlin than for Tampere (Tampere averages 590 mm and Berlin 595 mm), but in the comparatively more maritime Berlin climate the summer rainfall percentage of the total annual precipitation is smaller than at Tampere (in Berlin the precipitation in June—August represents 30.5 % of the annual total, at Tampere 32.1 %, Sodankylä 37.5 %). Thus the humidity value (cf. p. 88) obtained for Tampere is 12.3, for Berlin 10.0 only (Sodankylä 15.3).

Comparison with the most important pine district of Central Europe thus shows that, moving from there to our country, first to the south-west, then to the central, and finally to the northern districts, the prerequisites for the natural regeneration of pine seem to improve by degrees. At the same time it is apparent that the most important reasons for this are the decline in the danger threatening the seedlings from ground vegetation, and the improvement of the humidity conditions in Summer. As the drying of the small seedlings, at least on dry forest lands proper, represents the minimising factor for the regeneration of pine, it is comprehensible that the humidity of the growth period in fact decisively affects the great regional features of the regeneration of pine.

ON THE CORRELATION BETWEEN THE CROWN DIAMETER AND THE STEM OF TREES

PUIDEN LATVUKSEN LÄPIMITAN JA RUNGON VÄLISESTÄ RIIPPUVAISUUSSUHTEESTA

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

YRJÖ ILVESSALO

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Contents

	Page
Introduction	5
Correlation between the maximum crown diameter and the D. B. H. of the stem	8
Without any height classification of trees	8
Grouping the trees according to height	10
Correlation between the crown diameter and the corresponding stem diameter and D. B. H.	16
Correlation between the crown diameter and the volume of the stem	22
Summary	25
Suomenkielinen selostus	27

Introduction

The possibility of studying forest resources and the condition of the forests on the basis of aerial photographs has been under lively discussion recently. In many countries both in Europe and in America very valuable experience has been gained. It has been ascertained that aerial photographs are of very great value for these purposes, especially where the forest areas are large and out-of-the-way, and forestry is extensive.

Aerial photographs show well where there is forest and where there is not. The kinds of land utilization can be defined. We can get an idea of the quality of the forest lands at least in broad features, though we can hardly succeed in defining satisfactorily the forest site types and the swamp types or site quality classes distinguished on some other basis, at least not in dense stands. From the photos the species of trees can be separated to a considerable extent with fair certainty, but there is still much to be desired — even using S e e l e y's (Canada) excellent method of coloured fall photographs — at least in forests consisting of many species, particularly of hardwoods. The details are best seen when the trees are leafless and there is snow on the ground and even then best at a steep oblique angle (S e e l e y).

From the point of view of forest utilization it is important that the mature woods, especially in large out-of-the-way forests, can be distinguished and located. Cutting and both unimmediate and long-distance transport can be planned, at least in general outline, on the basis of aerial photographs.

Continuing, we can further say that heights of trees can be measured on aerial photographs, both from vertical and oblique photographs. In dense stands this is, of course, difficult and may even be impossible to achieve satisfactorily. A good idea of the density (crown closure) of the stand can be got, but it is certainly not sufficient when there are overholders, dominant stand and undergrowth all together. Conclusions can also be drawn at least in rough features on the size of the stems. At the border of the stand and from thinly stocked stands we can measure even the diameter of trees on oblique photographs. However we must

certainly admit that the measurement of diameters on the ground is quite a different matter: certain, unimpeded and as easy in dense stands as in thin ones.

For all that, we must confirm that even if much has been attained already by the work of about two to three decades, the investigation of forest resources on the basis of aerial photographs is still in many respects in the course of development. In those regions and countries where the main question is the exploitation of forests and not to any degree worth mentioning forest management and silviculture, aerial photographs are apparently sufficient for a rough general survey of the forests.

The more intensive the forestry is, the more reliable and detailed must the information be that is collected in the survey of forest resources. Measures must be undertaken for regular maintenance and improvement of the yield. For this purpose a basis is needed, which at least for the present cannot be sufficiently provided by aerial photographs, but many-sided studies on the ground are necessary.

The view of the 3rd World Forestry Congress held in Helsinki in 1949 was that volumetric data, and particularly the quality and the structure of the growing stock, cannot be satisfactorily obtained from aerial photographs, at least not as yet with present methods. It may be mentioned as an example that the experiments at the Harvard Forest (U.S.A.) indicate, according to S p u r r, that aerial estimates if carefully made will be within fifteen per cent of the total gross volume under many conditions. In intensive forestry conditions, at least, that is not satisfactory. The more we wish to go into detail in the examination of the growing stock the more necessary the ground investigations will be. Only on the basis of these is it possible to explain and analyse such fundamental factors as the growth, etc.

This is also the case with many other questions. Particular mention might be made of the treatment of the forests, their silvicultural condition and the silvicultural measures to be taken, and the estimation of the future felling amount and its structure. These questions require careful study and consideration and also trial markings of trees on the ground. And the more we associate with the survey other investigations such as those referring to the soil, the ground vegetation, the game, etc. which are possible to combine with it, the more we have to carry out studies on the ground.

An ideal method of survey would be one — unfortunately involving high costs — by which we airphotograph the survey lines, if aerial photographs have not recently been taken and we study the lines on the ground, too, either entirely or at least on the sample plots. Aerial maps provide a good basis for the ground survey and complete it among other things on both sides of the line, which is of great use when, for instance,

endeavouring to prepare maps describing the occurrence of forests and the kind of forests and other aspects of the forest resources.

By following the lines on the ground we get much additional research data from between the sample plots on examining each stand touched by the line as a biological-economic unit. This examination can be carried out as an ocular estimation supported by auxiliary measurements and auxiliary tables. The chiefs of the survey groups must then be competent, experienced and highly trained foresters. The ocular estimates as regards the main points, for instance the growing stock, must be checked by the means offered by statistical analysis [1]).

If the ground survey is limited to the sample plots, which is advisible only when much time can be saved by traversing the intervals by motorvehicle, the distances between the sample plots can be studied on the aerial photographs. In this way much additional data can be gained for the plot-survey, even if not as much and in many respects not as certain as when walking the intervals on the ground.

No particular method of forest survey can be recommended as the best one for use everywhere. The conditions in different countries and also in different parts of the same country may vary very much. In one case much more accurate and more detailed information on forests and forest resources is required than in another. The question of cost is a decisive factor. The most suitable method must be weighed and planned, taking into consideration all these matters. But it ought to be true of all the methods that the reliability of at least the main results can be checked by means of statistical analysis and that all the conceptions — forest area, growing stock, annual growth etc. — are defined intelligibly.

An abundant literature has already sprung up on aerial photography and the airsurvey of forests in several countries and several languages. Among the recent publications may be mentioned Stephen K. Spurr's excellent book »Aerial Photographs in Forestry», New York 1948. Some good summaries and abstracts have also been published. Some of these were given in the papers presented at the 3rd World Forestry Congress and at the United Nations Scientific Conference on the Conservation and Utilization of Natural Resources, both held in 1949. The further development of aerial photography in all ways is very important from the point of view of forest mapping and forest surveys. All information gained in this respect ought to be made use of.

For this purpose the question here considered will be to what extent we can ascertain the diameter and the volume of the stem on the basis

[1]) Cf. for instance: Yrjö Ilvessalo, The Forest Resources and the Condition of the Forests of Finland. (Summary of: Suomen metsävarat ja metsien tila. Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 30. Helsinki 1942).

of the crown diameter and the total height of the tree. We certainly cannot always measure the diameters and often not the maximum diameters of all the crowns of a stand on an air photograph, because the crowns intercross in dense stands and the crowns of suppressed trees may be under the crown canopy of the dominant trees. Besides, it is apparent that the crown does not have the same chance of widening out in a dense stand and in a thin one, which obviously weakens the mutual relation of the diameters of the crown and the stem.

From this point of view it is worth while to review here what Spurr states in his book. Only dominant, co-dominant and the very largest intermediate trees will be seen on the photographs. In tests at Harvard Forest, in which one-fifth acre plots were counted on photographs on a scale of 1 : 12 000, the individual counts averaged 14 per cent low, and the mean of the 6 counts, 7.6 per cent low. On largescale photographs of good quality some German investigators have obtained smaller underestimates. — Only that portion of the crown which is visible from directly above will be measured on the photographs. Branches cloaked by neighbouring trees will not be seen. Aerial measurements of crown diameter, therefore, will generally be smaller than measurements of the same trees made on the ground. — Crown diameter varies with the site and the stand density. Different crown diameter relationships will be noted for stands of low density due to insufficient seeding as contrasted with stands of low density due to selective cutting, and stands of low density due to low carrying capacity of the site.

The data for the investigation presented in this paper have been obtained by examining the mutual relation of the diameter of the crown and the diameter and the volume of the stem in the carefully measured felled sample trees which were the basis for the preparation of the Finnish volume tables (Ilvessalo 1947 and 1948).

As the maximum crown diameter and the maximum diameter of the stem at the same height and at breast height etc. have been exactly measured during the sectional measurement of the sample trees, it has been possible to study their mutual relation.

Correlation between the maximum crown diameter and the D.B.H. of the stem

Without any height classification of trees

Table 1 shows to what extent the D.B.H. corresponding to a certain crown diameter varies if the sample trees are not classified according to height. Here we shall examine only the pine, in which this relation proved to be more regular than in spruce and birch. D. B. H. has been limited in the table to 9 centimeters' minimum, owing to which the

Table 1. — *Taulukko 1.* Crown diameter — D. B. H. — *Latvuksen läpimitta — D 1.3.* Without any grouping of trees according to height. — *Ryhmittelemättä puita pituuden mukaan.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	D. B. H., cm — *D 1.3, cm*																		Mean ± standard error *Keskiarvo ± keskivirhe* cm	Standard deviation *Hajonta* cm	No. of sample trees *Koepuita*
	9.1 —11	11.1 —13	13.1 —15	15.1 —17	17.1 —19	19.1 —21	21.1 —23	23.1 —25	25.1 —27	27.1 —29	29.1 —31	31.1 —33	33.1 —35	35.1 —37	37.1 —39	39.1 —41	41.1 —43	43.1 —45			
1.1—1.5	135	69	47	11	8	3	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.9	—	276
1.6—2.0	100	133	141	73	55	23	9	14	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—	14.2	—	554
2.1—2.5	28	73	98	116	103	63	42	24	16	5	2	1	—	—	—	—	—	—	16.9±0.16	3.8	571
2.6—3.0	7	20	45	55	73	90	57	49	33	17	14	5	4	—	1	1	1	—	20.2±0.23	5.1	472
3.1—3.5	—	2	8	16	31	44	49	48	44	29	13	13	5	6	4	1	—	—	23.6±0.29	5.1	313
3.6—4.0	—	1	4	6	11	21	29	33	40	32	24	18	10	5	3	4	1	1	26.0±0.36	5.6	243
4.1—4.5	—	—	—	3	4	6	7	11	16	32	29	14	9	4	3	1	—	1	28.1±0.41	4.9	140
4.6—5.0	—	—	—	—	1	8	6	11	7	13	9	14	8	11	4	4	1	1	29.6±0.60	5.9	98
5.1—5.5	—	—	—	—	—	—	2	4	7	4	7	6	5	4	3	4	2	3	32.1±0.85	6.1	51
5.6—6.0	—	—	—	—	—	2	3	3	5	4	6	7	3	4	5	5	1	4	32.3±0.92	6.6	52
6.1—6.5	—	—	—	—	—	—	—	2	1	2	6	—	1	1	2	2	2	2	33.7	—	21
6.6—7.0	—	—	—	—	—	—	1	4	—	2	4	2	2	2	3	3	—	—	31.8	—	23

distribution of D. B. H. in the crown classes 1.1—1.5, 1.6—2.0, and in part even in 2.1—2.5, has been cut off at the small end.

The measurements made on 2 815 sample trees show clearly that the larger the crown diameter the larger is the D. B. H. of pine on an average. The correlation coefficient (of Bravais) indicating this dependence is 0.77 ± 0.007, that is to say quite high and with a small standard error. The mean of all the crown diameters is 2.80 m and of all the D. B. H. values 19.8 ± 0.14 cm. Thus these figures represent some kind of mean-tree determined on the basis of crown measurements. If we have a corresponding mean of the height measurements we may calculate approximately the volume of the mean-tree. The form has then still been allowed to depend only on the crown diameter and in addition the calculation is liable to the weaknesses of the method of measurement of the volume on the basis of a mean-tree.

In examining the table closer, in the crown diameter classes, we notice that the standard deviation is very large.[1]) A very varying D. B. H. may correspond to the same crown diameter class. So, for instance, the D.B.H. varies from 11 cm to 45 cm in the crown diameter class 3.6—4.0 m. The mean D. B. H. can then be determined only in 1.5—2.0 cm limits of accuracy, though the number of sample trees is 200—300. When the number of the sample trees in the crown class decreases and the width of the crown increases, the limits of accuracy of the mean D. B. H. widen to about 2—4 cm. A mean-tree determined so uncertainly can lead to great uncertainty regarding the gross volume of the growing stock.

According to Spurr (p. 282) »stem diameter values based upon crown diameter alone may be expected to be accurate to within about 2 inches». This is not satisfactory where forestry is more or less intensive.

On the basis of the crown diameter alone we can accordingly obtain the amount of the growing stock with reasonably satisfactory accuracy only when considering a large number of trees. For instance, on sample plots of one tenth of a hectare, which are rather large circular plots, the number of trees is so small that a satisfactory accuracy is very doubtful. As regards the structure of the growing stock the results are absolutely uncertain, indicating only some rough features.

For spruce and birch the results are considerably more uncertain than for pine, so that their presentation is unnecessary.

Grouping the trees according to height

If we perform the above-described examination anew, grouping the trees into two metre height classes we obtain higher correlation

[1]) A similar result has been presented, for instance, by A. J. Nash as regards the Canadian forests: Some Volume Tables for use in Air Survey. Forestry Chronicle, Vol. XXIV, N:o 1. 1948.

coefficients for pine, as we can see from table 2. The standard errors of the coefficients are higher owing to a smaller number of sample trees.

This correlation indicates that the mean D. B. H. of each crown diameter class can be determined more accurately if we can measure the heights of trees from aerial photographs so adequately that we are able to group the trees of each crown diameter class into 2 metre height classes.

Table 2. — *Taulukko 2.* Crown diameter — D. B. H. — *Latvuksen läpimitta — D 1.3.*
Grouping the trees according to height. — *Ryhmitellen puut pituuden mukaan.*

Height *Pituus* m	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*
	Pine (Pinus silvestris) — *Mänty*		Spruce (Picea excelsa) — *Kuusi*		Birch (Betula alba) — *Koivu*	
11—12					0.64±0.044	175
13—14	0.85±0.013	510	0.55±0.047	218	0.79±0.028	186
15—16	0.83±0.013	527	0.52±0.056	170	0.77±0.032	158
17—18	0.85±0.014	401	0.55±0.056	154	0.73±0.051	84
19—20	0.82±0.020	274	0.52±0.068	115	0.77±0.063	41
21—22	0.85±0.022	208	0.39±0.076	125		
23—24	0.77±0.033	159	0.40±0.077	120	0.72±0.052	90
25—26	0.77±0.047	79	0.42±0.094	76		

In spruce the correlation between the crown diameter and the D.B.H. is much lower than in pine. Particularly in the upper height classes it is quite uncertain. The coefficient is not more than 4—5 times as high as its standard error. The reason may be that the crown of the spruce often comes very low, and that the height of the maximum crown diameter varies much more than in pine. This is particularly the case in the southern half of Finland, while the crown in the usually old spruce forests of North Finland is generally more narrow.

In birch the correlation between the crown diameter and the D. B. H. is nearly as high as in pine. The standard error of the correlation coefficient, however, is higher than in pine, which may principally be caused by the smaller number of sample trees.

Tables 3 and 4 show some examples of the distribution of the D. B. H. within the same height class and the same crown diameter class. The distribution is fairly wide both in pine and spruce, in the latter even rather irregular.

So we see that in spite of the fairly high correlation coefficients of pine, which indicate the average dependence, the crown diameter class

Table 3. — *Taulukko 3.* Crown diameter — D. B. H. in height classes 15—16 m and 21—22 m. — *Latvuksen läpimitta — D 1.3 pituusluokissa 15—16 m ja 21—22 m.* Examples of pine. — *Esimerkkejä männystä.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	D. B. H. — *D 1.3, cm*															
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40+
	No. of sample trees — *Koepuita*															
	In height class 15—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*															
1.1—1.5	30	53	30	18	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6—2.0	8	31	33	19	13	5	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	—	6	13	17	16	10	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	—	2	4	10	9	4	2	2	—	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	—	1	2	7	4	5	2	5	—	—	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	—	1	—	1	3	—	2	7	1	—	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	—	—	—	1	3	1	1	2	1	—	—	—	—
4.6—5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	1	—	—	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1	—	—	—	—	—
	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
1.5—2.0	—	—	—	4	3	3	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	—	—	—	1	4	11	8	6	1	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	—	—	—	3	9	14	9	3	2	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	—	—	1	2	8	8	4	7	1	—	—	2	—	—
3.6—4.0	—	—	—	—	—	1	5	2	4	7	4	4	3	—	—	1
4.1—4.5	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	5	3	1	1	2	—
4.6—5.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3	3	4	2	—	1
5.1—5.5	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	1	—	1	3	2
5.6—6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	2	1	1
6.1—7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	2

Table 4. — *Taulukko 4.* Crown diameter — D. B. H. in height classes 15—16 m and 21—22 m. — *Latvuksen läpimitta — D 1.3 pituusluokissa 15—16 m ja 21—22 m.* — Examples of spruce. — *Esimerkkejä kuusesta.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	D. B. H. — *D 1.3, cm*															
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40+
	No. of sample trees — *Koepuita*															
	In height class 15—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*															
1.1—1.5	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6—2.0	1	1	3	—	1	1	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	1	2	6	8	8	1	6	1	2	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	1	7	9	10	4	3	4	—	—	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	1	2	9	7	7	5	5	1	1	—	—	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	2	2	1	4	2	3	—	2	—	—	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	2	3	2	3	—	1	—	2	—	1	—	—	1
4.6—5.0	—	—	—	—	3	—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	—	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	1	—	1	3	—	—	—	1.	—	—	—
	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
2.1—2.5	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	1	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	—	—	1	—	—	—
3.1—3.5	—	—	—	—	—	1	2	3	3	1	1	1	—	—	—	1
3.6—4.0	—	—	—	—	—	1	2	3	6	6	4	2	1	1	—	—
4.1—4.5	—	—	—	—	—	1	1	2	5	2	2	3	1	—	—	—
4.6—5.0	—	—	—	—	—	—	1	6	1	5	3	7	2	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	—	—	1	1	2	1	3	—	—	2	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	—	2	1	—	2	2	2	4	1	—	—
6.1—6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	1	2	—	—
6.6—7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	1

does not determine the D. B. H. very exactly. For instance, in the height class 15—16 m and the crown class 2.6—3.0 m the D. B. H. varies from 14 to 26 cm, and in the height class 21—22 m and the crown class 3.6—4.0 from 20 to 40 cm. Nevertheless, the distribution in pine is fairly regular in the classes which have numerous sample trees.

The relationships are better shown by table 5, which gives the mean D. B. H. and its standard error and standard deviation in the different height and crown diameter classes.

Table 5. — *Taulukko 5.* Crown diameter — Average D. B. H. — *Latvuksen läpimitta — Keskimääräinen D 1.3.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	Mean D. B. H. ± standard error (D ± ε (D)) and standard deviation (σ), cm *Keskimääräinen D 1.3 ± keskivirhe (D ± ε (D)) ja hajonta (σ), cm*											
	In the height classes — *Pituusluokissa*											
	13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21—22 m		23—24 m	
	D ± ε (D)	σ	D ± ε (D)	σ	D ± ε (D)	σ	D ± ε (D)	σ	D ± ε (D)	σ	D ± ε (D)	σ
	1. Pine — *Mänty*											
1.3	11.0±0.1	1.4	12.7±0.3	1.7	13.7±0.3	1.6						
1.8	12.6±0.2	2.0	14.5±0.2	2.1	16.0±0.3	2.6	17.1±0.5	2.6				
2.3	14.5±0.3	2.9	16.4±0.3	2.7	17.7±0.3	2.6	18.8±0.4	2.8	21.1±0.4	2.3	23.4±0.7	3.0
2.8	16.6±0.3	2.7	18.7±0.3	3.4	20.1±0.4	3.1	22.3±0.6	4.3	22.3±0.4	2.5	25.4±0.7	3.7
3.3	19.4±0.5	2.9	20.5±0.5	3.4	23.0±0.5	3.1	24.7±0.5	3.1	25.1±0.7	4.0	26.4±0.6	3.5
3.8	22.8±0.7	3.5	23.2±0.5	3.7	24.9±0.5	3.0	27.8±0.7	3.9	28.0±0.8	4.6	28.2±0.8	4.0
4.3			26.0±0.9	4.1			28.0±0.8	3.8	31.1±1.0	3.9	30.4±1.1	4.6
	2. Spruce — *Kuusi*											
1.8	14.4±0.5	2.5										
2.3	15.0±0.4	3.0	17.7±0.7	3.9	18.8±0.8	3.3						
2.8	15.8±0.6	3.6	17.8±0.5	3.2	19.0±0.8	4.1	22.7±1.1	4.1				
3.3	16.2±0.6	3.4	19.3±0.6	3.6	23.7±1.0	4.6	22.8±0.7	3.4	26.8±1.7	6.1		
3.8	17.6±0.7	3.7	20.6±1.1	4.4	21.5±0.9	4.5	24.1±1.3	5.6	27.5±0.7	3.7	28.7±1.0	4.1
4.3					23.3±1.0	4.7	25.7±1.2	5.3	27.4±0.9	3.9	30.0±1.0	4.4
4.8									28.6±0.7	3.7	30.8±0.9	4.5
5.3											32.4±1.2	5.0
	3. Birch — *Koivu*											
1.3	8.6±0.2	1.0										
1.8	9.3±0.2	1.3	11.0±0.2	1.3								
2.3	11.8±0.4	2.3	13.1±0.3	1.6	14.6±0.7	2.7						
2.8	13.3±0.6	3.5	14.1±0.7	3.2	16.6±0.6	2.2	16.2±0.7	2.4				
3.3	13.9±0.6	2.5	16.6±1.0	4.1	16.0±0.9	2.8	17.7±1.0	2.3	22.8±1.1	3.4		
3.8			17.1±1.1	4.0	19.2±1.0	3.2	19.7±1.0	2.7	24.6±1.2	5.0		
4.3									25.2±0.8	2.2		
4.8									28.5±2.0	7.0		

In pine the standard deviation is often rather high, $2 \times \sigma$ being 30—40 % of the mean. The crown diameter determines the D. B. H. on an average with the accuracy of about 5 % if we take as a basis twice the standard error, and with the accuracy of about 7 % if the triple standard error is taken. Even for this result a considerable number of sample

trees are needed, and accordingly, large sample plots or many circular plots of $^1/_{10}$ hectare combined.

The distribution of the trees of a certain crown diameter class among the different D. B. H. classes on both sides of the D. B. H. mean value is not easily determined from photographs. An approximate calculation of the probable distribution series might be within the bounds of possibility, on the basis of the characteristics of the series: number of trees, mean diameter and standard deviation. But in any case the structure of the growing stock remains much more incompletely described than with measurements on the ground.

It may further be mentioned that the larger the maximum crown diameter within the same height class the larger is the mean D. B. H. The increase is comparatively regular in the lower height classes, later on less regular.

In spruce the standard deviation is in general considerably higher than in pine in the corresponding height and crown diameter class. $2 \times \sigma$ is mostly in spruce 40 % of the mean. The standard error of the D. B. H. mean value is likewise higher in spruce. The crown diameter determines the D. B. H. on an average with the accuracy of about 8 % if we take as a basis twice the standard error, and with the accuracy of about 11—12 % if the triple standard error is taken. As in pine, a considerable

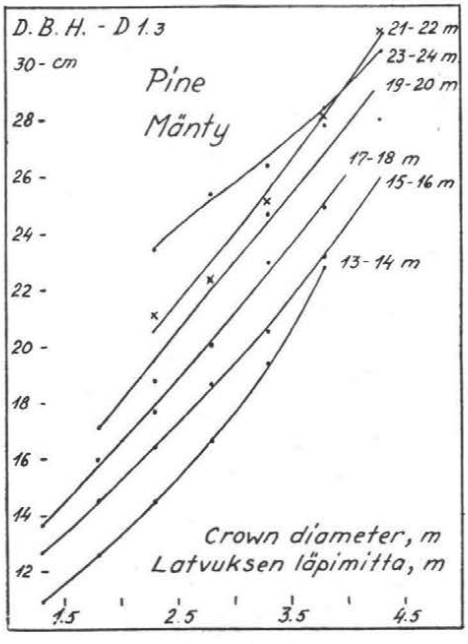


Fig. 1 — *Kuva 1.*

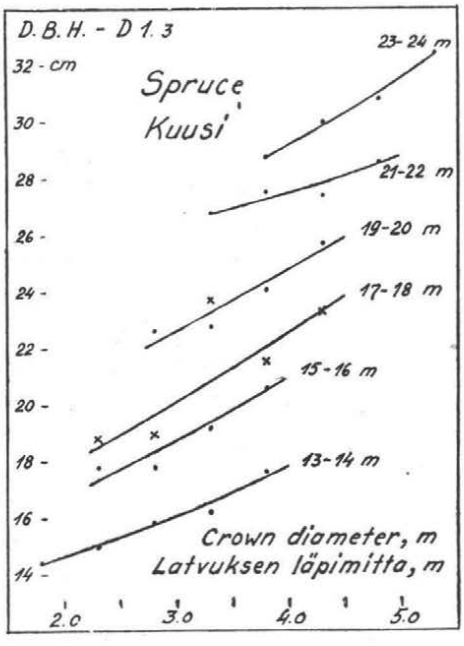


Fig. 2 — *Kuva 2.*

number of sample trees are needed even for this result and, accordingly, large sample plots or many circular plots of $^1/_{10}$ hectare combined. The structure of the growing stock remains much more incompletely described on the basis of photographs than is easily possible with measurements on the ground.

The mean D. B. H. increases simultaneously with the increase of maximum crown diameter, but much more irregularly than in pine.

In birch the standard deviation is generally less than in pine, probably owing to the smaller D. B. H. in the corresponding crown diameter classes. In a few cases, however, the number of sample birch trees is small, giving rise to a higher standard deviation.

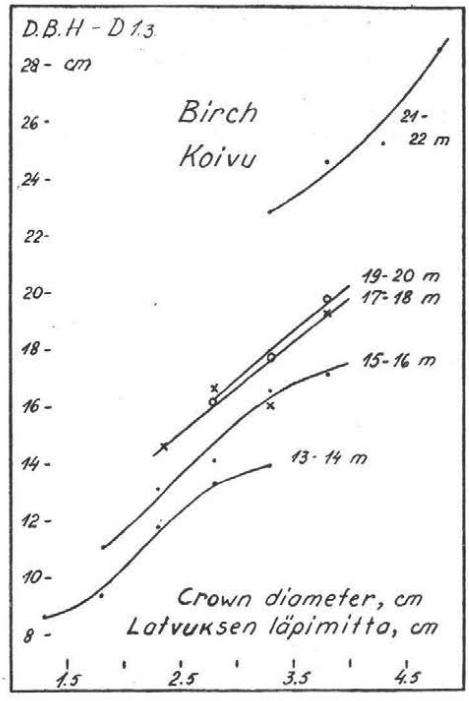


Fig. 3 — *Kuva 3.*

As compared with the D. B. H. mean value the standard deviation is generally high. The crown diameter determines the D. B. H. on an average with the accuracy of 8—9 % if we take as a basis twice the standard error, and with the accuracy of about 13 % if the triple standard error is taken. Accordingly, the same as was said above regarding pine and spruce holds true as to the sample plots and the structure of the growing stock.

The mean D. B. H. also increases in birch simultaneously with the increase of the maximum crown diameter, not as regularly as in pine.

The relation between the crown diameter and the D. B. H. and the deviation of the mean D. B. H. values from the graphically smoothed curves in the different species of trees is to be seen from figures 1—3.

Table 6 shows that the height of the maximum crown diameter from the ground is much less in spruce than in pine. The increase of this height from one height class to another is very much slower in spruce than in pine. Birch is in this respect close to pine. Owing to the low location of the maximum crown diameter it may be more difficult exactly to see and measure these diameters of spruce in aerial photographs than those of pine and birch, especially in mixed stands.

Table 6. — *Taulukko 6.* The height of the maximum crown diameter from the ground. — *Latvuksen maksimileveyden korkeus maasta.*

Total height of the tree *Puun koko pituus* m	Pine — *Mänty*	Spruce — *Kuusi*	Birch — *Koivu*
	Height of the maximum crown diameter from the ground, m *Latvuksen maksimileveyden korkeus maasta, m*		
11—12	8.1±0.06	5.7±0.18	8.2±0.09
13—14	9.7±0.06	6.2±0.14	9.5±0.14
15—16	10.9±0.07	7.3±0.19	11.1±0.15
17—18	12.5±0.09	7.9±0.24	11.7±0.24
19—20	13.9±0.13	8.8±0.26	13.0±0.42
21—22	15.7±0.16	9.7±0.27	14.9±0.50
23—24	17.7±0.15	10.3±0.31	17.1±0.57
25—26	19.6±0.27	10.2±0.40	17.7±0.41

Correlation between the crown diameter and the corresponding stem diameter and D. B. H.

A second question arises: can we determine, on the basis of the maximum crown diameter, the stem diameter at the same height and further, on the basis of the latter, the D. B. H. Can we determine the D. B. H. in this way more certainly than simply on the basis of the crown diameter.

Firstly, table 7 shows that in pine the correlation between the maximum crown diameter and the stem diameter at the height of this crown diameter is almost as high as the correlation between the crown diameter and the D. B. H. In spruce the correlation is in both cases about the same; the correlation coefficient is low and its standard error high. Even in birch the two correlations do not differ much.

Table 7. — *Taulukko 7.* Crown diameter — Stem diameter at the height of the maximum crown diameter. — *Latvuksen läpimitta — Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudella.*

Height *Pituus* m	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*
	Pine (Pinus silvestris) — *Mänty*		Spruce (Picea excelsa) — *Kuusi*		Birch (Betula alba) — *Koivu*	
11—12	0.82±0.014	495	0.68±0.054	99	0.78±0.028	194
13—14	0.82±0.015	493	0.59±0.045	207	0.81±0.026	173
15—16	0.84±0.013	521	0.54±0.057	155	0.74±0.036	157
17—18	0.80±0.019	379	0.56±0.058	136	0.83±0.034	84
19—20	0.80±0.023	243	0.49±0.078	98	0.82±0.050	41
21—22	0.78±0.028	191	0.58±0.069	91		
23—24	0.65±0.048	145	0.60±0.068	87	0.74±0.047	91
25—26	0.72±0.054	78	0.66±0.071	62		

The two tables 8 and 9 are examples of the height classes 15—16 m and 21—22 m. It can be seen that the distribution of the sample trees among the different stem diameter classes is within the corresponding crown diameter classes wider and more irregular in spruce than in pine.

The stem diameter at the height of the maximum crown diameter increases with the increase of the crown diameter, in pine fairly regularly, in birch not so regularly and in spruce rather irregularly (table 10). The crown diameter does not determine the corresponding stem diameter as accurately as it determines the D. B. H. The standard error of the mean value of the stem diameter in the different crown classes is, it is true, about the same and sometimes smaller than in the table showing crown diameter — D. B. H., but as a percentage of the mean diameter it is larger.

Table 8. — *Taulukko 8.* Crown diameter — Stem diameter at the height of the maximum crown diameter. — *Latvuksen läpimitta — Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudella.*
Examples of pine. — *Esimerkkejä männystä.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	D at the height of max. crown diameter — *D latv. maksimilev. korkeudella, cm*															
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
	No. of sample trees — *Koepuita*															
	In height class 15½—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*															
1.1—1.5	8	22	9	4	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6—2.0	1	27	58	16	5	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	2	10	34	50	15	10	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	—	9	33	35	16	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	4	11	16	16	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	1	8	5	10	13	4	1	2	—	—	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	—	2	6	6	6	—	2	—	—	—	—	—	—
4.6—5.0	—	—	—	—	—	2	3	1	—	2	—	—	—	—	—	—
5.1—	—	—	—	—	—	—	2	2	4	1	4	1	2	—	—	—
	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
1.1—1.5	—	1	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.6—2.0	—	2	6	2	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	—	1	6	11	7	3	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	1	6	11	13	17	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	—	6	8	9	4	2	—	1	—	—	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	2	—	5	6	9	6	—	—	—	—	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	—	1	4	1	7	—	1	1	—	—	—	1	—
4.6—5.0	—	—	—	—	—	1	4	2	3	3	—	—	—	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	2	—	1	2	1	1	—	1	—	1	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	1	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
6.1—6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
6.6—7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—
7.1—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2

Judged by double standard error the maximum crown diameter determines the corresponding stem diameter in pine on an average with the accuracy of 8—9 %, in spruce 11—12 % and in birch about 15 %. If we take the triple standard errors the figures are: about 13 %, 17—18 % and 22 %, that is to say much higher than is the case with the D. B. H.

The examination of the correlation between the maximum crown diameter and the corresponding stem diameter shows that the D. B. H. cannot be determined more exactly by the upper diameter than simply by the crown diameter.

Table 9. — *Taulukko 9.* Crown diameter — Stem diameter at the height of the maximum crown diameter. — *Latvuksen läpimitta — Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudella.* Examples of spruce. — *Esimerkkejä kuusesta.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	D at the height of max. crown diameter — *D latv. maksimilev. korkeudella, cm*															
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
	No. of sample trees — *Koepuita*															
	In height class 15—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*															
1.6—2.0	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.1—2.5	—	3	5	10	5	2	3	2	1	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	2	6	8	6	5	5	3	—	—	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	3	9	6	5	5	4	—	2	—	1	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	1	2	5	2	—	1	2	1	1	—	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	1	1	—	3	2	1	—	1	—	—	—	—	2
4.6—5.0	—	—	1	—	2	—	1	—	—	—	1	1	—	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—	—	—	—	—	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—	—	—
6.1—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—	—
	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
2.1—2.5	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.6—3.0	—	—	—	1	—	—	3	—	—	1	—	—	—	—	—	—
3.1—3.5	—	—	—	—	2	3	1	3	—	—	2	1	—	—	—	—
3.6—4.0	—	—	—	—	1	4	5	2	4	4	2	1	—	—	—	—
4.1—4.5	—	—	—	—	1	1	1	1	2	1	2	—	1	—	—	—
4.6—5.0	—	—	—	—	1	—	1	2	4	—	3	1	3	—	—	—
5.1—5.5	—	—	—	—	—	2	—	1	1	1	1	—	2	—	—	—
5.6—6.0	—	—	—	—	—	1	—	1	—	2	1	1	—	1	1	—
6.1—6.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	1	—
6.6—7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1

Table 10. — *Taulukko 10.* Crown diameter — Stem diameter at the height of the maximum crown diameter. — *Latvuksen läpimitta — Rungon läpimitta latvuksen leveimmän kohdan korkeudella.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	Average stem diameter $(D \pm \varepsilon (D))$ and standard deviation (σ), cm *Keskimääräinen rungon läpimitta* $(D \pm \varepsilon (D))$ *ja hajonta* (σ), *cm*											
	In the height classes — *Pituusluokissa*											
	13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21—22 m		23—24 m	
	$D \pm \varepsilon (D)$	σ	$D \pm \varepsilon (D)$	σ	$D \pm \varepsilon (D)$	σ	$D \pm \varepsilon (D)$	σ	$D \pm \varepsilon (D)$	σ	$D \pm \varepsilon (D)$	σ
	1. Pine — *Mänty*											
1.3	4.7±0.1	1.3	5.0±0.3	1.9	5.4±0.3	1.7						
1.8	5.8±0.1	1.6	6.6±0.2	1.8	6.9±0.3	2.1	7.3±0.3	1.8				
2.3	7.4±0.2	2.1	8.2±0.2	2.4	8.2±0.3	2.4	8.3±0.3	2.1	9.1±0.5	2.5	9.7±0.6	2.6
2.8	9.4±0.2	1.9	9.9±0.2	2.0	9.8±0.4	2.9	10.3±0.4	3.1	9.7±0.4	2.5	10.3±0.5	2.4
3.3	10.0±0.4	2.5	10.9±0.3	2.4	12.5±0.4	2.6	12.4±0.5	2.8	12.0±0.5	2.8	11.0±0.5	2.8
3.8	13.7±0.7	3.4	12.9±0.5	3.3	13.4±0.6	3.2	14.3±0.7	3.1	13.2±0.5	2.8	12.7±0.7	3.1
4.3			14.7±0.6	2.7			16.4±1.0	4.9	16.5±1.2	4.8	13.8±1.0	3.7

2. Spruce — *Kuusi*

1.8	9.7±0.5	2.9										
2.3	10.7±0.4	2.8	11.8±0.7	3.8	12.2±0.7	3.0						
2.8	11.3±0.5	3.4	12.5±0.6	3.3	13.0±0.9	4.3	16.3±1.1	3.8				
3.3	12.3±0.5	3.0	14.1±0.7	4.2	18.1±1.0	4.5	15.5±0.7	3.2	17.8±1.4	4.8		
3.8	14.1±0.8	4.0	15.2±1.3	4.9	16.1±1.0	4.8	17.2±1.1	5.0	19.0±0.8	3.9	18.3±1.4	5.2
4.3					17.7±1.4	6.0	19.7±1.4	5.7	20.3±1.4	4.7	21.6±1.0	4.3
4.8									22.4±1.1	4.4	24.0±1.1	4.8
5.3											26.4±1.3	5.0
5.8											25.1±1.4	4.3

3. Birch — *Koivu*

	11—12 m		13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21 + m	
1.3			2.6±0.2	0.7								
1.8	3.0±0.2	1.1	3.4±0.2	1.1	3.7±0.2	1.3						
2.3	4.0±0.3	1.7	4.5±0.2	1.5	4.5±0.3	1.6	5.5±0.4	1.7				
2.8	5.5±0.4	2.0	6.5±0.5	2.6	6.0±0.4	1.8	5.5±0.3	1.1	6.6±0.6	2.0		
3.3	6.4±0.6	2.5	7.2±0.5	2.0	7.9±0.5	1.9	7.8±0.8	2.6	8.0±0.6	1.5	8.1±0.6	1.8
3.8	7.5±0.5	2.0			7.8±0.6	2.0	8.6±0.8	2.6	10.4±1.5	3.9	10.0±0.9	3.9
4.3											10.4±0.8	2.2
4.8											13.8±0.9	3.5

For all that, the correlation between the stem diameter at the height of the maximum crown diameter and the D. B. H. has still been examined. In all the species the correlation coefficients are high and their standard errors comparatively small (table 11). The noticeable regularity of the D. B. H. distribution series within the upper-diameter classes can be seen from tables 12 and 13, showing examples of pine and spruce in the height classes 15—16 m and 21—22 m.

The average D. B. H. values corresponding to the classes of stem diameter at the height of the maximum crown diameter are to be seen in table 14. The D. B. H. increases, as a rule, fairly regularly with the increase of the upper diameter. The standard deviation and the standard error are in pine and birch on an average somewhat smaller and in spruce much smaller than in table 5, showing the average D. B. H. in the

Table 11. — *Taulukko 11.* Stem diameter at the height of the maximum crown diameter — D. B. H. — *Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudella — D 1.3.*

Height *Pituus* m	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatiokertoin*	No. of sample trees *Koepuita*
	Pine (Pinus silvestris) — *Mänty*		Spruce (Picea excelsa) — *Kuusi*		Birch (Betula alba) — *Koivu*	
11—12	0.89±0.009	494	0.91±0.017	102	0.80±0.025	209
13—14	0.88±0.010	518	0.84±0.021	209	0.87±0.018	183
15—16	0.88±0.011	479	0.89±0.016	166	0.72±0.038	159
17—18	0.88±0.011	390	0.90±0.016	132	0.81±0.037	86
19—20	0.89±0.013	246	0.86±0.026	98	0.82±0.050	41
21—22	0.85±0.019	201	0.81±0.037	86	} 0.72±0.053	81
23—24	0.76±0.035	153	0.81±0.038	86		
25—26	0.83±0.035	77	0.85±0.036	61		

Table 12. — *Taulukko 12.* Stem diameter at the height of the maximum crown diameter — D. B. H. — *Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudella — D 1.3.*

Examples of pine. — *Esimerkkejä männystä.*

D at the height of max. crown diameter *D latv. maksimilev. korkeudella, cm*	D. B. H. — *D 1.3, cm*															
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40—
	No. of sample trees — *Koepuita*															
	In height class 15—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*															
4—5	5	18	15	4	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6—7	2	20	35	25	8	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8—9	—	2	19	32	38	12	8	2	—	—	—	—	—	—	—	—
10—11	—	—	2	10	31	26	7	5	3	1	—	—	—	—	—	—
12—13	—	—	1	3	9	14	19	6	7	1	1	—	—	—	—	—
14—15	—	—	—	—	—	3	7	11	6	5	2	—	—	—	—	—
16—17	—	—	—	—	—	1	—	3	2	4	1	4	1	—	—	—
18—20	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	—	3	1	—	—	—
21—23	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	—	1	—	1	1	—
24—26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	1	—	1	—
	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
6—7	—	—	1	5	6	7	4	4	—	1	—	—	—	—	—	—
8—9	—	—	—	1	4	15	9	5	—	1	—	—	—	—	—	—
10—11	—	—	—	—	2	6	12	10	5	2	1	1	—	—	—	—
12—13	—	—	—	—	—	—	10	7	3	4	3	—	—	—	—	—
14—15	—	—	—	—	—	—	—	—	3	9	3	2	2	1	—	—
16—17	—	—	—	—	—	—	—	3	2	1	5	5	3	4	2	1
18—19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	4	1	—	1	2
20—22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	2	3	1	1
23—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—
26—28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

Table 13. — *Taulukko 13.* Stem diameter at the height of the maximum crown diameter — D. B. H. — *Rungon läpimitta latvuksen maksimileveyden korkeudelta — D 1.3.*

Examples of spruce. — *Esimerkkejä kuusesta.*

D at the height of max. crown diameter *D latv. maksimilev. korkeudella, cm*	D. B. H. — *D 1.3, cm*														
	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	No. of sample trees — *Koepuita*														
	In height class 15—16 m — *Pituusluokassa 15—16 m*														
6—7	1	2	5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8—9	—	3	5	5	4	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
10—11	—	1	9	15	5	3	1	—	—	—	—	—	—	—	—
12—13	—	—	1	9	14	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—
14—15	—	—	—	1	6	5	3	1	—	—	—	—	—	—	—
16—17	—	—	—	—	1	6	7	5	—	—	—	—	—	—	—
18—19	—	—	—	1	—	1	4	8	2	—	—	—	—	—	—
20—21	—	—	—	—	—	—	1	3	4	1	—	—	—	—	—
22—23	—	—	—	—	—	—	1	2	2	—	—	—	—	—	—
24—25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

	In height class 21—22 m — *Pituusluokassa 21—22 m*															
10—11	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12—13	—	—	—	—	—	1	1	2	2	—	—	—	—	—	—	—
14—15	—	—	—	—	1	1	4	2	1	—	—	—	—	—	—	—
16—17	—	—	—	—	—	1	—	5	3	2	—	—	—	—	—	—
18—19	—	—	—	—	—	—	2	2	1	3	1	—	—	—	—	—
20—21	—	—	—	—	—	—	—	2	4	3	2	2	1	—	—	—
22—23	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2	4	—	1	—	—	—
24—25	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	3	5	1	1	1	—
26—27	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	1	—	—
28—29	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	1	—
30—31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—

different crown diameter classes. The accuracy of the D. B. H. mean values in table 14 is on an average in pine 4.2 % judged on the basis of double standard error and 6.3 % if the triple standard error is taken. The corresponding figures for spruce are 5.3 % and 7.8 % and for birch 7.6 % and 11.5 %.

Table 14. — *Taulukko 14.* Stem diameter at the height of the maximum crown diameter — D. B. H. — *Rungon läpimitta latvuksen leveimmän kohdan korkeudella — D 1.3.*

Upper diameter *Ylempi läpimitta* cm	Mean D. B. H. $(D \pm \varepsilon\,(D))$ and standard deviation (σ), cm *Keskimääräinen D 1.3* $(D \pm \varepsilon\,(D))$ *ja hajonta* (σ), *cm*											
	In the height classes — *Pituusluokissa*											
	13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21—22 m		23—24 m	
	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ	$D \pm \varepsilon\,(D)$	σ
1. Pine — *Mänty*												
2—3	9.9±0.3	1.8										
4—5	11.0±0.2	1.8	13.1±0.3	1.9	14.4±0.3	2.0						
6—7	13.2±0.2	2.2	14.5±0.2	2.1	16.1±0.3	2.4	17.6±0.3	2.0	19.8±0.6	3.2		
8—9	15.9±0.3	2.7	17.3±0.2	2.5	17.8±0.3	2.3	19.8±0.3	2.7	21.0±0.4	2.3	23.9±0.7	3.8
10—11	18.5±0.5	3.3	19.4±0.3	2.7	20.8±0.3	2.5	21.6±0.6	2.9	23.3±0.5	3.0	24.4±0.6	3.2
12—13	20.1±0.6	2.7	21.4±0.4	3.1	23.3±0.4	2.6	25.9±0.5	2.9	25.4±0.7	4.0	27.1±0.7	3.9
14—15			24.5±0.5	2.7	25.5±0.5	2.5	26.7±0.4	2.4	29.4±0.6	2.8	29.7±0.8	3.4
2. Spruce — *Kuusi*												
6—7	12.1±0.3	1.5										
8—9	12.9±0.3	1.9	15.8±0.6	2.7								
10—11	14.6±0.3	1.8	16.2±0.4	2.2	17.0±0.4	1.6						
12—13	16.6±0.3	2.1	17.9±0.4	2.1	19.2±0.5	2.1	19.7±0.5	1.7				
14—15	18.2±0.3	1.8	19.6±0.5	2.1	19.9±0.4	1.8	21.3±0.8	2.7				
16—17			21.7±0.4	1.8	21.4±0.7	2.6	23.5±0.7	3.0	24.9±0.7	2.3		
18—19			23.0±0.6	2.4	24.3±0.4	2.0	23.9±0.5	2.1	25.8±1.0	2.9	29.4±1.0	3.7
20—21							26.8±0.7	3.1	28.1±0.8	3.1	28.6±0.5	1.7
22—23									29.5±0.8	2.3		
24—25									31.7±1.1	3.9	32.3±0.9	3.1
26—27											33.2±1.0	3.2
3. Birch — *Koivu*												
	11—12 m		13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21 + m	
1—2	7.4±0.2	1.5	8.6±0.3	1.6	10.2±0.5	1.8						
3—4	9.2±0.3	2.3	9.8±0.2	1.5	11.6±0.3	1.8	13.0±0.5	2.1				
5—6	11.6±0.5	2.6	12.6±0.3	2.2	13.1±0.4	2.5	15.9±0.5	2.2	14.8±0.5	1.7	18.7±0.5	1.5
7—8	13.6±0.4	2.3	14.7±0.5	2.3	15.2±0.6	2.9	16.4±0.6	2.6	16.6±0.7	2.1	24.6±1.3	4.3
9—10			16.7±0.7	2.7			17.8±0.5	2.8	18.7±1.0	2.4	22.8±0.8	3.0
11—12											27.2±1.4	5.5

Consequently, the examination of the correlation between the maximum crown diameter and the corresponding stem diameter and between the latter and the D. B. H. shows that we cannot get better results in this way than directly on the basis of the relation between the crown diameter and D. B. H.

Correlation between the crown diameter and the volume of the stem

In the foregoing an examination has been made of the extent to which the crown diameter is able to determine the stem diameter which, in its turn, together with the height and form determines the volume of the stem. The diameter is mostly more important than the volume, because if only the gross volume of the growing stock of a forest area is known, this knowledge is much less adequate and of minor importance than when the division of the growing stock into D. B. H. classes with regard to both the number of stems and the volume is known.

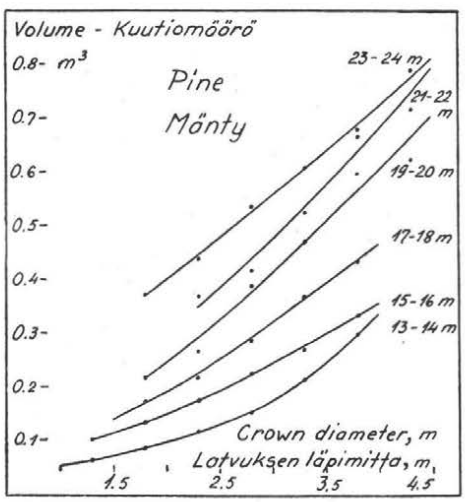


Fig. 4 — *Kuva 4.*

Nevertheless, we may still briefly examine in the following the correlation between the maximum crown diameter and the stem volume, dividing the sample trees into height classes. The stem volumes of the sample trees have been calculated using measurements made on 1—2 m sections.

Table 15 shows that the correlation coefficients in pine are high and their standard errors small — except in the case of the highest trees. In birch the correlation coefficients are somewhat lower than in pine but still fairly high. The standard errors are comparatively high. In spruce the correlation coefficients are low and their standard errors high. This in itself implies that the maximum crown diameter of spruce is not able to determine reliably the stem volume in the sample trees examined, though the trees are classified according to height.

The question can be examined in more detail with the aid of table 16. In pine the increase of the stem volume with increasing crown diameter is fairly regular. In spruce it is, in general, very small and irregular. Birch is more like spruce than like pine.

Table 15. — *Taulukko 15.* Crown diameter — Stem volume. — *Latvuksen läpimitta — Rungon kuutiomäärä.*

Height *Pituus* m	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*	Correlation coefficient *Korrelaatio-kertoin*	No. of sample trees *Koepuita*
	Pine (Pinus silvestris) — *Mänty*		Spruce (Picea excelsa) — *Kuusi*		Birch (Betula alba) — *Koivu*	
11—12					0.71±0.034	213
13—14	0.82±0.014	528	0.37±0.060	206	0.74±0.033	183
15—16	0.79±0.016	545	0.45±0.061	169	0.74±0.035	162
17—18	0.82±0.016	394	0.51±0.062	145	0.79±0.041	83
19—20	0.81±0.021	274	0.46±0.074	113	0.84±0.045	43
21—22	0.82±0.025	185	0.32±0.082	121		
23—24	0.70±0.039	172	0.44±0.073	121	0.72±0.050	89
25—26	0.72±0.053	85	0.53±0.081	79		

The maximum crown diameter indicates the total volume of the stem rather inaccurately. This is shown by the fact that the standard error of the mean volume in the different crown diameter classes is comparatively high, on an average: if twice the standard error is taken, in pine 9.9 %, in spruce 13.1 % and in birch 16.8 % of the mean volume and if the triple error is taken, in pine 14.8 %, in spruce 19.7 % and in birch 25.2 %. Judged on the basis of these figures the maximum crown diameter is able to determine the stem volume with the accuracy of about 10—20 %, much depending on the species of tree.

This result may be satisfactory from the point of view of estimating the gross volume of the growing stock in extensive forestry conditions. Where forestry is intensive the total volume of the growing stock ought

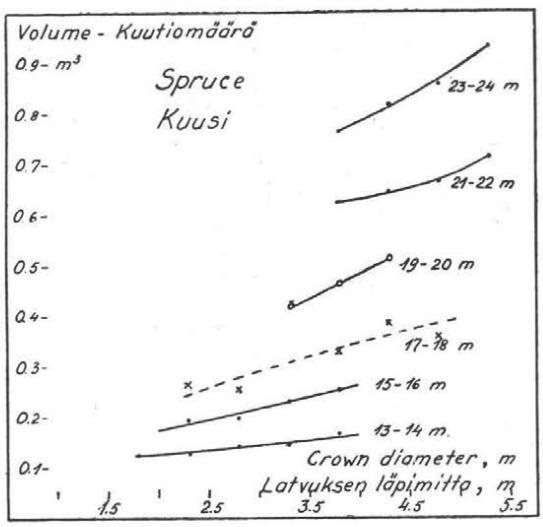


Fig. 5 — *Kuva 5.*

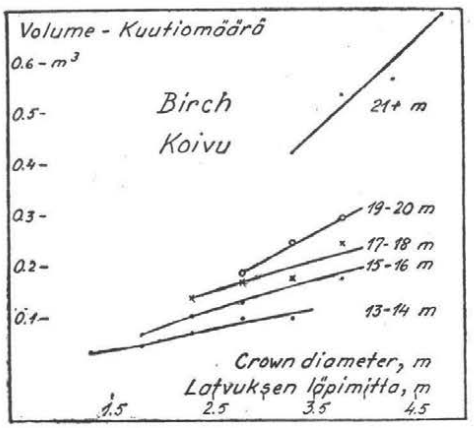


Fig. 6 — *Kuva 6.*

to be estimated more exactly and, in addition, its structure, on the basis of the distribution on both sides of the average, must be ascertained. Table 16 shows that the standard deviation is high, and accordingly the distribution is wide.

The relation between the crown diameter and the stem volume and the deviation of the mean values for the volume from the graphically smoothed curves in the different species of trees can be seen from figures 4—6.

Table 16. — *Taulukko 16.* Crown diameter — Average stem volume. — *Latvuksen läpimitta — Keskimääräinen rungon kuutiomäärä.*

Crown diameter *Latvuksen läpimitta* m	Mean stem volume $(V \pm \varepsilon (V))$ and standard deviation (σ), dm^3 *Keskimääräinen rungon kuutio* $(V \pm \varepsilon (V))$ *ja hajonta* (σ), dm^3											
	In the height classes — *Pituusluokissa*											
	13—14 m		15—16 m		17—18 m		19—20 m		21—22 m		23—24 m	
	$V \pm \varepsilon (V)$	σ	$V \pm \varepsilon (V)$	σ	$V \pm \varepsilon (V)$	σ	$V \pm \varepsilon (V)$	σ	$V \pm \varepsilon (V)$	σ	$V \pm \varepsilon (V)$	σ
	1. Pine — *Mänty*											
1.3	64±2	21	102±5	35								
1.8	87±3	30	131±4	41	172±7	56	211±9	50			371±34	155
2.3	117±4	43	172±6	64	218±7	65	267±10	72	367±14	71	436±27	135
2.8	151±7	49	224±9	86	284±11	93	385±19	141	414±19	112	531±27	154
3.3	213±13	75	269±12	88	366±17	118	468±20	125	521±30	160	606±28	166
3.8	294±19	99	330±17	119	432±21	127	592±35	184	666±34	190	675±42	186
4.3			415±27	122			619±30	155	714±49	183	789±55	232
	2. Spruce — *Kuusi*											
1.8	122±8	39										
2.3	126±6	48	195±14	82	261±22	95						
2.8	143±9	58	199±11	68	254±20	95						
3.3	144±10	53	228±12	76	426±30	133	420±23	106				
3.8	168±13	66	252±30	125	330±25	124	462±39	171	628±32	165	761±46	195
4.3					381±27	127	514±40	178	647±37	159	815±49	221
4.8					359±19	72			667±30	151	857±46	243
5.3												
5.8									713±43	166	931±57	227
	3. Birch — *Koivu*											
1.3	32±2	9										
1.8	47±3	15	69±3	19								
2.3	70±4	26	102±5	29	138±12	47						
2.8	99±11	59	129±13	64	167±14	51	188±14	51				
3.3	99±8	33	176±18	79	173±17	53	244±20	46	420±44	140		
3.8			173±22	80	243±21	67	292±29	81	532±43	189		
4.3									562±42	120		
4.8									687±58	223		

Summary

In the data considered in this paper derived from 2 815 sample trees measured in 1—2 metre sections, correlation has been established between the maximum crown diameter and the D. B. H. of pine *(Pinus silvestris)*.

By grouping the trees in height classes of two metres this correlation appears more clearly. In birch it is lower than in pine, and in spruce weak and uncertain.

The correlation between the maximum crown diameter and the stem diameter at the height of this crown diameter is almost as high as the correlation between the crown diameter and D. B. H. Further there is a high correlation between the aforementioned stem diameter and D. B. H.

There is also a correlation between the crown diameter and the volume of the stem, provided the trees are classified according to height. The correlation is fairly high in pine, in birch somewhat lower and in spruce again weak and uncertain.

The existing correlation indicates that the D. B. H. and the volume of trees can be estimated from the maximum crown diameter, at least to some extent.

If the sample trees are classified into 2 metre height classes and 0.5 metre crown diameter classes the maximum crown diameter is able to determine the D. B. H. mean value of the class on an average with the accuracy of about 5—10 %, and the mean value of the stem volume on an average with the accuracy of about 10—20 %, the percentages being highly dependent on the species of tree.

The use of the maximum crown diameter and the diameter at this height for estimating the D. B. H. and the stem volume does not lead to more exact results than simply using the crown diameter.

The percentages given above show the average accuracy of the mean values. The distribution of the D. B. H. and the stem volume on both sides of the mean value in the different classes is, in general, wide and varies much. Accordingly, it is difficult and much more uncertain to ascertain the structure of the growing stock from the crown diameter. But a satisfactory knowledge of the structure of the growing stock, in addition to the gross volume, is very important at least in countries where forestry is intensive. Thus, measurements on the ground are in most cases necessary in studying the growing stock adequately.

It must further be mentioned that the results presented here have as their basis data from numerous trees. Accordingly, several circular sample plots at least must be treated together in order to attain results of the accuracy mentioned above. Further it presumes that the heights and crown diameters of all the trees having a noteworthy influence on the results can be measured.

There was no opportunity to study on the basis of the sample plot data of this investigation whether the portions of the crown diameters which are visible from directly above on the photograph are apt to be more closely correlated to stem diameters and stem volume than the actual maximum crown diameters.

Puiden latvuksen läpimitan ja rungon keskinäisestä riippuvaisuussuhteesta

Johdanto

Metsävarojen ja metsien tilan tutkiminen ilmavalokuvien perusteella on viime aikana ollut vilkkaan keskustelun alaisena. Monissa maissa sekä Euroopassa että Amerikassa on saavutettu arvokasta kokemusta. On todettu, että ilmakuvista on suurta hyötyä näihin tarkoituksiin, varsinkin siellä missä metsät ovat laajoja, syrjäisesti sijaitsevia ja metsätalous vähän kehittynyttä.

Ilmakuvista nähdään hyvin, missä metsää on, ja yleensä maankäyttölajit saatetaan riittävästi selvitellä. Metsämaiden laadustakin voidaan saada käsitystä, vaikkakaan ei voida — ainakaan tiheissä metsissä — määrittää metsä- ja suotyyppejä tai muulla tavalla määritettyjä kasvupaikan hyvyysluokkia. Puulajit saatetaan yleensä huomattavassa määrässä erottaa ilmakuvista, mutta vaikeuksia esiintyy vielä varsinkin useita puulajeja, etenkin lehtipuita käsittävissä metsissä. Parhaat tulokset tässä suhteessa saavutettaneen vinosti otetuilla kuvilla lumen aikana.

Metsän käytön kannalta on tärkeätä, että hakkuukypsät metsät saatetaan ilmakuvista erottaa ja paikallisesti määrittää, varsinkin syrjäisillä suurilla metsäalueilla. Hakkuut ja kuljetus voidaan ainakin yleispiirtein suunnitella.

Puiden pituuksia saatetaan mitata, mutta tiheissä metsiköissä se on vaikeata ja epävarmaa, jopa usein mahdotontakin riittävässä määrässä. Metsikön tiheydestä voidaan saada hyvä käsitys, mutta ei varmaan riittävää, jos metsikössä on vallitsevan puuston lisäksi ylispuita ja alikasvosta. Ainakin karkein piirtein saatetaan tehdä päätelmiä myös runkojen koosta sekä vinokuvista mitata läpimittojakin metsikön reunoista ja harvapuustoisista metsiköistä. Kuitenkin on sanottava, että läpimittojen mittaus maasta käsin on aivan toisenlaista: varmaa, esteetöntä ja helppoa sekä tiheissä että harvoissa metsiköissä.

Paljon tulosta on saavutettu n. 2—3 vuosikymmenen työllä metsävarojen tutkimiseksi ilmakuvien perusteella, mutta menetelmä on edelleen monessa suhteessa kehityksen alainen. Sellaisissa seuduissa ja maissa, missä pääkysymyksenä on metsävarojen hyväksikäyttö eikä ainakaan mainittavassa määrässä järkevä metsänhoito, ilmakuvat nähtävästi tarjoovat pohjan metsävarojen pääkohtien suuripiirteiseen selvittelyyn.

Mitä voimaperäisempää metsätalous on, sitä luotettavampaa ja yksityiskohtaisempaa tietoa metsävarojen inventoinnissa on kerättävä. On huolehdittava säännöllisesti jatkuvasta ja parannettavasta tuotosta. Tätä varten tarvitaan perusteita, joita ei ainakaan nykyisin voida saada riittävässä määrässä ilmakuvista, vaan monipuoliset tutkimukset maastossa ovat välttämättömät.

Helsingissä 1949 pidetyn III:n maailman metsäkongressin mielipide oli, ettei kuutiomäärää koskevia kysymyksiä eikä erityisesti puuston rakennetta ja laatua voida tyydyttävästi selvittää ilmakuvien perusteella, ei ainakaan vielä nykyisin menetelmin. Mainittakoon, että esim. Harvardin yliopiston metsäalueella Yhdysvalloissa tehdyt tutkimukset osoittavat huolellisesti suoritetuilla ilmakuva-arvioin-

neilla saatujen kokonaiskuutiomäärien supistuvan monissa olosuhteissa n. 15 %:n virherajoihin. Voimaperäisissä metsätaloudellisissa olosuhteissa tämä ei ole riittävää, ja mitä enemmän yksityiskohtiin halutaan päästä sitä välttämättömämmät ovat maastossa tehdyt tutkimukset. Vain niiden avulla voidaan määrittää ja analysoida sellainenkin perustekijä kuin kasvu.

Sama on asianlaita monien muiden kysymysten suhteen, joista mainittakoon erityisesti metsien käsittely, niiden metsänhoidollinen tila ja tarvittavat metsänhoidolliset toimenpiteet sekä vastaisen hakkuumäärän ja sen rakenteen arvioiminen. Nämä vaativat huolellista tutkimista ja myöskin koeleimauksia maastossa. Ja mitä enemmän arvioimistyöhön liitetään muita tutkimuksia, esim. maata, aluskasvillisuutta, riistaa ym. koskevia, sitä enemmän on tehtävä tutkimusta maastossa.

Ideaalisena voitaisiin pitää sellaista — valitettavasti kallista — menetelmää, että arvioimislinjat ilmakuvataan, jollei niiden alueilta ole hiljakkoin otettuja ilmakuvia, ja tutkitaan linjat joko kokonaan tai ainakin koealoilla myös maastossa. Ilmakuvakartat tarjoovat hyvän pohjan maastoarvioinnille ja täydentävät sitä mm. molemmin puolin linjaa, mikä on suureksi hyödyksi esim. pyrittäessä valmistamaan metsien esiintymistä ja laatua sekä muilta näkökannoilta metsävaroja valaisevia karttakuvia.

Käytäessä linjat maastossa saadaan paljon lisää tutkimusaineistoa koealojen väliltä tutkimalla jokainen linjojen koskettama metsikkö biologis-taloudellisena yksikkönä. Tämä tutkimus voidaan suorittaa käyttämällä apumittauksin ja aputaulukoin varmistettua silmävaraista arvioimista. Arvioimisryhmien johtajien tulee olla tähän harjaantuneita ja silmävaraisen arvioinnin pääkohdat, esim. kuutiomäärä, on tarkistettava todennäköisyyslaskennan tarjoamin keinoin.

Jos maastoarviointi rajoitetaan koealoihin, niinkuin nykyisin yleisesti esim. Yhdysvalloissa, mikä on paikallaan vain silloin kun paljon aikaa voidaan säästää kulkemalla välimatkat moottoriajoneuvolla, koealojen välit saatettaisiin tutkia ilmakuvista. Näin voitaisiin saada paljon lisäaineistoa koealojen rinnalle, joskaan ei niin paljoa eikä useassa suhteessa niin varmaa kuin käymällä välimatkat maastossa.

Mitään arvioimismenetelmää ei voida suosittaa parhaana kaikkiin olosuhteisiin. Toisessa tapauksessa vaaditaan paljon tarkempia ja yksityiskohtaisempia tietoja kuin toisessa. Kustannuskysymys on hyvin ratkaiseva. On harkittava ja suunniteltava sopivin menetelmä, ottaen huomioon kaikki vaikuttavat näkökohdat. Kaikille menetelmille yhteistä olisi kuitenkin oleva, että ainakin päätulosten luotettavuus tarkistetaan todennäköisyyslaskennan avulla ja että käsitteet — metsämaa, puuvarasto, vuotuinen kasvu jne. — ymmärrettävästi määritellään.

Metsien ilmakuvauksesta ja ilmakuva-arvioinnista on jo syntynyt runsas kirjallisuus useissa maissa ja useilla kielillä. Hyviä selostuksia sisältyi myös III:n maailman metsäkongressin ja Yhdistyneiden Kansakuntien tieteellisen luonnonvarojen kongressin — molemmat 1949 — esitelmiin. Kaikki uusi tieto, mitä saavutetaan, olisi hyväksi käytettävä.

Siinä mielessä tässä tutkielmassa tarkastellaan, missä määrin puun rungon läpimitta ja kuutiomäärä voidaan saada selville latvuksen maksimiläpimitan ja puun koko pituuden perusteella. Metsikön kaikkien puiden latvusten läpimittoja ei kylläkään voida aina mitata ilmakuvista, sillä tiheissä metsiköissä ja puuryhmissä latvukset menevät ristiin, ja vallittujen puiden latvukset ovat usein vallitsevan latvuskatoksen alla. Sitä paitsi on ilman muuta selvää, ettei latvuksella ole samoja leviämisen mahdollisuuksia tiheässä ja harvassa metsikössä, mikä ilmeisesti heikentää latvuksen ja rungon läpimittojen keskinäistä suhdetta.

Ryhtymättä selostamaan varhaisempien tutkimusten tuloksia mainittakoon eräitä kohtia amerikkalaisen S p u r r i n teoksen (S t e p h e n K. S p u r r, Aerial Photographs in Forestry) mukaan. Vain pää- ja lisävaltapuut sekä suurimmat välipuut voidaan nähdä ilmakuvasta. Harvardin metsäalueella tehdyissä kokeissa, joissa luettiin 1 : 12 000 ilmakuvista $^1/_5$ acre'n koealoja, saatiin yksityistapauksissa keskimäärin 14 % ja keskiarvona kaikista 7.6 % liian pieni tulos. — Vain se osa latvuksesta, joka on näkyvissä suoraan ylhäältä päin voidaan mitata ilmakuvasta, sillä naapuripuiden peittämiä oksia ei nähdä. Ilmakuvista saadut latvusten läpimitat ovat tästä syystä pienemmät kuin maasta käsin saadut tulokset. — Latvuksen läpimitta vaihtelee kasvupaikan ja metsikön tiheyden mukaan. Harvapuustoisessa metsikössä, joka on ollut syntymästään harva, latvusten läpimitat ovat toisenlaisia kuin yhtä harvassa metsikössä, jonka harvapuustoisuus johtuu harsintahakkuista ja vielä erilaisia kuin kasvupaikan karuudesta johtuen harvassa metsikössä.

Tähän julkaisuun sisältyvän tutkielman aineisto on saatu kuutioimistaulukoiden koepuista, joista muiden tekijäin mukana on mitattu latvuksen maksimiläpimitta ja sen korkeus maasta ynnä rungon läpimitta tältä korkeudelta, puun pituus ja läpimitta rinnankorkeudelta (D 1.3) sekä rungon kuutiomäärä. Näiden keskinäisiä suhteita on siis voitu tutkia.

Latvuksen maksimiläpimitan ja D 1.3:n suhde

Ryhmittämättä puita pituusluokkiin

Taulukko 1 osoittaa, missä määrin tiettyä latvuksen leveyttä vastaava D 1.3 vaihtelee, jollei puita ole jaettu pituusluokkiin. Tässä tarkastellaan vain mäntyä, joka osoittautui säännöllisemmäksi kuin kuusi ja koivu.

2 815 koepuusta tehdyt mittaukset osoittavat, että männyn D 1.3 on keskimäärin sitä suurempi, mitä suurempi latvuksen läpimitta on. Suhdetta kuvaava (Bravais'n) korrelaatiokertoin on 0.77 ± 0.007, siis huomattavan korkea. Tarkastettaessa taulukkoa lähemmin latvuksen läpimittaluokittain nähdään havaintojen hajaantuvan laajalle alalle, siis samaa latvusluokkaa voi vastata hyvin eri suuri D 1.3. Niinpä esim. latvuksen läpimittaluokassa 3.6— 4.0 m D 1.3 vaihtelee 11:stä 45 cm:iin. Keskimääräinen D 1.3 voidaan määrittää vain 1.5—2.0 cm:n rajoissa, vaikka luokassa on koepuita 200—300. Suurempien latvuksen läpimittojen luokissa, joissa koepuita on niukemmin, keskimääräinen D 1.3:n tarkkuus vaihtelee 2—4 cm:n rajoissa. Niin epävarmasti määritetty keskipuu voi johtaa vain hyvin epävarmaan kokonaiskuutiomäärään.

S p u r r i n mukaan saatetaan yksinomaan latvuksen läpimitan perusteella odottaa vain n. 2 tuuman tarkkuutta rungon läpimitoissa.

Felkästään latvuksen läpimittojen perusteella voidaan siis kuutiomäärä selvittää jossain määrin tyydyttävällä tarkkuudella vain silloin, kun näin mitattujen puiden lukumäärä on suuri. Esim. $^1/_{10}$ hehtaarin ympyräkoealoilla puiden lukumäärä on niin pieni, että tyydyttävä tarkkuus on epävarma. Kuutiomäärän rakenteen suhteen tulokset ovat aivan epävarmoja, vain joitakin karkeita piirteitä osoittavia.

Ryhmittäen puut pituusluokkiin

Kun edellisessä esitetty tarkastelu suoritetaan uudestaan ryhmittäen koepuut ensiksi 2 m:n pituusluokkiin, saadaan männylle suurempi riippuvaisuussuhde latvuksen läpimitan ja D 1.3:n välille (taulukko 2). Tämä siis edellyttää, että tutkittujen puiden pituudet voidaan riittävän tarkoin ilmakuvasta mitata.

Koivussa riippuvaisuussuhde on miltei yhtä suuri kuin männyssä. Kuusessa se sitä vastoin on paljon heikompi. Korrelaatiokertoin on alhainen ja sen keskivirhe suuri. Syynä voi olla se, että kuusen latvus ulottuu usein hyvin alas, sekä se että latvuksen maksimileveyden korkeus maasta vaihtelee paljon enemmän kuin männyssä (taulukko 6). Näin on asianlaita varsinkin Suomen eteläpuoliskossa, kun taas latvus Pohjois-Suomen tavallisesti vanhoissa kuusikoissa on yleensä kapeampi.

Taulukot 3 ja 4 osoittavat muutamina esimerkkeinä, että D 1.3:n hajaantuminen on saman pituusluokan ja saman latvuksen läpimittaluokan rajoissa melkoisen laaja sekä männyllä että kuusella. Tätä valaisee paremmin ja yleisemmin taulukko 5.

Männyn koepuuaineistossa latvuksen läpimitta määrittää D 1.3:n keskimäärin 5 %:n, kuusessa 8 %:n ja koivussa 8—9 %:n tarkkuudella, jos arvostellaan kaksinkertaisen keskivirheen perusteella. Tähän tulokseen tarvitaan jo huomattavan suuri lukumäärä puita, siis suuri koeala tai monta $^1/_{10}$ hehtaarin ympyräkoealaa yhteisesti käsiteltyinä. Tietyn latvusluokan puiden jakaantuminen eri D 1.3-luokkien kesken molemmin puolin D 1.3-keskiarvoa ei ole ainakaan helposti selvitettävissä ilmakuvista. Puuston rakenne jää siis kaikilla puulajeilla ja erityisesti kuusella paljon epätäydellisemmän ja epävarmemman kuvauksen varaan kuin maastossa tehtyjen mittausten perusteella.

Latvuksen läpimitan ja D 1.3:n keskinäistä suhdetta valaisevat kuvat 1—3. Niistä nähdään myös eri latvusluokkien D 1.3-keskiarvojen poikkeukset tasoitetuista käyristä.

Latvuksen läpimitan ja vastaavan rungon läpimitan sekä D 1.3:n suhde

Toisena kysymyksenä on tarkasteltu, voidaanko latvuksen maksimiläpimitan perusteella määrittää rungon läpimitta samalta korkeudelta ja edelleen jälkimmäisen perusteella D 1.3 ehkä tarkemmin kuin pelkän latvuksen läpimitan perusteella.

Taulukko 7 osoittaa, että latvuksen maksimiläpimitan ja vastaavan rungon läpimitan välillä on männyssä miltei yhtä korkea korrelaatio kuin latvuksen läpimitan ja D 1.3:n välillä. Kuusessa suhde on molemmissa tapauksissa samanlainen, korrelaatiokertoin pieni ja sen keskivirhe suuri. Myöskään koivussa nämä korrelaatiot eivät eroa paljoa toisistaan.

Taulukoista 8 ja 9 nähdään koepuiden saman latvusluokan puitteissa jakaantuvan laajalti rungon läpimittaluokkiin, kuusen laajemmalle ja epäsäännöllisemmin kuin männyn. Taulukko 10 osoittaa edelleen, ettei latvuksen maksimiläpimitta määritä samalta korkeudelta mitattua rungon läpimittaa yhtä tarkoin kuin se määrittää D 1.3:n. Keskiarvon keskivirhe on näet edellisessä tapauksessa sadanneksina keskiläpimitasta suurempi kuin jälkimmäisen suhteen.

Kaksinkertaisen keskivirheen perusteella päätellen latvuksen maksimiläpimitta määrittää vastaavan rungon läpimitan keskimäärin: männyssä 8—9 %:n, kuusessa 11—12 %:n ja koivussa n. 15 %:n tarkkuudella.

Latvuksen maksimileveyden korkeudelta mitatun rungon läpimitan ja D 1.3:n keskinäinen riippuvaisuussuhde on taulukon 11 mukaan kaikissa puulajeissa hyvin selvä. Se nähdään myös kahden esimerkiksi otetun pituusluokan puitteissa taulukoista 12 ja 13. Edelleen taulukko 14 osoittaa ylemmän läpimitan määrittävän D 1.3:n — kaksinkertaisen keskivirheen perusteella päätellen — männyssä keskimäärin 4.2 %:n, kuusessa 5.3 %:n ja koivussa 7.6 %:n tarkkuudella. Mutta mainitun ylemmän läpimitan välityksellä ei siis kuitenkaan päästä latvuksen läpimitan perusteella tarkempaan D 1.3:een kuin näiden kahden suoranaisen suhteen avulla.

Latvuksen läpimitan ja rungon kuutiomäärän välinen riippuvaisuussuhde

Runkolukusarjojen tunteminen on paljon tärkeämpää kuin kokonaiskuutiomäärän tunteminen. Seuraavassa tarkastetaan kuitenkin vielä, missä määrin latvusten maksimiläpimittojen perusteella voidaan arvioida runkojen kuutiomäärät ja niiden summana puuston kuutiomäärä, kun puiden pituudet tunnetaan 2 m:n luokkavälein.

Taulukko 15 osoittaa, että korrelaatio on männyn suhteen hyvä, pisimpiä puita lukuun ottamatta. Koivussa se on vähän heikompi ja kuusessa heikko. Niin kuin taulukosta 16 nähdään, männyn rungon kuutiomäärä suurenee latvuksen läpimitan suuretessa verraten säännöllisesti. Kuusessa suureneminen on hidasta ja epäsäännöllistä. Koivu on lähempänä kuusta kuin mäntyä.

Latvuksen maksimiläpimitta määrittää rungon kuutiomäärän — kaksinkertaisen keskivirheen perusteella arvostellen — männyssä 9.9 %:n, kuusessa 13.1 %:n ja koivussa 16.8 %:n tarkkuudella. Kolminkertaista keskivirhettä arvostelun perusteena käyttäen luvut ovat 14.8, 19.7 ja 25.2 %.

Siellä missä metsätalous on verraten voimaperäistä, puuston kuutiomäärä on arvioitava tarkemmin ja sen rakenne on selvitettävä paljon yksityiskohtaisemmin kuin esitetyllä tavalla näyttäisi olevan mahdollista.

Kuvat 4—6 osoittavat havainnollisesti latvuksen maksimiläpimitan ja rungon kuutiomäärän keskinäistä riippuvaisuussuhdetta ja luokittaisten keskiarvojen poikkeuksia tasoitetuista käyristä.

Tulosten yhdistelmä

Tutkimuksen aineistona olleiden 2 815 koepuun perusteella on todettu riippuvaisuussuhteen olevan männyn latvuksen maksimiläpimitan ja rinnankorkeudelta mitatun läpimitan välillä. Tämä suhde ilmenee selvempänä, jos puut ryhmitetään pituusluokkiin. Koivussa riippuvaisuussuhde on heikompi kuin männyssä ja kuusessa heikko ja epävarma.

Latvuksen maksimiläpimitan ja sen korkeudelta mitatun rungon läpimitan välillä on miltei yhtä suuri riippuvaisuus kuin latvuksen läpimitan ja rinnankork. läpimitan välillä. Edelleen on hyvin selvä riippuvaisuussuhde mainitun ylemmän läpimitan ja rinnankork. läpimitan välillä. Latvuksen maksimiläpimitan ja vastaavan rungon läpimitan perusteella ei päästä tarkempaan rinnankork. läpimittaan kuin yksinomaan latvuksen läpimitan avulla.

Latvuksen maksimiläpimitan ja rungon kuutiomäärän välillä havaitaan pituusluokittain tarkastaen myös riippuvaisuussuhde, joka on männyssä melkoisen selvä, koivussa heikompi ja kuusessa jälleen heikko ja epävarma.

Puiden rungon läpimitta ja kuutiomäärä voidaan siis ainakin jossain määrin arvioida latvuksen maksimiläpimitan perusteella. Jos puut on luokitettu 2 m:n pituusluokkiin ja 0.5 m:n suuruisiin latvuksen läpimittaluokkiin, niin viimeksi mainitun perusteella luokkaa vastaava keskimääräinen rinnankork. läpimitta on saatettu määrittää n. 5—10 %:n ja rungon kuutiomäärä n. 10—20 %:n tarkkuudella. Sadannesluku on hyvin riippuvainen puulajista.

Mainitut sadannesluvut osoittavat luokkien keskiarvojen keskimääräisen tarkkuuden. Läpimitan ja kuutiomäärän vaihtelu keskiarvojen molemmin puolin on hyvin väljä ja epäsäännöllinen. Puuston rakenteen selvittäminen latvusten läpimittojen perusteella on siis paljon vaikeampaa ja epävarmempaa. Kun tämä tehtävä on kokonaiskuutiomäärän arvioimisen rinnalla erittäin tärkeä, varsinkin

intensiivisen metsätalouden maissa, ovat maastossa suoritettavat mittaukset useimmissa tapauksissa välttämättömät puuston tutkimiseksi riittävässä määrässä.

Tutkimus osoittaa, että tulosten tarkkuus on sitä vähäisempi, mitä pienempi puiden lukumäärä on käsiteltävässä ryhmässä. Edellisessä mainitun tarkkuuden saavuttaminen edellyttää jo vähintään useiden ympyräkoealojen käsittelemistä yhdessä. Samoin se edellyttää että kaikista niistä puista, jotka mainittavasti vaikuttavat tulokseen, on mitattava pituus ja latvuksen läpimitta riittävän tarkoin.

Koepuiden perusteella ei ole voitu tutkia, kumpiko latvuksen läpimitta, maksimiläpimitta vai ilmakuvasta nähtävä läpimitta, johtaa tarkempaan rungon läpimittaan ja kuutiomäärään.

KIVIHIILEN JA HALKOJEN KILPAILU SUOMESSA VUOSINA 1927—1938

VILJO HOLOPAINEN

COMPETITION BETWEEN COAL AND FIREWOOD IN FINLAND IN 1927–1938

SUMMARY

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys.

	Sivu
Johdanto	5
1. Tutkimuksen alan rajoittaminen	8
2. Teollisuuden polttoaineen käyttö vv. 1927—36	10
3. Valtion rautateiden polttoaineen käyttö vv. 1927—38	13
4. Polttoaineen kokonaiskäyttöön vaikuttaneet tekijät	15
5. Halkojen ja kivihiilen kilpailuedellytykset	20
51. Hinnat ja niiden kehitys	20
52. Kivihiilen hintoihin vaikuttaneet tekijät	24
521. Hiilen tarjonta ja kysyntä sekä tuotantotekniikka	24
522. Suhdannekehitys	25
523. Muut tekijät	27
53. Halkojen hinnanmuodostus suhdannekehityksen valossa	28
531. Hankintakustannukset ja niiden laskemisessa käytetty aineisto	28
532. Kantohinta	30
533. Hakkuu- ja ajokustannukset	35
534. Yleiskustannukset hakkuusta ja ajosta	36
535. Laivauskustannukset	37
536. Ostohintojen ja kustannusten vertailua	37
537. Rautatierahdit ja käsittelykustannukset	39
538. Eri kustannuserien merkityksen tarkastelua	40
54. Halkojen ja kivihiilen hinnanmuodostukseen vaikuttavien tekijöiden vertailua	41
55. Puujätteiden käytön vaikutus halkojen ja kivihiilen kilpailuun	47
56. Vesivoima	48
57. Teknilliset rajoitukset	49
58. Muut halkojen ja kivihiilen kilpailuun vaikuttaneet tekijät	50
6. Loppukatsaus	51
61. Katsaus saavutettuihin tuloksiin	51
62. Keskustelu polttopuukysymyksestä	52
Kirjallisuusluettelo	56
Taulukot	59
Summary	69

Johdanto.

Vuosien 1927 ja 1938 yleisten puunkäyttötutkimusten mukaan (Saari 1934, Erkkilä 1943, Osara, Pöntynen, Erkkilä 1948) käytettiin Suomessa tärkeimpiä kiinteitä polttoaineita seuraavat määrät:

	1927	1938
	Mäntyhaloiksi muunnettuna milj. m³ [1])	
Halkoja	23.7	22.9 [3])
Puujätteitä	10.4	10.7 [3])
Kivihiiltä ja koksia	5.3 [2])	10.1 [3])

Esitetyt luvut perustuvat eräiden tärkeiden käyttöerien osalta arvioihin, mikä tekee jossain määrin epävarmaksi vuosien 1927 ja 1938 vertailun. Ei liene kuitenkaan liian rohkeata päätellä, että halkojen käyttö on käyttötutkimusten välisenä 11-vuotiskautena pysynyt jokseenkin ennallaan, kun taas kivihiilen ja koksin käyttö on erittäin voimakkaasti lisääntynyt. Siten ulkomaiset polttoaineet ovat saaneet maan polttoainehuollossa yhä keskeisemmän aseman. Tämä voidaan todeta myös virallisen ulkomaankauppatilaston numeroiden valossa. Sen mukaan on maahan vv. 1927—38 tuotu kivihiiltä ja koksia seuraavat määrät:

Vuosi	Kivihiiltä	Koksia
	1 000 tonnia	
1927	907.1	128.0
1928	939.1	117.3
1929	972.9	197.2
1930	918.2	162.8
1931	883.5	189.6
1932	890.8	170.3
1933	950.7	185.9
1934	1 091.4	207.0
1935	1 015.2	206.5
1936	1 444.5	279.3
1937	1 906.3	328.8
1938	1 529.7	248.0

[1]) Merkinnällä m³ tarkoitetaan tässä tutkimuksessa pinokuutiometriä.

[2]) Kivihiilen ja koksin kokonaiskäytöstä ei v. 1927 ole tehty laskelmaa, minkä vuoksi se on tässä arvioitu ulkomaankauppatilaston (SVT I A) mukaan vv. 1926—28 maahan tuotujen kivihiili- ja koksimäärien keskiarvoksi.

[3]) Näihin lukuihin sisältyvät teollisuuden polttoaineen käyttöä koskevat tiedot tarkoittavat vuoden 1936 käyttöä.

Suurimmillaan ollessaan (v. 1937) kivihiilen tuonti on ollut siis runsaasti 2-kertainen ja koksin tuonti n. 2.5 kertainen vuoden 1927 tuontiin verrattuna.

Suomen kansantaloudessa polttoainekysymyksellä on varsin keskeinen merkitys. Se on käynyt erityisen selvästi ilmi toisen maailmansodan aikana ja välittömästi sitä seuranneina vuosina (vrt. myös Suviranta 1929, ss. 112—117). Ei siis liene vailla mielenkiintoa polttoaineen käytössä tapahtuneiden muutosten ja varsinkin näihin muutoksiin vaikuttaneiden syiden lähempi selvittely.

Niin kuin edellä esitetyt luvut osoittavat, näyttää vv. 1927—38 tapahtuneen kehityksen eräänlaisena punaisena lankana olleen kivihiilen ja koksin voitollinen esiintyminen kilpailussa kotimaisten polttoaineiden, ennen kaikkea halkojen kanssa. Seuraavassa rajoitutaankin lähinnä halkojen ja kivihiilen sekä koksin välisen kilpailun tarkasteluun. Maassamme käytetään kivihiilen ja koksin ohella myös nestemäisiä tuontipolttoaineita. Näiden käyttöä on esillä olevassa tutkimuksessa käsitelty vain sikäli kuin sillä on ollut merkitystä äsken mainitun aiheen kannalta.

Päähuomio on tutkimuksessa kohdistettu vuosien 1927 ja 1938 rajoittamaan ajanjaksoon. Kuitenkin on eräin kohdin kosketeltu myös 1920-luvun varhaisempia vuosia. Toisaalta ei puheena olevan ajanjakson viimeisiä vuosia ole voitu tilastotietojen puuttuessa käsitellä joka suhteessa niin täydellisesti kuin olisi ollut suotavaa.

Tutkimuskausi on siitä erityisen mielenkiintoinen, että se käsittää taloudellisen kehityksen kannalta varsin erilaisia vuosia. Vuosi 1927 tunnetaan Suomen talouselämässä voimakkaan nousun aikana, jolloin ensimmäisen maailmansodan ja vapaussodan aiheuttamat järkytykset oli jo sivuutettu, ja vilkas toiminta oli nähtävissä kaikilla aloilla. Vuosi 1928 tosin edusti huippusuhdannetta, mutta sen loppupuolella voitiin jo havaita ensimmäiset kriisin merkit. Syksyllä 1929 tapahtui ratkaiseva käänne ei vain oman maamme, vaan myös kansainvälisessä suhdannekehityksessä, minkä kehityksen pyörteisiin myös Suomen talouselämä joutui. Seurasi pitkäaikainen ja ankara laskukausi ja lama. V. 1933 suhdannekäyrä kääntyi jälleen nousevaksi, ja nousutendenssi jatkuikin sitten aina v:n 1938 lopulle saakka. Silmällä pitäen lähinnä reaalikansantulon muodostumista Waris (1945, s. 44) on luonnehtinut tarkastelun alaisen ajanjakson eri vuosia Suomen suhdannekehityksen kannalta seuraavasti:

1927	nousukausi
1928	korkeasuhdanne
1928—29	kriisi
1929—31	laskukausi
1931—32	lama

1933—35	elpyminen
1936—37	nousukausi
1937—38	korkeasuhdanne
1938	kriisi

Seuraavassa tullaan kiinnittämään erityistä huomiota niihin vaikutuksiin, joita juuri suhdannekehityksellä on ollut kivihiilen ja halkojen väliseen kilpailuun.

1. Tutkimuksen alan rajoittaminen.

Esillä olevassa tutkimuksessa ei ole voitu selvittää kaikkea maassa tapahtunutta kivihiilen ja halkojen käyttöä. Kuten edellä jo mainittiin, Suomessa on toimitettu vain kaksi kertaa — vuosina 1927 ja 1938 — yleiset puunkäyttötutkimukset, joiden yhteydessä on selvitetty myös koko maan halkojen käyttö. Kun tutkimusvuodet lisäksi ovat suhdannekehitykseltään melko samanlaisia, eivät puunkäyttötutkimusten tulokset ymmärrettävästi voi tarjota riittävää tilastollista pohjaa halkojen ja kivihiilen välisen kilpailun tarkastelulle.

Niinpä onkin valittu kaksi verraten suurta polttoaineen käyttäjää, joiden halkojen ja kivihiilen käyttöä seuraavassa tarkastellaan, nimittäin teollisuus ja valtion rautatiet. Näin on tehty ensinnäkin siitä syystä, että mainituista käyttöryhmistä on saatavissa paras mahdollinen tilastoaineisto, jota tuonnempana lähemmin selostetaan. Teollisuus ja valtion rautatiet ovat lisäksi, kuten sanottu, suuria polttoaineen käyttäjiä. Maan kivihiilen ja koksin käytöstä näiden osuus oli v. 1927 runsaasti puolet ja v. 1938 lähes kaksi kolmasosaa, kuten seuraava em. lähteiden nojalla laadittu asetelma osoittaa.

	1927		1938	
	Kivihiilen ja koksin käyttö			
	tonnia	%	tonnia	%
Teollisuus (lukuun ottamatta meijereitä)	440 400	49.4	950 900	55.3
Valtion rautatiet	67 500	7.6	178 400	10.4
Muut	384 100	43.0	590 300	34.3
Yhteensä	892 000	100.0	1 719 600	100.0

Halkojen käytöstä maaseutuväestön kotitarvekäyttö muodostaa ylivoimaisesti suurimman erän. Tähän ryhmään kuuluva polttopuu saadaan kuitenkin pääasiassa maatilojen omasta metsästä eikä siis yleensä joudu markkinoille. Sekin osa, joka ostetaan, kulkee vain paikalliskaupan kautta eikä näin ollen ole luomassa halkomarkkinoita siinä mielessä kuin esim. teollisuudessa, liikenteessä ja suurissa asutuskeskuksissa käytetty polttopuu (vrt. esim. Saari 1932 a), jota voitaisiin nimittää varsinaiseksi markkinakäytöksi. Jos maaseutuväestön halkojen kotikäyttö, joka v. 1927 oli n. 16 200 000 m³ ja v. 1938 n. 14 840 000 m³, vähennetään

siv. 5 mainitusta vastaavien vuosien kokonaiskäytöstä, saadaan näin määritellyksi varsinaiseksi halkojen markkinakäytöksi v. 1927 n. 7 426 000 m³ ja v. 1938 n. 8 055 000 m³. Nämä erät jakaantuivat eri käyttäjien kesken seuraavalla tavalla (Saari 1934, Osara, Pöntynen, Erkkilä 1948):

	1927		1938	
	m³	%	m³	%
Teollisuus (lukuun ottamatta meijereitä)	2 308 000	31.1	2 015 000	25.0
Meijerit	208 000	2.8	269 000	3.3
Valtion rautatiet	1 419 000 [1]	19.1	1 357 000 [1]	16.8
Muu liikenne	477 000	6.4	601 000	7.5
Kaupunkien asukkaiden käyttö	1 236 000	16.6	1 223 000	15.2
Julkisten laitosten yms. käyttö	1 778 000	24.0	2 590 000	32.2
Yhteensä	7 426 000	100.0	8 055 000	100.0

Havaitaan, että teollisuuden ja valtion rautateiden halkojen osuus on v. 1927 ollut n. 50 % ja v. 1938 n. 42 % halkojen markkinakäytöstä. Mainitut suurkäyttäjät ovat siis merkittävällä osuudella olleet luomassa maan halkomarkkinoita. Jos ajatellaan sellaista mahdollisuutta, että rautatielaitos ja teollisuus siirtyisivät yksinomaan halkojen kannalle, niin niiden halkojen käyttö muodostuisi vuoden 1938 lukujen pohjalla seuraavan suuruiseksi:

Teollisuus:	
halkoja	2 015 000 m³
kivihiiltä ja koksia hal. muunn.	5 705 000 »
Valtion rautatiet:	
halkoja	1 357 000 »
kivihiiltä ja koksia hal. muunn.	892 000 »
Yhteensä	9 969 000 m³

Tultaisiin siis määrään, joka lähes 2 milj. m³:llä ylittäisi vuoden 1938 varsinaisen markkinakäytön. Tästä käy ilmi, miten suuri vaikutus teollisuuden ja valtion rautateiden polttoaineen käytön muutoksilla saattaisi olla maan halkomarkkinoihin.

Joskin tutkimuksen kohteeksi on valittu kaksi varsin suurta ja merkitykseltään keskeistä polttoaineen käyttöryhmää, ei niiden pohjalla tapahtuva tutkimus voi tietenkään selvittää koko maan halkojen ja kivihiilen käytössä tapahtuneita muutoksia. Voidaan kuitenkin toivoa, että näinkin suoritettuna tutkimus tuo esille em. polttoaineiden välistä kilpailua luonnehtivia näkökohtia, joilla saattaa olla yleisempääkin merkitystä.

[1] Valtion rautateiden konepajoissa käytetyt halot eivät sisälly tähän, vaan teollisuuden käyttöön.

2. Teollisuuden polttoaineen käyttö vv. 1927—36.

Suomen teollisuuden polttoaineen käytöstä ei ole joka vuodelta tietoja saatavissa. Vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936 Metsätieteellinen tutkimuslaitos on kuitenkin yhdessä Tilastollisen päätoimiston kanssa toimittanut ko. polttoaineen käyttöerää koskevan tutkimuksen. Tutkimus on käsittänyt kaikki teollisuustilastoon sisältyvät teollisuuslaitokset [1]), joilta tiedot on saatu kyselyteitse. Kaikkien kyselyyn vastanneiden tuotantolaitosten polttoaineen käyttöä koskevat tiedot on julkaistu teollisuustilastossa (SVT XVIII A). Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa on laskettu myös maan koko teollisuuden polttoaineen käyttö em. tiedustelun nojalla. Vastauksen laiminlyöneiden tuotantolaitosten käyttö on laskettu olettaen, että niiden ja tiedusteluun vastanneiden teollisuuslaitosten polttoaineen käytön suhde kussakin teollisuusluokassa ja kunkin läänin alueella on ollut sama kuin vastaavien tuotannon bruttoarvojen suhde (ks. lähemmin esim. Hildén 1930, ss. 26—27). Näin suoritettuihin laskelmiin sisältyy tietty virhemahdollisuus. Tämä on kuitenkin verraten pieni, sillä joskin vastauksen laiminlyöneiden laitosten lukumäärä on ollut keskimäärin lähes 20 %, on näiden tuotannon bruttoarvo ollut joka kerta tuntuvasti pienempi kuin 1/10 kaikkien teollisuustilaston käsittämien teollisuuslaitosten tuotannon bruttoarvosta (vrt. Hildén 1930, s. 21; Hartikainen 1933, s. 16; 1936, s. 13; 1939, s. 8). Kun laskelmissa kutakin teollisuusluokkaa on käsitelty erikseen lääneittäin, voitaneen hyvällä syyllä lähteä siitä, että polttoaineiden käyttö on tullut selvitetyksi varsin luotettavalla tavalla. Edellä esitetyistä syistä sekä laskutöiden helpottamiseksi nojaudutaan seuraavassa Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisemiin lukuihin (Hildén 1930, Hartikainen 1933, 1936, 1939). Näin on ollut aihetta menetellä sitäkin suuremmalla syyllä, kun vuoden 1927 tutkimuksen tulokset on esitetty teollisuustilastossa virheellisessä muodossa (ks. Hildén 1930, s. 3).

Em. tutkimusten tuloksena on siis saatavissa tiedot teollisuuden polttoaineen käytöstä vuosilta 1927, 1930, 1933 ja 1936. On tietenkin pidettävä puutteena, ettei voida esittää vuodesta toiseen jatkuvia sarjoja. Mainitut vuodet ovat kuitenkin suhdannekehityksen kannalta niin erilaisia, että kuva eri polttoaineiden käytön suhdannevaihteluista lienee niidenkin perusteella muodostettavissa.

Jotta eri polttoaineiden vertailu kävisi mahdolliseksi, on ne muunnettava polttoarvonsa mukaan yhteismitallisiksi. Tällaisena mittayksikkönä on em. tutkimuksissa käytetty yhtä pinokuutiometriä mäntyhalkoja. Muut polttoaineet on siis tietyillä ker-

[1]) Teollisuustilastoon on otettu ne tuotantolaitokset, joiden työntekijämäärä on ollut vähintään 10 tai joiden vuotuinen tuotannon bruttoarvo on noussut vähintään 100 000 mk:aan.

toimilla (ks. Hildén 1930, s. 41) muunnettu mäntyhaloiksi. Puuttumatta lähemmin näihin muuntolaskuihin todettakoon vain, että halkojen kohdalla muuntamista ei ole tarvinnut lainkaan suorittaa, koska niiden keskimääräinen polttoteho on jokseenkin tarkoin vastannut mäntyhalkojen tehoa. Kivihiili ja koksi on muunnettu halkokuutiometreiksi käyttämällä suhdelukua: 1 tonni kivihiiltä ja koksia = 6 m³ mäntyhalkoja.

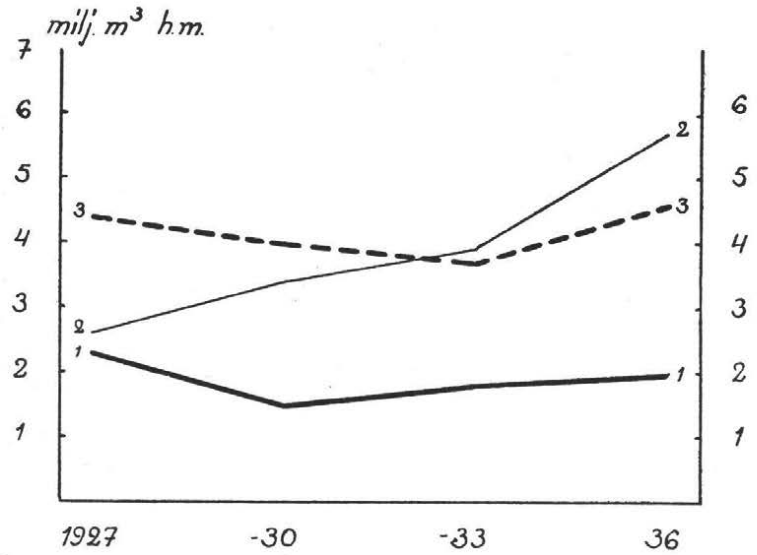
Taulukossa 1 esitetään ensinnäkin koko teollisuuden polttoaineen kokonaiskäyttö kuutiometreinä mäntyhalkoja. Tämän lisäksi taulukkoon on otettu eräiden teollisuusluokkien, nimittäin vientiteollisuuden, pääomatavarateollisuuden ja muun teollisuuden polttoaineen käyttöä osoittava sarja. Vientiteollisuuteen on tässä luettu teollisuustilaston ryhmät IX (paperiteollisuus) ja X (puuteollisuus) sekä pääomatavarateollisuuteen ryhmät I,1 (kupari- ym. kaivokset), I,2 (rikastustehtaat), V, 15 (tiilitehtaat) ja V, 20 (sementtitehtaat). Pääomatavarateollisuuden ryhmä ei ole täydellinen. Monta teollisuuslajia (ks. esim. Waris 1945, s. 220) on näet pitänyt jättää pois siitä syystä, ettei niiden polttoaineen käyttö ole ollut muun teollisuuden käytöstä erotettavissa. Pääomatavarateollisuutta kuvaamaan on kuitenkin saatu sarja, joka sisältää joukon varsin tyypillisiä tähän teollisuusryhmään kuuluvia teollisuuslajeja.

Jos tarkastellaan aluksi teollisuuden polttoaineen kokonaiskäyttöä (sarja a), havaitaan sen v. 1930 supistuneen, joskin verraten vähän, v:n 1927 määrästä. V. 1933 on ylitetty jo v. 1927 käytetyn polttoaineen määrä, ja v. 1936 käyttö on noussut tasolle, joka n. 3 milj. m³:llä ylittää em. vuosien polttoaineen käytön.

Teollisuuden eri ryhmissä (sarjat b—d) kehitys on ollut varsin erilainen. Vinetiteollisuudessa havaitaan polttoaineen käytön jatkuvasti kasvaneen, joskin hyppäys on ollut suurin vv. 1933—36. Myöskin pääomatavarateollisuudessa käyttö on ollut v. 1936 tuntuvasti suurempi kuin v. 1927. Välillä on kuitenkin ajanjakso, jolloin polttoainetta on käytetty varsin paljon vähemmän kuin molempina em. vuosina. Samantapaista kehitystä voidaan havaita myös muun teollisuuden kohdalla.

On kiintoisaa tarkastella, mihin suuntaan kehitys on kulkenut eri polttoaineiden osalta. Tätä valaisee taulukko 2 ja piirros 1.

Havaitaan ensinnäkin teollisuuden käyttäneen halkoja v. 1927 n. 2.3 milj. m³, mikä on ollut miltei neljännes koko käytetystä polttoainemäärästä. Sen jälkeen halkojen käyttö on vähentynyt nopeasti, niin että v. 1930 niiden osuus on ollut vain n. 17%. Vuoden 1933 luvut osoittavat halkojen sekä absoluuttisen että suhteellisen käytön jonkin verran kasvaneen vuoteen 1930 verrattuna. Vuonna 1936 halkojen käyttö kasvoi vähän edelleen ja nousi n. 2 milj. m³:iin. Niiden suhteellinen osuus teol-



Piirros 1. Teollisuuden halkojen (1), kivihiilen ja koksin (2) sekä puujätteiden (3) käyttö vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936.

Fig. 1. Industrial consumption of firewood (1), coal and coke (2) and waste wood (3) in 1927, 1930, 1933 and 1936.

lisuuden käyttämästä polttoaineesta oli tällöin kuitenkin pienempi kuin minään aikaisempana vuotena.

Kokonaan toisenlainen on ollut kehitys kivihiilen kohdalla. V. 1927 haloilla ja kivihiilellä oli jokseenkin yhtä suuri osuus teollisuuden polttoaineen käytöstä. V. 1930 viimeksi mainitun polttoaineen käyttö oli kuitenkin siinä määrin lisääntynyt, että sen suhteellinen merkitys oli jokseenkin tasan kaksi kertaa niin suuri kuin halkojen. Vuoden 1933 luvut osoittavat samansuuntaisen kehityksen jatkuneen, joskin hitaammin kuin vv. 1927—30. Myöhemmin 1930-luvulla kivihiilen käyttö on erittäin voimakkaasti kasvanut.

Kivihiilen osuus käytöstä on siis jatkuvasti kasvanut, halkojen vähentynyt. Erityisen näkyvää tämänsuuntainen kehitys on ollut vv. 1927—30 ja 1933—36, kun taas vv. 1930—33 halot ovat jotakuinkin tasavertaisesti kilpailleet kivihiilen kanssa.

Taulukosta 2 nähdään myös muiden polttoaineiden käytössä tapahtunut kehitys. Huomio kiintyy varsinkin puujätteiden suureen merkitykseen. Tätä kosketellaan vielä tuonnempana. Koksin osuus taas on pysynyt varsin pienenä, ja aivan mitätön on ollut muiden polttoaineiden (näistä kotimaisia turve, kannot ja sydet, ulkomaisia bensiini, petroli ja nafta) merkitys.

Taulukko 3 osoittaa, miten kivihiilen [1]) ja halkojen käyttö on kehittynyt teollisuuden eri ryhmissä. Sen mukaan ensin mainitun polttoaineen käyttö on lisääntynyt vv. 1927—36 kaikissa ryhmissä, mutta aivan erikoisesti vientiteollisuudessa. Kun muistaa, miten suuri osuus tällä ryhmällä on koko teollisuuden polttoaineen käytössä (taulukko 1), joutuu toteamaan, että kivihiilen käytön kasvu on olennaiselta osaltaan vientiteollisuuden ansiota. Merkille pantavaa on kuitenkin, ettei halkojen käyttö puheena olevassa ryhmässä ole absoluuttisesti paljoakaan supistunut, joskin halkojen suhteellinen merkitys polttoaineen käytön suuresti kasvaessa on jäänyt perin vähäiseksi.

3. Valtion rautateiden polttoaineen käyttö vv. 1927—38.

Valtion rautateiden polttoaineiden käytöstä on saatu luotettavat tilastot rautatiehallituksen puutavaratoimistosta. Tulokset nähdään taulukosta 4 (ks. myös piirros 2). Tässäkin eri polttoaineita tarkoittavat luvut on tehty vertailukelpoisiksi muuntamalla ne polttoarvonsa mukaisessa suhteessa haloiksi. Eri polttoaineille on tällöin käytetty seuraavia suhdelukuja:

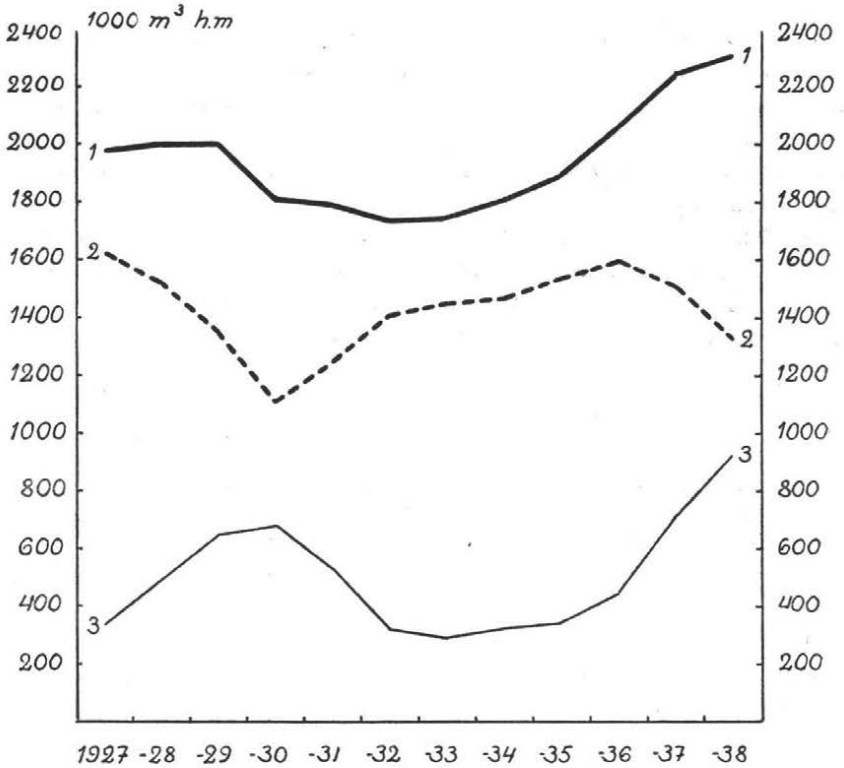
1 tonni kivihiiltä = 5 m³ halkoja
1 » polttoturvetta = 3 » »
1 » polttoöljyä = 9 » »

Näitä suhdelukuja on rautatiehallitus käyttänyt laskelmissaan. Niin kuin on todettu, teollisuuden polttoaineen käyttöä koskevissa tutkimuksissa halkojen ja kivihiilen suhdeluku on ollut 1 : 6. Valtion rautateillä käytetyt halot ovat olleet koivuvaltaisempia ja muutenkin laadultaan keskimäärin parempia kuin teollisuuden halot, minkä vuoksi suhde 1 : 5 onkin paikallaan.

Lukusarjoista ilmenee, että valtion rautateiden polttoaineen k o k o n a i s k ä y t t ö ä (sarja 1 a), johon sisältyvät paitsi liikkuvan kaluston myös konepajojen, asemarakennusten yms. käyttämät polttoaineet, on vv. 1927—29 pysynyt jokseenkin muuttumattomana. Tämän jälkeen käyttö on selvästi, joskaan ei kovin voimakkaasti, supistunut ja saavuttanut miniminsä v. 1932. Vuodesta 1933 alkaen käyttö on kasvanut jatkuvasti aina aikakauden loppuun asti ja on v. 1938 ollut tuntuvasti suurempi kuin 1920-luvun lopulla.

Sarja 1 b (taulukko 4) kuvaa h a l k o j e n käytössä tapahtunutta kehitystä. V. 1927 halkojen osuus on ollut n. 82 % valtion rautateiden

[1]) Seuraavassa kivihiilen käyttöön sisällytetään myös koksi, jolla teollisuuden polttoaineena on ollut varsin pieni merkitys, kuten taulukko 2 osoittaa.



Piirros 2. Valtion rautateiden kaikkien polttoaineiden (1) sekä halkojen (2) ja kivihiilen (3) käyttö vuosina 1927—38.

Fig. 2. State Railways consumption of all fuels (1) and of firewood (2) and coal (3) in 1927—38.

polttoaineen käytöstä. Sittemmin tämän polttoaineen käyttö on verraten jyrkästi supistunut, niin että v. 1930 halkojen osuus on ollut vain 61 %. Tämän jälkeen halkojen käyttö on jälleen kasvanut aina vuoteen 1936, jolloin se on noussut jokseenkin yhtä suuriin määriin kuin tarkasteltavan ajanjakson alussa. Vv. 1937—38 halkojen käyttö osoittaa alenevaa suuntaa.

Vallan toisenlainen on kehitys ollut k i v i h i i l e n kohdalla (sarja 1 c). Tämän polttoaineen käytön käyrä on vv. 1927—30 jyrkästi nouseva, vv. 1931—32 yhtä jyrkästi aleneva. Vuodesta 1933 alkaen seuraa aluksi verraten loiva, mutta ajanjakson lopulla yhä voimistuva nousu.

Taulukosta 4 voidaan havaita, ettei muilla polttoaineilla ole ollut sanottavaa merkitystä. Polttoturpeen (sarja 1 d) osuus on sen suurimmillaankin ollessa noussut 1.3 %:iin kokonaiskäytöstä, joskin sen käyttö absoluuttisesti osoittaa 1930-luvulla nousevaa suuntaa. Vielä vähäisempi merkitys on ollut polttoöljyllä (sarja 1 e), jonka v. 1928 alkanut moottorivaunuliikenne toi tilastoon. Tämänkin polttoaineen käyttö on kuitenkin jatkuvasti kasvanut.

4. Polttoaineen kokonaiskäyttöön vaikuttaneet tekijät.

Ennen kun käydään selvittämään kivihiilen ja halkojen käyttösuhteisiin liittyviä kysymyksiä, on syytä luoda silmäys niihin tekijöihin, jotka ovat vaikuttaneet yleensä polttoaineen käytön, so. kokonaiskäytön vaihteluihin.

Jos verrataan polttoaineen käyttöä 11-vuotisjakson 1927—38 alku- ja loppuvuosina, jolloin suhdannekehitys oli koko lailla samanlaisessa vaiheessa, voidaan niin hyvin teollisuuden kuin valtion rautateidenkin polttoaineen käytössä havaita selvä kasvava kehityssuunta. Nimenomaan teollisuuden kohdalla tämä on silmäänpistävä piirre. Toinen yhteinen piirre on polttoaineen käytön supistuminen 1930-luvun alussa vallinneen laskukauden ja laman aikana. Seuraavassa näitä molempia ilmiöitä käsitellään erikseen.

Polttoaineen käytön kasvava suunta on ilmeisesti yhteydessä vv. 1927—38 tapahtuneeseen teollisuuden ja rautatieliikenteen laajenemiseen. Teollisuuden kehitystä valaisevat jossain määrin taulukon 1 eräät sarjat. Vuosien 1927 ja 1936 lukuja vertailtaessa kiintyy huomio siihen, että polttoaineen käyttöä osoittava suhdeluku on viimeksi mainittuna vuotena miltei sama kuin tuotannon bruttoarvon indeksi, joskin em. vuosien välillä kehitys on ollut jossain määrin erilainen. Työntekijäin luku sen sijaan on kasvanut tuntuvasti hitaammin kuin polttoaineen käyttö. Tähän on varmaan vaikuttanut teollisuuden, nimenomaan vientiteollisuuden piirissä tapahtunut voimakas rationalisointi (Waris 1945, s. 93). Mutta toisaalta myös polttoaineen käyttö on kehittynyt vuosi vuodelta säästäväisemmäksi (vrt. esim. Hartikainen 1933, s. 33 ed.).

On kuitenkin muistettava, ettei teollisuuden energiatalous ole ollut yksinomaan polttoaineen varassa, vaan huomattava osa energiasta on kehitetty vesivoimalla. Polttoaineen käytössä ilmenneiden muutosten ymmärtämiseksi onkin välttämätöntä luoda silmäys myös vesivoiman käytössä tapahtuneeseen kehitykseen.

Seuraava asetelma osoittaa höyry- ja vesivoiman osuutta teollisuuden primäärimoottorien tehosta vv. 1927—38 teollisuustilaston (SVT XVIII A) mukaan.

Vuosi	Teollisuuden primäärimoottorien teho 1 000 hv.	Primäärimoottorien tehosta			
		vesivoimaa		höyryvoimaa	
		1 000 hv.	%	1 000 hv.	%
1927	548.2	227.5	41.5	320.7	58.5
1928	589.1	243.9	41.4	345.2	58.6
1929	712.6	340.6	47.8	372.0	52.2
1930	726.0	365.2	50.3	360.8	50.7
1931	737.8	361.5	49.0	376.3	51.0
1932	792.9	405.2	51.1	387.7	48.9

Vuosi	Teollisuuden primäärimoottorien teho 1 000 hv.	Primäärimoottorien tehosta vesivoimaa 1 000 hv.	%	höyryvoimaa 1 000 hv.	%
1933	824.6	426.3	51.7	398.3	48.3
1934	837.8	423.9	50.6	413.9	49.4
1935	931.6	438.8	47.1	492.8	52.9
1936	974.9	477.7	49.0	497.2	51.0
1937	1 201.1	643.8	53.6	557.3	46.4
1938	1 281.0	653.3	51.0	627.7	49.0

Voidaan todeta, että vesivoimalla kehitetty primäärimoottorien teho on vv. 1927—38 kasvanut lähes 3-kertaiseksi ja vv. 1927—36:kin n. 2½-kertaiseksi. Höyryvoimalla, siis polttoaineella kehitetty teho on kasvanut viimeksi mainittuna vuosijaksona vain runsaasti 1 ½-kertaiseksi. Vesivoiman käytön erittäin voimakas kasvu on siis merkittävällä tavalla hillinnyt polttoaineen käytön kasvua. Pantakoon vielä merkille, että teollisuuden koko primäärimoottorien teho on tarkastelun alaisena ajanjaksona kasvanut nopeammin kuin mikään muu teollisuustoiminnan kehitystä kuvaava sarja. Nimenomaan työntekijäin kasvuun verrattuna sen lisäys on ollut moninkertainen. Tässä nähdään eräs todistus teollisuuden pääomavaltaistumisesta.

Edellä esitetyt numerot osoittavat vain teollisuuden vesivoiman ja höyryvoiman käyttöön perustuvan k o n e t e h o n kehitystä. Kun on mahdollista, että näiden voimanlähteiden todellinen käyttö on ollut erilainen eri aikoina, tehdään seuraavassa laskelma myös vesivoiman ja höyryvoiman avulla kehitetyn e n e r g i a n k ä y t ö s t ä [1]). Tätä koskevia tietoja on saatavissa vain vuodesta 1930 alkaen.

Vuosi	Teollisuuden energian käyttö [2]) milj. kWh	%	Käytetystä energiasta kehitetty vesivoimalla milj. kWh	%	höyryvoimalla milj. kWh	%
1930	1 337	100	998	75	339	25
1931	1 358	100	1 032	76	326	24
1932	1 553	100	1 207	78	346	22
1933	1 755	100	1 333	76	422	24
1934	1 898	100	1 423	75	475	25
1935	2 203	100	1 788	81	415	19
1936	2 369	100	1 808	76	561	24
1937	2 644	100	2 004	76	640	24
1938	2 986	100	2 398	80	588	20

[1]) Teollisuuden sähköenergian käyttö on saatu sähkölaitostilastosta. Se on jaettu vesi- ja höyryvoimalla kehitettyyn sähköenergiaan mainitun tilaston (1946) s. 12 olevan taulukon osoittamassa suhteessa. Taulukon luvut ilmaisevat tosin kaiken maassa käytetyn sähköenergian jakaantumisen vesivoimalla ja höyryllä kehitettyyn, mutta kun teollisuus on käyttänyt vuosittain lähes 90 % ko. energiasta, antanee laskumenetelmä tyydyttävän tarkan tuloksen. Suoraan koneisiin kytketyn vesivoima- ja höyryenergian määrä perustuu V e i j o l a n (1945) laskelmiin.

[2]) Tästä puuttuu polttomoottorien kehittämä, merkitykseltään mitättömän pieni energiamäärä (vrt. Sähkölaitostilasto 1946, s. 22).

Kun vertaa tämän asetelman lukuja niihin, jotka osoittavat vesivoiman ja höyryvoiman osuutta moottorien tehosta, kiintyy huomio siihen, että vesivoimalla kehitetyn energian käyttö on ollut suhteellisesti paljon suurempi kuin mitä teholuvut edellyttäisivät. Vesivoiman teho on siis pyritty käyttämään mahdollisimman tarkoin hyväksi, kun taas höyryvoimalaitoksissa ilmeisesti on jäänyt käyttämätöntä tehoa. Tämä on hyvin ymmärrettävää, sillä kerran perustetun ja käyntiin saadun vesivoimalaitoksen muuttuvat kustannukset ovat kiinteiden kustannusten rinnalla varsin pienet, kun taas höyryvoimalaitoksissa muuttuvat kustannukset polttoaineen käytön johdosta saavat suuren merkityksen.

Kiintoisaa on todeta, ettei höyryvoimalla kehitetyn energian osuus koko energian käytöstä ole vv. 1930—38 sanottavasti pienentynyt, vaikka ko. ajanjaksona juuri vesivoiman käyttö on suuresti kasvanut. Lähes neljännes koko energian tarpeesta on tyydytetty jatkuvasti höyryvoimalla. Se seikka, että höyryvoima näin on säilyttänyt tietyn aseman teollisuuden energian antajana, on yhteydessä ensinnäkin niihin rajoituksiin, joita varsinkin vesisuhteet asettavat vesivoiman saannille. Vesistöjemme veden korkeus vaihtelee näet eri vuosina ja vuoden aikoina, eikä tätä vaihtelua voida riittävässä määrin eliminoida vesistöjen säännöstelyllä. Vv. 1930—38 eivät vuotuiset vaihtelut ole olleet kovin suuret lukuun ottamatta vuotta 1934, jolloin vesimäärä oli tuntuvasti keskimääräistä alhaisempi. Sen sijaan eri vuodenaikoina veden korkeus on vaihdellut melkoisesti. Höyryvoima-asemien eräänä päätehtävänä onkin tarvittavan lisätehon antaminen »kuivina» vuodenaikoina (syyskesällä ja talvella). Niiden toinen tärkeä merkitys on siinä, että niiden avulla tyydytetään energian tarve ns. kuormitushuippujen aikoina, jolloin vesivoima käy riittämättömäksi. Tällaisia huippuja synnyttää varsinkin valaistuskuormitus aamuisin ja iltaisin pimeinä vuodenaikoina sekä yksivuoroinen teollisuus (V e i j o l a 1945). Tietenkin on ollut melkoinen joukko myös sellaisia teollisuuslaitoksia, jotka eivät ole voineet saada lainkaan vesivoimaenergiaa.

Vesivoiman ja höyryvoiman käyttö eivät siis ole toisiaan kokonaan pois sulkevia ilmiöitä, vaan niiden välillä vallitsee myös tietynlainen positiivinen korrelaatio. Tapahtunutta kehitystä voitaisiin ehkä luonnehtia parhaiten toteamalla, että tutkittavana ajanjaksona, jolloin energian tarve on suuresti kasvanut, maan teollisuuden voimataloudessa on varsin päättäväisesti pyritty siirtymään vesivoiman käyttöön, mutta tämän voimanlähteen mahdollisimman täydellisen hyväksikäytön turvaamiseksi on samalla lisätty höyryvoima-asemien tehoa. Myös polttoaineen käyttö on täten kasvanut rinnan yleisen voimataloudellisen kehityksen kanssa, joskin tuo kasvu on ollut paljon hitaampaa kuin mitä se olisi ollut ilman vesivoiman käytössä tapahtunutta valtavaa lisääntymistä. Vv. 1930—36 vesivoimalla kehitetyn energian käyttö kasvoi

81.2 %, höyryenergian käyttö 65.5 % ja polttoaineen käyttö 35.2 %. Jos vesivoimalla kehitetty energian lisäys olisi jouduttu korvaamaan lauhdutushöyryvoimalla, olisi tämän kehittämiseen tarvittu n. 4 milj. m³ halkoja tai lähes 700 000 tonnia kivihiiltä.

Edellä todettu polttoaine- ja vesivoimatalouden välisen kiinteän yhteyden syntymistä on osaltaan edistänyt voiman siirrossa tapahtunut kehitys. V. 1929 valmistuneen Imatran voimalaitoksen rakentamisen yhteydessä pantiin alulle suurjänniteverkon, nk. kanta- eli valtaverkon rakentaminen, jota sittemmin 1930-luvulla jatkettiin, niin että mainitun kymmenluvun lopulla useimmat Etelä- ja Länsi-Suomen tärkeimmistä voima-asemista olivat siihen kytkettyjä. Vesivoima- ja höyryvoima-asemien lisääntyvä teho onkin käytetty yksinomaan sähkön muodossa. Suoraan työkoneisiin kytketyn vesi- ja höyryenergian käyttö ei ole lainkaan kasvanut, vaan päinvastoin hiukan supistunut vv. 1930—38 (Veijola 1945).

Myös valtion rautateiden piirissä voidaan havaita kehitystä, joka on ollut omiaan lisäämään polttoaineen käyttöä. Taulukossa 4 nähdään eräitä liikennettä kuvaavia sarjoja, jotka osoittavat, että näin on asianlaita. Liikennöity ratapituus kasvoi vv. 1927—38 19 %:lla, henkilö- ja tonnikilometrien luku 36 %:lla (1937) ja vaununakselikilometrien luku 27 %:lla (1937). Itse asiassa polttoaineen käyttö ko. ajanjaksona on kasvanut vähemmän kuin em. liikennettä kuvastavat karakteristikat. Tämä johtunee paitsi kasvaneesta liikenteestä myös siitä, että polttoaineen käyttö valtion rautateillä on muuttunut entistä säästeliäämmäksi. Niinpä 1 000 vaununakselikilometriä kohden käytetty polttoainemäärä on ollut

v. 1927	1.94 m³	v. 1936	1.79 m³
» 1930	1.89 »	» 1938	1.91 »
» 1933	1.83 »		

Ellei oteta lukuun vuotta 1938, jolloin vaunut ehkä ovat olleet ylikuormitettuja, voidaan numeroista todeta selvä polttoaineen tehostuvaan käyttöön viittaava kehityssuunta.

On jo voitu panna merkille, että niin hyvin teollisuuden kuin valtion rautateidenkin polttoaineen käyttö on 1930-luvun alussa jonkin verran supistunut ja noussut myöhemmin samalla kymmenluvulla ennätysmääriinsä. Sanotunlainen vaihtelun esiintyminen antaa aiheen tarkastella, mikä osuus suhdannekehityksellä on ollut polttoaineen käytön muutoksiin.

Teollisuuden polttoaineen käytössä nousut ja laskut saattavat olla monien tekijöiden vaikutuksen tulos, minkä vuoksi suhdannekehityksen osuuden määrittäminen käy vaikeaksi. Edellä on jo viitattu siihen

merkitykseen, mikä vesisuhteiden muutoksilla höyry- ja vesivoiman keskinäisten substituutiomahdollisuuksien vuoksi on polttoaineen käyttöön. Myös se seikka, että jonakin vuotena saadaan käyttöön paljon uutta vesivoimatehoa, voi jossain määrin pienentää polttoaineen käyttöä lähinnä seuraavina vuosina. Vesistöjemme veden korkeudessa ei vv. 1927—33 tapahtunut niin suuria muutoksia, että niillä olisi ollut sanottavaa vaikutusta polttoaineen käyttöön (vrt. Veijola 1945). Sen sijaan v. 1929 valmistunut Imatran voimalaitos supisti Hartikaisen (1933, ss. 50—51) tekemän laskelman mukaan teollisuuden eri polttoaineiden tarvetta haloissa mitaten n. 600 000 m³:llä. Jos tämä lisättäisiin v. 1930 käytetyn polttoaineen määrään (taulukko 1), niin saataisiin 9 710 000 m³ eli suurempi luku kuin v. 1927 (9 499 000 m³).

Näin ollen se polttoaineen käytön supistuminen v. 1930, jota ensi näkemältä saattaisi luulla suhdannekehityksen aiheuttamaksi, itse asiassa on johtunut muista syistä. On kuitenkin syytä otaksua, että 1930-luvun alussa vallinneella lamakaudella on ollut tietty polttoaineen käytön kasvua hillitsevä vaikutus. Tämä voidaan todeta vertaamalla polttoaineen käytössä tapahtunutta kehitystä vv. 1930—33 ja toisaalta vv. 1933—36 (taulukko 1) sekä myös käyttöä eri teollisuusryhmissä. Vaihtelu on ollut suurin pääomatavarateollisuudessa, jolle juuri on ominaista suhdanneherkkyys. Lamakauden ja polttoaineen käytön välistä yhteyttä arvosteltaessa on vielä pidettävä mielessä, ettei vuosi 1930 teollisuustoimintaa ajatellen edusta aallon pohjaa. Nimenomaan sahateollisuus toimi vielä tällöin melkoisella teholla käyttäen korkeasuhdanteen aikana hankkimiaan raakapuuvarastoja. Mainitun teollisuuden tuotanto kehittyi vv. 1927—34 teollisuustilaston (SVT XVIII A) mukaan seuraavasti:

Vuosi	Tuotanto, std.
1927	1 494 000
1928	1 426 000
1929	1 230 000
1930	972 000
1931	816 000
1932	823 000
1933	1 034 000
1934	1 339 000

Sahateollisuuden tuotannon minimi sattui siis vuoden 1931 kohdalle. Myös muissa teollisuusryhmissä taantuminen pysähtyi yleensä vasta vuoden 1930 jälkeen (Waris 1945, s. 92). V. 1933 elpyminen oli kuitenkin monilla tuotannon aloilla päässyt jo hyvään vauhtiin.

Joskaan teollisuuden polttoaineen käyttö ei lamakauden johdosta supistunut, niin näkyy lamakauden vaikutus kuitenkin siinä, ettei se toisaalta lisääntynytkään, niin kuin myöhemmin 1930-luvulla. Ilmeisesti laman aikana oli käyttämätöntä tuotantokapasiteettia ja samalla myös

energian runsautta. Tämä ilmenee siinäkin, ettei silloin teollisuuden enempi höyryvoimaan kuin vesivoimaankaan perustuva primäärimoottorien teho sanottavasti kasvanut, kuten siv. 15 olevasta asetelmasta ilmenee. Lamakaudelle tunnusomainen perustamistoiminnan pysähtyminen näkyy siis voimalaitosten rakentamisenkin alalla. Se ettei polttoaineen käytössä laman johdosta tapahtunut juuri supistumista, johtuu paljon energiaa vaativan (Veijola 1945) paperiteollisuuden korkeasta toiminta-asteesta lamankin aikana.

Valtion rautateiden polttoaineen käytössä suhdannekehityksen vaikutus näkyy koko lailla selvänä. Tämän ilmiön esille tuloa vaikeuttava yleinen progressiivisuus ei rautatieliikenteen alalla ole ollutkaan niin voimakasta kuin teollisuudessa. Lisäksi tämän laajenemisen vaikutusta heikentää jossain määrin polttoaineen tehostuva käyttö, mihin on jo viitattu. Niin kuin taulukko 4 osoittaa, polttoaineen käytön ja vaununakselikilometrien muutokset ovat melko samanlaiset.

5. Halkojen ja kivihiilen kilpailuedellytykset.

Sekä teollisuuden että valtion rautateiden polttoainetalouteen luotu katsaus on osoittanut, että halkojen ja kivihiilen välillä on vv. 1927—38 todella esiintynyt kilpailua. Tunnusomaista tälle on ollut kivihiilen voitollinen esiintyminen erityisesti ajanjakson alussa ja lopussa, siis nousukauden ja korkeasuhdanteen vallitessa. Lasku- ja lamakauden aikana 1930-luvun alussa sen ylivoimaisuus ei ole ollut niin selvä. Kivihiilen käyttö teollisuudessa on tosin tällöinkin lisääntynyt, mutta valtion rautateillä vähentynyt.

On myöskin voitu todeta, ettei kilpailua ole käyty yksinomaan halkojen ja kivihiilen kesken. Teollisuuden polttoainetaloudessa myös vesivoima ja puujätteet ovat näytelleet merkittävää osaa. Kun seuraavassa siis tarkastellaan halkojen ja kivihiilen välistä kilpailua, ei näitä muitakaan voida kokonaan sivuuttaa.

51. Hinnat ja niiden kehitys.

Tuntuu ilmeiseltä, että polttoaineen käyttäjät eri aikoina ovat valinneet taloudellisimman, siis hinnaltaan halvimman polttoaineen. Ryhdyttäessä etsimään syitä edellä havaittuun halkojen ja kivihiilen käytössä tapahtuneeseen kehitykseen, on siis huomio ensinnä kohdistettava näiden polttoaineiden hintoihin, niiden kehitykseen ja tähän kehitykseen vaikuttaneihin syihin. Jotta saataisiin tarpeellinen tausta vv. 1927—38 tapahtuneelle hintojen kehitykselle, on hintasarjat, milloin tietoja on ollut saatavissa, aloitettu jo vuodesta 1923.

Taulukossa 5 esitetään eri lähteistä saatua tilastoa eräiden polttoaineiden hinnoista. Sarjat 1 a—1 b tarkoittavat valtion rautateillä käytettyjen polttoaineiden keskimääräisiä omakustannushintoja veturin tenderille tuotua polttoaineen käyttöyksikköä [1]) kohden rautatietilaston (SVT XX) mukaan. Sarjat 2 a—2 c taas osoittavat teollisuuden vuosina 1927—36 käyttämien halkojen, kivihiilen ja koksin keskimääräisiä omakustannushintoja tehtaan varastossa Hildénin (1930) ja Hartikaisen (1933, 1936, 1939) mukaan. Lisäksi taulukkoon on otettu sosiaaliministeriön sosiaalisen tutkimustoimiston laskemat kotiin ajettujen halkojen keskimääräiset vähittäishinnat (sarjat 4 a—4 b) tilastollisen vuosikirjan mukaan sekä ulkomaankauppatilastosta (SVT I A) saadut kivihiilen ja koksin cif-tuontihinnat (sarjat 3 a—3 b).

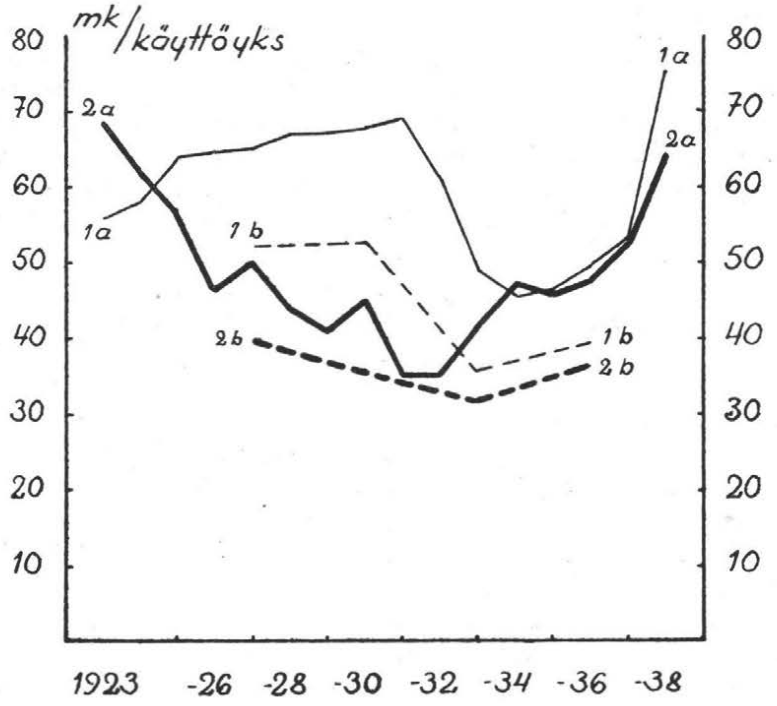
Näin eri lähteestä saadut hintatiedot eivät tietenkään ole absoluuttisina lukuina vertailukelpoisia. Tarkoituksena onkin niiden avulla valaista lähinnä kivihiilen ja halkojen hintojen suhdetta ja erityisesti näiden kilpailevien polttoaineiden hintojen kehitystä eri vuosina. Tässä yhteydessä on syytä huomauttaa, että tietyn vuoden kohdalla saattaa esiintyä hintoja, jotka itse asiassa on maksettu markkinoilla jo ainakin vuotta aikaisemmin. Näin on erikoisesti valtion rautateiden ja teollisuuden polttoaineiden, varsinkin halkojen hintojen laita, koska ne ovat ko. vuotena käytettyjen polttoaineiden omakustannushintoja. Tuontihinnat ja vähittäishinnat taas ovat ko. vuotena maksettuja hintoja.

Tarkasteltaessa halkojen ja kivihiilen hintoja ensinnä valtion rautateiden omakustannushintojen (sarjat 1 a ja 1 b) valossa, voidaan todeta, että mainittujen polttoaineiden hintojen kehityssuunta vv. 1923—31 oli täysin vastakkainen. Halkojen hinnat ovat ko. kautena jatkuvasti, joskin verraten loivasti, nousseet, kun taas kivihiilen hinnat ovat varsin voimakkaasti laskeneet. Vain vuodet 1927 ja 1930 muodostavat kivihiilen hintojen kehityksen kannalta poikkeuksen. (Vrt. myös vuosien 1926 ja 1929 tuontihintoja.) Ensiksi mainitun keskeytyksen hintojen alenemisessa aiheutti Englannissa v. 1926 vallinnut kaivostyöläisten lakko.

Vuosina 1923—24 halot olivat kivihiiltä edullisempi polttoaine. V. 1925 suhde kuitenkin muuttui päinvastaiseksi, ja siitä pitäen kivihiilen edullisuus halkoihin verrattuna on 1920-luvulla vuosi vuodelta vahvistunut. V. 1931 halkojen hinta käyttöyksikköä kohden oli jo n. kaksi kertaa niin korkea kuin kivihiilen.

Vv. 1932—34 halkojen ja kivihiilen hinnat jälleen kehittyivät eri suuntiin: ensin mainittujen laskivat, viimeksi mainittujen nousivat. Niinpä mainittujen polttoaineiden hinnat olivatkin vv. 1934—37 jokseenkin

[1]) Käyttöyksiköllä tarkoitetaan tässä ja myöhemmässä esityksessä yhtä halkokuutiometriä vastaavaa polttoainemäärää. Kaikki hintatiedot on saatettu vertailukelpoisiksi laskemalla hinnat tällaista käyttöyksikköä kohden aikaisemmin esitettyjen muuntolukujen avulla.



Piirros 3. Valtion rautateiden vv. 1923—38 ja teollisuuden vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936 käyttämien halkojen ja kivihiilen omakustannushinnat.

Fig. 3. Cost price of firewood and coal consumed by State Railways 1923—38 and by industries 1927, 1930, 1933 and 1936.

samalla tasolla. V. 1938 halkojen hinnat kuitenkin olivat jälleen tuntuvasti korkeammat kuin kivihiilen hinnat.

Huomautettakoon, että rautatierahdit eivät esiinny valtion rautateiden polttoainekustannuksissa. Niiden lukuun ottaminen varmaan yhäkin suurentaisi halkojen ja kivihiilen hintojen eroa.

Teollisuuden käyttämien polttoaineiden omakustannushinnoista on tietoja vain neljältä vuodelta, joten niiden valossa voidaan nähdä vain hintojen karkea kehityssuunta. Jos verrataan sarjojen 1 a ja 1 b sekä 2 a ja 2 b vastaavien vuosien lukuja, voidaan todeta sekä teollisuuden että valtion rautateiden halkojen ja kivihiilen hintojen kehittyneen kutakuinkin samansuuntaisesti. Tämä näkyy selvästi piirroksesta 3.

Huomautettakoon, että koksin hinnat ovat liikkuneet tuntuvasti korkeammalla tasolla kuin kivihiilen hinnat. Niinpä haloillakin näyttää olleen varsinkin 1930-luvulla varsin hyvät edellytykset kilpailla koksin kanssa.

Tuontihintojen kehitys on kulkenut noin vuotta edellä omakustannushintojen kehityksestä, mikä johtuu juuri siitä, että viimeksi mainitut ovat myöhässä todellisista hintatason muutoksista.

Ei voida tarkalleen osoittaa, missä määrin kivihiilen ja halkojen laadussa eri vuosina tapahtuneet muutokset ovat vaikuttamassa eri vuosien hintoihin. Kivihiilen laadun vaihtelut lienevät verraten pienet. Myöskin teollisuudessa käytettyjen halkojen puulajisuhteet, millä seikalla laatua ajatellen on painavin merkitys, ovat niin ikään vaihdelleet varsin vähän, kuten seuraava asetelma osoittaa (Hildén 1930, Hartikainen 1933, 1936 ja 1939).

	v. 1927	v. 1930	v. 1933	v. 1936
	% käytetystä halkomäärästä			
Mäntyä	36.4	33.9	36.6	38.3
Kuusta	23.1	12.5	15.3	14.3
Koivua	28.5	34.6	34.1	27.9
Muita	12.0	19.0	14.0	19.5
Yhteensä	100.0	100.0	100.0	100.0

Valtion rautateiden halkojen laatu on sitä vastoin ollut suurempien muutosten alainen. Rautatiehallituksen puutavaratoimiston hankkimista haloista on koivuhalkoja ollut eri vuosina seuraavasti:

1926	31 %
1927	27 »
1928	44 »
1929	62 »
1930	66 »
1931	64 »
1932	61 »
1933	75 »
1934	80 »
1935	81 »
1936	83 »
1937	81 »
1938	84 »

Kun koivuhalkojen hinta on havuhalkojen hintaa korkeampi, on halkojen laadussa tapahtuneilla muutoksilla ollut varmaan osuutensa vv. 1923—31 todettuun halkojen hinnan nousuun. Tämä ei kuitenkaan ole ollut millään tavoin ratkaiseva tekijä, mitä osoittaa se, että v. 1932 valtion rautateillä käytettyjen halkojen omakustannushinta aleni, vaikka vv. 1930—31 hankituissa haloissa oli ennätysprosentti koivuhalkoja. (V. 1932 käytettiin pääasiassa vv. 1930—31 hankittuja halkoja.) Myös v. 1938 käytettyjen halkojen hinta oli edellisten vuosien hintoja tuntuvasti korkeampi, vaikka puulajisuhteet pysyivät vuodesta 1934 alkaen jokseenkin muuttumattomina.

Kivihiilen ja koksin tuontihinnoissa (sarjat 3a—3b) näkyvät pääpiirteissään samansuuntaiset liikkeet kuin rautateiden ja teollisuuden omakustannushinnoissakin. Nousut ja laskut vain ovat tapahtuneet, kuten oli odotettavissakin, keskimäärin vuotta aikaisemmin.

Tuntuvasti edellä todetusta hintojen muutoksista poikkeavalta näyttää halkojen vähittäishintojen kehitys (sarjat 4a ja 4b). Vv. 1923—31 tapahtunutta hintojen nousua ei näissä sarjoissa havaita. Laskukauden ja laman aikana 1930-luvun alussa vähittäishinnatkin kuitenkin tuntuvasti alenivat, vieläpä varsin jyrkästi. Niiden nousu myöhemmin 1930-luvulla tapahtui loivemmin kuin esim. valtion rautateiden omakustannushintojen nousu. Lamakauden alhaisesta hintatasosta oli vaikea päästä irti. Halkojen vähittäishintojen kehitykselle näyttää olevan siis ominaista tietynlainen jäykkyys ja eri tilanteisiin sopeutumattomuus, seikka, johon mm. Saari (1932 a) on viitannut.

Halkojen ja kivihiilen hintojen kehitys on omiaan valaisemaan myös näiden polttoaineiden käytössä tapahtuneita muutoksia. Kivihiilen käytön voimakas lisääntyminen 1920-luvun lopussa johtui ennen kaikkea siitä, että tämän polttoaineen hinnat painuivat paljon alle halkojen hintojen, minkä vuoksi kivihiili tällöin oli ylivoimainen kilpailija. Lasku- ja lamakauden aikana 1930-luvun alussa taas halkojen hinnat alenivat, jolloin myös niiden asema kilpailussa vahvistui. Mainitun kymmenluvun lopulla hintojen suhde muodostui jälleen haloille epäedulliseksi. Kivihiilenkin hinnat tosin nousivat, mutta halkojen hinnan nousu nimenomaan vv. 1937—38 oli paljon jyrkempi, minkä vuoksi kivihiili oli tällöin kilpailussa voitokkaampi.

Kun hintakysymys halkojen ja kivihiilen kilpailua ajatellen on ymmärrettävästi näytellyt varsin keskeistä osaa, on paikallaan, että sen tarkastelussa tunkeudutaan syvemmälle, so. niihin syihin, jotka hintojen kehitykseen ovat vaikuttaneet. Seuraavassa pyritäänkin valaisemaan näitä tekijöitä.

52. Kivihiilen hintoihin vaikuttaneet tekijät.

521. Hiilen tarjonta ja kysyntä sekä tuotantotekniikka.

Kivihiilen hintojen kehitystä tarkatessa kiintyy huomio ensinnä 1920-luvulla tapahtuneeseen hintojen alenemiseen. Ensi näkemältä tuntuu vaikealta käsittää, että hinnat alenivat nimenomaan vv. 1926—29, jolloin nousukausi luonnehti kansainvälistä suhdannekehitystä. Tähän ilmiöön on vaikuttanut kaksi erittäin tärkeätä tekijää: kehitys kivihiilimarkkinoilla ja kehitys kivihiilen tuotantotekniikassa.

Ensimmäisen maailmansodan jälkeen kivihiilen tuotanto Euroopan mantereella oli miltei lamassa. Iso Britannia, joka tällöin lähinnä tyydytti ko. polttoaineen markkinatarpeen, käytti hyväkseen vallitsevaa tilannetta ja ryhtyi säännöstelemään maasta vietävän kivihiilen määrää ja hintoja. Täten sen onnistui pitää yllä varsin korkeita hiilen hintoja (Suviranta 1931, s. 32).

Ison Britannian valorisaatiopolitiikka synnytti kuitenkin voimakkaan reaktion monien mannervaltioiden taholla. Välttyäkseen ostamasta kallista englantilaista hiiltä nämä jännittivät voimansa äärimmilleen kohottaakseen omaa hiilen tuotantoaan. Ennen pitkää tuotanto monissa maissa nousikin nopeasti. Tilanne hiilimarkkinoilla kehittyi 1920-luvun lopulla sellaiseksi, että 1920-luvun jälkipuoliskolla voitiin hyvällä syyllä puhua todellisesta hiilikriisistä (Pahl 1939, ss. 26—27). Vanhojen hiilenviejämaiden Englannin ja Saksan rinnalle ilmestyi varsinkin Puola, jonka tuotanto kasvoi 1920-luvun lopulla melkoisesti, niin kuin taulukko 6 osoittaa. Ison Britannian 1920-luvun alussa harjoittaman valorisaatiopolitiikan tilalle tuli mainitun kymmenluvun lopulla Puolan dumpingpolitiikka (Suviranta 1931, s. 41), jolla varmaan oli tuntuva vaikutus hiilen hinnan alenemiseen Suomessa. Kun hiilen hinta kotimaassa (Puolassa) oli 40—42 zlotya, vientihinta painettiin vientipalkkioiden turvin 14 zlotyyn. Niinpä Puolan merkitys Suomen hiilen hankkijana kasvoikin näihin aikoihin melkoisesti (ks. taulukko 7).

Jos kohta hiilen tuotanto eräissä maissa, kuten juuri Puolassa, kasvoikin tuntuvasti, ei maailman kokonaistuotanto sittenkään noussut kovin jyrkästi (taulukko 6). Runsauden syntymistä hiilimarkkinoilla edistikin merkittävällä tavalla eräs toinen tekijä, nimittäin vesivoiman ja öljyn kasvava merkitys maailman voimataloudessa. V. 1913 lasketaan öljyn tyydyttäneen 7.2 % ja vesivoiman 2.3 % maailman voiman tarpeesta. V. 1935 vastaavat sadannekset olivat jo 23.2 ja 7.6 (Pahl 1939, s. 27). Tällainen substituutio käyttövoiman hankineassa vähensi kivihiilen kysyntää ja kärjisti osaltaan hiilikriisiä. Täten nri tekijöiden ansiosta hiilimarkkinoille 1920-luvun lopulla oli tunnusomaista runsas tarjonta ja tuottajamaiden välinen ankara kilpailu.

Myös kivihiilen tuotantotekniikan kehitys on luonut edellytyksiä tämän polttoaineen hintojen alenemiselle. Hiilen louhinta ja kuljetus kaivoksista on yhä suuremmassa määrin ruvettu suorittamaan konevoimin. Niinpä koneellisen hiilen tuotannon osuus kohosi Englannissa Pahlin (1939, s. 24) mukaan vv. 1927—36 23 %:sta 55 %:iin. Eräissä muissa maissa hiilen tuotannon koneellistaminen oli viety vieläkin pitemmälle kuin Englannissa. Esim. Saksassa koneellisesti tuotetun hiilen osuus oli v. 1937 87 % ja USA:ssa 79 % koko tuotannosta (Pahl 1939, s. 24). Täten kehittyvä tekniikka on lisännyt tehoa hiilikaivoksissa ja alentanut hiilen tuotantokustannuksia sekä hintoja.

522. Suhdannekehitys.

Kivihiilen hintojen kehitys 1920-luvun lopulla näyttäisi ensi näkemältä viittaavan siihen, ettei suhdannekehityksellä ole mainitun hyödykkeen hintojen muodostumiseen paljoakaan sanottavaa.

Sen sijaan että ne vv. 1926—29 vallinneen nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana olisivat nousseet, ne päinvastoin tuntuvasti alenivat. Tällä ei kuitenkaan ole todistettu, että kivihiilen hinta olisi täysin neutraali suhdanteiden vaikutuksille. Voidaan huomauttaa, että hintojen aleneminen olisi saattanut olla vieläkin jyrkempi, ellei nousukaudelle ominainen hintojen kohoamispyrkimys olisi sitä hillinnyt. Eikä hintojen aleneminen em. ajanjaksona ollut vain kivihiilelle tunnusomainen piirre. Esim. USA:ssa tavaroiden hinnat kautta linjan pysyivät joko ennallaan tai laskivat teknillisen kehityksen ansiosta (Haberler 1940, s. 345). Kivihiilen hintojen kehitys 1920-luvun lopulla vain osoittaa, ettei nousukauden ja korkeasuhdanteen olemukseen välttämättä kuulukaan hintojen nousu, kun vain tätä nousua vastustavien voimien ote on kyllin luja. On jo voitu todeta, että tällaisia ja varsin tehokkaitakin voimia oli ko. aikana vaikuttamassa.

Cassel (1934, s. 507 ed.) näkee koko suhdannekehityksen olemuksen kiinteän reaalipääoman tuotannon vaihteluissa, jotka vaihtelut ns. kiihtyvyysperiaatteen mukaisesti (Haberler 1940, s. 112 ed.) muodostuvat suuriksi jo verraten vähäisten kulutushyödykkeiden kysynnän muutosten seurauksena. Tästä johtuen Casselin käsityksen mukaan myös reaalipääoman tuotantoon osallistuvien hyödykkeiden hinnat nousevat ja laskevat suhdannekehityksen mukana voimakkaammin kuin kulutustavaroiden hinnat, jos kohta näidenkin hinnoissa esiintyy suhdanteista johtuvaa vaihtelua.

Kivihiilen Cassel lukee niihin hyödykkeihin, jotka osaksi palvelevat pääomatavaroiden tuotantoa, osaksi tyydyttävät ihmisen välittömiä tarpeita. Vv:n 1865—1910 suhdannekehitystä tutkiessaan hän on todennut, että suhdannekehityksen vaikutus hiilen tuotantoon on ollut verraten vähäinen. Jotta voitaisiin todeta, onko näin ollut asianlaita nyt tarkasteltavana olevana ajanjaksona, on taulukossa 6 esitetty maailman kivihiilen tuotanto vv. 1923—38. Niin kuin nähdään, hiilen tuotanto ei tosin ole vaihdellut kovin voimakkaasti, mutta selvä yhteys suhdannekehitykseen on kuitenkin todettavissa. Niinpä tuotanto oli v. 1932 pudonnut n. ¾:aan siitä, mitä se oli ollut 1920-luvun huippuvuosina. Lamakauden vaikutus on siis ollut ilmeinen. Erikoisesti on syytä panna merkille, että Puolassa, jolla vuoden 1930 tienoilla oli suuri osuus Suomen hiilen tuonnissa, tuotanto laski vv. 1929—32 n. 40 %:lla.

Kivihiilen käyttö »suhdanneherkkiin tarkoituksiin» onkin sentään melko huomattava. Jonassonin (1936, s. 297) mukaan maailman hiilen tuotannosta käytetään

talouspolttoaineeksi	15—20 %
valaistukseen	8 »
liikenteeseen	20 »

rautateollisuuteen	30—33 %
muuhun teollisuuteen	22—24 »

Ainakin kolmeen viimeiseen ryhmään sisältyvään hiilen käyttöön on suhdannekehityksellä melkoinen vaikutus, rautateollisuuden käyttöön erittäin tuntuva. On niin muodoin ilmeistä, että laskukauden ja laman aikana melkoinen hiilimäärä joutuu »etsimään menekkiä». Tuotantoahan ei mielellään supisteta, koska se aiheuttaisi työttömyyttä ja muita haitallisia ilmiöitä. Vuoden 1931 alhaisiin kivihiilen hintoihin olikin varmaan ankaralla lamakaudella oma osuutensa, jota ei kuitenkaan voida lähemmin määrittää. — Myös korkeasuhdanteen vaikutus vv. 1937—38 näkyy hintasarjoissa selvänä.

523. Muut tekijät.

Kivihiilen hintakehitystä tarkasteltaessa huomio kiintyy varsinkin siihen, että hinnoissa tapahtui verraten selvä käänne ylöspäin jo v. 1933, jolloin elpyminen oli päässyt vasta alkuun. Tuntuu siltä kuin lamakauden vaikutus hiilen hintojen kehitykseen olisi katkennut kesken. Tähän vaikutti varmaan melkoisessa määrin v. 1931 tapahtunut Suomen kultakannasta luopuminen. Markasta tuli tällöin aliarvioitu valuutta, mikä merkitsi tuontitavaroiden heikentynyttä kilpailukykyä kotimaisten tavaroiden rinnalla koko 1930-luvulla. — Vientiin markan uusi vaihtokurssi vaikutti tietenkin elvyttävästi.

V. 1933 hiilen tuontimme joutui jälleen uuteen vaiheeseen, kun Ison Britannian kanssa tällöin solmittu kauppasopimus velvoitti Suomen tuomaan 75 % tarvitsemastaan hiilestä ja 60 % koksista mainitusta maasta (ks. taulukot 7—8). Siten puheena oleva maa sai 1930-luvun lopulla miltei monopolin Suomen hiilen tuontiin, mikä todennäköisesti korotti jonkin verran hiilen hintoja. Tätä käsitystä tukee mm. se seikka, että hiilentuontitoimikunnan antamat lupatodistukset, jotka oikeuttivat tuomaan hiiltä Ison Britannian ulkopuolelta, olivat eräänlaisia arvopapereita. Kovin suuri ei puheena olevan sopimuksen vaikutus hintoihin kuitenkaan ollut, sillä Englannin vientiliikkeiden välillä vallitsi edelleen kilpailu markkinoista.

Vuoden 1934 alusta kivihiilelle ja koksille asetettiin t u l l i, jonka suuruus oli 5 mk 100 kg:aa eli n. 10 mk käyttöyksikköä kohden. Tämä tulli ei kuitenkaan koskenut sopimusmaita, joten sen merkitys käytännössä jäi olemattomaksi.

Kivihiilen hinnat ovat siis 1920- ja 1930-luvuilla olleet monenlaisten voimien vaikutuksen alaisena. Voidaan todeta ensinnäkin tekijöitä, jotka ovat aiheuttaneet hinnoissa a l e n e v a n k e h i t y s s u u n n a n. Näistä tähdennettäköön varsinkin teknillisen kehityksen merkitystä. Myös tuotannon kasvu, vesivoiman ja öljyn kilpailu sekä näiden

seurauksena syntynyt kilpailu markkinoista vientimaiden kesken ovat vaikuttaneet samaan suuntaan. Tämän pitkäaikaisen kehityssuunnan ohella on todettavissa myös suhdannekehityksen aiheuttama lasku- ja nousuliike, joka tosin 1920-luvun lopulla peittyy äsken mainittujen tekijöiden vaikutuksen alle, mutta joka 1930-luvun alussa ja lopussa on havaittavissa. Ja vihdoin eräät »tilapäiset» seikat, kuten markan aliarviointi — voitaisiin ehkä puhua myös punnan yliarvioinnista — ja vuoden 1933 kauppasopimus ovat 1930-luvulla neutralisoineet teknillisen edistyksen yms. hintoja alentavien voimien vaikutusta.

53. Halkojen hinnanmuodostus suhdannekehityksen valossa.

Ennen kuin siirrytään lähemmin käsittelemään halkojen hintojen kehitykseen vaikuttaneita tekijöitä, on syytä todeta se tärkeä ero, mikä on halkojen ja kivihiilen, näiden kahden polttoaineena käytetyn hyödykkeen hinnanmuodostuksessa, jos pidetään silmällä niiden keskinäisiä »voimasuhteita». Kivihiili on kansainvälisen vaihdannan kohde, maailman markkinoiden hyödyke, kun taas halkojen markkina-alue on varsin ahdas. Suomesta on tosin 1920- ja 1930-luvuilla viety vuosittain muutamia kymmeniä tuhansia kuutiometrejä halkoja Ruotsiin, mutta tälle ei voida antaa suurtakaan merkitystä. Hyvällä syyllä voidaan sanoa, ettei halkojen markkina-alue ulotu oman maan rajojen ulkopuolelle. Syykin tähän on helposti löydettävissä. Halkojen käyttömahdollisuudet ovat ensinnäkin tuntuvasti rajoitetummat kuin kivihiilen. Tärkein syy on kuitenkin siinä, että halot on painoonsa ja tilavuuteensa nähden heikkotehoinen polttoaine, joka ei siten »kestä» pitkiä kuljetuksia.

On näin ollen ilmeistä, etteivät halkojen hinnat voi vaikuttaa kivihiilen hinnanmuodostukseen. Käänteinen vaikutus sen sijaan tuntuu hyvin todennäköiseltä (vrt. Hildén 1929, s. 31). Halkojen hinnanmuodostus on kuitenkin toisaalta myös itsenäinen, kivihiilen hintojen vaihtelusta riippumaton ilmiö. Siitä on hyvänä todistuksena 1920-luvun lopulla todettu halkojen ja kivihiilen hintojen erisuuntainen kehitys. Onkin paikallaan tarkastella lähemmin niitä seikkoja, joista tuo halon hintojen itsenäisyys johtuu sekä sen vaikutuksia puheena olevan polttoaineen hinnanmuodostukseen.

531. Hankintakustannukset ja niiden laskemisessa käytetty aineisto.

On ilmeistä, ettei halkoja ajan pitkään tule markkinoille, ellei niiden tuotanto- so. hankintakustannuksia riittävän korkean hinnan muodossa korvata. Näiden kustannusten kehitykseen syventyminen voi sen vuoksi mielenkiintoisella tavalla valaista halkojen hinnan olemusta.

Käyttöön toimitettujen halkojen kustannuserät voidaan ryhmittää esim. seuraavalla tavalla:

1. kantohinta
2. hakkuu- ja ajokustannukset
3. hakkuusta ja ajosta johtuvat yleiskustannukset (työnjohtajan palkka yms. kustannukset)
4. rahdit (kaukokuljetuksesta, siis autokuljetuksesta, laivauksesta ja rautatiekuljetuksesta johtuvat kustannukset)
5. varastoimis- ja käsittelykustannukset (varastoon siirtämisestä ja siellä tapahtuvasta käsittelystä, katkomisesta yms. aiheutuvat kustannukset)
6. muut kustannukset (yleiset hallintokustannukset, korot jne.)

Jotta voitaisiin saada käsitys eri kustannusryhmien merkityksestä ja kehityksestä, olisi hankintakustannuksia käytävä tarkastelemaan jonkin suuren halkojen hankintaliikkeen omien kustannusten pohjalla. Markkinoilla maksettujen hintojen jakaminen tällaisiin eriin olisi näet perin mielivaltaista.

Tekijä on saanut käytettäväkseen rautatiehallituksen puutavaratoimiston vv. 1927—38 toimittamia pystymetsien hakkuita koskevia »metsätilejä», eräänlaisia kustannuslaskelmia, joista nähdään miten suuriksi ovat muodostuneet kunkin yksityisen kaupan sisältämän halkoerän hakkuu-, ajo- ja yleiskustannukset sekä kantohinta kuutiometriä kohden. Kun em. kustannuslaskelmien nojalla ei puutavaraliikkeen toimesta ole laskettu vuosittaisia keskiarvoja, on tekijä eräänlaisen näytteen avulla tehnyt yrityksen niiden laskemiseksi.

Hevosajomatkan pituudella on tiettävästi kantohintaan ja ajokustannuksiin varsin olennainen vaikutus. Tämän vuoksi aineisto oli kerättävä niin, ettei keskimääräinen ajomatka eri vuosina suuresti vaihtelisi. Pyrkimyksenähän on ollut saada eri vuosilta lukuja, jotka laskentaperusteiltaan olisivat mahdollisimman samanlaisia ja joiden valossa siten voitaisiin seurata kunkin kustannuserän kehitystä vuodesta toiseen. Tämän vuoksi rajoituttiin käsittelemään vain sellaisia metsätililomakkeita, joissa hevosajomatkan pituudeksi vesistön varteen — kaikkien halkojen kaukokuljetus oli tapahtunut laivaten — oli merkitty korkeintaan 2.5 km. Näin rajoitettuna käyttökelpoisten lomakkeiden lukumäärä todettiin 330:ksi. Monia muutoin tarkoitukseen soveltuvia lomakkeita ei voitu käyttää sen vuoksi, että mainittu kustannuslaskelma oli syystä tai toisesta jätetty tekemättä. Huomautettakoon, että vuosilta 1934—35 saatiin niin vähän aineistoa, ettei sen perusteella katsottu voitavan laskea keskiarvoja.

Tutkimuksen kohteeksi joutuneet halkoerät oli hankittu Saimaan, Päijänteen, Vanajaveden, Puulaveden, Keiteleen ja Leppäveden vesis-

töjen varsilta, siis varsin laajalta alueelta Suomen eteläpuoliskoa. Aineisto on siis tässä mielessä verraten edustava. Tulosten luotettavuutta ajatellen olisi ollut tietenkin hyvä saada käytettäväksi vieläkin suurempi joukko havaintoja. Sellaisenaankin saatu aineisto antaa kuitenkin koko lailla hyvän lähtökohdan eräiden keskeisten hankintakustannusten tarkastelulle.

Kustakin lomakkeesta merkittiin muistiin halkokuutiometriä kohden laskettu kantohinta sekä hakkuu-, ajo- ja työnjohtokustannukset. Näin kertyneiden tietojen nojalla laskettiin em. kustannuserien vuosikeskiarvot käyttämällä painolukuna hakattua kuutiometrimäärää. Kaikki saman työmaan kustannukset eivät kuitenkaan ole sattuneet yhden vuoden kohdalle. Hankinta on tapahtunut asteittain, tavallisimmin niin, että hakkuusopimus on tehty syyskesällä tai syksyllä, hakkuu toimitettu pääosaltaan jo syyskauden kuluessa ja ajo seuraavan vuoden puolella tammi-huhtikuussa. Jotta kustannukset nimenomaan suhdannekehitystä ajatellen tulisivat merkityksi oikean vuoden kohdalle, on kantohinta »kirjattu» kaupantekovuodelle, hakkuu- ja ajokustannukset sille vuodelle, jonka kuluessa pääosa ko. työstä on suoritettu. Tämän teki mahdolliseksi se, että lomakkeihin oli merkitty kunakin vuotena hakattu ja ajettu halkomäärä. Hakkuun ja ajon yleiskustannukset jouduttiin useimmiten merkitsemään ajovuoden kohdalle, koska usein myös hakkuuta oli vielä jatkettu tämän vuoden puolella.

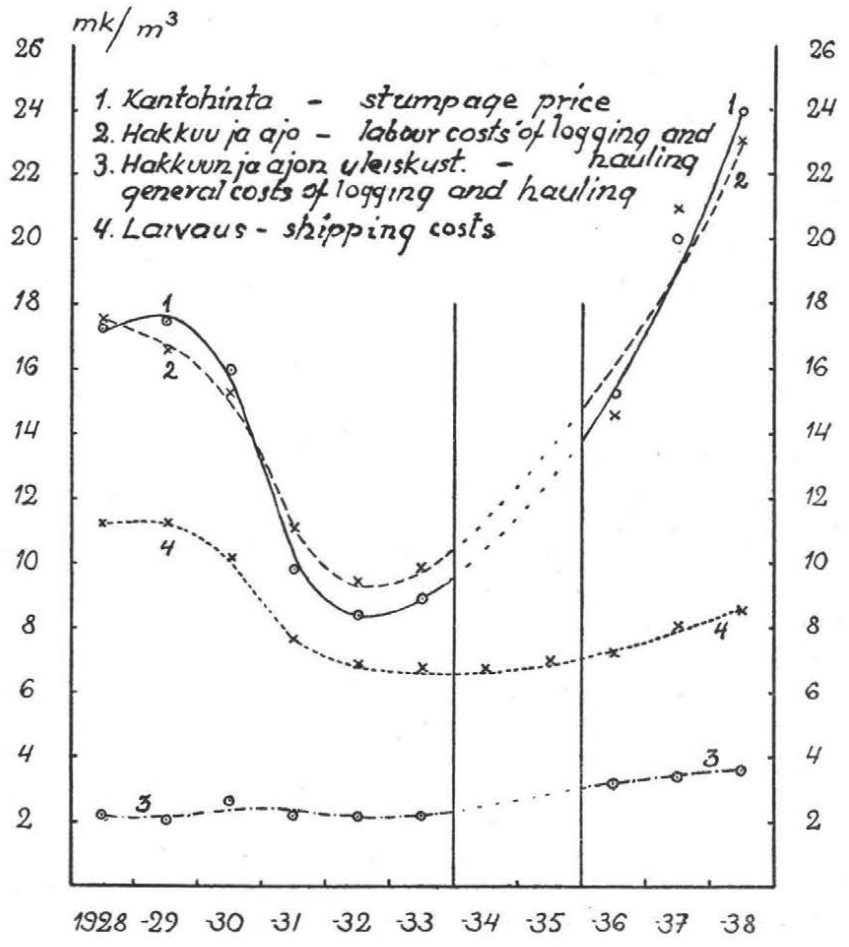
Laivauskustannukset oli merkitty niin harvoihin lomakkeisiin, että ne oli selvitettävä toista tietä. Rautatiehallituksen puutavaratoimistosta saatiin tiedot eri vesistöjen keskimääräisistä laivauskustannuksista vv. 1928—38. Kun laivattuja halkomääriä ei voitu selvittää, laskettiin eri vesistöjen kustannusten vuotuiset punnitsemattomat keskiarvot, joita seuraavassa tullaan käyttämään. Kun ko. laivauskustannusten eri vesistöjen väliset erot eivät ole olleet kovin suuria ja kun toisaalta laivauksissa ei ko. ajanjakson kuluessa ole tapahtunut varsin suuria siirtymisiä vesistöstä toiseen, eivät punnitut keskiarvot ilmeisestikään suuresti poikkeaisi punnitsemattomista.

Käsittelykustannuksista on saatu tietoja rautatiehallituksen puutavaratoimiston vuosikertomuksista, joihin on laskettu ko. kustannukset k ä y t e t t y ä halkokuutiometriä kohden.

Saatuja tuloksia kuvaa taulukko 9 ja sen perusteella laadittu piirros 4.

532. Kantohinta.

Piirros 4 osoittaa havainnollisesti, miten voimakkaasti halkopuun kantohinta on pudonnut ja noussut suhdanteiden nousua ja laskua seuraten. Vaihtelut ovat olleet niin suuret, että keskimääräinen kantohinta



Piirros 4. Eräiden halkojen hankinnan kustannuserien kehitys vv. 1928—38.
Fig. 4. Development of some cost items in firewood acquisition in 1928—38.

vv. 1931—33 on ollut vain n. ½ lamaa edeltäneen korkeasuhdanteen huippuarvosta ja vain runsas ⅓ vuoden 1938 arvosta.

Ennen kuin käydään lähemmin tätä kantohinnan ja suhdannekehityksen välistä korrelaatiota tarkastelemaan, on syytä todeta, onko kenties ollut muita, aineistosta riippuvia tekijöitä, jotka ovat olleet asiaan vaikuttamassa. Tällaisia tekijöitä voisivat olla ennen kaikkea keskimääräisen hevosajomatkan ja laivausmatkan muuttuminen, tuntuvat hankintojen maantieteelliset siirtymiset vuodesta toiseen sekä halkojen laatuja varsinkin puulajisuhteiden erilaisuus eri vuosina.

Keskimääräinen ajomatka eri vuosina nähdään taulukosta 9. Vaihtelua esiintyy jonkin verran, mutta kuitenkin niin pienissä rajoissa, ettei

eri vuosien kantohintataso suurestikaan tämän vuoksi voine vaihdella. Jos tällaista vaikutusta olisikin, niin se yhä alentaisi lamakauden hintalukuja, koska ajomatka vuosina 1931 ja 1933 on ollut lyhyin.

Laivausmatkan — on jo todettu, että kaikki aineistoon sisältyvät halkoerät on hankittu laivausväylien varsilta — vuotuisia vaihteluja ei voida määrittää, mutta tässähän eivät muutamien kilometrien heilahdukset paljoakaan merkitse. Kun halot kerran kuormataan alukseen, ei kustannuksiin — eikä siis myös kantohintaan — vaikuta enää paljoa se, kuljetetaanko ne esim. 40 vai 50 km:n päähän. Laivausmatkan mahdolliset vaihtelut ovat siis tuskin sanottavasti voineet vaikuttaa kantohinnan kehitykseen.

Aineistoon sisältyvien halkoerien jakaantuminen eri vesistöjen kesken ei tietenkään ole voinut olla aivan sama tutkimuskauden eri vuosina. Kun kantohintojen taso vaihtelee eri vesistöissä jonkin verran, voi mainittu hankintojen maantieteellisessä jakaantumisessa esiintyvä vaihtelu jo sellaisenaan aiheuttaa eroavuuksia myös kantohintojen vuosikeskiarvoissa, vaikka kunkin vesistön kantohintojen taso pysyisi muuttumattomana. Tämän eliminoimiseksi kantohinnan vuosikeskiarvot laskettiin ensiksi kuutiometrimäärillä punniten kullekin vesistölle erikseen ja näiden avulla laskettiin sitten kaikille vesistöille punnitsematon keskiarvo.

Halkojen laadusta ei varmaa kuvaa ole voitu saada. Tutkituissa lomakkeissa oli tosin lueteltu, mistä puulajeista halot oli valmistettu, mutta ei läheskään aina tarkemmin puulajien runsaussuhteita. Jos otaksutaan, että tutkittuun näytteeseen sisältyvien halkojen puulajisuhteet ovat muuttuneet samalla tavoin kuin kaikkien valtion rautateiden hankkimien halkojen puulajisuhteet keskimäärin (vrt. s. 23), voidaan pitää todennäköisenä, että kantohintojen taso vv. 1937—38 on tästä syystä ollut hiukan korkeampi kuin vv. 1928—29, vaikka suhdannekehitys tällöin olikin samansuuntainen. Se seikka, että koivuhalkojen osuus vv. 1930—38 on noussut n. 20 %:lla, on ilmeisesti osaltaan lisännyt myös 1930-luvulla tapahtunutta kantohintojen nousua. Kovin suuri ei tästä johtuva lisäys ole voinut olla, sillä esim. koivuhalkojen ja havuhalkojen hinnan ero oli 1930-luvulla vain vähän yli 10 mk kuutiometriä kohden (taulukko 5). Toisaalta laman aikana vv. 1931—32 hankitut halot olivat keskimäärin järeämpiä kuin aikaisempina vuosina (Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 185) ja ilmeisesti järeämpiä kuin myöhemmin 1930-luvullakin, minkä seikan pitäisi vaikuttaa korottavasti vuosien 1930—31 kantohintojen tasoon. Kuitenkin kantohinta putosi kaikkein enimmän juuri v. 1931, mikä näyttäisi viittaavan siihen, ettei ainakaan vähäisillä laadun muutoksilla ole siihen suurtakaan vaikutusta.

Joskin siis eräitä »häiritseviä» tekijöitä aineistossa on havaittavissa, täytyy sittenkin pääasiallisin syy kantohinnan muutoksiin hakea juuri suhdannekehityksestä. Siinä, että näin selvä korrelaatio kantohinnan ja

suhdannekehityksen välillä esiintyy, ei itse asiassa olekaan mitään yllättävää. Päinvastoin ilmiö läheisesti liittyy kantohinnan olemukseen ja puutavaramarkkinoittemme yleiseen suhdanneherkkyyteen.

Kantohintahan on se osa niin halkojen kuin muidenkin puutavaroiden hankintakustannuksista, jonka vastustuskyky siihen kohdistuvaa painetta vastaan on heikoin. Päinvastoin kuin moni muu tuotannon harjoittaja metsänomistaja ei saa sanottavaa tukea kantohinnan määrittämiselle tuotantokustannuksista, eikä muutakaan konkreettista alarajaa kantohinnalle ole olemassa, vaan se saattaa tietyissä oloissa painua aina nollaan asti. Itse asiassa tuollainen 0-raja tulee aina vastaan, kun edetään kyllin syrjäisille seuduille. Kun siis halkojen tuotantokustannuksia syystä tai toisesta on alennettava, joutuu kantohinta tällöin lähinnä »kärsimään» (vrt. S a a r i 1932 b, s. 57).

Toinen tärkeä syy halkopuun kantohinnan suureen vaihteluun on löydettävissä kysynnän ja tarjonnan välisessä suhteessa tapahtuvista muutoksista. On jo voitu todeta, että laskukauden ja laman aikana polttoaineen kokonaiskäyttö jonkin verran alenee. Näin tapahtui ainakin 1930-luvun alussa nyt tutkituissa polttoaineen käyttöryhmissä. Halkojen käyttö ja samalla kysyntä tällöin tietenkin myöskin pienenee — kivihiilen ja halkojen hintojen suhteen oletetaan aluksi pysyvän muuttumattomina. Halkojen kysyntään vaikuttaa tällöin paitsi käytön supistuminen, myös se seikka, että nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana on hankittu varastoja, joita nyt käytetään. Lasku- ja lamakaudellehan on juuri tunnusomaista, ettei varastoja mielellään täydennetä, koska tarve lasketaan pieneksi ja hintojen odotetaan jatkuvasti alenevan (vrt. esim. P e d e r s e n 1947, s. 273). Täten käytön supistuminen näkyy halkojen kysynnässä ikään kuin suurentuneena (S a a r i 1932 a). Valtion rautateiden halkojen hankinnoissa ei tällaista supistumista tosin havaita, mutta rautatielaitoksen halkojen hankintoihin ovatkin vaikuttaneet monet muut kuin puhtaasti liiketaloudelliset näkökohdat, kuten jäljempänä todetaan.

Halkojen hinnan ja nimenomaan kantohinnan muodostumista ajatellen on vielä tärkeätä muistaa, että m u u n p u u t a v a r a n ja varsinkin teollisuuden raakapuun kysyntä niin ikään alenee laskukauden ja laman aikana. Tämä koskee aivan erityisesti s a h a p u u n kysyntää, jolla Suomen puutavaramarkkinoilla on varsin keskeinen merkitys. Rakennustoimintaan läheisesti liittyvä sahateollisuushan on tunnetusti altis suhdannevaihteluille. Niinpä 1930-luvun alussa vallinnut lamakausikin kohdistui tähän teollisuuden haaraan erityisen ankarana. Tuotanto aleni ja samalla raaka-aineen käyttö ja varsinkin sen hankinta supistui suuresti (vrt. esim. P ö n t y n e n 1936, s. 76). Raakapuun vienti on niin ikään ollut altis suhdannevaihteluille (vrt. esim. W a r i s 1945, s. 86).

Suomen maanviljelijäväestön tuloista puun myyntitulot muodostavat hyvin olennaisen osan. Näiden tulojen muodostumisessa taas sahatukkien osuus on varsin suuri, esim. tilivuosina 1925/26—1936/37 keskimäärin n. 50 % (Piha 1941, s. 103). Kun siis varsinkin sahapuun heikentyneen kysynnän ja alentuneiden hintojen vuoksi puun myyntitulot suuresti alenevat (ks. esim. Waris 1945, taulukko I), kasvaa pienpuun tarjonta perin voimakkaasti. Tätä tarjontaa lisää sekin, että nousukauden korkeat sahatukkien hinnat houkuttelevat myymään monilta tiloilta järeän puun niin tarkoin, että vain pienpuuta liikenee myytäväksi.

Täten halkopuun kysyntä ja tarjonta laskukauden ja laman aikana liikkuvat vastakkaisiin suuntiin: kysyntä supistuu ja tarjonta kasvaa. Siten on ymmärrettävissä kantohinnan voimakas aleneminen. Asiaan vaikutti osaltaan 1930-luvun alussa vallinneen laman aikana myös se seikka, että maataloudesta saadut tulot vuoden 1928 heikon sadon ja hintojen romahdusmaisen alenemisen vuoksi supistuivat. Lisäksi metsäteollisuusyhtiöt keskittivät tällöin tavallista suuremmassa määrin hakkuita omiin metsiinsä (Waris 1945, s. 87).

Kuinka on sitten käsitettävissä halkopuun kantohinnan voimakas nousu nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana? Käyttöhän ei kovin suuresti kasva. Tähän voidaan ensinnäkin huomauttaa, että kysyntä kasvaa elpymistendenssin päästyä vallalle voimakkaammin kuin käyttö, koska ryhdytään kartuttamaan lamakauden aikana ehtyneitä varastoja. Hinnan nousun voimakkaimmat vaikuttimet piilevät kuitenkin nytkin muiden puutavaroiden kysynnän ja hintojen kehityksessä. Nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana varsinkin sahapuulla on niin hyvä kysyntä ja hinta, että tarjonta suuntautuu siihen. Mainitunlainen rakennemuutoshan on tarjonnan puolella mahdollinen, koska samassa metsässä tuotetaan eri tarkoituksiin soveltuvaa puuta (yhdistetty tuotanto). On ymmärrettävää, että metsänomistajat nousevien suhdanteiden aikana haluavat myydä ennen kaikkea sellaista tavaralajia, jolla silloin lisääntyneen kysynnän ansiosta on suhteellisesti korkein hinta. Halkojen tarjonta ikään kuin »unohdetaan».

Myöskään pienen puutavaran markkinoilla halkojen hinnanmuodostus ei ole erillinen ilmiö, vaan siihen olennaisesti vaikuttaa muihin tarkoituksiin käytettävän pienpuun taholta tuleva kilpailu (kilpaileva kysyntä). Havuhalkojen hintaa korottaa varsinkin paperipuun ja kaivospuun hinta, joiden menekki nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana kasvaa, joskaan ei niin suuresti kuin sahapuun kysyntä.[1]) Koivuhalkojen hinnanmuodostuksessa kilpailevan kysynnän vaikutus on ollut

[1]) Suhdannekehityksen osuus paperipuun kysynnän vaihteluun tulee etupäässä vain vientiin menevän paperipuun taholta. Vv. 1927—38 maan metsäteollisuuden rakenne kehittyi kuitenkin suuntaan, joka lisäsi paperipuun kysyntää. Erityisesti pienen mäntypuun menekki kasvoi tuntuvasti sulfaattiselluloosan nousevan tuotannon johdosta. Saman aikaisesti myös metsäteollisuuden raaka-aineen kokonaistarve kasvoi uusinvestointien johdosta.

vähäisempi. Pienestä koivupuusta valmistetaan tosin jonkin verran muitakin puutavaroita kuin halkoja, mutta näiden kysyntä on keskimäärin ollut niin vähäistä halkojen kysyntään verrattuna, että esim. rullapuun kantohinta lienee määräytynyt pikemmin halkojen hinnan mukaan kuin päinvastoin. Silti ei käy kieltäminen, että juuri rullapuun taholta tuleva kilpailu on eräillä seuduilla vaikuttanut korottavasti koivuhalkojen kantohintaan.

Voidaan siis todeta, että halkopuun hinnanmuodostus ei suinkaan ole erillinen ilmiö, vaan että se on varsin läheisessä yhteydessä muiden puutavaroiden hinnanmuodostukseen. Voidaan todella puhua eräänlaisesta »tartunnasta», niin kuin Saari (1932 b, s. 59) on sattuvasti huomauttanut. Tämä tartunta, ts. se edellä todettu ilmiö, että sahapuun ja myös muiden puutavaroiden hinnat vetävät perässään myös halkopuun hintoja, selittää juuri viimeksi mainitun hinnan nousun nousukauden ja korkeasuhdanteen vallitessa. Tuo nousu on välttämätön, että tarpeellinen halkomäärä saataisiin markkinoille.

Ne tekijät, joiden merkitystä kantohinnan muodostumisessa on edellä korostettu, eivät tietenkään ole ainoita hintaa määrääviä voimia. Muista tekijöistä puheen ollen huomio kohdistuu erikoisesti kivihiileen ja sen aiheuttaman kilpailun merkitykseen. Tuntuu siltä, että kivihiilen kilpailulla on erityisen suuri merkitys lasku- ja lamakauden aikana. Haloille on nimittäin tärkeätä tällöin pitää hallussaan markkinansa, jopa laajentaakin niitä, ja tässä tarkoituksessa tarjonta on valmis tinkimään hinnasta ainakin kantohinnan osalta. Nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana kivihiilen kilpailun merkitys näyttää jäävän taka-alalle. Muiden tekijöiden ote on silloin voimakkaampi.

533. Hakkuu- ja ajokustannukset.

Myös hakkuu- ja ajokustannuksia osoittavassa sarjassa (ks. taulukko 9 ja piirros 4) nousu- ja laskuliike näkyy varsin selvänä. Kun se osa maata, jolta tutkittavana olevat halkoerät on hankittu, muodostaa verraten yhtenäisen palkka-alueen, voidaan todetut muutokset hyvällä syyllä panna suhdannekehityksen tilille. Nähdään, että vaihtelut ovat varsin tuntuvia, joskaan eivät aivan niin voimakkaita ja jyrkkiä kuin kantohinnan kohdalla.

Kuten jo edellä viitattiin, hakkuu- ja ajokustannukset ovat suoranaisessa yhteydessä metsätyöpalkkoihin. On sen vuoksi kiintoisaa verrata saatuja kustannuslukuja ko. ajanjakson metsätyöpalkkojen kehitykseen. Seuraavassa asetelmassa suoritetaan tällainen vertailu Wariksen (1945, taulukko I) laskemaan metsä- ja uittotöiden palkkojen vaihtelua osoittavaan indeksiin, jonka perusvuotta on tässä muutettu.

Vuosi	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
Palkkaindeksi (1928 = 100)	100	101	94	72	59	62	71	74	81	100	106
Hakkuu- ja ajokustannukset (1928 = 100)	100	96	90	64	55	57	.	.	84	120	133

Sarjoissa voidaan todeta varsin selvä yhdenmukaisuus. Tuntuva eroavuus nähdään vv:n 1937—38 kohdalla. On vaikea sanoa, mistä tämä johtuu. Huomautettakoon vain, että Wariksen laskema palkkaindeksi on tuntuvasti laajempikäsitteinen kuin yksityisen puutavaralajin hakkuu- ja ajokustannus, jossa voi aina esiintyä tilapäisiä vaihteluja. Toisaalta ko. indeksin laskeminen on altis erilaisille virhemahdollisuuksille. Niinpä esim. Wichmannin (1939) laskemien metsätyöläisten keskimääräisten päiväansioiden kehitys poikkeaa vv:n 1936—38 kohdalla melkoisesti Wariksen laskeman palkkaindeksin vaihteluista. Kun palkkojen taso uittotöissä vv. 1937—38 Wichmannin mukaan on pysynyt jokseenkin samana, ovat ehkä uittotyöpalkat tasoittaneet Wariksen esittämän palkkaindeksin vaihtelua.

Vaikka siis palkkatasoa sekä toisaalta hakkuu- ja ajokustannuksia osoittavissa sarjoissa esiintyy erilaisuuttakin, on niiden yleinen kehityssuunta kuitenkin hyvin samanlainen. Suhdannekehitys näkyy niissä kaikissa varsin selvästi, ehkä voimakkaampana kuin olisi saattanut odottaa. Puhutaanhan ns. vakaantuneen työpalkan laista, jonka mukaan palkat lamakautenakin pyrkivät säilyttämään sen tason, jolle ne korkeasuhdanteen aikana ovat nousseet (Kuusi 1931, s. 384). Tämä ei näytä pitävän paikkaansa ainakaan metsätyöpalkkoihin nähden. Siihen on useitakin syitä, joihin tässä vain lyhyesti viitataan.

Tunnettuahan on, että metsätyöt merkitsevät Suomen maatalousväestölle, varsinkin pienviljelijöille, tärkeätä tulolähdettä. Wichmannin (1939, s. 78) mukaan keskimäärin 78 % ajomiehistä ja 48 % hakkuumiehistä oli vv. 1935—38 talollisia tai pienviljelijöitä. Kun lasku- ja lamakautena 1930-luvun alussa hakkuutoiminta varsinkin sahateollisuuden hankintojen vähentyessä suuresti supistui (ks. esim. Waris 1945, taulukko I), niin työvoiman tarjonta metsätöihin kasvoi kysyntää monin verroin suuremmaksi. Heikosti järjestäytyneen metsätyöväen palkkapoliittinen asema muodostui täten perin heikoksi (Waris 1945, s. 151), eikä se voinut vastustaa palkkojen tuntuvaa alenemista. On siten merkille pantavaa, että halkopuun kantohinnan ja toisaalta hakkuu- ja ajokustannusten vaihtelut suurelta osalta johtuvat samasta tekijästä, so. siitä vaikutuksesta, jota erityisesti sahateollisuuden suhdannekehitys levittää maaseudulle muuttuvien kantorahatulojen ja työpalkkojen muodossa.

534. Yleiskustannukset hakkuusta ja ajosta.

Yleiskustannukset näyttävät muodostaneen verraten kiinteän ja myös merkitykseltään vähäisen erän halkojen hankinnassa. Niiden kehityk-

sessä ei nähdä sanottavaa suhdannekehitykseen liittyvää vaihtelua. Vuoden 1930 kohdalla esiintyy »säännöttömyyttä», joka ilmeisesti johtuu joistakin tilapäisistä tekijöistä.

Yleiskustannuksista muodostaa pääosan hakkuu- ja ajotöitä valvovan työnjohtajan palkka. Kun rautatiehallituksen puutavaratoimisto on hankkinut jatkuvasti halkoja samoilta seuduilta ja niin ollen pitänyt palveluksessaan vakinaisia työnjohtajia, ovat nämä eräänlaisina »valtion virkamiehinä» nauttineet myös verraten vakaata palkkaa. Tämän valossa lienee ymmärrettävä, että ko. kustannuserä on pysynyt vuodesta toiseen jokseenkin samana.

535. Laivauskustannukset.

Laivauskustannuksissa suhdannekehitykseen liittyvä lasku ja nousu näkyy jonkin verran heikompana kuin sarjoissa 1—2. Kuitenkin on putoaminen vv. 1930—31 ollut melkoinen. Tässäkin kustannuserässä ovat keskeistä osaa näytelleet laivaustyöväen palkat, joiden taso lienee lähinnä rinnastettavissa metsä- ja uittotyöläisten palkkoihin. Mutta palkkojen ohella ko. kustannuksiin sisältyy myös kaluston hankinta- ja korjauskustannuksia, joilla on varmaan ollut melkoinen vaikutus laivauskustannusten muodostumiseen. Tämä vaikutus näkyy varsinkin vv:n 1936—38 kohdalla. Kun laivatut halkomäärät tällöin kasvoivat, pienenivät em. kustannukset yksikköä kohden, eikä laivauskustannusten nousu tällöin ole ollut läheskään niin jyrkkä kuin muiden kustannusten. Osaksi lienee tähän vaikuttanut myös laivaustapojen kehittyminen.[1])

536. Ostohintojen ja kustannusten vertailua.

Pääasiassa edellä käsiteltyjen kustannusten summana muodostuu radan varteen hankittujen halkojen omakustannushinta. Luettelosta puuttuvat kuitenkin puutavaratoimiston keskuskonttorin ja piirikonttorien aiheuttamat kustannukset sekä korot yms., joita ei ole voitu selvittää. Kuitenkin tehdään seuraavassa vertailu kustannuserien 1—4 (taulukko 9) ja radan varteen hankittujen halkojen omakustannushintojen välillä, jotka hinnat on mainittu puutavaratoimiston vuosikertomuksissa. Huomautettakoon, että jonakin vuotena radan varteen toimitettujen halkojen kantohinnat ja hakkuukustannukset edustavat pääasiassa vuotta aikaisempaa tasoa, kun taas sarjat 1—4 taulukossa 9 on pyritty laskemaan niin, että ne osoittaisivat ao. vuoden todellisia hakkuu- ym. kustannuksia. Tämän vuoksi on taulukon 9 kustannussarjojen yhteenlasku suoritettu siten, että esim. vuoden 1928 ajo-, yleis- ja laivauskustannuksiin on lisätty

[1]) Näin on kirjoittajalle huomauttanut johtaja A. Willgren.

edellisen vuoden (1927 [1]) kantohinta ja hakkuukustannukset [2]). Vastaavalla tavalla on menetelty vuoden 1929, 1930 jne. kustannuksia laskettaessa. Tuloksena on saatu seuraava asetelma.

Vuosi	Valtion rautateiden maksamat keskim. hinnat ratojen varsilla mk/m³	Taulukon 9 mukaan lasketut kustannukset mk/m³	Erotus 1—2 mk/m³
	1	2	3
1928	47:91	43:24	4:67
1929	52:77	47:29	5:48
1930	52:37	46:35	6:02
1931	51:36	40:81	10:55
1932	32:94	28:63	4:31
1933	32:82	27:04	5:78
1934	34:36	—	—
1935	37:20	—	—
1936	38:41	35:72 [3])	2:69
1937	50:47	45:41	5:06
1938	61:02	53:60	7:42

Omakustannushintojen eli ostohintojen ja taulukon 9 nojalla laskettujen kustannusten erotus on melkein sama eri vuosina. Vain vuosien 1931 ja 1936 luvut eroavat tuntuvasti muista. Monet seikat viittaavat siihen, että vuoden 1931 omakustannushinta on virheellisesti laskettu, joten tähän ei kannata kiinnittää sen enempää huomiota. Vuoden 1936 poikkeukselliseen erotukseen voi olla syynä, ettei interpolaatio ole antanut kyllin oikeata tulosta kantohinnalle ja hakkuukustannuksille.

Ko. erotus johtuu paitsi siitä, että keskimääräiset hevosajomatkat ovat olleet pitemmät kuin tutkitussa aineistossa, aiemmin mainituista, pois jääneistä kustannuseristä, joista hallintokustannusten merkitys on ilmeisesti suurin. Näiden luonteeseen kuuluu tietynlainen vakavuus suhdanteiden vaihdellessa. Sen sijaan korkokannalla on tunnetusti läheinen yhteys suhdannekehitykseen. Lamakausien alhainen korkokanta osaltaan luo edellytyksiä nousutendenssille. Pitääpä ns. monetäärinen suhdanneteoria alhaista korkokantaa suorastaan nousukauden alkusyynä (Haberler 1940, s. 28 ed.). Kyllin pitkälle kehittynyt nousukausi herättää kuitenkin eloon korkokantaa korottavia voimia, jotka saavuttavat suurimman tehonsa kriisien aikoina.

Korkokannan kehitystä voidaan tarkastella esim. Suomen Pankin diskonttokoron valossa. Tosin liikepankkien antolainauskorko saattaa aika ajoin melkoisestikin erota tästä, mutta niidenkin korkokannan yleinen kehityssuunta myötäilee sentään melko hyvin keskuspankin diskonttokoron muutoksia.

[1]) Näiden määrittämiseksi löytyi riittävästi aineistoa em. puutavaratoimiston arkistosta.
[2]) Taulukossa 9 hakkuu- ja ajokustannukset on yhdistetty, mutta ne on tätä laskelmaa varten laskettu erikseen.
[3]) Tähän sisältyvät vuoden 1935 kantohinta ja hakkuukustannukset on saatu interpolaatiolla piirroksesta 6. Myös vuoden 1936 yleiskustannuksia on hiukan tasoitettu.

Suomen Pankin alin diskonttokorko on vv. 1927—38 vaihdellut seuraavasti [1]) (Suomen Pankin vuosikirja eri vuosilta):

v. 1927	6.87 %	v. 1933	5.58 %
» 1928	6.21 »	» 1934	4.46 »
» 1929	7.00 »	» 1935	4.00 »
» 1930	6.49 »	» 1936	4.00 »
» 1931	6.52 »	» 1937	4.00 »
» 1932	6.77 »	» 1938	4.00 »

Kriisivuoden 1928 lopulla korkokanta nousi kaksi eri kertaa. Talouselämän tasaannuttua lamakaudeksi korko jälleen aleni v. 1930. Seuraavan vuoden lopulla tapahtunut kultakannasta luopuminen toi kuitenkin mukanaan häiriöitä, jotka aiheuttivat Suomen Pankin diskonttokoron tuntuvan nousun. Vv. 1932—34 se putosi 4 %:iin, jossa se pysyi koko 1930-luvun loppuosan.

Nämä korkokannan muutokset eivät näy em. asetelman luvuista. Syyt siihen lienevät jo edellä esitetystä käyneet selville. Jotta puheena olevaa kustannuserää voitaisiin tilastollisesti tarkastella, olisi se kyettävä erottamaan kaikista muista kustannuksista. Tämä ei, kuten jo on mainittu, ole ollut mahdollista. Todennäköisenä voidaan kuitenkin edellä esitetyn perusteella pitää, että korkokustannukset ovat jossain määrin tasoittaneet muissa kustannuserissä esiintyviä vaihteluita.

Asetelmassa esiintyvän jäännöserän on voinut tehdä todellista suuremmaksi myös se, että taulukon 9 luvut on saatu vain valtion rautateiden toimittamista pystymetsien hakkuista, joissa halot ovat yleensä tulleet halvemmiksi kuin hankintakaupoilla ostetut halot, niin kuin rautatiehallituksen puutavaratoimiston vuosikertomuksissa usein on todettu. Asetelmassa mainittuja omakustannushintoja laskettaessa on mukaan luettu myös hankintakaupoilla ostetut halot.[2])

Se seikka, ettei omakustannushintojen ja taulukon 9 kustannusten avulla laskettujen hintojen välinen erotus osoita todettua suurempia heilahduksia, näyttäisi osaltaan tukevan sitä käsitystä, että suhdanteiden vaikutus eri kustannuserien kehitykseen on tutkitun aineiston avulla saatu esiin verraten oikeana.

537. Rautatierahdit ja käsittelykustannukset.

Edellä on seurattu valtion rautateiden halkojen hankintakustannusten kehitystä matkalla metsästä rautatieasemille. Jotta päästäisiin veturin tenderille hankittujen halkojen omakustannushintaan, on em. kustannuksiin vielä lisättävä halkojen siirto- ja käsittelykustannukset.

[1]) Luvut ovat kunkin vuoden keskiarvoja.

[2]) Yksinomaan pystykaupoilla hankittujen halkojen hinnoista ei kaikilta vuosilta ole ollut kyllin täsmällisiä lukuja saatavissa.

Viimeksi mainitut ovat olleet käytettyä halkokuutiometriä kohden eri vuosina seuraavan suuruiset (Rautatiehallituksen puutavaratoimiston vuosikertomukset):

Vuosi	Käsittely-kustannukset mk/m³	1928 = 100
1928	12:64	100
1929	14:30	113
1930	15:93	126
1931	13:04	103
1932	10:68	84
1933	10:24	81
1934	10:58	84
1935	11:10	88
1936	11:20	89
1937	12:—	95
1938	14:30	113

Käsittelykustannuksiin kuuluvat tärkeimpinä erinä halkovaunujen purkamisesta sekä halkojen varastoimisesta, katkomisesta ja vetureille antamisesta yms. johtuvat kustannukset. Näissä nähdään selvä, joskaan ei erityisen voimakas suhdanneaalto. Tämän ohella näyttää siltä kuin näiden kustannusten taso 1930-luvulla osoittaisi alenevaa suuntaa. Ilmeisesti käsittelytekniikassa on ko. ajanjaksona tapahtunut myönteistä kehitystä.

Rautatielaitos ei ole kustannuslaskelmiinsa ottanut r a u t a t i e r a h t e j ä, jotka muut halkojen kuljettajat tietenkin joutuvat maksamaan. Näiden vaihtelua tutkimuskautena valaisee seuraava asetelma, johon on otettu koivuhalkojen rahti 100 km:n matkalta.

Vuosi	Koivuhalkojen rautatierahti mk/m³	1928 = 100
1928—29	10:12	100
1930—31	10:—	99
1932—37	8:80	87
1938	10:75	106

Havaitaan, että rautatierahteihin suhdannekehityksellä on ollut huomattavasti heikompi vaikutus kuin muihin kustannuksiin. Merkille pantavaa on lisäksi rahtien suhdannemyöhäisyys — yleinen piirre julkisille tariffeille (P e d e r s e n 1947, s. 146).

538. Eri kustannuserien merkityksen tarkastelua.

Edellä esitetyn valossa voidaankin jo todeta suhdannekehitykseen nähden jäykät ja taipuisat kustannuserät. Viimeksi mainittuihin kuuluu

ennen kaikkea kantohinta, joka v. 1932 painui vähempään kuin puoleen lamakautta edeltäneiden vuosien huippuarvoista. Hakkuu- ja ajokustannukset ovat vaihdelleet jonkin verran heikommin ja vähemmän jyrkästi kuin kantohinta, joskin niitäkin vuosien 1928—38 suhdannekehityksessä voidaan pitää taipuisana kustannuseränä.

Yleiskustannuksille, rahdeille ja käsittelykustannuksille näyttää olevan tunnusomaista tietynlainen jäykkyys. Ne kustannuserät (korot, hallintokustannukset), joiden kehitystä ei ole voitu numeroin tarkastella, kuulunevat niin ikään etupäässä jäykkien kustannusten ryhmään. Näin on nimenomaan hallintokustannusten laita. Korkokustannukset ovat yhteydessä korkokannan muutoksiin, joita edellä (s. 55) on jo kosketeltu.

Suoritetun tarkastelun tuloksena voidaan todeta, että halkojen hintojen nousuun ja laskuun ovat tutkittuna ajanjaksona vaikuttaneet voimakkaimmin kantohinnoissa tapahtuneet heilahdukset. Verraten tuntuvat nousut ja laskut ovat esiintyneet myös hakkuu- ja ajokustannuksissa. Lähinnä näiden kustannuserien aleneminen aiheutti halkojen hintojen tuntuvan laskun 1930-luvun alussa vallinneen pulan aikana. Muut kustannuserät ovat olleet paljon vähemmän alttiita suhdannekehityksen vaikutuksille.

Arvosteltaessa tämän perusteella halkojen tuotantokustannusten ja hintojen mukautumiskykyä on kuitenkin pidettävä mielessä, että tutkimus on kohdistunut laivausväylien välittömässä yhteydessä sijaitseviin metsiin, jolloin kantohinta on muodostunut verraten korkeaksi. Jos siirrytään kauemmaksi kuljetusväylistä, kantohinta alenee ja samalla heikkenee tuntuvasti myös tämän kustannuserän aikaansaama halkojen hintojen mukautumiskyky.

54. Halkojen ja kivihiilen hinnanmuodostukseen vaikuttavien tekijöiden vertailua.

Kun edellä on tarkasteltu halkojen ja kivihiilen hinnanmuodostusta erikseen, on vielä paikallaan kiinnittää huomiota eräisiin tekijöihin, joilla näiden polttoaineiden välisen kilpailun kannalta on merkitystä.

Kivihiilen hinnanmuodostuksen lähempi seuraaminen tuotantokustannusten pohjalla ei ole mahdollista, sillä tuotantokustannuksistahan ei ole tietoja saatavissa. Aikaisemmin on jo kuitenkin viitattu niihin tekijöihin, jotka ovat merkittävällä tavalla vaikuttaneet hiilen hinnan kehitykseen. Puuttumatta näihin enää sen enempää viitattakoon vain yhteen halkojen ja kivihiilen kilpailua ajatellen tärkeään seikkaan, nimittäin ihmistyön osuuteen kivihiilen ja halkojen tuotannossa.

Pahlin (1939, s. 24) mukaan hiilen tuotanto miestä ja työvuoroa kohden oli v. 1937

USA:ssa	4.14 tonnia
Ruhrin alueella	1.63 »
Englannissa	1.19 »

Halkoja pitäisi tuottaa päivässä vastaavasti n. 24, 10 ja 7 m³. Kuitenkin jo laskettu halkojen hakkuutulos miehen työpäivää kohden on keskimäärin 3.64 m³ (Tapion taskukirja 1947, s. 200). Käytännössä tulokset jäävät usein tuntuvasti pienemmiksi. Tähän tulee lisäksi hevosajon, muun kuljetuksen ja käsittelyn aiheuttama työ. Halkojen hankinnan voidaankin laskea vaativan työtä keskimäärin yhden miehen työpäivän markkinoille toimitettua halkokuutiometriä kohden.[1]) Juuri tässä mielessä halkojen kilpailukyky on heikko. Halkojen hinnan mukautuminen ankaran kilpailun esille tuomiin tilanteisiin edellyttää työpalkkojen suurta joustavuutta. Hakkuu- ja ajokustannusten kohdalla tällaista mukautumista tapahtuikin yllättävän suuressa määrin 1930-luvun alussa, osaksi varmaan silloisten erikoisolosuhteiden ansiosta. Muut kustannukset ovat olleet tuntuvasti jäykempiä. Voidaan havaita merkkejä siitä, että myös metsätyöpalkkojen taso vastaisuudessa on vähemmän altis heilahtelulle. Siihen viittaa ko. työväestön voimistuva järjestäytyminen sekä valtion valvonta ja tarkkailu, joka juuri 1930-luvun laman aikana tapahtuneen jyrkän palkkojen alenemisen johdosta otettiin Suomessa käytäntöön.

Kivihiilen tuotannon pääomavaltaistuminen on tehnyt hiilen hinnan paljon vähemmässä määrin kuin halkojen hinnan palkkojen kehityksestä riippuvaksi. Sopeutuminen markkinoiden vaatimiin tilanteisiin onkin tälle polttoaineelle paljon helpompaa kuin haloille.

Halkojen huono mukautumiskyky kivihiileen verrattuna tulee erityisen selvällä tavalla esille myös niiden käsittelyssä. Siitä tarjoaa hyvän esimerkin valtion rautateiden kustannuslaskelmiin sisältyvät käsittelykustannukset. Eräinä tutkimuskauden vuosina nämä ovat vaihdelleet seuraavasti (Rautatiehallituksen puutavaratoimiston vuosikertomus):

Vuosi	Käsittelykustannukset, mk käyttöyksiköltä		
	Halot	Kivihiili	Erotus
1927	12:32	4:46	7:86
1930	15:93	5:50	10:43
1933	10:24	5:06	5:18
1936	11:20	4:96	6:24
1938	14:30	5:06	9:24

Havaitaan, että halkojen käsittelykustannukset ovat olleet joka vuosi vähintään kaksinkertaiset kivihiilen vastaaviin kustannuksiin verrattuna.

[1]) Esim. pienpuukomitea on katsonut työmenekiksi 1.3 päivää kuutiometriä kohden (Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 164).

Mainitunlaista käsittelyä on tapahtunut itse asiassa halon hankinnan kaikissa vaiheissa. Pinoaminen metsässä, kuormaaminen rekeen ja siitä purkaminen rannalle pinoon, jälleen kuormaaminen ja purkaminen vesi- tai autokuljetuksen aikana jne. ovat kaikki käsittelyä, joka erittäin tuntuvalla tavalla lisää halkojen hankintakustannuksia eri työvaiheissa ja heikentää niiden kilpailukykyä. Kivihiilen kuljetuksessahan tuollainen käsittely tapahtuu konevoimin. Sitä on tuskin kertaakaan tarvinnut matkalla kaivoksesta tuontisatamassa odottavaan rautatievaunuun käsitellä siinä mielessä kuin halkoja. Nämä sen sijaan ovat ennen rautatievaunuun joutumistaan käyneet ehkä kymmenkunnan kertaa ihmisen kädessä.

Myös k u l j e t u k s e s s a halot heikkotehoisena polttoaineena joutuvat epäedulliseen asemaan. Halkojen kilpailukyvyn lisäämiseksi niiden rautatietariffit on pyritty asettamaan kivihiilen rahteja alemmiksi. Se nähdään seuraavista lukusarjoista, jotka osoittavat koivuhalkojen ja kivihiilen t o n n i a kohden lasketun kuljetusmaksun suuruutta eri vuosina 100 km:n matkalla.

	1928—29	1930—31	1932—37	1938
		rautatierahti, mk/t		
Halot	20:24	20:—	17:60	21:50
Kivihiili	25:18	22:70	22:70	32:—

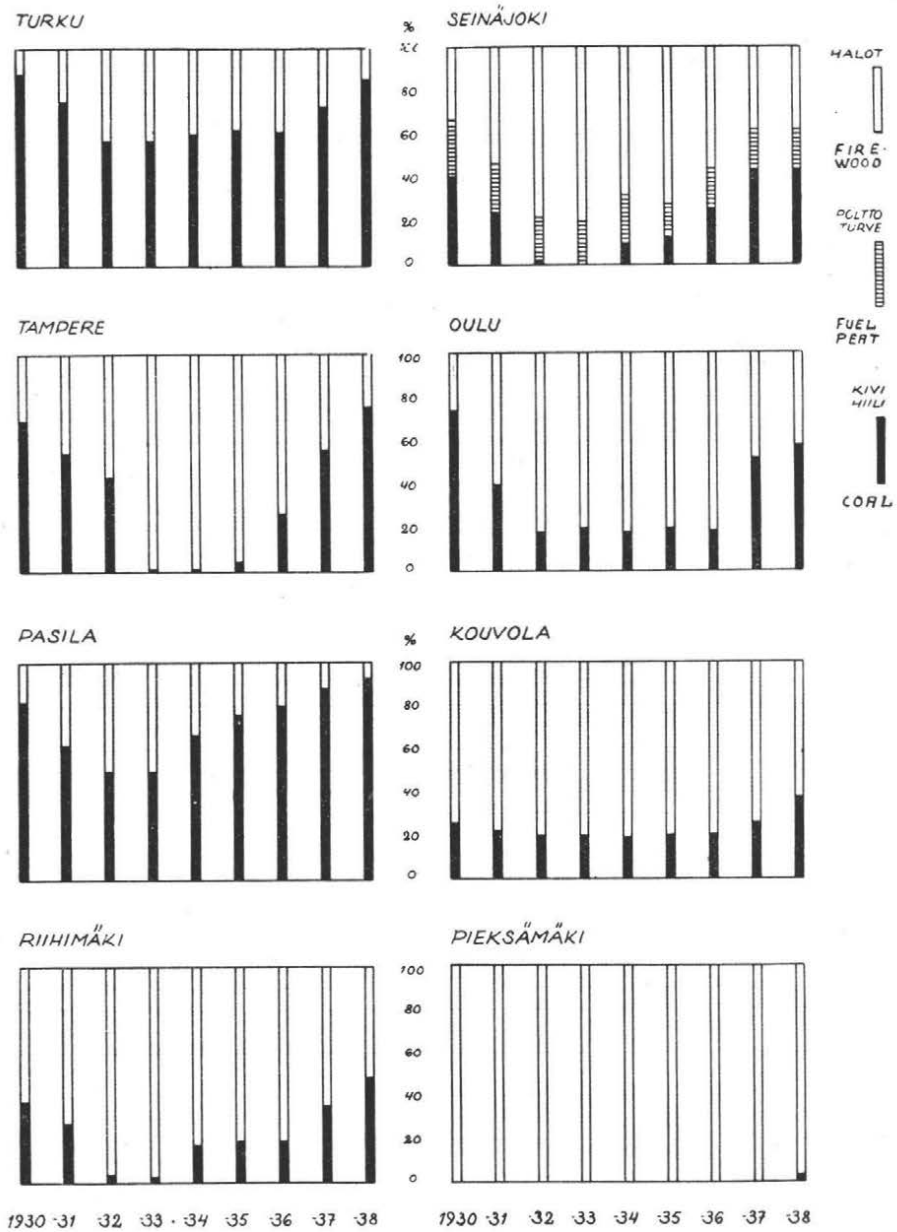
On selvää, ettei näin pieni tariffien erotus voi kuitenkaan tehdä halkoja kuljetuksissa kilpailukykyiseksi kivihiilen kanssa. Jos rautatielaitos olisi laskenut käyttämilleen polttoaineille rahdin yleisen tariffin mukaan, olisi esim. vv. 1932—37, jolloin tariffit olivat halkojen kannalta edullisimmat, halkojen kuljetusmaksu käyttöyksikköä kohden ollut 17:60 mk ja kivihiilen 9:08 mk keskikuljetusmatkan mukaan laskettuna. Erotus on siis tuntuva, vaikka halkojen kuljetusmatkat ovat olleet lyhyempiä kuin kivihiilen. Onkin tähdennettävä, että tarvitaan varsin voimakkaita tariffipoliittisia toimenpiteitä, ennen kuin niiden avulla voidaan halkojen kilpailukykyä sanottavasti lisätä. Kun halkotariffit on yleensä pidetty niin alhaisina, että halkojen kuljetus rautateillä on ollut mahdollista vain muiden tavaroiden kuljetusmaksujen antaman kompensaation turvin (A n n a l a 1936), ei halkojen kuljetusmaksujen alentaminen edellä todetulta tasolta ole käynyt päinsä. Toisena vaihtoehtona olisi ollut kivihiilen kuljetusmaksujen korottaminen, jota varsinkin Maataloustuottajain Keskusliitto suuren lamakauden aikana suositteli (Maataloustuottaja 1931, n:o 1—2). Tähän ei kuitenkaan ryhdytty ilmeisesti sen vuoksi, että siten olisi kohtuuttomasti lisätty sisämaassa sijaitsevien teollisuuslaitosten tuotantokustannuksia ja saatettu ne epäedullisempaan asemaan kuin rannikolla toimiva teollisuus.

N. 70—90 % valtion rautateiden käyttämistä haloista on vv. 1927—38 jouduttu siirtämään rautateitse käyttöpaikoille. Tämä johtuu lähinnä

siitä, että polttoaineen pääasiallinen tuotanto ja käyttö tapahtuvat eri osissa maata. Käytön painopiste on maan etelä-lounaisosissa, kun taas metsävarat yleensäkin ja varsinkin runsaasti halkopuuta sisältävät metsävarat sijaitsevat maan keski-, itä- ja pohjoisosissa. Tämä tuotanto- ja käyttöalueiden välinen epäsuhde näkyy ehkä vieläkin kärjistyneempänä teollisuuden piirissä. Myös suurimmat asutuskeskukset ovat kaukana halkojen tuotantoalueista.

Se seikka, että halkojen tuotantoalueet sijaitsevat kaukana maan etelä-lounaisosista, on ollut omiaan lujittamaan kivihiilen asemaa näillä seuduilla, joita onkin syystä ruvettu nimittämään kivihiilialueeksi. Tämän alueen ja »halkoalueen» raja ei ole mitenkään ehdoton eikä selvä. Hartikainen (1933, s. 73) on nojautuen teollisuuden polttoaineen käytöstä v. 1930 suoritettuun tutkimukseen todennut sen suurin piirtein seuraavan ratajaksoa Sortavala—Viipuri—Kouvola—Riihimäki—Tampere—Pietarsaari. Ko. raja on ymmärrettävä niin, että sen etelä-länsipuolella kivihiilen käyttö on ollut yleistä, aivan rannikolla jopa vallitsevaa, kun taas pohjois-itäpuolella sen käyttö on satunnaista. Mielenkiintoista on todeta, että kivihiilialueen rajaviiva rautateiden polttoaineen käytön valossa katsottuna on suhdannekehityksen mukaan jonkin verran siirtynyt, niin kuin taulukko 10 ja piirros 5 osoittavat. Niinpä 1930-luvun alussa vallinneen laman aikana Seinäjoki, Tampere ja Riihimäki ovat siirtyneet pariksi vuodeksi halkovyöhykkeeseen. Siirtyminen lienee kuitenkin enemmän lamakauden aiheuttamien talouspoliittisten toimenpiteiden ansiota kuin suhdannekehityksen suoranainen seuraus, kuten myöhemmin tullaan toteamaan. Teollisuuden polttoaineen käyttötutkimukset eivät tarjoa mahdollisuutta tämän tapaisen kehityksen tarkasteluun, mutta kaiken edellä esitetyn perusteella tuntuu siltä, ettei suhdannekehitys sillä taholla ole aiheuttanut ainakaan näin selvää kivihiilialueen rajan siirtymistä. Jonkinlaiset halkojen ja kivihiilen hintojen erilaisesta kehityksestä johtuvat muutokset ovat kuitenkin hyvin todennäköisiä.

Jos kohta kivihiilen ja halkojen käytön kesken esiintyy tiettyä aluejakoa, tapahtuu halkojen käyttöä suuressa mitassa myös kivihiilialueella, jonne siis on pitänyt tuoda halkoja muualta verraten pitkien matkojen takaa. Valtion rautatiet joutuvat toimittamaan tuntuvia halkojen siirtoja myös halkoalueella. Liikenneteknillisistä syistä täytyy näet polttoaineen jakelu vetureille keskittää tapahtuvaksi tärkeissä liikennesolmuissa, joissa on sitä varten tarpeellinen henkilöstö ja joissa junat pysähtyvät tarpeeksi kauan ottaakseen polttoainetta. Täten halkojen kuljetusmatkat ovat muodostuneet tuntuvasti pitemmiksi kuin kivihiilen, joka usein saa jäädä satamakaupungissa sijaitsevaan varastoon. Asiaan vaikuttaa osaltaan sekin, että kivihiilellä kulkevien veturien toimintasäde on paljon pitempi kuin halkoveturien. Ne voivat rannikolta käsin tehdä



Piirros 5. Erilaisten kiinteiden polttoaineiden käyttö eräissä valtion rautateiden varastoissa vv. 1930—38.

Fig. 5. Consumption of different solid fuels in some State Railway Dumps in 1930—38.

melkoisia edestakaisia matkoja sisämaahan ottamatta välillä polttoainetta.

Se seikka, että halkojen käyttö- ja tuotantopaikat sijaitsevat kaukana toisistaan, tuo siis halkojen kilpailukykyä ajatellen ratkaistavaksi vaikean pulman. Halkojen markkinakäytön huomattava lisääminen edellyttää näet käytön lisääntymistä juuri rannikkoseudulla, siis kivihiilialueella, mikä taas tietää piteneviä kuljetusmatkoja. Tämä matkojen piteneminen ei koske yksinomaan rautatiekuljetuksia, joista edellä on ollut puhetta, vaan on laajennettava koko sitä v y ö h y k e t t ä, jolta halkoja markkinoille tuotetaan. Se merkitsee hevosajomatkojen, laivaus- ja autokuljetusmatkojen pitenemistä. Näin sen vuoksi, että halkoja saadaan lähinnä metsänhoidollisissa harvennushakkuissa, joiden suorittamismahdollisuuksia tavanomaisella halkovyöhykkeellä ei juuri ole ehtymättömästi reservissä. Tosin sellaiset tekijät kuin metsänhoidollisen harrastuksen kohoaminen sekä kuljetusolojen kehittyminen ovat luoneet edellytyksiä halkojen tarjonnan lisääntymiselle (vrt. H i l d é n 1934), mutta näiden tekijöidenkin vaikutus lienee ollut tuntuvin kivihiilialueen ulkopuolella.

Kuljetusmatkojen piteneminen lisää hankintakustannuksia ja alentaa kantohintaa. Tällöin halkojen hinnan mukautumiskyky entisestäänkin pienenee, sillä kuten edellä todettiin, halkojen kilpailukyky riippuu olennaisesti kantohinnan taipuisuudesta.

Vielä on kivihiilen ja halkojen kilpailua ajatellen kiinnitettävä huomiota erääseen kustannuserään, jonka vaikutusta tosin ei voida numeroin valaista. Halkojen hankinta sitoo tuntuvia p ä ä o m i a. Halkokauppa on ainakin nyt tutkittujen käyttöerien kohdalla vain vähäisessä määrin ollut käteiskauppaa, jossa maksu ja tavaran luovutus ovat tapahtuneet samanaikaisesti. Varsinkin halkojen suurkäyttäjät joutuvat suuressa määrin hakkauttamaan pystymetsiä tai tekemään metsänomistajain kanssa hankintasopimuksia, jolloin jo kauppaa tehtäessä täytyy suorittaa osa hinnasta etumaksuna. Kaupan tekoa seuraava hankintaprosessi hakkuineen, ajoineen ja muine kuljetuksineen kestää usein niin kauan, että halkojen tarvitsija joutuu maksamaan ensimmäiset kustannukset monessa tapauksessa jo 1—2 vuotta ennen kuin halot ehtivät käyttöön. K o r k o k u s t a n n u k s e t ovat siis varsin tuntuvat.

Kivihiilikaupassa ensinnäkin vientiliikkeen ja tuojan välinen maksusuoritus tapahtuu laivauspapereita vastaan — kuten yleensä ulkomaankaupassa. Hiililaiva on tällöin monessa tapauksessa jo oman maan satamassa tai ainakin matkalla tänne. Hiilen käyttäjä saa ostaa tarvitsemansa polttoaineen tuontiliikkeeltä tai varastokauppiaalta käteisellä ja milloin tahtoo. Ainoastaan muutamien sydäntalven kuukausien varalta, jolloin merenkulku on jäänsuhteiden vuoksi pysähdyksissä, on pakko pitää mainittavia varastoja. Kivihiilen matka kaivoksesta suo-

malaisen käyttäjän varastoon tapahtuu siis muutamassa kuukaudessa ja kestää vain harvoin niin kauan kuin halkojen matka metsästä käyttäjälle. Kivihiilen käyttäjä selviytyy siis verraten pienin korkokustannuksin.

55. Puujätteiden käytön vaikutus halkojen ja kivihiilen kilpailuun.

On jo viitattu siihen suureen merkitykseen, mikä puujätteillä on ollut maan teollisuuden polttoaineena. V. 1927 niillä tyydytettiin lähes puolet teollisuuden polttoaineen tarpeesta. Laskukauden ja laman aikana tämän polttoaineen käyttö supistui siinä määrin, että se oli v. 1933 vain 85 % vuoden 1927 määrästä. V. 1936 jätteiden käyttö oli jo vähän suurempi kuin ajanjakson alussa.

Suhdannekehitykseen liittyvä nousu- ja laskuliike näkyy siis puujätteiden käytössäkin verraten selvänä. Tämä ei ole mitenkään yllättävää, kun muistetaan, että jätteet ovat peräisin ennen kaikkea sahateollisuudesta (vrt. Hildén 1930, s. 94), joten niiden tuotanto on vaihdellut voimakkaasti sahateollisuuden toiminta-asteen muutoksia seuraten.

Jätteiden suhteellinen merkitys teollisuuden polttoainetaloudessa on jatkuvasti alentunut. Kun niiden osuus käytöstä oli v. 1927 46.4 %, oli vastaava sadannes v. 1936 enää vain 36.9. On jo voitu todeta, ettei tämä jätteiden osuuden aleneminen ole koitunut halkojen, vaan kivihiilen eduksi. Kehitys on siis tätäkin tietä kulkenut ulkomaisen polttoaineen käytön lisääntymistä kohden kotimaisen kustannuksella.

Useat eri tekijät ovat syynä siihen, ettei jätteiden käyttö ole seurannut teollisuuden yleistä progressiivisuutta. Ensinnäkin asiaan on vaikuttanut se jo ennen mainittu seikka, ettei sahateollisuus, tärkein jätteitä tuottava teollisuus, ole ko. ajanjaksona kasvanut siinä määrin kuin muu teollisuus. Lisäksi raaka-aineen käyttö on sahoissa entisestään tehostunut sen vuoksi, että on yhä suuremmassa määrin ryhdytty valmistamaan pientavaraa, joten jätteiden tuotanto on senkin vuoksi supistunut. Ja vihdoin on muistettava, että jätteet ovat saaneet tärkeän käyttömuodon sulfaattiselluloosan raaka-aineena. Mainitunlainen kehitys jätepuun käytössä on synnyttänyt teollisuuden polttoainehuollossa aukon, jonka kivihiili on rientänyt täyttämään. Kivihiilen hintojen aleneminen ja toisaalta raakapuun hintojen kohoaminen on ilmeisesti edistänyt tämänsuuntaista jätteiden käyttöä. Tähän johtopäätökseen tulee, kun muistaa, että kivihiilen käyttö on lisääntynyt kaikkein voimakkaammin juuri metsäteollisuudessa, joka on samalla ollut myös puujätteiden suurin käyttäjä.

Muiden kivihiilen ja halkojen kanssa kilpailevien polttoaineiden merkitys on tutkittavana ajanjaksona ollut niin vähäinen, ettei niiden käyttö ansaitse tässä yhteydessä enempää huomiota.

56. Vesivoima.

On jo käynyt selville, (vrt. ss. 15—18) että halkojen ja kivihiilen tärkeänä kilpailijana on puujätteiden rinnalla esiintynyt vesivoima, jonka merkitys tutkittavana ajanjaksona on erittäin voimakkaasti kasvanut. Tämänsuuntainen kehitys maan energiataloudessa on hillinnyt tietenkin ensi sijassa polttoaineen kokonaiskäytön lisääntymistä. Missä suhteessa vesivoiman kilpailu on kohdistunut eri polttoainelaatuihin, sitä on tietenkin vaikea täsmälleen osoittaa. Todennäköisesti sen lämpöenergian tuottamiseksi, mikä olisi tarvittu ilman vesivoiman yhä lisääntyvää hyväksikäyttöä, olisi käytetty eri polttoaineita. Puujätteiden käyttö ei varmaankaan syistä, joihin jo edellä on viitattu, olisi voinut olla kovinkaan paljoa suurempi kuin mitä se on ollut. Kysymykseen olisivat siis tulleet lähinnä halot ja kivihiili. Hyvin todennäköiseltä tuntuu, että juuri kivihiili olisi joutunut ensi sijassa vajauksen tyydyttämään. Tätä käsitystä tukee se seikka, että teollisuuden kasvu on ollut voimakkainta juuri kivihiilialueella, kuten seuraava teollisuustilaston (SVT XVIII A) mukaan laadittu asetelma osoittaa.

		»Kivihiili-alue» [1]	Koko maa
Työpaikkojen luku	v. 1927	2 692	3 787
	» 1938	3 338	4 422
	Kasvu vv. 1927—38, %	24.0	16.8
Työntekijöiden luku	v. 1927	114 128	159 141
1 000 työntekijää	» 1938	167 350	214 387
	Kasvu vv. 1927—38, %	46.6	34.7
Välittömästi koneita käyttävä voima	v. 1927	332.0	499.7
1 000 hv.	» 1938	800.9	1 110.0
	Kasvu vv. 1927—38, %	141.2	121.1
Tuotannon bruttoarvo milj. mk	v. 1927	9 285.9	12 379.6
	» 1938	16 683.9	21 092.1
	Kasvu vv. 1927—38, %	79.7	70.4

Vesivoiman käyttö onkin tutkittavana ajanjaksona suunnattu tyydyttämään lähinnä kivihiilialueen energian tarvetta. Niinpä Imatran voimalaitoksen valmistumisen laskettiin supistaneen tuntuvasti enemmän kivihiilen kuin halkojen käyttöä (Hartikainen 1933, ss. 50—51). Kansantalouden kannalta onkin pidettävä erittäin arvokkaana saavutuksena sitä, että lisääntyvä energian tarve on voitu tyydyttää suurem-

[1] Kivihiilialueeseen on tässä luettu Uudenmaan sekä Turun ja Porin läänit kokonaan, Hämeen läänistä kaikki kaupungit sekä Tammelan, Pirkkalan ja Hauhon kihlakunnat, Viipurin läänistä Viipurin, Lappeenrannan, Kotkan ja Haminan kaupungit sekä Kymin, Lappeen, Jääsken ja Rannan kihlakunnat, Vaasan läänistä Jyväskylää lukuun ottamatta kaikki kaupungit sekä Närpiön, Ilmajoen, Korsholman ja Lapuan kihlakunnat (vrt. Hartikainen 1930).

massa määrin vesivoiman, »valkean kivihiilemme» turvin kuin ulkomaisten polttoaineiden avulla, jos kohta näidenkin käyttö on suuresti lisääntynyt.

Se mitä edellä on puhuttu vesivoiman käytöstä, koskee yksinomaan teollisuutta. Valtion rautateillä voima on kehitetty yksinomaan polttoaineiden avulla. Lähinnä pääomien puute, ehkäpä myös tietoisuus voiman kehittämiseen kelpaavien vesivarojemme niukkuudesta lienee ollut syynä siihen, ettei rautateitämme ole ryhdytty sähköistämään, jolloin vesivoiman käyttö olisi tullut kysymykseen.

57. Teknilliset rajoitukset.

Vihdoin on kivihiilen ja halkojen kilpailua tarkasteltaessa kiinnitettävä huomiota eräisiin polttoaineen käyttöön liittyviin teknillisiin rajoituksiin, jotka ovat estäneet joustavan siirtymisen polttoaineesta toiseen, vaikka sitä muut näkökohdat olisivat puoltaneetkin. Niinpä teollisuuden piirissä sementtitehtaat ovat absoluuttisia kivihiilen, rautatehtaat koksin käyttäjiä. Tiettyjä esteitä polttoaineesta toiseen siirtymiselle on muussakin teollisuudessa. Tosin suurten teollisuushöyrykattiloiden rakennetta on ensimmäisen maailmansodan jälkeen kehitetty siinä määrin puun käytön kannalta edulliseen suuntaan, että tarjolla on ollut kattilarakenteita, joissa puuta käyttäen on saavutettu yhtä edullinen hyötysuhde kuin kivihiilikattiloissakin, mutta kerran rakennetuissa kattiloissa ei polttoaineesta toiseen siirtyminen ilman muuta ole ollut mahdollista. Vaikeuksia on tuottanut erityisesti siirtyminen puun käyttöön ketjuarinoin varustetuissa kivihiilikattiloissa. On tarvittu eräänlaiset lisälaitteet ja puu on pitänyt hienontaa hakkeeksi. Tällöinkin laitosten kuormituskyky on jonkin verran alentunut, niin kuin pienpuukomitean toimesta suoritetut kokeet ovat osoittaneet (Pienpuukomitean mietintö 1933, ss. 115 ja seur.). On näin ollen ymmärrettävää, että teollisuuslaitoksissa perin vastahakoisesti on siirrytty puupolttoaineen käyttöön 1930-luvun alussa vallinneen lamankin aikana, jolloin puu hintansa puolesta pystyi melko hyvin kilpailemaan kivihiilen kanssa. Kivihiilen hinnan voimakas aleneminen 1920-luvun lopulla lienee taas edistänyt sekä kivihiilikattiloiden valtaan pääsyä että kivihiilen käyttöä puupolttoainetta varten rakennetuissa kattiloissa, joissa polttoaineen vaihtaminen on käynyt helpommin kuin kivihiilikattiloissa. Huomautettakoon erikoisesti, että Etelä-Suomeen näihin aikoihin perustetut höyryvoima-asemat tehtiin kivihiilen käyttöä silmällä pitäen (Veijola 1945).

Valtion rautateiden vetureissa ei siirtymiselle polttoaineesta toiseen sellaisenaan ole esteitä, mutta haloilla ei kuitenkaan saada sitä tehoa, joka pikajunissa ja yleensä nopeakulkuisissa junissa on tar-

peen (Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 188), joten tietyt teknillisluontoiset seikat ovat rautateilläkin rajoittamassa kivihiilestä halkoihin siirtymistä. Tällä ei kuitenkaan liene tutkimuksen käsittämänä ajanjaksona ollut sanottavaa merkitystä. Niin kuin on todettu, rautateiden käyttämien polttoaineiden hintasuhteet eivät minään vuotena ole olleet sellaiset, että halkojen käyttö olisi voinut muodostua edellä todettua suuremmaksi. Korkeintaan ovat teknilliset rajoitukset saaneet aikaan sen, ettei eduskunta ole velvoittanut rautatiehallitusta kokonaan luopumaan kivihiilen käytöstä 1930-luvun alun pulavuosina.

Edellä sanotusta lienee käynyt selville, että polttoaineen käyttöön liittyvät teknilliset seikat aikaan saavat polttoaineen käytössä tietynlaista jäykkyyttä estäen puhtaasti taloudellisten ilmiöiden ja nimenomaan suhdannekehityksen vaikutusten muutoin ehkä synnyttämät reaktiot. Mikä merkitys ko. tekijällä on ollut halkojen ja kivihiilen käyttöön tutkimuksen käsittämänä ajanjaksona, sitä on mahdoton numeroin osoittaa. Sen verran voitaneen kuitenkin sanoa, että mainitut tekijät ovat vaikuttaneet enemmän kivihiilen kuin halkojen hyväksi.

58. Muut halkojen ja kivihiilen kilpailuun vaikuttaneet tekijät.

Nimenomaan valtion rautateiden polttoaineen käyttöön on ollut vielä merkittävä vaikutus niillä aloitteilla, joita 1930-luvun alussa tehtiin halkojen menekin lisäämiseksi. Kun puutavaran kysyntä pulan johdosta erittäin voimakkaasti supistui, kiinnitettiin huomiota siihen, että ulkomaisen polttoaineen käytön kasvaminen kotimaisen kustannuksella osaltaan kärjisti laskukauden vaikutusta vähentämällä metsänomistajain muutoinkin pieniä puunmyyntituloja ja lisäämällä työttömyyttä. Tämän johdosta Maataloustuottajain Keskusliitto v. 1930 laatimassaan »pulaohjelmassa» edellä mainittuihin näkökohtiin viitaten lausui toivomuksen, että rautatielaitos mahdollisuuksien mukaan supistaisi kivihiilen käyttöä (Maataloustuottajain . . . . . 1931, s. 57). Vuoden 1931 valtiopäivillä tehtiin kolme samansuuntaista toivomusaloitetta. Perusteellisen valiokuntakäsittelyn jälkeen eduskunta yhtyi maatalousvaliokunnan mietinnössä esitettyyn toivomukseen, että »hallitus kiireellisesti ryhtyisi sellaisiin toimenpiteisiin, että valtionrautateillä ja muissakin valtion laitoksissa kotimaisen polttoaineen käyttö ensi tilassa tulisi nykyistä käyttöä huomattavasti suuremmaksi» (Valtiopäivät 1931, asiakirjat IV—V, toiv. al. miet. n:o 35). Täten rautatiehallitus joutui v:sta 1931 alkaen — liiketaloudelliset näkökohdat sivuuttaen — huomattavasti supistamaan valtion rautateiden kivihiilen käyttöä (vrt. taulukko 4 ja piirros 2). Niinpä mainittuna vuotena kivihiilen käyttö rajoitettiin 531 000 m^3:ksi (haloiksi muunnettuna), vaikka se oli suunniteltu 631 000 m^3:ksi.

6. Loppukatsaus.

61. Katsaus saavutettuihin tuloksiin.

Edellä esitetystä lienee käynyt selville, että kivihiilen ja halkojen käyttö on kulloinkin muodostunut monien samanaikaisesti vaikuttaneiden voimien tuloksena. On erinomaisen vaikea käydä osoittamaan eri tekijöiden täsmällistä merkitystä, vieläpä niiden tärkeysjärjestystä.

Itse kehityksen suunta on kuitenkin ollut selvä: kivihiili on jatkuvasti vallannut uutta alaa halkojen käytön taantuessa tai pysyessä kutakuinkin ennallaan. Hiilen hintojen alenemista, johon ennen kaikkea tuotantotekniikan kehittyminen ja tuotannon nousu sekä vesivoiman ja öljyn lisääntyvä käyttö ovat myötävaikuttaneet, on varmaan pidettävä pääsyynä mainittuun kehitykseen. Oma merkittävä osuutensa on ollut myös sillä, että polttoaineen käyttö on kasvanut enimmän juuri kivihiilialueella, jonka energian tarvetta ei suuresti lisääntynyt vesivoiman käyttö yksin ole pystynyt tyydyttämään. Huonosti kuljetusta kestävät halot ovat tällöin jääneet kilpailussa alakynteen.

On tähdennettävä, että kivihiilen käytön kasvu on ollut suhdanteista riippumaton pääsuunta-ilmiö. Suhdannekehitys on siihen tuonut vain oman lisänsä joko kiihdyttäen tai jarruttaen sitä. Nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana olosuhteet ovat olleet kivihiilelle erittäin suotuisat, kun taas lamakauden aikana halot ovat jonkin verran paremmin pitäneet puoliaan pystymättä kuitenkaan tekemään mainittavia valtauksia.

On voitu havaita, että suhdannekehityksen vaikutus tutkittavana olevaan ilmiöön on tapahtunut eri muodoissa. Voitaisiin puhua primäärisistä ja sekundäärisistä suhdannetekijöistä. Suhdannekehityksen primääriset vaikutukset tulevat esille »vapaan» hinnanmuodostuksen tietä. Tässä vapaassa kilpailussa punnitaan kivihiilen ja halkojen todellinen kilpailukyky. Esillä olevan tutkimuksen käsittämänä ajanjaksona voidaan todeta kivihiilen hintojen liikkuneen nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana, erikoisesti 1920-luvun lopulla, tuntuvasti halkojen hintoja alemmalla tasolla. Lamakauden aikana halkojen hinnat taas alenivat siinä määrin, että kivihiilen ja halkojen hintojen ero suuresti pieneni, mutta ei niin paljoa, että halkojen kilpailukyky olisi ratkaisevasti parantunut. Halkojen tuotantokustannuksiin sisältyvät monet jäykät kustannuserät (rahdit, käsittelykustannukset, yleiskustannukset, todennäköisesti myös korot) olivat syynä siihen, etteivät halkojen hinnat kyenneet painumaan kivihiilen hintojen tasolle siitä huolimatta, että kantohinta, jopa muutoin luonteeltaan jäykät hakkuu- ja ajokustannuksetkin, osoittivat varsin suurta mukautumiskykyä.

Sekundäärisiin suhdannekehityksen vaikutuksiin voidaan lukea ensinnäkin laman aikana rautatielaitokselle annettu määräys lisätä halkojen käyttöä polttoaineiden hintasuhteista välittämättä. Tämän vastapainoksi tuli muutaman vuoden kuluttua Ison Britannian kanssa tehty kauppasopimus, jonka solmimiseen vaikuttivat merkittävällä tavalla ne vaikeudet, joihin ko. maa laman aikana oli joutunut. Lamakauteen liittyy niin ikään Ison Britannian sekä pian sen jälkeen Suomen luopuminen kultakannasta sekä tätä toimenpidettä seurannut markkamme ulkomaisen arvon aleneminen. Tämä taas aiheutti hiilen hintojen nousun, minkä vuoksi halkojen ja kivihiilen hinnat lamakauden lopussa olivat jotakuinkin samalla tasolla.

Sekundäärisiin suhdannekehityksen vaikutuksiin voitaneen vielä lukea se »puhdistus», jonka lamakausi suoritti maan sahateollisuudessa ja joka pysyvällä tavalla muutti maan metsäteollisuuden rakennetta. Tästä johtuva puujätteiden tuotannon supistuminen avasi mahdollisuuksia kivihiilen käytön lisäämiselle. Samalla tavoin vaikutti vesivoima-asemien rakentamisessa laman aikana tapahtunut pysähtyminen.

On helppo havaita, että eräät edellä mainituista suhdannekehityksen tilille luetuista ilmiöistä ovat tilapäisiä ja vain kovin välillisesti suhdannekehitykseen liittyviä. Lisäksi on syytä tähdentää, että on tarkasteltu vain yhtä lamakautta. Siinä todettuja piirteitä ei tietenkään voida pitää kaikille lamakausille tunnusomaisina. Kuitenkin voitaneen väittää, että se kuva, mikä on saatu halkojen hinnan huonosta mukautumiskyvystä suhdannekehityksen synnyttämissä eri tilanteissa, ei ole ainakaan liian pessimistinen. Päinvastoin on hyvin todennäköistä, että mukautuminen joskus vastaisuudessa, syistä joihin jo on viitattu, tulee olemaan vielä vaikeampaa kuin tutkimuskautena.

62. Keskustelu polttopuukysymyksestä.

Kivihiilen ja koksin vahvistunut asema maan polttoainemarkkinoilla on saanut aika ajoin osakseen melkoista huomiota. Varsinkin 1930-luvun alussa vallinneen laman aikana asia oli vilkkaan keskustelun kohteena lehdistössä ja myös eduskunnan piirissä. V. 1931 asetettiin ns. pienpuukomitea, jonka tuli kiinnittää erityistä huomiota juuri polttopuukysymykseen. Lienee paikallaan lyhyesti kosketella niitä näkökohtia, joita keskustelu puheena olevasta aiheesta on tuonut esille.

Kotimaisten polttoaineiden käytön lisäämistä on perusteltu lähinnä seuraavilla syillä (Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 5; Valtiopäivät 1931, liitteet I—XII):

1. Metsätalous hyötyy pienen puutavaran menekin kasvamisesta.
2. Halkojen hankinta luo työtilaisuuksia ja siis lieventää työttömyyttä.

3. Ulkomaisten polttoaineiden tuonti vaikuttaa epäedullisesti kauppataseeseen.

Myös muita näkökohtia on esitetty, mutta nimenomaan taloudellisista argumenteista edellä esitetyt ovat tärkeimmät.

Metsätaloutta kotimaisen polttoaineen käytön lisääminen hyödyttää kahdella tavalla. Ensinnäkin se lisää metsänomistajain myyntituloja, koska haloiksi voidaan valmistaa sellaista puuta, jolla muutoin ei olisi sanottavaa menekkiä. Edelleen riittävä halkojen kysyntä tekee mahdolliseksi metsänhoidollisten harvennushakkausten suorittamisen ja niiden avulla metsien niin hyvin kvalitatiivisen kuin kvantitatiivisen tuoton kohottamisen. Riittävä pienen puutavaran menekki on näin ollen metsätaloudelle ensiarvoisen tärkeä ja sen merkitystä on ruvettu tähdentämään yhä enemmän, sitä mukaa kuin metsänhoitoharrastus on levinnyt metsänomistajain keskuuteen.

Metsätalouden merkitys maaseutuväestön työnantajana on yleisesti tunnettu. On ilmeistä, että tämä merkitys on sitä suurempi, kuta voimaperäisempää ja monipuolisempaa metsätaloutta voidaan harjoittaa. Varsinkin lamakausina, jolloin nimenomaan sahapuun hankinnat suuresti supistuvat, halkojen tuotanto voisi osaltaan lieventää vallitsevaa työttömyyttä.

Kivihiilen ja koksin tuonnin vaikutus maan kauppataseeseen on kahtalainen: se lisää tuontia, mutta se toisaalta voi myös edistää vientiä. Viimeksi mainitun merkityksen arvioiminen on tietenkin erinomaisen vaikeata, kun taas kivihiilen ja koksin osuus koko tuonnistamme on selvitettävissä ulkomaankauppatilaston (SVT I A) avulla. Seuraava asetelma valaisee tätä vuosilta 1927—38.

Vuosi	Kivihiilen tuonti milj. mk	Koksin tuonti milj. mk	Kivihiilen ja koksin tuonti milj. mk	% koko tuonnista
1927	184.1	33.5	217.6	3.4
1928	164.3	34.6	198.9	2.5
1929	187.4	53.6	241.0	3.4
1930	157.4	40.9	198.3	3.8
1931	130.6	40.3	170.9	4.9
1932	145.5	41.8	187.3	5.3
1933	156.5	41.3	197.8	5.0
1934	190.9	50.1	241.0	5.0
1935	179.5	55.4	234.9	4.4
1936	281.6	82.7	364.3	5.7
1937	479.3	136.8	616.1	6.6
1938	396.3	94.0	490.3	5.7

Varsinkin 1920-luvun lopussa kivihiilen ja koksin osuus maan koko tuonnin arvosta oli varsin vähäinen. Mielenkiintoista on kuitenkin todeta, ettei näiden polttoaineiden tuonti 1930-luvun alussa vallinneen laman

aikana supistunut siinä määrin kuin muu tuonti, minkä vuoksi niiden osuus koko tuonnista oli tällöin keskimäärin n. 5 %. Myöhemmin 1930-luvulla tämä sadannes näyttää yhäti kasvaneen, ja vuosikymmenen lopulla kivihiilen ja koksin tuonti nousi jo markoissakin laskien varsin huomattaviin määriin.

On kuitenkin väärin tarkastella kivihiilen ja koksin merkitystä maan kauppataseelle näin yksipuolisessa valossa. Polttoaineet jos mitkä ovat niitä tuontitavaroita, jotka on käytetty »oikein», so. tuotannollisiin tarkoituksiin. On syytä muistaa, että esim. teollisuuden piirissä juuri vientiteollisuus on ollut suurin kivihiilen käyttäjä. Halvan polttoaineen saanti on niin muodoin todennäköisesti edistänyt sen toimintamahdollisuuksia ja samalla vientiä.

Kuitenkaan ei käy kieltäminen, että polttoainetalouden kehittäminen omavaraisemmaksi kuin mitä se oli esim. 1930-luvun lopussa, voisi avata melkoisia mahdollisuuksia tuonnin supistamiseen. Kysymys onkin vain siitä, miten kotimaisten polttoaineiden kilpailukykyä on parannettava. Juuri tätä kysymystä pohdittiin innokkaasti 1930-luvun alussa vallinneen laman aikana. Valittavana oli lähinnä kaksi tietä: kivihiilen ja koksin hintojen tuntuva korottaminen talouspoliittisin toimenpitein (tullit, rautatierahdit) tai halkojen hinnan alentaminen teknillistaloudellisella työllä. Jotakuinkin yksimielisesti asetuttiin sille kannalle, että ensin mainittu tie oli hyljättävä (vrt. Saari 1932 a, Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 123). Näin sen vuoksi, että kivihiilen ja koksin hintojen väkivaltainen korottaminen olisi ulottanut haitallisen vaikutuksensa varsin monille taloudellisen elämän aloille. Se olisi lisännyt niin hyvin kotimarkkina- kuin vientiteollisuudenkin tuotantokustannuksia, korottanut rautatielaitoksen sekä yksityisten asuntojen ja julkisten laitosten polttoainekustannuksia jne. Tällöin ne päämäärät (metsätalouden tukeminen, työttömyyden lieventäminen ja kauppataseen parantaminen) todennäköisesti olisivat jääneet saavuttamatta. Ei ole myöskään unohdettava niitä kauppapoliittisia haittoja, joita kivihiilen ja koksin tuonnin estäminen esim. tullein tai tuontirajoituksin olisi tuonut mukanaan (Saari 1932 a).

Talouspoliittisiin toimenpiteisiin halkojen käytön lisäämiseksi ei yleensä ryhdyttykään, lukuun ottamatta jo aiemmin mainittua eduskunnan päätöstä, jolla hallitus velvoitettiin supistamaan kivihiilen käyttöä valtion rautateillä. Tämäkin oli luonteeltaan tilapäinen. Sen sijaan esim. pienpuukomitea ehdotti joukon teknillistaloudellisia toimenpiteitä, joiden avulla halkojen kilpailukykyä oli pyrittävä lisäämään (Pienpuukomitean mietintö 1933, s. 62 ed.). Ne tarkoittivat varsinkin halkojen valmistus- ja kuljetusmenetelmien kehittämistä, kuljetusolojen parantamista, lämmitysteknillisten uudistusten toimeenpanoa ja uusien käyttömuotojen löytämistä pienpuulle.

Se kehitys, mikä tutkimuskaudenkin kestäessä on tapahtunut halkojen ja kivihiilen hinnoissa, on pakottanut kiinnittämään huomiota varsinkin teknillisen edistyksen merkitykseen polttopuukysymyksen ratkaisussa. Juuri kivihiilen tuotantotekniikan edistyminen on merkittävällä tavalla luonut edellytyksiä tämän polttoaineen hintojen alenemiselle. Halkojen tuotantotekniikka sen sijaan on vuosikymmenien ajan polkenut miltei paikallaan. Vain autokuljetuksen käytäntöön ottaminen oli halkojen hankinnassa havaittava uusi piirre 1930-luvulla.

Esim. pienpuukomitea näki halkojen hankinnan ja käytön tekniikan edistymisessä polttopuukysymyksen ratkaisun ytimen (ks. myös Saari 1932 a). Tätä tietä saavutettavia mahdollisuuksia arvosteltaessa ei kuitenkaan ole unohdettava niitä vaikeuksia, mitkä ovat voitettavana, jos vertaillaan halkojen ja kivihiilen tuotantoa ja käyttöä. Näiden polttoaineiden polttotehon välinen suuri ero ei ensinnäkään ole poistettavissa. Lisäksi on muistettava, että kivihiilen tuotanto on keskitettyä. Se tapahtuu harvoissa työpisteissä, kaivoksissa, kun taas halkoja hankitaan pääasiassa harvennushakkauksin laajoilta aloilta. Niiden kokoaminen ihmis- ja hevosvoimin ei liene vältettävissä. Siten keskitetysti tapahtuva kivihiilen tuotanto jo luonnostaan suosii paremmin kuin halkojen tuotanto teknillisten uudistusten toimeenpanoa. Ja vihdoin on pidettävä mielessä, että kivihiili on kansainvälinen hyödyke, jonka tuotantoa harjoittavat maailman johtavat kulttuurimaat. Siten sen tuotantotekniikan kehittämiseksi on harjoitettu monin verroin enemmän tutkimustyötä ja käytetty paljon enemmän pääomia kuin mitä meidän köyhissä oloissamme on voitu ja voidaan tehdä. Erityisesti on syytä tähdentää, että näissä maissa varsinkin 1930-luvulla harjoitettu halvan rahan politiikka on innoittanut hiiliteollisuuden alalla toimivia — kuten muitakin — yrittäjiä tuotantoa tehostaviin teknillisiin uudistuksiin.

Vielä on polttopuukysymystä arvosteltaessa muistettava eräs sille ominainen piirre: se on lamakausien esille tuoma kysymys. Nousukauden ja korkeasuhdanteen aikana, kun jotakuinkin täystyöllisyys vallitsee ja kun metsänomistajat voivat saada tuloja muun puutavaran kuin halkojen myynneillä, ei juuri valiteta sitä, että maahan tuodaan kivihiiltä. Silloinhan tuotantovoimat ovat tehokkaammassa käytössä kuin halkojen hankinnassa. Itse asiassa halkopuun menekkiin liittyvät haitat ovat jatkuvasti olemassa, mutta lamakausina ne huomataan. Tämä polttopuukysymyksen konjunktuuriluonne vielä osaltaan vaikeuttaa sen ratkaisua.

Kirjallisuusluettelo.

Annala, Vilho. 1936. Puutavarain ja puujalosteiden kuljetus valtion rautateillä sekä niihin kohdistuva tariffipolitiikka. Suomen metsäpäivät IX, 1933, ss. 9—26. Helsinki.

Cassel, Gustav. 1934. Teoretisk socialekonomi. Stockholm.

Erkkilä, E. E. 1943. Maaseutuväestön puunkäytön kokonaismäärä ja sen kehitys. Deutsches Referat: Der Gesamtholzverbrauch der Landbevölkerung und seine Entwicklung. Metsätiet. tutkimusl. julk. 32. Helsinki.

von Haberler, Gottfried. 1940. Högkonjunktur och depression. Englanninkielisestä alkuteoksesta Prosperity and Depression ruotsint. Mauritz Bonov. Stockholm.

Hartikainen, Eino. 1933. Suomen teollisuuden polttoaineen kulutus v. 1930. Deutsches Referat: Der Brennstoffverbrauch der Industrie in Finnland i. J. 1930. Metsätiet. tutkimusl. julk. 19. Helsinki.

—»— 1936. Suomen teollisuuden polttoaineen käyttö v. 1933. Deutsches Referat: Der Brennstoffverbrauch der Industrie in Finnland i. J. 1933. Metsätiet. tutkimusl. julk. 22. Helsinki.

—»— 1939. Suomen teollisuuden polttoaineen käyttö v. 1936. Deutsches Referat: Der Brennstoffverbrauch der Industrie in Finnland i. J. 1936. Metsätiet. tutkimusl. julk. 27. Helsinki.

Hildén (Osara), N. A. 1929. Helsinki halkojen kuluttajana. Referat: Helsinki als Brennholzkonsument. Metsätiet. tutkimusl. julk. 13. Helsinki.

—»— 1930. Suomen teollisuuden polttoaineen kulutus v. 1927. Referat: Der Brennstoffverbrauch der Industrie in Finnland i. J. 1927. Metsätiet. tutkimusl. julk. 14. Helsinki.

—»— 1934. Pienpuukysymyksestä. Suomen Metsänhoitoyhdistyksen vuosikirja, ss. 88—103. Helsinki.

Jonasson, Olof. 1936. Ekonomisk geografi med varukännedom. Stockholm.

Kuusi, Eino. 1931. Sosialipolitiikka. Porvoo.

Osara, Pöntynen, Erkkilä. 1948. Suomen puunkäyttö ja metsätase. Summary in English: Wood Utilization and Forest Balance in Finland. Metsätiet. tutkimusl. julk. 36. Helsinki.

Pahl, Walther. 1939. Råvarukriget. Helsingfors.

Pedersen, H. Winding. 1947. Kansantaloustieteen pääpiirteet. Tanskankielisestä alkuteoksesta Samfundsøkonomiens grundtræk suoment. Lauri O. af Heurlin. Helsinki.

Piha, Antero. 1941. Maatilametsälöiden liikejäämä ja sen rakenne. Referat: Der Betriebsüberschuss der finnischen Guts- und Bauernwälder und seine Struktur. Acta forest. fenn. 49. Helsinki.

Pöntynen, V. 1936. Suomen puunjalostusteollisuus raaka-aineen käyttäjänä vuosina 1925—36. Referat: Rohstoffverbrauch der finnischen Holzindustrie i. J. 1925—1935. Acta forest. fenn. 45. Helsinki.

Saari, Eino. 1932 a. Polttopuukysymyksestä. Suomen metsäpäivät VII, 1931, ss. 19—41. Helsinki.
—»— 1932 b. Tutkimuksia Suomen sahateollisuuden raaka-ainekustannuksista. Summary in English: Investigations into the Cost of Raw Materials in the Finnish Saw-mill Industry. Acta forest. fenn. 38. Helsinki.
—»— 1934. Puun käyttö Suomessa. Summary in English: Wood Utilization in Suomi (Finland). Metsätiet. tutkimusl. julk. 14. Helsinki.
Strömmer, M. 1936. Teollisuutemme alueellinen ryhmittyminen. Unitas, ss. 91—103. Helsinki.
Suviranta, Br. 1929. Taloudellinen asema. Tutkimus nykyisestä lamakaudesta ja sen syistä. Taloudellisen neuvottelukunnan julkaisuja 2. Helsinki.
—»— 1931. Suomi ja maailman talouspula. Taloudellisen neuvottelukunnan julkaisuja 12. Helsinki.
Waris, Klaus. 1945. Kuluttajain tulot, kulutus ja säästäminen suhdannekehityksen valossa Suomessa vuosina 1926—1938. Summary: Consumers' Incomes, Consumption and Saving in the Finnish Trade Cycles in the Years 1926—1938. Helsinki.
Veijola, V. 1945. Maamme nykyinen voimatilanne. Voima ja valo, ss. 95—112. Helsinki.
Wichmann, Assar. 1939. Metsä- ja uittotyöläiset sekä heidän työansionsa. Suomen Uittajainyhdistyksen vuosikirja 1939, ss. 76—83. Helsinki.

Komitean mietintö n:o 16. 1933. Pienpuukomitean mietintö. Helsinki.
Maataloustuottaja. 1931, n:o 1—2. Helsinki.
Maataloustuottajain Keskusliiton vuosikertomus v. 1930. 1931. Vammala.
Rautatiehallituksen puutavaratoimiston vuosikertomus. Eri vuosilta. Käsikirjoitus. Rautatiehallitus.
Rautatietilastoa (SVT XX). Eri vuosilta. Helsinki.
Statistical Year-book of the League of Nations. Eri vuosilta. Geneva.
Suomen Pankin vuosikirja. Eri vuosilta. Helsinki.
Suomen tilastollinen vuosikirja. Eri vuosilta. Helsinki.
Sähkölaitostilasto. 1946. Helsinki.
Tapion taskukirja. 11. painos. 1947. Helsinki.
Teollisuustilastoa (SVT XVIII, A). Eri vuosilta. Helsinki.
Ulkomaankauppatilastoa (SVT I, A). Eri vuosilta. Helsinki.
Valtionrautateiden tariffisääntö. Eri vuosilta. Helsinki.
Valtiopäivät 1931. Liitteet I—XIII. Helsinki.

TAULUKOT
TABLES

Taulukko 1. Teollisuuden polttoaineen käyttö (haloiksi muunnettuna) vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936 sekä eräitä teollisuuden toimintaa kuvaavia lukusarjoja.

Table 1. Consumption of fuel (calculated in firewood) by industries in 1927, 1930, 1933 and 1936, and certain series of figures illustrating industrial activities.

	1927	1930	1933	1936
Polttoaineen käyttö — Fuel consumption				
a) koko teollisuudessa — *in all industries* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	9 499	9 110	9 569	12 455
1927 = 100	100	96	100	131
b) vientiteollisuudessa — *in export industries* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	5 696	6 327	6 647	8 295
1927 = 100	100	111	117	146
c) pääomatavarateollisuudessa — *in investment goods industry* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	749	493	466	903
1927 = 100	100	66	62	120
d) muussa teollisuudessa — *in other industries* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	3 054	2 291	2 457	3 257
1927 = 100	100	75	80	107
Työntekijäin lukumäärä — Number of workers				
koko teollisuudessa, 1 000 työntekijää — *in all industries, 1 000 workers*	159	145	141	184
1927 = 100	100	91	89	116
Tuotannon bruttoarvo — Gross value of production				
a) koko teollisuudessa — *in all industries* ..... milj. mk — *mill. mk*	12 380	11 285	10 837	16 122
1927 = 100	100	91	88	130
b) vientiteollisuudessa — *in export industries* .. milj. mk — *mill. mk*	5 700	4 871	4 637	6 735
1927 = 100	100	85	81	118
c) pääomatavarateollisuudessa — *in investment goods industry* .. milj. mk — *mill. mk*	201	160	123	298
1927 = 100	100	79	61	148
d) muussa teollisuudessa — *in other industries*.. milj. mk — *mill. mk*	6 479	6 254	6 077	9 089
1927 = 100	100	96	93	140

Taulukko 2. Teollisuuden eri polttoaineiden käyttö vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936 haloiksi muunnettuna.

Table 2. Cousumption of different fuels by industries in 1927, 1930, 1933, and 1937, converted into firewood.

Vuosi *Year*	Kotimaisia polttoaineita *Domestic fuels*								Ulkomaisia polttoaineita *Imported fuels*								Kaikkiaan *Grand total*	
	Halkoja *Firewood*		Puujätteitä *Waste wood*		Muita *Other*		Yhteensä *Total*		Kivihiiltä *Coal*		Koksia *Coke*		Muita *Other*		Yhteensä *Total*			
	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%	1 000 m³ — *cu. m.*	%
1927	2 308	24.4	4 415	46.4	87	0.9	6 810	71.7	2 494	26.2	149	1.6	47	0.5	2 689	28.3	9 499	100.0
1930	1 584	17.4	4 028	44.2	64	0.7	5 676	62.3	3 188	35.0	214	2.4	32	0.3	3 435	37.7	9 110	100.0
1933	1 806	18.9	3 758	39.3	58	0.6	5 622	58.8	3 643	38.1	253	2.6	51	0.5	3 947	41.2	9 569	100.0
1936	2 015	16.2	4 601	36.9	72	0.6	6 687	53.7	5 422	43.5	283	2.3	62	0.5	5 767	46.3	12 455	100.0

Taulukko 3. Kivihiilen ja koksin sekä halkojen käyttö eräissä teollisuuden ryhmissä vuosina 1927, 1930, 1933 ja 1936.

Table 3. Consumption of coal and coke and firewood in certain groups of industries in 1927, 1930, 1933 and 1936.

Teollisuusryhmä — Polttoaine *Group of industries — Fuel*	1927	1930	1933	1936
Koko teollisuus — Total industry				
halot — *firewood* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	2 308	1 584	1 806	2 015
1927 = 100	100	69	78	87
kivihiili ja koksi — *coal and coke* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	2 643	3 402	3 896	5 705
1927 = 100	100	129	147	216
Vientiteollisuus — Export industries				
halot — *firewood* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	1 103	936	965	1 008
1927 = 100	100	85	87	91
kivihiili ja koksi — *coal and coke* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	771	1 696	2 224	3 027
1927 = 100	100	220	289	393
Pääomatavarateollisuus — Investment goods industry				
halot — *firewood* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	111	49	68	104
1927 = 100	100	44	61	93
kivihiili ja koksi — *coal and coke* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	527	380	301	686
1927 = 100	100	72	57	130
Muu teollisuus — Other industries				
halot — firewood ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	1 094	598	773	903
1927 = 100	100	55	71	83
kivihiili ja koksi — *coal and coke* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	1 344	1 326	1 371	1 992
1927 = 100	100	99	102	148

Taulukko 4. Tilastoa valtion rautateiden polttoaineen käytöstä vuosina

Table 4. Statistics on fuel consumption by the State Railways in 1927—38,

	1927	1928	1929	1930
1. Polttoaineen käyttö — Consumption of fuel				
1 a) kaikki polttoaineet — *all fuels* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	1 981	2 027	2 011	1 817
1927 = 100	100	102	102	92
1 b) halot — *firewood* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	1 623	1 522	1 349	1 115
% sarjasta 1 a — % *of 1 a*	81.9	75.1	67.1	61.4
1 c) kivihiili — *coal* ..... 1 000 m³ — *cu. m.*	337	493	646	689
% sarjasta 1 a — % *of 1 a*	17.1	24.3	32.1	37.9
1 d) polttoturve — *fuel peat* 1 000 m³ — *cu. m.*	21	12	16	13
% sarjasta 1 a — % *of 1 a*	1.0	0.6	0.8	0.7
1 e) polttoöljy — *fuel oil*.. 1 000 m³ — *cu. m.*	—	—	1	1
% sarjasta 1 a — % *of 1 a*	—	—	—	—
2. Liikenteen kehitys — Development of traffic				
2 a) liikennöidyn radan pituus, km — *length of rail served, km*	4 829	4 936	5 040	5 128
1927 = 100	100	102	104	106
2 b) vaunun akseli-km, milj. — *waggon axle length, mill. km*	907.7	912.7	914.6	855.9
1927 = 100	100	101	101	94
2 c) henkilö- ja tonni-km, milj. — *passenger and ton kilometres, mill.*	2 751.2	2 922.0	2 898.2	2 627.4
1927 = 100	100	106	105	96

1927—38 ja eräitä liikenteen kehitystä kuvaavia lukusarjoja.

and certain series of figures illustrating the development of traffic.

1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
1 790	1 739	1 753	1 811	1 896	2 062	2 253	2 313
90	88	89	91	96	104	114	117
1 245	1 400	1 446	1 463	1 537	1 593	1 515	1 331
69.5	80.5	82.3	80.6	80.9	77.1	67.1	58.2
531	322	290	324	345	444	708	922
29.7	18.5	16.5	17.9	18.2	21.5	31.3	40.3
14	17	17	24	14	25	30	28
0.8	1.0	1.0	1.3	0.7	1.2	1.3	1.2
1	1	3	3	4	4	6	8
—	—	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
5 136	5 224	5 318	5 455	5 501	5 510	5 653	5 740
106	108	110	113	114	114	117	119
801.5	817.8	865.3	950.4	979.5	1 045.3	1 152.4	1 101.8
88	90	95	105	108	115	127	121
2 351.5	2 310.9	2 491.3	2 856.4	2 926.6	3 199.6	3 729.0	3 496.7
85	84	91	104	106	116	136	127

Taulukko 5. Tilastoa eri polttoaineiden

Table 5. Statistics on the price s

	1923	1924	1925	1926	1927	1928
	Hinta käyttöyksikköä kohden —					
1. Valtion rautateiden omakustannushinnat — Cost prices for State Railways						
1 a) halot — *firewood* ..... mk	56.3	58.2	63.8	64.7	65.1	67.1
1927 = 100	86	89	98	99	100	103
1 b) kivihiili — *coal* ..... mk	68.7	61.9	56.7	46.6	50.0	44.1
1927 = 100	137	124	113	93	100	88
2. Teollisuuden omakustannushinnat — Cost prices for industries						
2 a) halot — *firewood* ..... mk	·	·	·	·	51.9	·
1927 = 100					100	
2 b) kivihiili — *coal* ..... mk	·	·	·	·	39.6	·
1927 = 100					100	
2 c) koksi — *coke* ..... mk	·	·	·	·	50.5	·
1927 = 100					100	
3. Tuontihinnat (cif.) — Import prices (c. i. f.)						
3 a) kivihiili — *coal* ..... mk	44.7	39.2	34.5	43.5	34.0	29.2
1927 = 100	131	115	101	128	100	86
3 b) koksi — *coke* ..... mk	80.5	59.5	44.0	49.2	43.7	42.0
1927 = 100	184	136	101	113	100	96
3 c) tuontitav. yleisindeksi (cif. 1926 = 100) — *Total index for imported goods (c. i. f., 1926 = 100)*	—	—	—	100	101	99
4. Halkojen vähittäishinnat — Firewood retail prices						
4 a) koivuhalot — *birch firewood* ..... mk	79.5	80.3	75.6	70.5	77.0	79.3
1927 = 100	103	104	98	92	100	103
4 b) havuhalot — *coniferous firewood* .... mk	64.8	64.8	60.1	56.5	60.3	60.8
1927 = 100	107	107	100	94	100	101

hinnoista vuosina 1923—38.

of different fuels, 1923—38.

1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
Price per consumption unit									
67.0	67.8	69.1	61.1	48.9	45.6	46.3	49.1	54.7	75.1
103	104	106	94	75	70	71	75	84	115
41.1	44.9	34.8	34.8	41.6	46.9	45.9	47.4	54.1	64.9
82	90	70	70	83	93	92	95	108	130
.	52.6	.	.	35.5	.	.	39.2	.	.
	101			68			76		
.	35.7	.	.	31.7	.	.	36.1	.	.
	90			80			91		
.	47.8	.	.	38.4	.	.	51.2	.	.
	95			76			101		
32.2	28.7	24.8	24.3	28.3	30.0	30.0	31.7	41.7	43.2
95	84	73	71	83	88	88	93	123	127
45.3	41.9	35.3	41.0	36.7	40.3	44.7	49.2	68.0	63.2
104	96	81	94	84	92	102	113	156	145
95	81	73	88	85	86	86	89	108	95
81.1	78.7	61.7	50.2	51.0	52.1	52.3	60.8	73.2	77.5
105	102	80	65	66	68	68	79	95	101
62.7	60.8	48.0	39.1	40.2	41.0	41.1	46.6	58.7	62.7
104	101	80	65	67	68	68	77	97	104

Taulukko 6. Ison Britannian, Puolan ja maailman kivihiilen tuotanto vuosina 1923—38 (Statistical Year-book of the League of Nations).

Table 6. Coal production in Great Britain, Poland and the whole world in 1923—38 (Statistical Year-book of the League of Nations).

Vuosi *Year*	Tuotanto, milj. tonnia *Production, mill. tons*			Tuotannon indeksi *Production index* (1927 = 100)		
	Iso Britannia Great Britain	Puola *Poland*	Koko maapallo *The whole globe*	Iso Britannia Great Britain	Puola *Poland*	Koko maapallo *The whole globe*
1923	280.4	36.1	1 207.6	110	95	94
1924	271.4	32.3	1 192.9	106	85	93
1925	247.1	29.1	1 191.5	97	76	93
1926	128.3	35.7	1 183.0	50	94	92
1927	255.3	38.1	1 279.8	100	100	100
1928	241.3	40.6	1 251.4	95	107	98
1929	262.0	46.2	1 332.6	103	121	104
1930	247.8	37.5	1 224.4	97	98	96
1931	223.0	38.3	1 080.0	87	101	84
1932	212.1	28.8	960.8	83	76	75
1933	210.4	27.4	1 007.7	82	72	79
1934	224.3	29.2	1 104.0	88	77	86
1935	225.8	28.5	1 142.8	88	75	89
1936	232.1	29.7	1 251.5	91	78	98
1937	244.3	36.2	1 317.3	96	95	103
1938	230.7	38.1	1 232.0	90	100	96

Taulukko 7. Kivihiilen tuonti Suomeen eri maista vuosina 1927—38.

Table 7. Imports of coal to Finland from different countries in 1927—38.

Vuosi *Year*	Ostomaa — *Country of purchase*									
	Iso Britannia *Great Britain*		Puola ja Danzig *Poland and Danzig*		Saksa *Germany*		Muut *Others*		Yhteensä *Total*	
	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%
1927	576.3	63.5	203.6	22.4	100.5	11.1	26.7	3.0	907.1	100.0
1928	384.9	41.0	452.5	48.1	93.6	10.0	8.1	0.9	939.1	100.0
1929	474.9	48.8	389.1	40.0	95.4	9.8	13.5	1.4	972.9	100.0
1930	432.9	47.2	392.0	42.8	86.6	9.4	5.3	0.6	916.8	100.0
1931	258.4	29.4	539.5	61.4	71.3	8.1	8.9	1.0	878.1	100.0
1932	493.7	55.5	343.3	38.6	43.4	4.9	9.6	1.0	890.0	100.0
1933	490.4	51.6	404.9	42.6	45.9	4.8	9.5	1.0	950.7	100.0
1934	860.0	78.8	205.7	18.8	23.0	2.1	2.7	0.3	1 091.4	100.0
1935	767.9	75.6	191.4	18.9	40.8	4.0	15.1	1.5	1 015.2	100.0
1936	1 092.9	75.7	245.5	17.0	89.5	6.2	16.5	1.1	1 444.4	100.0
1937	1 446.3	76.0	276.0	14.5	173.7	9.1	7.4	0.4	1 903.4	100.0
1938	1 143.8	74.8	249.2	16.3	100.6	6.6	36.1	2.3	1 529.7	100.0

Taulukko 8. Koksin tuonti Suomeen eri maista vuosina 1927—38.

Table 8. Imports of coke to Finland from different countries in 1927—38.

Vuosi *Year*	Ostomaa — *Country of purchase*							
	Iso Britannia *Great Britain*		Saksa — *Germany*		Muut — *Others*		Yhteensä — *Total*	
	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%	1 000 tonnia *tons*	%
1927....	28.0	21.9	84.2	65.8	15.8	12.3	128.0	100.0
1928....	102.1	74.4	23.3	17.0	11.9	8.6	137.3	100.0
1929....	59.4	30.1	114.3	58.0	23.5	11.9	197.2	100.0
1930....	74.3	45.6	67.6	41.5	20.9	12.9	162.8	100.0
1931....	69.3	36.6	95.2	50.2	25.7	13.2	189.6	100.0
1932....	59.0	34.6	78.4	46.0	32.9	19.4	170.3	100.0
1933....	57.4	30.9	77.7	41.8	50.8	27.3	185.9	100.0
1934....	59.0	28.5	73.8	35.7	74.2	35.8	207.0	100.0
1935....	148.1	71.7	27.1	13.1	31.3	15.2	206.5	100.0
1936....	174.9	62.6	37.2	13.3	67.2	24.1	279.3	100.0
1937....	224.0	68.1	39.6	12.0	65.2	19.9	328.8	100.0
1938....	155.1	62.5	37.4	15.1	55.5	22.4	248.0	100.0

Taulukko 9. Halkojen hankintakustannusten kehitys vuosina 1928—38.

Table 9. Development of firewood acquisition costs in 1928—38.

Kustannuserä — *Cost item*	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
	Kustannukset — *Costs*										
1. Kantohinta — *Stumpage price*											
mk/m³ — *mk/cu. m.*	17:26	17:54	16:07	9:84	8:47	9:08	·	·	15:20	20:00	23:86
1928 = 100	100	102	93	57	49	53	·	·	88	116	138
2. Hakkuu ja ajo — *Logging and haulage*											
mk/m³ — *mk/cu. m.*	17:43	16:65	15:37	11:06	9:65	9:90	·	·	14:54	20:87	23:19
1928 = 100	100	96	88	63	55	56	·	·	84	120	133
3. Hakkuun ja ajon yleiskustannukset mk/m³ — *General costs of logging and haulage mk/ cu. m.*	2:34	2:11	2:81	2:28	2:25	2:28	·	·	3:05	3:52	3:58
1928 = 100	100	90	120	97	96	97	·	·	130	150	153
4. Laivaus — *Shipping*											
mk/m³ — *mk/cu. m.*	11:25	11:33	10:23	7:76	6:88	6:80	6:78	7:03	7:29	8:14	8:51
1928 = 100	100	101	91	69	61	60	60	62	65	72	76
5. Keskimääräinen hevosajomatka, km — *Average distance of horse handlage*	1.03	1.20	1.01	0.98	1.17	0.84	·	·	1.75	1.16	1.12

Taulukko 10. Kiinteän polttoaineen käytön jakaantuminen eri polttoaineiden kesken eräissä valtion rautateiden varastoissa vuosina 1930—38.

Table 10. Breakdown of solid fuel consumption by fuels in some State Railway Dumps in 1930—38.

Varasto *Storage place*	Polttoaine *Fuel*	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938
		Käyttö, % koko kiinteän polttoaineen käytöstä *Consumption, % of total consumption of solid fuels*								
1. Pasila	Halot — *Firewood* .	19	38	50	51	34	23	19	13	8
	Kivih. — *Coal*	81	62	50	49	66	77	81	87	92
2. Riihimäki	Halot — *Firewood* .	65	73	96	97	83	80	81	65	51
	Kivih. — *Coal*	35	27	4	3	17	20	19	35	49
3. Kouvola	Halot — *Firewood* .	77	78	80	81	82	81	81	74	63
	Kivih. — *Coal*	23	22	20	19	18	19	19	26	37
4. Pieksämäki	Halot — *Firewood* .	100	100	100	100	100	100	100	100	99
	Kivih. — *Coal*	—	—	—	—	—	—	—	—	1
5. Turku	Halot — *Firewood* .	12	24	42	42	39	37	38	27	13
	Kivih. — *Coal*	88	76	58	58	61	63	62	73	87
6. Tampere	Halot — *Firewood* .	32	45	57	98	99	95	73	44	24
	Kivih. — *Coal*	68	55	43	2	1	5	27	56	76
7. Seinäjoki	Halot — *Firewood* .	33	54	78	81	68	74	55	38	38
	Kivih. — *Coal*	51	23	1	—	9	13	25	41	43
	Polttoturve — *Fuel peat*	16	23	21	19	23	13	20	21	19
8. Oulu	Halot — *Firewood* .	26	60	83	81	81	81	82	47	.
	Kivih. — *Coal*	74	40	17	19	19	19	18	53	.

Competition between Coal and Firewood in Finland in 1927—1938.

Summary.

In 1927 and 1938 an investigation was carried out in Finland by the Forest Research Institute into the firewood consumption of the nation. In connection with this investigation the consumption of different fuels was also studied. The results show that consumption was:

	1927	1938
	converted into pine mill. cu. m. piled	firewood, measure
Firewood	23.7	22.9
Waste wood	10.4	10.7
Coal and coke	5.3	10.1

The figures show that the consumption of firewood and waste wood was approximately the same in 1927 and 1938, whereas the consumption of coal and coke in 1938 was double that of 1927.

The present investigation deals with competition between coal and firewood in Finland in the course of the period 1927—1938. A special attempt is made to indicate how trade cycles have effected this competition. The period studied, from Finnish trade cycles point of view, can be grouped by its vicissitudes as follows:

1927—1928	boom
1928—1929	crisis
1930—1932	depression
1933—1935	recovery
1936—1937	boom

At the end of 1938, signs of crisis could already be observed.

Material.

The study comprises two big fuel consumers: Finnish industries and the State Railways. The consumption of different fuels by the industries was studied by the Forest Research Institute in 1927, 1930, 1933 and 1936. Particulars regarding the consumption of different fuels by the State Railways have been collected for the present investigation from the archives of the Railway Board.

As the measuring unit for the consumption of different fuels the present investigation employs one cubic metre, piled measure, of pine firewood, referred to in the following as a consumption unit. Fuel prices are given in marks per consumption unit.

Consumption of Different Fuels.

Table 1 indicates the development in total fuel consumption by industries and certain groups of industries in 1927, 1930, 1933 and 1936. It shows that consumption generally has grown intensely. During the depression in the early 1930's, however, a slight reduction can be observed. Table 2 and Fig. 1 show that the consumption of coal and coke has increased continuously during the period studied, whereas the consumption of firewood has declined slightly. In the period between 1930 and 1933 the increase in the consumption of coal and coke, however, was considerably retarded.

The development of fuel consumption by the State Railways is shown in Table 4 and Fig. 2. It can be seen that the total consumption of fuel was considerably reduced in 1929—1933, but increased again perceptibly in 1933—1938. As regards the consumption of firewood and coal, it is seen that the consumption of firewood was greatly reduced in 1927—1930, whereas the consumption of coal increased. In 1930—1932 the trend of development was reversed, until, at the end of the 1930's, the consumption of coal again increased sharply while that of firewood declined.

Hence, it has been characteristic of the competition between firewood and coal that during the booms in the late 1920's and 1930's the consumption of coal increased intensely whereas during the depression period in the early 1930's the position of firewood was strengthened.

Factors Affecting the Development.

Table 5 and Fig. 3 show e. g. development in the cost prices of firewood and coal for industries and State Railways during the period studied. It is seen that in the late 1920's the prices of firewood and coal revealed differing tendencies: firewood prices increased, coal prices dropped. After 1931, firewood prices in their turn dropped, more radically than the prices for coal, and the prices for both were at approximately the same level in 1934—1935. In the late 1930's the difference between firewood and coal prices widened again. The fluctuation discerned in the consumption of firewood and coal are therefore explicable, in the first place, by the development of the prices of these fuels.

The drop in coal prices in the late 1920's was due to the intense increase in the production and supply of this fuel. Poland, in particular, greatly increased her production after the First World War (Table 6). At the same time, water power and oil began to be used to an increasing extent for the production of power. In 1913, hydroelectric power and oil satisfied a total of 9.5 % of the world's power requirements, in 1935, 30.8 % (P a h l 1939, p. 27). Hence, the demand for coal did not grow very much. The mechanisation of coal production reduced production costs and hence enabled a reduction in prices.

The author has also investigated the development of firewood production costs on the basis of the material obtained on purchases of firewood by the Finnish State Railways. The results are given in Table 9 and Fig. 4. It is seen that the cost item subjected to the greatest fluctuations is the stumpage price of firewood, which dropped abruptly in 1930—1932 and rose again considerably in the late 1930's. This fluctuation in stumpage price arises from the intense business fluctuations on the Finnish timber market. In depression periods the demand for raw wood by the sawill industry, very susceptible to business fluctuations, is radically reduced. A similar reduction hits the raw wood intended for exports. Due to the resulting

reduction in forest owners' income, a plentiful supply of firewood is available for sale. In boom periods the supply of firewood is considerably reduced since it is possible to obtain income by selling timber of other descriptions.

Logging and haulage costs have also varied intensely according to the trade trends. These variations are mainly due to the same reasons as the fluctuation in stumpage price. Logging and hauling in Finland are mainly effected by small farmers. When their income from both agriculture and forestry was greatly reduced during the depression period in the early 1930's, the availability of labour for forest work increased. Other costs have varied less than the stumpage price and logging and haulage costs.

Firewood production costs, hence, are constituted principally according to the general trends of the timber market, and firewood prices also have their own development, independent of coal prices. For this reason, the competitive capacity of firewood is weak. The flexibility of firewood prices is further weakened by the fact that no development worth mentioning has taken place in firewood production methods.

In the early 1930's, the competitive capacity of firewood was somewhat strengthened by the fact that the Finnish mark, after Finland went off the gold standard in 1931, was an undervalued currency. That is why the coal prices rose in 1932, in the middle of a depression.

The consumption of firewood and coal has further been affected by measures of economic policy. In 1931, when the demand for firewood slackened, the Government, at the request of the Diet, ordered the consumption of firewood by the State Railways to be increased.

According to the investigation, the increase in coal consumption, at the expense of firewood, i s t r e n d-l i k e in character. The business fluctuations only affect, the rapidity of the development, the development being very rapid in boom periods whereas in depression periods it is perceptibly retarded.

ÜBER DIE KLEINPILZE DER KONIFEREN IN FINNLAND

ASCOMYCETES, FUNGI IMPERFECTI, UREDINALES

VILJO KUJALA

HAVUPUIDEN PIKKUSIENISTÄ SUOMESSA

(SUOMENKIELINEN SELOSTUS)

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Inhalt.

	S.
Einleitung	5
Ascomycetes	9
Discomycetineae	9
Pyrenomycetineae	52
Fungi imperfecti	62
Uredinales	88
Zusammenfassung	100
Suomenkielinen selostus	104
Zitierte Literatur	114
Register der Pilznamen. — *Sienien nimiluettelo*	118

Einleitung.

Seitdem P. A. Karsten gegen Ende des vorigen Jahrhunderts der Erforschung der Pilzflora Finnlands eine breite Basis schuf, ist zumal auf dem Gebiet der Waldmykologie bei uns nur wenig gearbeitet worden. Der zweite von unseren bewährten Mykologen, J. I. Liro, wandte seine Aufmerksamkeit hauptsächlich den Rost- und Brandpilzen zu. Von diesen kommt den ersteren wohl auch eine nicht geringe waldbiologische Bedeutung zu, dagegen sind die Brandpilze in dieser Hinsicht so gut wie belanglos. Karstens Schüler Thesleff (1894, 1920) studierte die Zusammensetzung und Ökologie der Basidiomycetenflora unserer Wälder, und Hintikka veröffentlichte im Jahre 1919 eine Übersicht über die Myxogasteren (Schleimpilze) Finnlands; alle übrigen Gruppen der Waldpilze, auch die forstlich wichtigen, harren dagegen immer noch ihrer speziellen Behandlung. Freilich sind unsere Kenntnisse auch über sie im Laufe der Jahre einigermassen bereichert worden; so möge u. a. auf die Veröffentlichungen von Y. E. Rainio (1906), Heikinheimo (1920, 1927, 1939), Hintikka (1924, 1930, 1938), Liro (1924), Tikka (1935), Kari (1936), Kangas (1937, 1946) und Jamalainen (1943) hingewiesen werden. Da den Pilzen im Leben des Waldes eine überaus wichtige Stellung als Förderer des Abbaus von totem Pflanzenmaterial und der Bodenstreu zukommt und da viele von ihnen bei ihrer destruktiven Tätigkeit recht begierig auch die noch lebenden Pflanzen und Pflanzenteile angreifen, so dass diese infolgedessen erkranken und sterben, während wieder andere Arten durch die Mykorrhizabbildung für das Gedeihen vieler Waldpflanzen geradezu unentbehrlich sind, so leuchtet es ein, dass es notwendig wird, sich auch in Finnland seitens der Waldbiologie eingehender und auf weiterer Grundlage als bisher der waldmykologischen Forschung zuzuwenden, um so mehr, als sich die in anderen Ländern auf diesem Gebiet erzielten Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die finnischen Verhältnisse übertragen lassen.

Als Grundstock und Stütze für jegliche Pilzforschung sind die Pilzsammlungen unentbehrlich. Nur mit ihrer Hilfe lassen sich die nötigen Daten über die verschiedenen Arten und ihre Ökologie exakt aufsammeln und aufbewahren und bei Wunsch jederzeit kontrollierbar machen, was ja im Hinblick auf die kritische Natur mancher Pilzarten, die Wandlung der Auffassungen und die allezeit vorhandene, wohl nie

gänzlich umgehbare Möglichkeit zu Irrtümern überaus wichtig ist. Da die Forstliche Forschungsanstalt in Finnland bisher keine Pilzkollektionen von Belang besessen hat, habe ich es mir nun vorgenommen, die Sammlungen unserer Anstalt durch möglichst viele neue Beiträge zu bereichern. In diesem Sinne habe ich in den Kriegsjahren, vornehmlicher jedoch erst nach 1944, in Helsinki und dessen Umgebung sowie im Versuchsrevier Ruotsinkylä in Tuusula insbesondere baumbewohnende Kleinpilze gesammelt. In den Sommern 1944 und 1945 hatte ich die Gelegenheit, ähnliche Einsammlungen während ein paar Wochen im Versuchsrevier Punkaharju zu machen, dessen Waldkulturen schon lange in unruheerweckendem Masse unter den Angriffen der Pilze gelitten hatten; im September 1948 sammelte ich dazu noch während ein paar Tage komplettierende Beobachtungen am Ort. Im Sommer 1947 verweilte ich ferner während einer Woche in Sodankylä in Nordfinnland. Besonders will ich noch erwähnen, dass sich mir im Juni desselben Sommers die Gelegenheit bot, während ein paar Tage die Waldkulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala in Augenschein zu nehmen, und schliesslich besuchte ich erst ganz kürzlich, 27. V. 1949, auch das Arboretum Mustila in Elimäki. Ein Teil der in dieser Arbeit enthaltenen Angaben gründet sich auf ein Material, das mir zu verschiedenen Zeiten von Forstmeister Y. K a n e r v a aus Punkaharju zugesandt wurde. Vom Bezirksforstausschuss in Nordkarelien erhielt ich im Sommer 1945 Proben aus Joensuu zur Untersuchung, und vom Bezirksforstausschuss in Kainuu im Frühjahr 1948 Proben aus Hyrynsalmi; dazu sind mir von verschiedenen Personen vereinzelte Proben auch aus anderen Gegenden des Landes zugestellt worden. Ich bitte allen für die mir erwiesene Hilfe bestens zu danken.

Das auf diese Weise zusammengelaufene Material habe ich sofort präliminär mikroskopiert und geordnet. Zur Bestätigung der Artbestimmungen wurden auch die Sammlungen des Botanischen Museums sowie des Pflanzenpathologischen Instituts der Universität Helsinki an dem Teil der in Frage stehenden Pilzgruppen durchgesehen. Mit Dank erwähne ich, dass Professor Dr. J. A. N a n n f e l d t in Uppsala sich freundlichst die Mühe übernahm, einige von meinen Determinationen zu überprüfen. Auf diese Weise glaube ich mich nun über die meisten in meinem Material vorgekommenen koniferenbewohnenden Arten ins Klare gekommen zu sein; einige interessante Arten haben indessen bis jetzt meinen Identifizierungsversuchen getrotzt. Ich hoffe die Gelegenheit zu erhalten, auf sie später noch zurückzukommen.

In dieser Untersuchung sind nur diejenigen Arten berücksichtigt worden, in betreff welcher ich neue Beiträge und komplettierende Angaben anführen kann. Auf eine vollständige Zusammentragung der Daten aus dem einschlägigen Schrifttum und den Sammlungen, auch und nicht

zumindest was die in meinem Material nicht vertretenen Arten anbelangt, habe ich verzichtet. Bei der Durchsicht der Sammlungen des Botanischen Museums und des Pflanzenpathologischen Instituts der Universität Helsinki sowie des Museums in Kuopio hat es sich nämlich herausgestellt, dass dieselben, wenn man von den Rostpilzen absieht, an dem Teil der hier in Betracht kommenden Gruppen seit Karstens Zeiten nur unbedeutend angewachsen sind. Es sind noch ausgiebige Einsammlungen in den verschiedenen Teilen des Landes nötig, ehe an eine bemerkenswertere Komplettierung und Nachprüfung des Karstenschen Angabenmaterials zu denken ist. Ich wage jedoch zu glauben, dass schon die hier mitgeteilten Daten und Schlussfolgerungen in betreff mehrerer Arten von Nutzen sein könnten, denn zumal auf dem Gebiet der Waldmykologie mangelt es weitgehend an Beobachtungen, ja bei vielen Arten fehlen sie überhaupt. So ist man denn so gut wie ausschliesslich auf ausländische Quellen und Untersuchungsbefunde angewiesen gewesen, deren Übertragbarkeit auf finnische Verhältnisse oft fraglich ist. Insbesondere hat es auch an Angaben über die Pilze der eingeführten Holzarten gefehlt, und darum habe ich im vorliegenden Zusammenhang auch ihnen Beachtung geschenkt.

Die Pilze werden nachstehend aus praktischen Gründen und damit auch der in der Pilzsystematik weniger Bewanderte leicht das von ihm Gewünschte fände, alphabetisch innerhalb der vier berücksichtigten Gruppen aufgeführt. Die Gruppen sind die der 1. Scheibenpilze *(Discomycetineae)*, 2. Kernpilze *(Pyrenomycetineae)*, 3. imperfekten Pilze *(Fungi imperfecti)*, und 4. Rostpilze *(Uredinales)*.

Bei Proben, die nicht von mir selbst genommen wurden, ist der Name des Sammlers in Klammern beigegeben.

Für die naturhistorischen Provinzen Ostfennoskandiens, von wo das hier zu behandelnde Material stammt (siehe die Karte, Abb. 1), gelten folgende Abkürzungen (die Namen der jenseits der Reichsgrenze gelegenen Provinzen kursiviert):

Al = Alandia (Ahvenanmaa)
Ab = Regio Aboënsis (Varsinais-Suomi)
N = Nylandia (Uusimaa)
Ka = Karelia australis (Etelä-Karjala)
[*Ik* = *Isthmus karelicus (Karjalan kannas)*]
St = Satakunta
Ta = Tavastia australis (Etelä-Häme)
Sa = Savonia australis (Etelä-Savo)
Kl = *Karelia ladogensis (Laatokan Karjala)*
Kol = *Karelia olonetsensis (Aunuksen Karjala)*
[*Ksv* = *Karelia svirensis (Syvärin Karjala)*]
Oa = Ostrobottnia australis (Etelä-Pohjanmaa)
Tb = Tavastia borealis (Pohjois-Häme)
Sb = Savonia borealis (Pohjois-Savo)
Kb = Karelia borealis (Pohjois-Karjala)
Kon = *Karelia onegensis (Äänisen Karjala)*

Kton = *Karelia transonegensis (Äänisen takainen Karjala)*
Om = Ostrobottnia media (Keski-Pohjanmaa)
Ok = Ostrobottnia kajanensis (Kainuu)
Kpoc = *Karelia pomorica occidentalis (Länsi-Pomoria)*
Kpor = *Karelia pomorica orientalis (Itä-Pomoria)*
Ob = Ostrobottnia borealis (Pohjois-Pohjanmaa)
Ks = Kuusamo
Kk = *Karelia keretina (Kieretin Karjala)*
Lkem = Lapponia kemensis (Kemin Lappi)
Lim = Lapponia Imandrae (Imandran Lappi)
Lv = *Lapponia Varsugae (Varsugan Lappi)*
Lp = *Lapponia ponojensis (Ponoin Lappi)*
Le = Lapponia enontekiensis (Enontekiön Lappi)
Li = Lapponia Inarensis (Inarin Lappi)
Lps = *Lapponia petsamoënsis (Petsamon Lappi)*
Lt = *Lapponia tulomensis (Tuloman Lappi)*
Lm = *Lapponia murmanica (Muurmannin Lappi)*



Abb. 1. Die naturhistorischen Provinzen Ostfennoskandiens. Die jenseits der finnischen Staatsgrenze gelegenen Provinzgrenzen sind durch punktierte Linien angegeben.

Ascomycetes

Discomycetineae

Agyrium rufum (Pers.) Fr. — Nach K a r s t e n (1885, p. 168) auf altem Holz von Kiefer, Fichte und Wacholder zieml. häufig durch das ganze Land.

P r o b e n: *Ka*, Sippola, Ruotila, an Fichtenspänen im Walde 5. V. 1944 (det. J. A. Nannfeldt 1947). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, an dem entrindeten Stamm einer gefallenen Fichte 26. VIII. 1947 (Sporen 10—13 × 6—7 μ).

Biatorella difformis (Fr.) Vain. — Im Herbarium Musei Fennici finden sich von diesem Pilz folgende von Karsten genommene Proben: Kytö, 6. V. 1866, an *Picea*; Vaasa, 25. IV. 1864, desgl. (sub nom. *Tromera sarcogyrioides* Mass.); Hollola, 15. VIII. 1886, an *Pinus*; Tyrvää, 10. IX. 1859; ausserdem eine von M. Brenner am 11. VI. 1876 auf der Insel Suursaari gesammelte Probe (sub nom. *Tromera difformis* (Fr.) Rehm). Meinen Beobachtungen nach ein charakteristischer Pilz der tiefen Krebswunden an den Stämmen von Kiefer (Abb. 2), Fichte und Lärche. Die Art gilt als Saprophyt (z. B. J ø r s t a d 1925, p. 47, 91), ihr Auftreten ist aber derart, dass eventuell auch Parasitismus in Frage kommen könnte.

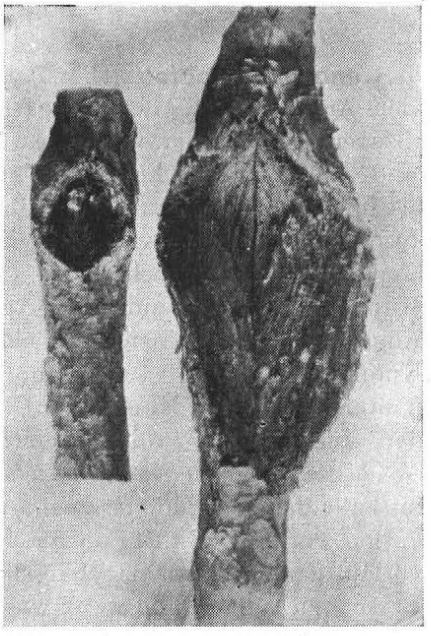


Abb. 2. Krebswunden mit *Biatorella difformis* am Stamme kümmernder Kiefern.

P r o b e n: *N*, Helsinki, Lauttasaari, an *Picea excelsa* 31. III. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä, an den Stämmen kümmernder Unterwuchskiefern, Mai 1949. — *Ka*, Sippola, Ruotila, ebenso, 18. VIII. 1944 (Sporen 2 μ). — *Sa*, Punkaharju, in Stammkrebswunden von *Larix europaea* 21. VIII. 1948.

B. resinae Fr. — Im ganzen Lande ausserordentlich häufig auf ausgeflossenem Harz sowohl lebender als toter Nadelbäume. Indem der Harzfluss einmal durch mechanische Einflüsse, ein andermal wieder infolge von Beschädigungen durch parasitische Pilze hervorgerufen wird, tritt der Pilz oft auch in Verbindung mit den parasitischen Baumkrankheiten auf, doch dürfte er auch dann stets lediglich die Rolle eines harmlosen Saprophyten spielen.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Huopalahti 6. V. 1944, Meilahti 16. IV. 1944 und Ruskeasuo 9. IV. 1944. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 6. II. 1944. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947. — *Sa*, Punkaharju 1. XII. 1947.

Caldesia sabinae (De Not.) Rehm — Von diesem an der Rinde von Wacholdern lebenden, wahrscheinlich saprophytischen Pilz stehen in meiner Sammlung folgende Proben:

N, Helsinki, Viik 21. VII. 1947 (Asci 90—100 × 30 μ, Sporen etwa 35 × 15 μ), Degerö 30. VII. 1944 (Sporen 36—42 × 15 μ) und Munkkiniemi 1. V. 1946 (det. J. A. Nannfeldt 1947).

Cenangium abietis (Pers.) Duby, Syn. *C. ferruginosum* Fr. — Nicht viele Arten haben in der forstpathologischen Literatur eine so umfassende Erörterung gefunden, wie diese. Nach Karsten (1871, p. 221) in Finnland von Herbst bis Frühjahr häufig an dürren Kiefernzweigen zumindest bis hinauf nach Pietarsaari, Hintikka (1930) gibt den Pilz als überaus häufig auf sperrwüchsigen Kiefern der Schwendeböden Binnenfinnlands an. Befällt nach Liro (1924, p. 342) auch Fichten und soll in Mitteleuropa ferner auf *Abies*-Arten vorkommen (Badoux 1922). Die Angabe Liros dürfte sich auf eine in den Sammlungen des Museums in Kuopio befindliche, 1905 von O. A. F. Lönnbohm an Fichtenrinde genommene und von Karsten zu *C. ferruginosum* determinierte Probe gründen. Ich habe die Probe untersucht und gefunden, dass es sich nicht um *C. abietis*, sondern *Encoelia inculcata* Karst. handelt. Indem nun auch im Falle des von Badoux an *Abies* gefundenen Pilzes eine falsche Identifikation vorliegt (Ettlinger 1945, p. 66), scheint man es wenigstens vorläufig mit einem ausschliesslich an *Pinus*-Arten vorkommenden Pilz zu tun zu haben, und zwar wurde er in Finnland ausser an der einheimischen Kiefer auch an *P. montana*, *P. murrayana*, *P. divaricata*, *P. strobus*, *P. peuce* und *P. cembra* angetroffen. Die nördlichsten Funde stammen aus Sodankylä, wo man dem Pilz gleichfalls häufig begegnet. Im Ausland ist die Art auch an mehreren anderen *Pinus*-Arten festgestellt worden, so u. a. in Nordamerika an *P. ponderosa* (Weir 1921). Sie befällt meistens den 2. bis 8. Jahrestrieb, von der Spitze gerechnet, und

lässt also die bereits dickrindigen älteren Jahrestriebe des Baumes unberührt. Oft ist die ganze Oberfläche der Triebe mit den Apothecien des Pilzes vollbesät.

Die charakteristischen, überaus leicht kenntlichen schwarzbraunen, heller bestäubten, unbehaarten, etwa 2—3 mm grossen Apothecien des Pilzes sitzen gewöhnlich büschelig gehäuft auf den Stromata, zeigen bei dichtem Wuchs vor ihrem Aufbrechen eckige oder fast hülsenförmige Gestalt und öffnen sich bisweilen mit einem mässig langen einfachen, bisweilen wieder mit einem sternförmig verzweigten Spalt. Ihr Hymenium ist gelblich grau, die Asci breit keulenförmig, etwa 70—100 × 10—14 μ, mit charakteristisch asymmetrischer Spitze; Sporen elliptisch, etwa 10—13 × 5—7 μ, gewöhnlich mit zwei Öltropfen; Paraphysen mit verbreiterter Spitze. Die Sporen reifen in Finnland im Vorfrühling.

Cenangium abietis galt seinerzeit zumal in Anlehnung an die Untersuchungen von Schwarz (1895) als der schlimmste Feind der Kiefer. Schwarz gelangte zu diesem Ergebnis auf indirektem Wege, indem er zwei Pyknidenformen, *Brunchorstia pinea* und *Dotichiza ferruginosa*, welche als arge Schadpilze auftreten, mit der vorliegenden Art in Zusammenhang brachte. Spätere Untersuchungen haben jedoch erwiesen, dass sich Schwarz dabei geirrt hat. Lagerberg wies 1912 in Schweden nach, dass *Brunchorstia pinea* nicht die Pyknidenform von *Cenangium abietis*, sondern wahrscheinlich die von *Crumenula abietina* ist, ebenso fehlt es an gültigen Beweisen dafür, dass *Dotichiza ferruginosa* mit der vorliegenden Art zusammengehörte. Im Gegenteil teilt schon Karsten (op. c., p. 220) abweichende Beobachtungen betreffs der Pykniden von *Cenangium abietis* mit. Nach ihm treten in demselben Stroma, wo sich die Apothecien entwickeln, anfangs kegelförmige kleine Pykniden mit schmal eiförmigen, 9—10 × 2—3 μ grossen Stylosporen auf. Auch in meinen Proben findet man bei dieser Art stromatische Basalknollen vor, und z. B. in den am 26. VIII. in Sodankylä gesammelten Proben erblickt man in diesen Knollen Loculi, deren gefaltete Wände mit etwa 20 μ langen Sporenträgern bedeckt sind; die sich von diesen abschnürenden Konidien sind indessen bedeutend kleiner als die von Karsten erwähnten, nur etwa 5—6 × 2—3 μ, und oft mit zwei Öltropfen versehen (Abb. 3). Diese Pykniden können also auf keinen Fall der Gattung *Dotichiza* oder etwa *Sclerophoma* angehören, da ja die Sporen gestielt sind.

Diedicke (1913, p. 529—530) hat die Vermutung geäussert, dass man in *Micropera pinastri* Sacc. das Konidienstadium von *Cenangium abietis* zu erblicken habe. Hierfür zeugte nach ihm zumal der übereinstimmende Bau der Fruchtkörper. Vordem war die genannte Art als die Pyknidenform von *Tympanis pinastri* oder *Tryblidiopsis pinastri* gedeutet worden (siehe Rehm 1896, p. 195, 273). Ich bin *Micropera* kein einzigesmal in Verbindung mit *Cenangium abietis* begegnet.

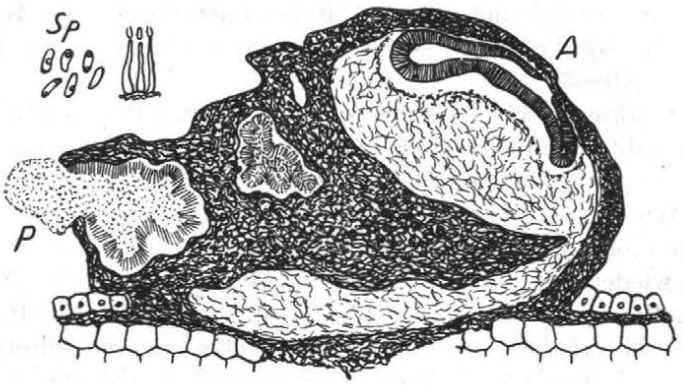


Abb. 3. Querschnitt durch ein Stroma von *Cenangium abietis* (Vergr. 40 ×). *A:* Apothecium in beginnender Bildung; *P:* Eine Pyknide mit heraustretenden Sporen; *Sp:* Sporen (etwa 4—5.5 × 2.5 μ) und Konidienträger (Länge etwa 15 μ). — *Lkem*, Sodankylä, an dünner Rinde von *Pinus silvestris* 26. VIII. 1947.

Im Winter 1947/48 führte ich einige Kulturversuche u. a. mit Ascosporen von *Cenangium abietis* aus. Diese keimten auf sterilisierten toten Kiefernnadeln zu einem reichlich Pykniden erzeugenden Hyphengeflecht aus. Die Sporen waren nur 4—5 × 1.5—2 μ gross, oft mit ein paar kleinen Öltropfen versehen. In Nährlösungen kam es überhaupt nicht zu der Bildung eines Myzels, sondern lediglich einer hefeartigen Konidienmasse, deren Zellen einigermassen an die ebenerwähnten Pyknosporen erinnerten, in der Grösse jedoch mehr variierten. Das Ascusstadium gelang es mir nicht zurückzurufen.

Trotzdem bei ein und demselben Ascomyceten mehrere Konidienformen auftreten können, sprechen die hier mitgeteilten Beobachtungen jedoch dahin, dass die Konidienform von *Cenangium abietis* weder der Gattung *Dotichiza* noch der Gattung *Sclerophoma* zufällt. Man hat also festzustellen, dass *Cenangium abietis* den bisherigen Beobachtungen und Kenntnissen gemäss allem Anschein nach ein an verschiedenen Kiefernarten lebender Rindensaprophyt mit höchstens schwacher parasitischer Neigung ist.

Proben: *Pinus silvestris:* Zahlreiche Proben von sämtlichen Untersuchungsgebieten. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä; Elimäki, Mustila. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi. — *Sa*, Punkaharju. — *P. divaricata*, *P. montana*, *P. cembra*, *P. strobus* und *P. peuce: Sa*, Punkaharju.

C. acicolum (Fuck.) Rehm, Syn. *Encoelia acicola* (Fuck.) v. Höhn. — Ist mitunter mit *C. abietis* zu einer Art zusammengefasst worden (z. B. Schwarz 1895, p. 45), unterscheidet sich aber von dieser deutlich sowohl betreffs der Schläuche als der Sporen. Auch Karsten erwähnt keine an Koniferennadeln lebende *Cenangium*-Art, der Pilz ist aber auf

faulenden, noch an den Ästen festsitzenden Kiefernnadeln durch das ganze Land häufig zu finden. Ferner habe ich ihn einmal spärlich an den Nadeln von *Abies concolor* gefunden, wo er zusammen mit *Sclerophoma pityophila* in den toten Spitzenteilen der Nadeln vorkam; die basalen Teile der Nadeln waren noch frisch, die Grenze zwischen dem lebenden und dem toten Teil scharf. Irgendwelche Belege für die Parasitnatur des Pilzes sind indessen nicht vorgebracht worden.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Lauttasaari 30. IV. 1944 (vidit J. A. Nannfeldt 1947; Asci 100—110 × 10 μ, Sporen 12—16.5 × 4.2—4.8 μ) und Ruskeasuo 16. IV. 1944. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, 23. VIII. 1947. — *Abies concolor: Ka*, Sippola, Ruotila, an toten Nadeln 5. VI. 1944 (Asci etwa 80 × 11 μ, Sporen 11—14 × 5 μ).

Clithris crispa (Pers.) Rehm — Karsten (1873, p. 237) fand seinerzeit nur schlecht entwickelte Proben an dünnen Fichtenästen und hielt sie für eine Varietät von *Pseudographis elatina*. Wie Rehm (1896, p. 104) bemerkt, ist jedoch der Pilz durch seine Sporen schroff von der ebengenannten Art verschieden und schliesst sich der Gattung *Clithris* an.

Proben: *Ka*, Sippola, Ruotila 11. V. 1944 (Asci 80—125 × 8—10 μ, Sporen etwa 40—50 × 2 μ; gut entwickelte Probe auf einer fichtenen Zaunstange, deren Holz durch den Pilz geschwärzt ist).

C. juniperi (Karst.) Rehm, Syn. *Coccomyces juniperi* Karst. — Nach Karsten (1871, p. 255) auf Wacholderrinde häufig durch das ganze Land; *Fusicoccum juniperi* ist nach Karsten die Konidienform von *Clithris juniperi*.

Proben: *N*, Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1949. — *Ta*, Heinola, Taipale, auf der Rinde eines toten Wacholderstrauchs 27. VIII. 1945.

Crumenula*[1] *abietina Lagerb., Syn. *C. pinea* (Karst.) Ferd. et Jørg. — Dieser Nadelbaumschädling gehört zu denjenigen, denen im Laufe der Zeiten wohl die grösste Aufmerksamkeit zuteil geworden ist. Zuerst lernte man seine Pyknidenform kennen. Karsten beschrieb sie aus Mustiala i. J. 1884 und benannte sie *Rhabdospora pinea* Karst. Einige Jahre später beobachtete der Norweger Brunchorst dieselbe Pyknidenform an *Pinus austriaca*. Das von ihm eingesammelte Material wurde dann 1891 vom Schweden Eriksson in einem Exsikkat als neue Art unter dem Namen *Brunchorstia destruens* Erikss. verteilt. In seiner i. J. 1895 er-

[1] Die Umgrenzung der Gattung *Crumenula* ist von mehreren Autoren diskutiert worden, und Nannfeldt (1932) ist zu dem Ergebnis gekommen, dass dieser Name als regelwidrig zu streichen sei. Ettlinger (1945, p. 65) wiederum schlägt vor, dass der Name in seiner von Rehm (1896, p. 233) gegebenen weiteren Bedeutung, in welcher auch u. a. Saccardo sich seiner im »Sylloge Fungorum» bedient hat, beizubehalten und dem Verzeichnis der Nomina conservanda einzuverleiben sei. Praktische Gründe sprechen wohl zugunsten dieses Gedankens.

schienenen Untersuchung wies sodann Schwarz in Mitteleuropa die forstpathologische Bedeutung dieser imperfekten Pilzform nach und äusserte zugleich, dass es sich um das Konidienstadium von *Cenangium abietis* handelte. Diese Auffassung war bis zum Jahre 1913 vorherrschend. Da wies aber Lagerberg in Schweden die Zugehörigkeit von *Brunchorstia destruens* zu einem anderen, in ihrer Begleitung auftretenden, zuvor nicht beschriebenen Discomyceten nach, den er *Crumenula abietina* Lagerb. nannte. Eigentümlicherweise fand Lagerberg den Pilz jetzt an der Fichte, und dazu noch als den Urheber eines Triebsterbens, von welchem weite Flächen in Süd- und Mittelschweden betroffen worden waren. Nach anderen Beobachtungen (Karsten 1884; Brunchorst 1888; Rostrup 1891; Schwarz 1895; Jørstad 1925; Jørgensen 1931; Liese 1933 a und b; u. a.) ist dieser Pilz jedoch weit charakteristischer für die Kiefer als für die Fichte, und nicht anders dürfte es sich wohl zuletzt und schliesslich auch in betreff der Beobachtungen Lagerbergs verhalten. Dieser stellte nämlich 1912 in den Kiefernjungwüchsen Norrlands einen auf weiten Flächen verheerend auftretenden, der Gattung *Crumenula* zufallenden Pilz fest, den er als *C. pinicola* (Rebent.) Karst. und zugleich mit der Karstenschen Art *C. sororia* identifizierte. Diese letztere Identifikation ist auf jeden Fall falsch, und obwohl Lagerberg in seiner Untersuchung über die Wipfelschäden der Fichte ausdrücklich auch den Gedanken ablehnt, dass der fragliche norrländische Pilz und *C. abietina* Lagerb. ein und dasselbe seien, muss ihre Identität auf Grund unserer heutigen Kenntnisse als so gut wie sicher erachtet werden (siehe Ettlinger 1945, p. 39). Die Apothecien von *C. abietina* sind schwächer behaart als die von *C. pinicola* und *C. sororia*, schwarzbraun, etwa 1—1.5 mm breit; die Asci sind nach den Messungen von Ettlinger (l. c.) 96.5—116.1 × 8.18—9.7 μ gross (Durchschnittsmasse!), die Sporen gewöhnlich vierzellig. Nach Lagerberg sind die Sporen bei den Querwänden schwach eingeschnürt, nach Ettlinger träfe dies in der Wirklichkeit nicht zu. Auch in meinen Proben tritt indessen jene gelinde Einschnürung bei den Querwänden wenigstens bei frischbereiteten Wasserpräparaten zum Vorschein. Äusserlich ähneln die Apothecien der Art am stärksten denjenigen von *Cenangium abietis*, und recht wahrscheinlich dürfte es auch schon zu Verwechslungen beider gekommen sein (z. B. Schwarz 1895). — *Brunchorstia pinea* wiederum ist leicht kenntlich durch ihre grossen (nach Lagerberg op. c. 22—43 × 3—4 μ), gewöhnlich vierzelligen Sporen vom *Fusarium*-Typ.

Abgesehen von Karstens Fund der Pyknidenform in Mustiala und seine darauf begründete Artbeschreibung sind in Finnland, soviel mir bekannt, keine sicheren Beobachtungen über diesen Pilz veröffentlicht worden. Auf Grund des von mir gesammelten und untersuchten Materials kann nun festgestellt werden, dass *Crumenula abietina* indigen an den abster-

benden unteren Ästen junger Kiefern spärlich und ziemlich selten in weiten Teilen Finnlands (so z. B. in Joensuu, wo der Pilz offenbar verheerend in den Kiefernpflanzungen aufgetreten ist, ferner in Punkaharju, im Versuchsrevier Ruotsinkylä in Tuusula, in Nuutajärvi in Urjala, usf.) vorkommt. Ausser an der gemeinen Kiefer, habe ich den Pilz auch an *Pinus murrayana* angetroffen, und namentlich in betreff der letzteren sind die Beobachtungen, wie aus dem Nachstehenden hervorgeht, geradezu alarmierend.

Im Frühjahr 1947 stellte ich im Versuchsrevier Ruotsinkylä an schneegekrümmten halb oder schon völlig eingegangenen etwa 15jährigen Murraykiefern ausserordentlich reichlich sowohl Apothecien von *Crumenula abietina* als Pykniden von *Brunchorstia pinea* fest. Auch die in demselben Bestand und an dessen Rändern stehenden, gleichfalls schneegeplagten und -gebrochenen jungen einheimischen Kiefern wiesen in gewissen Fällen einen recht starken Befall dieser Pilze auf, doch schien die Murraykiefer ausgesprochen stärker den Angriffen ausgesetzt gewesen zu sein. Ein gelinder Befall konnte ferner an den unteren abgestorbenen Ästen der frischen, unbeschädigten jungen Bäume festgestellt werden. Im Herbst desselben Jahres wurden bei einigen Murraykiefern in Ruotsinkylä gebräunte Astspitzen gefunden; an der Rinde jener Triebe ergaben sich auch einige *Brunchorstia*-Pykniden. Im Sommer 1948 waren an den Murraykiefern wie im vorhergehenden Sommer hier und da in ähnlicher Weise abgestorbene Triebe vereinzelt zu finden.

Als ich am 10.—11. Juli 1947 auf Anraten des Forstmeisters Jarl Lindfors eine Untersuchung der Schadpilze in den *Pinus murrayana*-Kulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala unternahm, fand ich als einen der wichtigsten unter ihnen abermals *Crumenula abietina*. Dieser Pilz hatte sich oben in den Wipfeln der Murraykiefern eingenistet, wo er die Triebe von der Spitze beginnend zum Absterben brachte und die Nadeln bräunte. Der Stamm selbst konnte noch völlig frisch sein, dagegen waren die apikalen Astpartien durchgehends zerstört, die Bäume gänzlich entnadelt oder es konnte unter den abge-

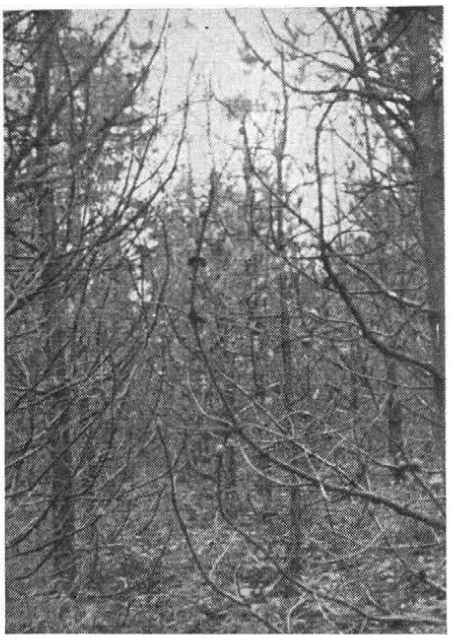


Abb. 4. Durch *Crumenula abietina* zerstörte *Pinus murrayana*-Kultur.—*Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947.

storbenen Ästen und Trieben hier und da noch ein vereinzelter, sogar mit grünen Nadeln versehener Trieb zu finden sein. Solche Bäume waren selbstverständlich dem Untergang geweiht. Die Krankheit hat in Nuutajärvi schon während einiger Jahre gewütet, so dass jetzt ansehnliche Teile der Kulturen — mehrere tausend Bäume umfassend — eingegangen sind (Abb. 4). Die fraglichen Bäume waren noch jung, 19—22jährig, und ausserordentlich rasch aufgewachsen, und es schien denn auch, wie wenn eben ihre überaus schleunige Entwicklung auf dem guten OMT-Boden einen von den Anstössen zu dem Überhandnehmen der Krankheit gebildet hätte. Da überdies im Bestand noch keine Durchforstungen vorgenommen worden waren, war bei erfolgtem Kronenschluss ein grosser Teil der unteren Äste innerhalb kurzer Zeit eingegangen und hatte so diesem offensichtlich zu den fakultativen Schmarotzern oder den sog. Schwächeparasiten zählenden Pilz willkommene Gelegenheit bereitet, sich an den durch ihren plötzlichen Astverlust stark geschwächten Bäumen übermässig zu vermehren und vielleicht auch seine parasitischen Eigenschaften zu verschärfen. Der geschlossene feuchte Luftraum innen im Bestand hat seinerseits fördernd auf die Auskeimung und die erste Entwicklung der Myzelien einwirken können (vgl. G ä u m a n n 1946, p. 449, 485 u. a.).

Wie aus der nachstehenden Zusammenstellung zu ersehen ist, scheint es, wie wenn auch dem Alter sowie dem Standort der Bestände eine Bedeutung hinsichtlich des Grades der Verheerung zuzuschreiben wäre; dagegen bleibt der eventuelle Einfluss der Provenienz in diesem Zusammenhang unklar.

Grad der Verheerungen in den *Pinus murrayana*-Kulturen von Nuutajärvi bei der Besichtigung am 11. VII. 1947.

Bestand	Jahr der Anlage	Provenienz	Grad der Verheerung
1.	1928	Alberta	Ausserord. schlimm
2.	1930	Alberta	Ausserord. schlimm
3.	1930	Cypress Hills	Schlimm
4.	1932	Cypress Hills Spirit River	Weniger schlimm, jedoch Harzausflüsse an den Stämmen
5.	1931	Unbekannt	Wie bei Nr. 4.

Die Bestände 1—3, in denen der Pilz am stärksten gewütet hat, liegen auf einer ehemaligen Anbaufläche (OMT), die Bestände 4 und 5 auf dürftigerem Boden und nur zum Teil auf altem Kulturland (MT—OMT). Auch sonst deuten meine Beobachtungen über die Murraykieferkulturen Finnlands dahin, dass die auf trockneren Heideböden (VT) angelegten Kulturen, in denen Durchforstungen vorgenommen worden sind, am besten den Angriffen dieses sowie der später zur Sprache kommenden Art *Crumenula sororia* entgehen. Der überwiegende Teil unserer Murraykieferkulturen ist indessen heute noch so jung, dass endgültige Schlüsse

betreffs der Widerstandsfähigkeit dieser Holzart gegen Pilzangriffe im finnischen Klimabereich einstweilen nicht gezogen werden können. Doch scheint die Murraykiefer in dieser Hinsicht weniger fest als die einheimische Kiefer zu sein.

Oben wurden schon die Beobachtungen Lagerbergs über die *Crumenula*-Verheerungen im schwedischen Norrland erörtert. Ähnliche Verheerungen konstatiert man in reichlichem Ausmass auch in Nordfinnland.

Bei einem Besuch in Hyrynsalmi im Herbst 1946 stiess ich auf den dortigen CCIT-Heiden des öfteren auf abgestorbene und entnadelte etwa 0.5—1 m hohe Jungkiefern. Ihre Stämme waren reichlich mit Apothecien besetzt, die sehr an diejenigen erinnerten, die ich in Südfinnland an der Murraykiefer beobachtet hatte; die Merkmale des Pilzes und das Krankheitsbild passten aber vorzüglich auch auf den von Lagerberg aus Norrland beschriebenen Kiefernschädling ein. Es schien, dass es sich hier um dieselbe Art handeln konnte. Ich sandte eine Probe an Professor J. A. Nannfeldt in Uppsala, und er bestätigte meine Determination: es handelte sich um *Crumenula abietina* Lagerb.. Um noch weiteren Aufschluss über das Auftreten dieses und gewisser anderer Pilze in Nordfinnland zu erhalten, sammelte ich im August 1947 Material in Sodankylä. Die fragliche *Crumenula*-Art kommt auch dort reichlich zumal auf trägwüchsigen, etwa 0.5—1 m hohen Kiefernpflanzen der CECIT-Heiden bald allein, bald wieder zusammen mit *Dasyscypha fuscosanguinea* und *Lachnellula chrysophthalma* vor. Mehrere von den Pflanzen waren offenbar durch Einwirkung des Pilzes gestorben. Auf frischeren Böden war die Art dagegen nur ganz spärlich zu finden. Merkwürdigerweise fand ich selbst sowohl in Sodankylä als in Hyrynsalmi nur Apothecien, dagegen gar nicht die für die Art kennzeichnenden *Brunchorstia*-Pykniden. Es wäre indessen sehr wünschenswert, wenn die Pyknidenfrage auch in betreff Nordfinnland ihre Klärung fände, sind doch die Pykniden ein wichtiges Glied bei der Identifizierung der *Crumenula*-Arten und zugleich auch ökologisch interessant, insbesondere wenn sich ihre Reichlichkeit in verschiedenen Klimagebieten tatsächlich als verschieden erweisen würde. Ettlingers (1945, p. 29 ff.) Beobachtungen aus der Schweiz geben zur Hand, dass es innerhalb dieser Art zu einer Aufteilung in klimatische Rassen oder Unterarten gekommen ist. Möglicherweise könnten solche auch in Finnland aufzufinden sein. Nach Jørstad (1928, p. 405) ist die Pyknidenform *Brunchorstia pinea* auch in Nordnorwegen selten (nördlichster Fundort Nordli). Nun ist mir jedoch vom Bezirksforstausschuss in Kainuu eine von Martti Haapamäki auf dem Gute Koitto im Dorf Lietekylä, Kirchsp. Hyrynsalmi am 4. VI. 1948 genommene Probe zugelaufen, die sich auf einen arg verheerten Kiefernanwuchs bezieht. Etwa 50 % vom Bestand waren zerstört. Der Urheber der Kalamität ist *Crumenula abietina*, und zwar finden sich in der Probe sowohl

Apothecien als *Brunchorstia*-Pykniden (als Grösse der Pyknosporen wurde 29—46 × 3.5—4 μ gemessen). Dadurch findet also die Artbestimmung des Pilzes auch an dem Teil der Pykniden und für Nordfinnland weitere Bestätigung.

Noch ist zu erwähnen, dass ich den Pilz neulich bei der Forstschule in Sippola sowie im Arboretum Mustila in Elimäki auch an *Pseudotsuga* antraf. Der Pilz hatte dort einen Teil der obersten Triebe bei einigen wohlentwickelten jungen Bäumen zum Absterben gebracht. Auch in diesen *Pseudotsuga*-Proben sind sowohl das Ascus- als das Pyknidenstadium vertreten.

Crumenula abietina, einschliesslich der Pyknidenform *Brunchorstia pinea*, ist im übrigen Europa insbesondere auf verschiedenen Kiefernarten aufgetreten. Recht ernstliche Ausmasse erreichten die durch den Pilz bei *Pinus austriaca* und *P. montana* verursachten Triebschäden vom sog. »Dieback»-Typ in den 1880er Jahren in Dänemark und Südskandinavien. Aus Deutschland berichtet Schwarz (1895) über zeitweise auftretende Verheerungen unter *P. silvestris*, verursacht durch *Brunchorstia pinea*, und neulich hat Ettlinger (1945) die Gefährlichkeit des Pilzes für die *Pinus cembra*-Kulturen der Schweiz nachgewiesen. Wie bereits erwähnt, hat Lagerberg (1913) in Südschweden gefunden, dass der Pilz auch die gemeine Fichte sogar sehr stark angreift, und Jørstad (1936) hat die Art auf *Pseudotsuga* angetroffen. Überall sind insbesondere die Waldkulturen den Verheerungen ausgesetzt gewesen. In der Schweiz nehmen die Schäden im Gebirge nach oben hin zu, auch erreichen sie an trocknen Orten ernstlicheren Umfang als an feuchten (siehe Ettlinger op. c., p. 27). Auch Gäumann (1946, p. 175, 510—511) hat sich mit der Epidemiologie der erwähnten schweizerischen Zirbelkieferkulturen befasst und ist zu dem Ergebnis gekommen, dass das Überhandnehmen der Krankheit in diesen Kulturen durch folgende Faktoren gefördert worden ist: 1. Die ungünstige Beschaffenheit des Standorts; 2. die klimatischen Bedingungen unterhalb des natürlichen Wohngebietes der Zirbel (im letzteren unterliegt der Pilz dem Frost, jedesmal wenn er sich in den Wipfeln der Bäume anzusiedeln versucht, in den niederen Lagen dagegen bleibt er verschont); 3. die Schneebedeckung begünstigt die Entwicklung des Pilzes in den jungen, zur Winterzeit noch gänzlich überschneiten Kulturen, denn seine Lebenstätigungen setzen schon bei —6°C ein; 4. die Gleichaltrigkeit der Kulturbestände bieten dem Pilz willkommene Gelegenheit zu übermässiger Vermehrung. — Diese Normen lassen sich mit guter Geltung auch auf die Verhältnisse zumal in Nordfinnland übertragen.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 21. V. 1947 (vidit J. A. Nannfeldt). — *Ok*, Hyrynsalmi, auf CCIT-Heide unweit des Bahnhofs 13. VIII. 1946 (vidit J. A. Nannfeldt 1947), Lietekylä 4. VI. 1948 (Martti Haapamäki).

— *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, auf CECIT-Heide 22. VIII. 1947. — *Pinus murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 21. V. 1947. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VIII. 1947. — *Pseudotsuga taxifolia: N*, Elimäki, Mustila 27. V. 1949. — *Ka*, Kirchd. Sippola, bei der Försterschule 28. VII. 1947.

C. pinicola (Rebent.) Karst. — Karsten (1871, p. 210) teilt die erste brauchbare Diagnose dieses von ihm in Südfinnland zumindest bis hinauf nach Vaasa ziemlich häufig an der Rinde stehender Kiefern beobachteten Pilzes mit. Nach ihm sind die Sporen des Pilzes »conglobatae, 8:nae, acute fusoideo-elongatae, saepissime leviter curvulae, simplices, eguttulatae, incolores, longit. 18—32 mmm., crassit. 3—4 mmm.». Rehm (1896, p. 236) bezeichnet die Sporen als »verlängert spindelförmig, spitz, gerade oder etwas gebogen, meist einzellig, manchmal mit 2 kleinen Oeltropfen, farblos, 18—24—27 μ lang, 3—3.5 μ breit, zweireihig gelagert». Diese Beschreibung ebenso wie die anschliessende Abbildung (op. c., p. 217) lassen erkennen, dass es sich um die Karstensche Art handelt; auch die Standortsangabe »an der Rinde älterer Stämme von *Pinus silvestris*» passt auf Karstens Art.

Nach Ettlinger (1945, p. 45—46) sind die Sporen in der Schweiz 26.8—28.3 × 3.37—3.84 μ gross (Durchschnittswerte!). In dem von mir eingesammelten Material scheidet sich der Pilz deutlich zu einer selbständigen Art ab. Die Sporen sind recht charakteristisch: einzellig, schwach gebogen, spitz, unten deutlich länger zulaufend als oben, manchmal findet man in ihnen zwei oder mehrere Öltropfen, ein andermal wieder überhaupt keine, die Grösse beträgt 23—36 × (2.5—) 3—4.5 μ (Grenzwerte!). Pykniden habe ich in Verbindung mit diesem Pilz nicht gefunden.

Ich bin der Art an der Rinde von Kiefern in verschiedenen Teilen Südfinnlands (Helsinki mit Umgegend, Sippola, Kirchsp. Heinola, Punkaharju) begegnet. Im Winter 1943/44 war der Pilz in der Gegend von Helsinki in spärlicher Verteilung an den borkenbedeckten Stämmen fast sämtlicher sturmgeworfenen Kiefern zu finden, reichlicher an der vertrocknenden Rinde toter oder absterbender Äste; dasselbe war der Fall auf einer von mir am 4. XI. 1946 besichtigten Kiefernschlagfläche in Ruotsinkylä. Der Pilz verursacht in der befallenen Rinde keine Nekrosen und auch keine Bläuung des Holzes, sondern ist ein sich an dem toten Rindengewebe ernährender Saprophyt.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Lauttasaari 23. I.. 9. IV. und 1. V. 1944, 31. III. 1946, Huopalahti 25. III. und 19. XI. 1944 und Munkkiniemi 1. V. 1944, 12. VI. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1946. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 6. II. 1944. — *Sa*, Punkaharju 18. VII. 1945.

C. sororia Karst. — Diese Art wurde von Karsten (1871, p. 211) aus Tammela von Harzausflüssen auf der Rinde vertrockneter Kiefernzweige beschrieben. Die Sporen sind »fusoideo-oblongatae, simplices vel

spurie tenuiter 1—3 septatae, long. 12—18 mmm., crassit. 3.5—5 mmm.». Ferdinandsen et Jørgensen (1939, p. 204), die den Pilz gleichfalls beschrieben haben, bezeichnen die Sporen als 15—18 × 3.5—5 μ gross, septiert, mit 1 (—3) Querwänden; nach Ettlinger (1945) beläuft sich die Grösse der Sporen im schweizerischen Material auf 19.6—22.2 × 4.62—5.12 μ (Durchschnittswerte!). Nach Ferdinandsen et Jørgensen (op. c., p. 204—205) ist der Pilz ein Parasit, der an Kiefernzweigen Krebswunden verursacht.

Ich bin dem Pilz bei meinen Exkursionen in der Gegend von Helsinki sowie in Sippola und Punkaharju oft begegnet, und auch in den mir aus Joensuu zugelaufenen Astproben hat er nicht gefehlt. Man findet ihn, wenn man im Walde ein Auge auf etwa fingerdicke Zweige hält, insbesondere wenn sie einen kümmernden Wuchs aufweisen. Dann kann man an ihnen hier und da geringfügige Anschwellungen finden, deren jede eine Krebswunde trägt und von denen sich die Rinde in groben Schuppen abblättert. In einer solchen Krebswunde oder in deren Umgebung erblickt man gewöhnlich einige verhältnismässig grosse *Crumenula*-Apothecien vereinzelt oder in kleinen Gruppen. Sie ähneln sonst den Apothecien von *C. pinicola*, sind aber etwas grösser als diese, schwarz und aussen rauhhaarig. Die Grösse der Asci beträgt in meinen Proben etwa 90—130 × 9.5—13 μ, die der Sporen 19—26 × 4.5—6 (—7) μ. Die Sporen sind nicht so spitz und lang zulaufend wie bei *C. pinicola*, dagegen sind sie im fortgeschrittneren Alter mitunter 2(—4)zellig. Man bemerke, dass sie ihr charakteristisches Aussehen schon im Einzellenstadium haben, die Spindelform der *C. pinicola*-Sporen fehlt ihnen auch in der Jugend.

An denselben Wundstellen wie die obenerwähnten Apothecien findet man ausserdem fast regelmässig auch schwarze, kugelrunde Pykniden. In ihrem Inneren erblickt man eigentümliche verzweigte, vielzellige, etwa 25—60 μ lange und 4 μ breite grünlich-hyaline Konidien. Auf dieselben bezieht sich offenbar die Erwähnung bei Ferdinandsen et Jørgensen (op. c., p. 205): »— — — ejendommelige fingergrenede, svagt grønlige Konidier, med flere Tvaervegge (C. A. Jørgensen, upubl.)». Sie schreiben diese Gebilde der *C. sororia* zu. Auch in Finnland wird diese Art so regelmässig von jenen Pykniden begleitet, dass die Annahme offensichtlich stimmt. Doch findet man an Kiefernzweigen oft auch solche Wunden, die nur Pykniden, aber keine Apothecien enthalten; es ist also das Pyknidenstadium noch gemeiner als das Ascusstadium. Ferner ist zu bemerken, dass beide, sowohl das Pykniden- als das Ascusstadium, eine Blaufärbung des Holzes an der erkrankten Stelle verursachen. *C. sororia* ist also ein an den Zweigen der einheimischen Kiefer — sowohl an denjenigen noch junger, kleiner Bäume als an den Wipfelzweigen grosser, schon in das Stockholzalter eingetretener Stämme — Krebswunden und Bläuung des Holzes verursachender Parasit.

Hierauf beschränkt sich aber keineswegs das Auftreten des Pilzes. Man begegnet ihm auch als schlimmem Schädling in jungen Kiefernbeständen. So sind z. B. in den mir vom Epidemiegebiet bei Joensuu zugelaufenen Proben die toten Stämmchen öfters vom Pilz befallen, so dass es besonders an den Astwurzeln zu der Bildung von offenen Krebswunden mit Harzfluss und zur Bläuung des Holzes gekommen ist. Beim Untersuchen der oben im Anschluss an *C. abietina* schon erörterten Pilzverheerungen in den Murraykieferkulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala beobachtete ich an harzflussgeplagten Stämmen ganz regelmässig auch einen *Crumenula*-Pilz, dessen recht stattliche, fast schwarze und reich behaarte Apothecien zu Gruppen gehäuft an Stellen vorkamen, wo die Rinde vertrocknet und infolgedessen etwas eingesunken war. Gerade hier konstatiert man gewöhnlich auch einen überaus reichlichen Harzfluss. Die mikroskopische Untersuchung erwies, dass es sich um *C. sororia* handelte. Ausser reifen Apothecien sind in meinen Proben auch jene oben schon genannten, für diesen Pilz besonders charakteristischen Pykniden vertreten, die ihrerseits zur Sicherung der Artbestimmung beitragen. Diese Art war demnach ein gefährlicher Urheber von Rindennekrosen in Nuutajärvi.

Nachdem es sich nun in Nuutajärvi ergeben hatte, dass Harzflüsse an den Stämmen von *Pinus murrayana* durch Pilze verursacht sein können, besichtigte ich in diesem Sinne im Herbst 1947 auch die Murraykieferkulturen im Versuchsrevier Ruotsinkylä und stellte fest, dass auch in den dortigen Beständen hier und da harzflussgeplagte Stämme vorkommen, sowie dass bei den Ausflüssen oft gleichfalls Apothecien des in Rede stehenden Pilzes zu sehen waren. Um noch weiteren Aufschluss über das Auftreten des Pilzes in den Murraykieferkulturen des Landes zu erhalten, bat ich Forstmeister Y. K a n e r v a die betreffenden Kulturen in Punkaharju zu durchgehen und im Falle von Harzfluss mir Rindenproben zur Untersuchung zu senden. Forstm. Kanerva teilte mir mit, dass von Harzflüssen in den Murraykieferkulturen von Punkaharju nicht viel gesprochen werden kann, sandte mir aber die gebetenen Proben von zwei Bäumen. Beide enthielten reichlich Apothecien von *Crumenula sororia*. Im Herbst 1948 erbot sich mir auch selbst die Gelegenheit, das Auftreten der Art in den Murraykieferkulturen von Punkaharju zu beobachten. Wie gesagt, so sind aber die durch ihn verursachten Schäden dort wenigstens vorläufig noch gering. Auch im Arboretum Mustila fand ich den Pilz im Frühjahr 1949, obwohl sehr spärlich, an den Murraykiefern vor. — Es scheint also, dass dem Pilz in unserem Lande eine Neigung eigen ist, von der einheimischen Kiefer auf die Murraykiefer überzutreten, wo ausser den Ästen auch die Stämme durch ihn infiziert werden, so dass es unter Umständen zu selbst ernstlichen Verheerungen kommen kann.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Huopalahti, mehrere Proben, u. a. 28. VI. 1944 (vidit J. A. Nannfeldt 1947), Munkkiniemi 1. V. 1944, Meilahti 23. IV. 1944, Kulosaari 14. V. 1944 und Seurasaari 8. VI. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. und 29. XI. 1946; Elimäki, Mustila 27. V. 1949. — *Ka*, Sippola, Ruotila 8. VI. 1944. — *Sa*, Punkaharju 21. X. 1948. — *Kb*, Joensuu 12. V. 1945. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 7. V. und 17. X. 1947; Elimäki, Mustila 27. V. 1949. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. V. 1947. — *Sa*, Punkaharju 1. XII. 1947, 21. X. 1948.

Dasyscypha*[1] *abietis (Karst.) Sacc. — Nach Karsten (1871, p. 154) wenigstens in Südfinnland vom Herbst bis zum Frühjahr an dürren Fichtenzweigen ziemlich häufig. Auf meinen südfinnischen Untersuchungsgebieten an toten, aber noch berindeten Fichtenzweigen ein gemeiner und stellenweise mit *Tryblidiopsis pinastri* der wichtigste Pilz, dem man jedoch auch in Nordfinnland zumindest bis hinauf nach Sodankylä begegnet. Die Sporen sind im Winter noch nicht vollgebildet, reifen aber schon im Vorfrühling aus. Die Asci sind nach Karsten (l. c.) 70 × 8—10 μ, die Sporen 11—14 × 2.5—3.5 μ gross; die entsprechenden Werte in meinem Material betragen 50—80 × 7—10 μ und 13—18 × 2.9—4 μ, es sind also die Sporen grösser als in Karstens Material. Die Sporen sind spindelförmig, zweizellig, mit einem grossen Öltropfen in jeder Zelle.

Rehm (1896, p. 834) hat den Pilz mit *D. subtilissima* (Cke) Rehm zu einer Art vereinigt, *D. abietis* unterscheidet sich aber durch die Sporen ebensowie durch ihren typischen Standort auf der Rinde der Äste und des Stammes von Fichten distinkt von allen anderen Arten der Gattung. In sämtlichen von mir beobachteten Fällen ist der Pilz als schlichter Saprophyt aufgetreten.

Proben: Espoo, Kasberg 20. X. 1946; Helsinki, Seurasaari 23. I. und 12. XI. 1944, Lauttasaari 30. IV. und 22. VII. 1944, Ruskeasuo 23. XII. 1943, 19. VI. 1944 und Degerö 30. VIII. 1944; Tuusula, Ruotsinkylä 6. und 26. II. 1944. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 22. VIII. 1947. — In sämtlichen Fällen an *Picea excelsa*.

D. calyciformis (Willd.) Rehm p. p. — Über das Artrecht dieses Pilzes sind verschiedene Meinungen vorgebracht worden. Karsten scheint die an *Abies* vorkommende *Dasyscypha*-Form unbekannt geblieben zu sein. Rehm (1896, p. 834—835) hat indessen auch Karstens *Helotium calycinum* zu der vorliegenden Art *Dasyscypha calyciformis* geführt, dagegen unterscheidet z. B. Jørstad (1925, p. 39) zwei Arten: *D. subtilissima* (Cke) Sacc. und *D. calyciformis* (Willd.) Rehm p. p., von denen erstere hauptsächlich die Kiefer bewohnt, letztere wieder zur Hauptsache

[1] Nannfeldt (1932, p. 299) ist der Ansicht, dass der Name *Dasyscypha* den Nomenklaturregeln gemäss völlig zu streichen sei, und schlägt an dessen Stelle den Namen *Trichoscyphella* vor. Mit Rücksicht auf den ausgedehnten Gebrauch des erstgenannten Namens haben jedoch andere (z. B. Hahn und Ayers sowie Ferdinandsen und Jørgensen) ihn beibehalten, weil er ja auf jeden Fall nicht zu schlimmeren Missverständnissen leitet. Ich folge ihrem Besipiel.

auf *Abies* zu finden ist. Jene hat grössere Sporen, aber bedeutend kleinere Apothecien als diese. Ferdinandsen et Jørgensen (1939, p. 194) dagegen führen in Übereinstimmung mit Rehm nur *D. calyciformis* (Willd.) Rehm als forstschädlichen Pilz aus Dänemark an und meinen, dass man bei der Aufteilung der Gattung zu weit gegangen sei; ein ähnliches Bedenken ist vordem auch u. a. von Nannfeldt (1932, p. 298) geäussert worden.

Meine Beobachtungen decken sich indessen am besten mit den Ausführungen Jørstads (l. c.). Ich bin dem Pilz *Dasyscypha calyciformis* (Willd.) Rehm p. p. demgemäss in Punkaharju reichlich an den Ästen und den Stämmen von *Abies sibirica* (Asci 50—56 × 4—4.8 μ, Sporen 4.8—7.2 × 2.5—3.5 μ), desgleichen auf *A. concolor* (Asci etwa 48 × 5 μ, Sporen 4.5—6.5 × 2.5 μ), bei Nuutajärvi in Urjala an den Ästen von *A. sibirica* und *A. pectinata*, in Evo an den Ästen und Stämmen von *A. sibirica* und im Kirchd. Sippola gleichfalls an *A. sibirica* begegnet. Die Art ist in Finnland ganz unzweifelhaft als ein häufiger Bewohner der *Abies*-Arten zu bezeichnen. Im Arboretum Mustila in Elimäki kam der Pilz auch an der toten Rinde von *Pseudotsuga* vor (Sporen 5—6.8 × 3 μ). Die Apothecien wiesen überall eine recht beträchtliche Grösse auf, die die Grösse der Apothecien von *Dasyscypha subtilissima* bedeutend übertrifft; oft haben sich Durchmesserwerte von 4—5 mm ergeben.

Dasyscypha calyciformis ist also ein speziell an *Abies*-Arten, in geringem Umfang auch an *Pseudotsuga* auftretender Rindensaprophyt. In Punkaharju begegnet man ihm freilich auch an lebenden Stämmen in Verbindung mit Rindennekrosen (Abb. 5), ob er aber in diesem Falle als wirklicher Primärparasit aufzufassen ist, konnte ich nicht entscheiden. Nach Jørstad (op. c.) ist allerdings die Art in Norwegen auch als Rindensaprophyt an der Kiefer und als Parasit an *Abies* angetroffen worden. In der Schweiz hat der Pilz, wie Schellenberg (1905) berichtet, in Adlisberg einen ganzen dreissigjährigen *Abies sibirica*-Bestand getötet. — In Dänemark fühlt sich *Dasyscypha calyciformis* (Willd.) Rehm nach Ferdinandsen et Jørgensen (l. c.) besonders wohl auf *Pinus contorta*, auf dieser Art Krebswunden und meterhohe Rindennekrosen an den Stämmen hervorrufend. Manche Kulturen sind infolge der Verheerungen bereits völlig eingegangen. Die Epidemie bricht etwa im 15. Lebensjahr der Bäume aus und äussert sich in Form eines beginnenden Absterbens der unteren Äste. Der Pilz setzt sich nämlich zuerst an den absterbenden Ästen fest, um dann von diesen aus gegen den Stamm vorzudringen. Es ergibt sich ein annähernd ähnliches Bild wie bei den Angriffen von *D. subtilissima*, die zu studieren ich in den Murraykieferkulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala Gelegenheit hatte (siehe weiter unten). Zieht man in Betracht, das Ferdinandsen et Jørgensen (l. c.) die letztgenannte Art nicht getrennt be-



Abb. 5. Stammgrund einer lebenden *Abies sibirica* mit langgestreckten, durch *Dasyscypha calyciformis* zuwegegebrachten Nekrosen. Die Apotheciengruppen treten als weissliche Flecken hervor. — *Sa*, Punkaharju, 20. X. 1948.

handeln, so scheint es mir höchst wahrscheinlich, dass der Schadenurheber wie in Urjala auch in Dänemark nicht *D. calyciformis*, sondern eben *D. subtilissima* gewesen ist.

Der als Urheber der Einschnürungskrankheit an *Abies* in Deutschland bekannte Pilz *Phomopsis abietina* (Hart.) Wils. et Hahn ist ehedem als die Pyknidenform von *Dasyscypha calyciformis* dargestellt worden (vgl. Rehm l. c.). Indem jedoch diese *Phomopsis*-Art überhaupt nicht z. B. in Punkaharju vorgekommen ist, trotzdem doch dort *Dasyscypha calyciformis* ausserordentlich reichlich auftritt, erscheint die erwähnte Annahme wenig wahrscheinlich.

Auf jeden Fall ist also *Dasyscypha calyciformis* ein von den übrigen *Dasyscypha*-Arten getrennt zu haltender, zumal an den *Abies*-Arten Bedeutung erreichender, wenngleich in Finnland vorläufig nicht verheerend aufgetretener Schädling. Auf unseren einheimischen Nadelhölzern ist der Pilz bis jetzt noch überhaupt nicht angetroffen worden. Karis (1936, p. 9) »*D. calyciformis?* (Willd.) Rehm»-Fund aus Sodankylä dürfte bei *D. subtilissima* zu unterbringen sein. Es ist zu vermuten, dass *D. calyciformis* erst mit der Sibirischen Tanne nach Finnland gelangt ist.

Prober: *Abies sibirica: Ka*, Kirchd. Sippola 29. VII. 1947. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947; Lammi, Evo 29. VI. 1947. — *Sa*, Punkaharju 4. II. und 26. V. 1944, 19. VII. 1945, 15. V. 1946, 20. X. 1948. — *A. concolor: Sa*, Punkaharju 26. V. 1944. — *A. pectinata: Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947. — *Pseudotsuga taxifolia: N*, Elimäki, Mustila 28. V. 1949.

D. calycina Fuck. (non Schum.). — Die Amerikaner C. G. Hahn und T. Ayers (1934) sind bei ihren Untersuchungen und Infektionsversuchen entgegen der herrschenden Auffassung zu dem Ergebnis gekommen, dass an Lärchen in Europa zwei grosssporige *Dasyscypha*-Arten vorkommen: der Saprophyt *D. calycina* (Abb. 6 a) und der obligatorische Parasit *D. Willkommii* (Abb. 6 b, 7). Diese Arten unterscheiden sich voneinander ausser in ökologischer Beziehung u. a. dadurch, dass die Apothecien bei *D. Willkommii* kräftiger gebaut, die Asci (126—172.8 × 9—14 μ) länger und die Sporen (15.6—27.8 × 6—9.4 μ) grösser und oft mit einer verschmälerten oder ausgezogenen Spitze versehen sind. Bei

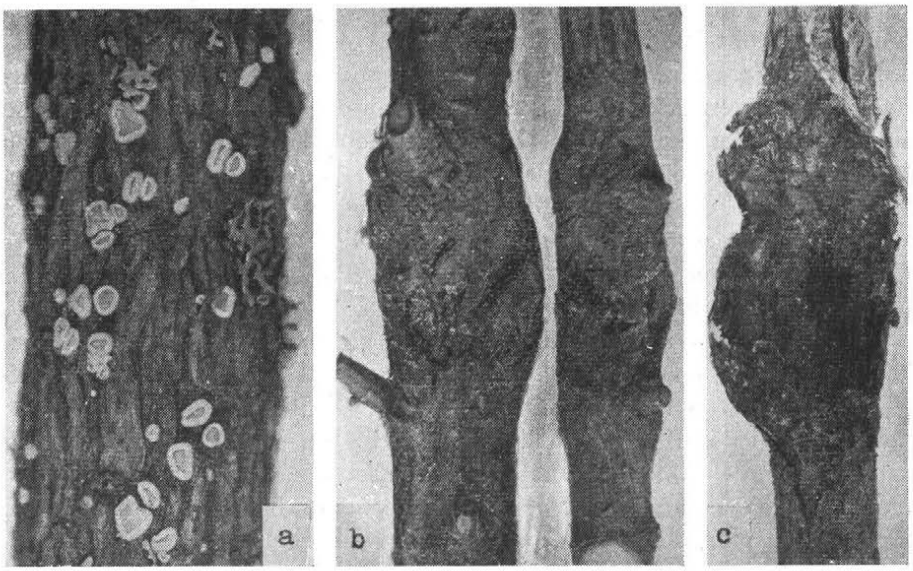


Abb. 6. *a: Dasyscypha calycina* saprophytisch auf einem Ast von *Pinus divaricata* (Vergr. 2 ×). *Ta*, Punkaharju 26. V. 1944. — *b: Dasyscypha Willkommii* in Krebskröpfen am Stamme einer *Larix sibirica* (etwa ½ nat. Gr.). *Ta*, Lammi, Evo 2. VII. 1947. — *c:* Krebswunde mit zahlreichen Apothecien von *Dasyscypha resinaria* am Stamme einer kümmernden Fichte (etwa ½ nat. Gr.). *N*, Helsinki, Huopalahti 25. II. 1944.

D. calycina wiederum sind die Apothecien etwas zarter, die Asci (82.6—165.6 × 6.8—12.8 μ) und die Sporen (12.6—21.4 × 4.2—8.4 μ) kleiner und etwas weniger zugespitzt, und die Paraphysen tragen zumal an ihrem oberen Ende Anschwellungen (sind »moniliaförmig»). Diese Befunde der amerikanischen Forscher haben indessen nicht allgemeine Anerkennung gefunden (siehe z. B. Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 184).

Bei erneuter Überprüfung meines Materials habe ich nun feststellen können, dass die Beobachtungen von Hahn und Ayers auch im finnischen Material anscheinend zutreffen. Die Grösse der Apothecien und die Form der Sporenspitze sowie zumal der Paraphysen stellen sich tatsächlich als Merkmale heraus, mittels welcher sich die saprophytische Form vom Parasiten trennen lässt.

D. calycina ist meinen Beobachtungen gemäss in Finnland so gemein, dass der Pilz wohl kaum in einer einzigen süd- und mittelfinnischen Lärchenkultur fehlen dürfte (aus Nordfinnland liegen vorläufig keine Angaben vor). Besonders reichlich begegnet man dem Pilz an den unteren sterbenden Ästen der jungen, im besten Wachstum stehenden Bäume (Punkaharju; Urjala, Nuutajärvi).

D. calycina gedeiht vorzüglich an sämtlichen in Finnland angebauten Lärchenarten. Ausserdem bin ich dem Pilz reichlich auch an den ab-

gestorbenen unteren Ästen von *Pinus murrayana* und *P. divaricata* in Punkaharju, desgleichen an toten Trieben von *P. cembra*, *Abies concolor* und sogar *Picea excelsa* begegnet; in Helsinki wurde die Art gleichfalls spärlich an toten Ästen der gemeinen Fichte in einem Lärchenbestand angetroffen. Im Arboretum Mustila in Elimäki hatte der Pilz auch *Pseudotsuga* besiedelt, auf welcher Holzart er auch in Amerika oft vorgekommen ist. Obwohl die Art auf mehreren, verschiedenen Gattungen zufallenden Nadelhölzern zu gedeihen vermag, ist ihre ausgesprochenste Wirtspflanze dennoch die Lärche; erst mit dieser ist der Pilz offenbar seinerzeit nach Finnland gelangt.

Auch in Schweden scheint die saprophytische Form zu überwiegen. So liegt z. B. nach Lagerberg et Sylvén (1913, p. 118—120) nördlich des Dalsälven nur die saprophytische »*D. Willkommii*» vor.

Die obenerwähnte Untersuchung von Hahn et Ayers ist wichtig insbesondere deshalb, weil man sich dank ihrer zu dem häufigen bzw. reichlichen Vorkommen der grosssporigen saprophytischen *Dasyscypha*-Form in unseren Lärchenbeständen sorglos verhalten kann. Entgegen dem, was man bisher geglaubt hat, vermag diese Form unter keinen Umständen Lärchenkrebs hervorzurufen.

Proben: *Larix* spp.: *N*, Helsinki, Meilahti 16. IV., 16. V. und 31. XII. 1944, Ruskeasuo 10. XI. 1945, 18. IV. 1946 und Hesperia-Park 15. IV. 1944. — *Ka*, Kirchd. Sippola 23. IV. 1946. — *Sa*, Punkaharju 5. XII. 1943, 26. V. 1944, 23. VII. 1945. — *Pinus murrayana*, *P. divaricata*, *P. cembra* und *Abies concocolor*: *Sa*, Punkaharju 26. V. 1944. — *Picea excelsa*: *Sa*, Punkaharju 25. VIII. 1943, 16. IV. 1944 (Sporen 16—22 × 7.2 μ). — *Pseudotsuga taxifolia*: *N*, Elimäki, Mustila 27. V. 1949.

D. fuscosanguinea Rehm — Dieser Pilz ist schon seit langem als gefährlicher Schädling junger Kiefernpflanzen in Nordkandinavien bekannt gewesen (siehe Lagerberg 1912, 1913; Jørstad 1925), ebenso in den Alpen, wo auch *Pinus Pumilio* und *P. cembra* von ihm angegriffen werden (Rehm 1896, p. 848). In Karstens Sammlung im Herbarium Musei Fennici finden sich Proben dieses Pilzes von dünnen, jüngstgestorbenen Kiefernzweigen aus Mustiala (Portas 18. XI. 1886, Lautaporras 15. XI. 1886). Kangas (1927, p. 98—99, 146—147) hat den Pilz als wichtigen Schädling der Kiefernkulturen in Nordfinnland gefunden und nennt folgende Orte: Säräisniemi, Iso-Apina zwischen Turtola und Pello, Askonkylä im Kirchsp. Sodankylä, ferner Naamakoski am Flusse Jeesiöjoki, einen Punkt zwischen der Landstrasse und dem Flusse Kuolajoki östlich der Kirche in Salla und die Anhöhe Kaihuanvaara bei Rovaniemi, ja es soll der Pilz nach ihm (p. 146) auch auf der Heide Pohjankangas in Südwestfinnland vorkommen. Dr. R. Sarvas hat i. J. 1936 eine Probe aus Puukkomaa in Muonio mitgebracht. Mir selbst bot sich im Sommer 1939 in Kittilä die Gelegenheit zu Beobachtungen über diesen durch seine schön braunen, mit rot-orangefarbenem Hyme-

nium versehenen Apothecien leicht kenntlichen Pilz. Bei Immeljärvi z. B. hatte der Pilz den noch nicht meterhohen Kiefernnachwuchs arg beschädigt, und auch an ein paar anderen Orten in Kittilä wurden bei der gleichen Gelegenheit reichliche Vorkommnisse des Pilzes festgestellt. Die Stämmchen der Pflanzen wiesen arge Krebswunden auf, die die oberhalb der Wunde gelegenen Teile der Pflanze zum Absterben gebracht hatten.

Ende August 1947 stellte ich Beobachtungen über das Auftreten der Art in Sodankylä an. Der Pilz war dort an den kleinen Kiefern der CECIT-Heiden überaus häufig zu finden; stellenweise waren auf weiten Flächen etwa 5 % der Pflanzen befallen. Der Pilz greift vorzugsweise die fingerstarken Kiefernpflanzen an, doch begegnet man ihm bisweilen auch an dickeren, bis armstarken Stämmen, am gewöhnlichsten am Stammgrund dicht über dem Boden, wo er die Bildung einer Krebswunde verursacht, in welcher die charakteristischen Apothecien der Art stets zahlreich zu finden sind. Die Pflanze erliegt allmählich, gewöhnlich im Verlauf von ein paar oder drei Jahren, dem Angriff. Mitunter haben sich auch andere Pilze eingefunden, doch scheint es, wie wenn *D. fuscosanguinea* unter ihnen den ausgeprägtesten Parasitismus an den Tag legte und am verheerendsten aufträte. Merkwürdig war der Umstand, dass der Pilz überhaupt nicht auf den Kiefernpflanzen der frischen Heiden vorkam. Es könnte darum anzunehmen sein, dass die Dürre und die Dürftigkeit des Standorts die Pflanzen empfänglicher gegen die Angriffe des Pilzes machen. Auf der anderen Seite lässt das Auftreten des Pilzes namentlich auf den flechtenreichen Flächen den Verdacht aufkommen, dass den Renntieren ein Anteil an der Erkrankung der Pflanzen zukommen könnte, z. B. so, dass die Tiere im Winter beim Graben nach Nahrung mit ihren Hufen die Rinde der Pflanzen verwunden und auf diese Weise dem Pilz den Eintritt bereiten. Ich versuchte hierüber Beobachtungen anzustellen. Es schien aber, dass die Nekrose in gewissen Fällen auch im Bereich der unbeschädigten Rinde auftrat. Man hat sich indessen daran zu erinnern, dass das Myzel in der Pflanze Wanderungen unternehmen kann, so dass sich also der Infektionspunkt keineswegs immer gerade an der nekrotisierten Stelle zu befinden braucht. Diese Frage verdiente jedoch wegen ihrer Wichtigkeit auch experimentell untersucht zu werden (z. B. mittels Einfriedigungen). An ausgewachsenen Kiefern traf ich den Pilz nicht an, der obenerwähnte Fund von Karsten erweist aber, dass man ihm bisweilen jedenfalls als Saprophyten auch an ganz dünnen Zweigen grösserer Kiefern und sogar an den Nadeln begegnen kann. Auch nach Björkman (1948, p. 112) tritt der Pilz zuweilen auch saprophytisch an Kiefernnadeln auf, wenn diese vorher durch die Schneeschütte *(Phacidium infestans)* beschädigt worden sind.

Meine 25. VIII. 1947 in Sodankylä gesammelten Proben haben vollreife Sporen; diese werden daher anscheinend im Hoch- und Spätsommer ausgestreut.

Proben: *Lkem*, Muonio, Puukkomaa, Juli 1936 (R. Sarvas); Kittilä, Immeljärvi 9. VI. 1939; Kirchd. Sodankylä 26. VIII. 1947. — Durchgehends an *Pinus silvestris*.

D. pulverulenta (Lib.) Sacc. — Eine ausserordentlich schöne, durch ihre mit goldig-roten Papillen besetzten zottigen Apothecien leicht kenntliche Art, die schon Karsten am 27. XI. 1865 an Kiefernnadeln in Mustiala sammelte. Ich bin dem Pilz in Hiebsresthaufen an vermorschenden, aber noch an den Zweigen festsitzenden Kiefernnadeln sowohl in Süd- als in Nordfinnland begegnet. Saprophyt.

Proben: *N*, Helsinki, Huopalahti, auf Reisermoor 18. IV. 1949 (immat.). — *Ka*, Sippola, Saramaa, trockne Kiefernheide, Aug. 1948. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, trockne Heide 26. VIII. 1947 (Asci 36 × 4 μ, Sporen 5—6.7 × 1.5—2.5 μ).

D. resinaria (Cke et Phill.) Ferd. et Jørg., Syn. *Lachnellula resinaria* (Cke et Phill.) Rehm p. p., *Trichoscyphella resinaria* (Cke et Phill.) Nannf., und ***Lachnellula Rehmii*** Ferd. et Jørg. — Ich habe früher (Kujala 1935) das Vorkommen eines hierhergehörigen Pilzes in Korpikylä, Kirchsp. Kivennapa (*Ik*) erörtert, wo er auffallend reichlich zumal in den im Querschnitt V-förmigen Krebswunden an den Stämmen stehender Fichten gefunden wurde (Abb. 6 c). Ähnliche Wunden sind wenigstens in Südfinnland an kümmernden Unterwuchsfichten eine häufige Erscheinung. *Dasyscypha*-Apothecien findet man in ihnen jedoch nur selten. Ich habe solche ausser in Korpikylä einigemal auch in der Gegend von Helsinki gefunden. Wie das Krankheitsbild, entsprechen auch hier der Bau und zumeist auch die Grösse der Apothecien, Asci und Sporen durchaus denjenigen der Korpikylä-Proben, doch sind die Apothecien in der Helsinki-Gegend noch kleiner (im vollreifen Zustand meistens unter 1 mm) als in Korpikylä, wo sogar 2.5 mm breite Apothecien vorgefunden wurden. Die Form der Sporen schwankt jedenfalls bei dieser Art auch in ein und derselben Probe von beinahe rund bis ziemlich länglich; ganz kugelrund sind aber die Sporen kaum jemals, und darum müssen bei ihrer Grössendefinition stets sowohl Länge als Breite angegeben werden. Auf der anderen Seite bewirken es aber die rundliche Form und die Kleinheit der Sporen, dass sie im Präparat oft auf dem Kopf stehen, und darum ist bei ihrer Messung stets Vorsicht geboten. In Korpikylä waren die Sporen etwa 2.5—3 × 2—2.5 μ gross, bei den Helsinki-Proben betragen die entsprechenden Masse 2.5—4.5 × 1.8—2.8 μ; die Asci wurden in Helsinki etwa 36—44 × 4—4.8 μ gross gefunden.

Dr. T. J. Hintikka hat in einem Zusammenhang hervorgehoben, dass ich den fraglichen Pilz falsch bestimmt hätte und dass es sich in Wirklichkeit um *Lachnellula chrysophthalma* (Pers.) Karst. handelte. Ich habe demzufolge meine Proben erneut sorgfältig untersucht und sie auch mit den *L. chrysophthalma*-Proben der Karstenschen Sammlung verglichen.

Nachdem ich mich noch mit der letztgenannten Art an Hand eines umfangreichen nordfinnischen Materials vertraut gemacht habe, bin ich zu der Überzeugung gelangt, dass meine Fichtenpilze nicht zu der Art *Lachnellula chrysophthalma* und wohl kaum auch einmal derselben Gattung zugezählt werden können. Ausser durch die beträchtlichere Grösse der kennzeichnenden Teile unterscheidet sich *L. chrysophthalma* von meinen Pilzen insbesondere dadurch, dass bei ihr die Sporen faktisch kugelrund und überdies weit grösser, etwa 4.5—5 μ im Durchmesser, sind.

Wenngleich *Lachnellula chrysophthalma* also in diesem Zusammenhang ausscheidet, bleibt die hier in Rede stehende Art trotzdem immer noch kritisch. Nach Rehm (1896, p. 864) sind die Sporen der englischen Exemplare von Phillips länger (bis 5 μ), als die deutschen (2.5—3 μ). Ferdinandsen et Jørgensen (1938—39, p. 182) haben denn auch eine Zweiteilung der hierhergehörigen Pilze unternommen und unterscheiden demnach *Dasyscypha resinaria* (Cke et Phill.) Rehm p. p. mit länglichen (3—4.5 × 2—2.5 μ) und *Lachnellula Rehmii* Ferd. et Jørg. mit annähernd runden (2.5—3.5 μ) Sporen. Meine Proben nähern sich mehr der ersteren oder fügen sich mittelwegs zwischen die beiden ein. So bewegt sich die Grösse der Sporen in einer von mir in Huopalahti bei Helsinki genommenen Probe bei 3—4.5 × 1.8—2.5 μ, was recht gut der *Dasyscypha resinaria* (Cke et Phill.) Ferd. et Jørg. entspricht. In den Korpikylä-Proben sind die Sporen etwas kleiner und runder. Es könnte sich dabei möglicherweise schon um *Lachnellula Rehmii* Ferd. et Jørg. handeln, allein ich habe mich von der Artberechtigung dieses Pilzes — um von der Gattungszugehörigkeit gar nicht zu reden — nicht überzeugen können. Nannfeldt hat sich betreffs der Huopalahti-Proben meiner Artbestimmung angeschlossen und sie zu »*Trichoscyphella resinaria*» determiniert, die Korpikylä-Proben benennt er aber nicht, weist nur auf die rundere Form der Sporen hin. Wie gesagt, ganz rund sind aber auch sie nicht.

Dem Auftreten dieser wegen ihrer Kleinheit zumal bei trockner Witterung schwierig wahrnehmbaren Pilze müsste in unserem Lande dauernd Beachtung geschenkt werden. Auch wenn ihre Schädlichkeit unter Normalbedingungen nicht gross ist, können sie gelegentlich epidemisch auftreten, wie es der Fall von Korpikylä und auch Angaben aus anderen Ländern erweisen. Zur Hauptsache sind jedoch ihre Angriffe lediglich auf den minderwertigen Unterbestand beschränkt.

Proben: *N*, Helsinki, Huopalahti 3. XI. 1935, 25. II. 1944 (det. J. A. Nannfeldt 1947: *Trichoscyphella resinaria* (Cke et Phill.) Nannf.) sowie 25. III., 1. V. und 19. VI. 1944; Tuusula, Ruotsinkylä, Mai 1949. — *Ik*, Kivennapa, Korpikylä 29. VIII. 1935 (vielleicht *Lachnellula Rehmii* Ferd. et Jørg.). — Durchgehends an *Picea excelsa*.

D. subtilissima (Cke) Sacc. — Karsten (1871, p. 154) erwähnt *Helotium calycinum* (Schum.) Karst. als einen in Finnland an Rinde und Ästen der Kiefer ziemlich häufigen Saprophyten. Es handelt sich aber dabei nicht um die vorerwähnte *Dasyscypha calycina* Fuck., sondern um eine kleinsporige Art, ganz offenbar die in der Überschrift genannte *D. subtilissima* (Cke) Sacc.

Ich habe die Apothecien dieses Pilzes mehrenorts in Südfinnland angetroffen. Sie sind, wie auch schon Karsten erwähnt, ziemlich klein, nur 1—2 mm breit, weiss oder bisweilen schwach gelblich angelaufen. Oft sitzen demselben Basalstroma mehrere Apothecien auf. Die Sporen ähneln am meisten denjenigen von *D. calyciformis*, unterscheiden sich aber von diesen, wie auch Jørstad (1925, p. 39) bemerkt hat, durch ihre etwas beträchtlichere Grösse (*D. subtilissima:* 6.5—10.5 × 2—3 μ, in meinem Material 5.2—9 × 2.5—4 μ; *D. calyciformis:* 5—7.5 × 2—3 μ, in meinem Material 4.8—7.2 × 2.5—3.5 μ). Ganz von diesen verschieden sind die Sporen bei *D. abietis*, und zwar sind sie weit länger, mit grossen Öltropfen versehen und schliesslich zweizellig; auch die Apothecien der *D. abietis* sind erheblich grösser als die der *D. subtilissima*. Wenn Reh m (1896, p. 833) die letztgenannte Art in *D. abietis* aufgehen lässt, so kann dies nur so zu erklären sein, dass ihm von beiden Arten keine tadellos entwickelten Proben zur Untersuchung vorgelegen haben.

Weit häufiger als die Apothecien der Art sind indessen ihre Pykniden. Zumal die grössten unter ihnen erinnern, wie Jørstad (l. c.) bemerkt, äusserlich an die Apothecien, sind aber etwas unregelmässiger, weich und leicht zerbrechlich, so dass die honiggelbe Konidienmasse in ihrem Inneren sichtbar wird. Karsten (l. c.) gibt die Masse der Konidien mit 4—5 × 0.5 μ an. Ich habe in manchen Fällen unter diesen Pykniden auch Apothecien angetroffen, und zwar in solcher Anordnung, dass ein Teil des Hyphengewebes das Apothecium, ein anderer die Pyknide gebildet hat. Ja es sind auch solche Fälle vorgekommen, wo sich die Pyknide im basalen Teil des Apotheciums gebildet hat; im oberen Teil dieses Fruchtkörpers befindet sich ein ausgeprägtes Hymenium, jedoch mit unentwickelten Asci. Als Regel gilt jedoch, dass der Pilz nur Pykniden erzeugt; es scheint denn auch der Art eine grössere Neigung zur Pyknidenbildung eigen zu sein, als allen anderen Arten der Gattung.

D. subtilissima, einschliesslich des Pyknidenstadiums, ist in meinen Untersuchungsgebieten an den Zweigen der Kiefer ein häufiger Pilz. Man findet ihn sowohl am wachsenden Baum als insbesondere in Reisighaufen, im ersteren Falle einmal an toten, ein andermal wieder an lebenden Ästen, wo es dann auch durch seine Einwirkung zu der Bildung einer Krebswunde und damit einhergehend stets auch zur Bläuung des Holzes gekommen ist.

Ausser auf der einheimischen Kiefer tritt der Pilz auch auf *Pinus murrayana* auf. So fand ich reichlich Pykniden und Apothecien in den

umfassenden Murraykieferkulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala, und zwar an etwa 20jährigen, in bester Wuchskraft befindlichen Stämmen, an welchen der Pilz Rindennekrosen hervorruft, die einen reichlichen Harzfluss zeigen. Zusammen mit *Crumenula sororia* und einigen anderen Arten hat der Pilz in Nuutajärvi ernstlichen, vielfach zum Tode der Bäume führenden Schaden verursacht. Da nun aber neben ihm auch andere Schadpilze in den Kulturen auftraten, konnte nicht ermittelt werden, ob er in Nuutajärvi als primärer Schadenurheber aufgetreten ist und welche spezielle Bedeutung ihm daselbst zugeschrieben werden müsste.

In der Gegend von Helsinki habe ich Apothecien und Pykniden des Pilzes ein paarmal auch an bodenliegenden toten Ästen der Fichte angetroffen, doch ist der Pilz auf dieser Holzart offenbar nur als zufällig zu betrachten. Einmal bin ich der Art auch an der frostbeschädigten Rinde von *Abies concolor* begegnet.

Dasyscypha subtilissima ist also ein Pilz mit parasitischen Neigungen und kann unter Umständen insbesondere für die Murraykiefer gefährlich werden. In den Naturwäldern Finnlands ist die pathologische Bedeutung des Pilzes gering gewesen.

Proben: *Abies concolor: N*, Helsinki, Botanischer Garten der Universität 12. IV. 1945 (vorw. Pykniden; Sporen 5.5—6 [—7.2] × 2 μ). — *Picea excelsa: N*, Helsinki, Munkkiniemi 10. XII. 1947 und Lauttasaari 30. IV. 1947. — *Pinus silvestris: N*, Helsinki, mehrenorts: Hiekkaranta, Töölö, Meilahti, Ruskeasuo, Munkkiniemi, Lauttasaari, Seurasaari, Huopalahti, Degerö; Lapinjärvi 23. V. 1948. — *Sa*, Punkaharju 21. VII. 1945. — *Kb*, Joensuu 25. V. 1945. — *Pinus murrayana: Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947.

Es möge in diesem Zusammenhang erwähnt werden, dass ich in Huopalahti bei Helsinki und in Ruotsinkylä, Kirchsp. Tuusula, an der gemeinen Kiefer, desgleichen in Punkaharju an der Murraykiefer eine äusserlich der obigen ähnliche *Dasyscypha*-Form gefunden habe, deren Sporen jedoch ganz anders aussehen, indem sie relativ länger, gewissermassen wurstförmig sind; Asci 40—53 × 4—5 μ, Sporen 6—9 (—13) × 2—2.5 μ. Es ist möglich, dass hier eine neue *Dasyscypha*-Art vorliegt.

D. Willkommii (Hart.) Rehm, Syn. *Trichoscyphella Willkommii* (Hart.) Nannf. — Wie oben bei *D. calycina* bereits hervorging, gibt es an Lärchen in Europa wahrscheinlich zwei durch grosse Sporen gekennzeichnete *Dasyscypha*-Formen, von denen die eine stets nur saprophytisch, die andere stets nur parasitisch auftritt (Hahn et Ayers 1934, 1943). *D. Willkommii* ist nun dieser Parasit. Karsten erwähnt in seinen Arbeiten noch keine lärchenbewohnenden *Dasyscypha*-Arten aus Finnland, aber Liro (1924, p. 343) gibt in seinem Lehrbuch an, dass »*D. Willkommii*» in Finnland lediglich als Saprophyt auftrete, eine Angabe, die sich also nur auf *D. calycina* beziehen kann. Wann und auf

welchen Wegen *D. Willkommii* nach Finnland gelangt ist, ist nicht bekannt. Der erste mir bekannte sichere Fund stammt von Forstmeister T. Rancken aus Dragsfjärd, Kirchsp. Kemiö, der i. J. 1924 der Forstlichen Forschungsanstalt ein etwa 8 cm dickes mit Krebswunden besetztes Stammstück einer Lärche zusandte. Im Begleitzettel wird unter anderem mitgeteilt, dass die Probe aus einem etwa 50jährigen Lärchenbestand stammt, in welchem die Epidemie schlimme Verwüstungen angerichtet hat; Krebswunden sind an der Stammoberfläche von 6—8 m aufwärts vorgekommen, ausserdem an den Ästen; die am ärgsten betroffenen Bäume zeigen schwachen Wuchs (D 1.3 m: 10—15 cm). Die Probe enthält auch Apothecien, die eine Nachprüfung der Artbestimmung erlauben. In einem Aufsatz teilt Rancken (1925, p. 92) mit, dass einige Lärchen beim Gehöft Björkboda offenbar zumindest schon seit 1917 vom Krebs geplagt worden sind; 1925 trat der Lärchenkrebs in den *Larix europaea*-Kulturen des erwähnten Gehöfts so reichlich auf, dass, wenn alle erkrankten Stämme beseitigt worden wären, das Resultat eine »Samenschlagstellung» ergeben hätte.

Im Oktober 1944 beobachtete ich an den Stämmen und Zweigen einiger grossen Lärchen *(L. europaea)* bei Tuomarinkylä im Kirchsp. Helsinki Krebswunden und in diesen Apothecien von *Dasyscypha Willkommii*. Ich erhielt den Eindruck, dass die Lärchen schon lange von der Krankheit gelitten hatten. Weiter sind mir ein paar wahrscheinliche *D. Willkommii*-Vorkommnisse aus der Gegend von Helsinki bekannt.

Ganz neulich (November 1949) stellte ich fest, dass diese Art auch schon im Versuchsrevier Ruotsinkylä vorkommt, und zwar in einem etwa 25jährigen *Larix europaea*-Bestand. Doch waren Krebswunden nur an den Ästen zu sehen (Abb. 7). Der dicht nebenan gelegene *Larix dahurica*-Bestand war völlig gesund!

Bei einem Besuch am 27. V. 1949 im Arboretum Mustila in Elimäki konstatierte ich dort an einer Stelle das Vorkommen des Pilzes an den Ästen von *Larix sibirica*; Stammwunden waren nicht zu beobachten.

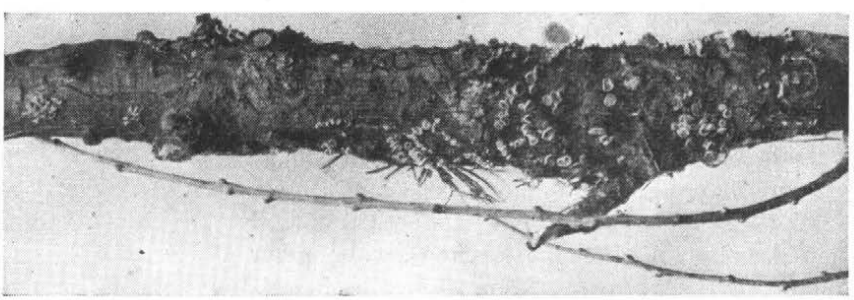


Abb. 7. *Dasyscypha Willkommii* in der Krebswunde eines *Larix europaea*-Astes (etwas verkl.) — *N*, Tuusula, Ruotsinkylä, Herbst 1949.

Im Juli 1947 hatte ich Gelegenheit, das Auftreten von Pilzen an Lärchen in Nuutajärvi, Kirchsp. Urjala, zu studieren. *Dasyscypha Willkommii* ist dort zumal in den *Larix europaea*-Kulturen verheerend aufgetreten. Gewisse Bestände sind durch Einwirkung des Pilzes bereits in einen solchen Zustand versetzt worden, dass sie wohl als hoffnungslos aufgegeben werden müssen. Auch an *L. sibirica* und *L. dahurica* war der Pilz daselbst zu finden, doch beschränkte sich sein Auftreten bei diesen Arten lediglich auf die Äste.

Im Juli 1947 brachte mir Professor Esko Kangas einen krebskranken Lärchenzweig aus Evo zur Ansicht. Es wurde *Dasyscypha Willkommii* festgestellt. Ich erbat mir darum weitere Proben und erhielt auch ihrer etwa zehn, sowohl Stamm- als Astproben, eine von diesen von einer erst nur 60 cm hohen *Larix sibirica*-Pflanze. Sämtliche waren mit Apothecien des in Rede stehenden Pilzes behaftet. Der Pilz soll in Evo häufig vorkommen. Da die Lärchenkulturen in Evo zeitlich schon recht weit zurückgreifen, so ist es möglich, dass der Pilz auch dort schon seit längerer Zeit vorgekommen ist. Die Lärchenkulturen von Nuutajärvi sind nur einige Dezennien alt, und darum kann auch der Pilz dort nicht sehr alten Datums sein. In den umfassenden Lärchenkulturen von Punkaharju ist der Schädling vorläufig nicht angetroffen worden.

Im ganzen genommen scheint *Dasyscypha Willkommii* in Finnland eine noch ziemlich seltene Art mit südlicher oder südwestlicher Verbreitung zu sein. Sie vermag wahrscheinlich sämtliche im Lande kultivierten Lärchenarten anzugreifen, tritt aber am verheerendsten an *Larix europaea* auf. Dies deckt sich vorzüglich damit, was man anderwärts über diesen Pilz weiss. Nach Lagerberg et Sylvén (1913, p. 118—120) bevorzugt die Art in Schweden ein feuchtes Klima und ist im südwestlichen Küstengebiet am verheerendsten aufgetreten. Nach Jørstad (1925, p. 127—128) ein schlimmer Schädling in Vestlandet in Norwegen seit 1888. In Dänemark ist der Anbau von *Larix europaea* wegen der Angriffe des Pilzes schon unmöglich geworden (Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 190), und Ähnliches gilt für zahlreiche Gegenden in den Niederungen Mitteleuropas. Es ist daher zu erwarten, dass die Art in Finnland mit südlicher oder südwestlicher Verbreitung auftritt. Man hat sich jedoch zu erinnern, dass der bevorzugteste Wirt des Pilzes, *Larix europaea*, in Finnland glücklicherweise nur spärlich kultiviert worden ist; dies hat wohl auch dazu beigetragen, dass der Lärchenkrebs hier keine besonders grossen Landgewinne zu machen vermocht hat.

Proben: *Larix sibirica: N*, Elimäki, Mustila 27. V. 1949. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947; Lammi, Evo 2. VII. 1947 (Esko Kangas). — *Larix europaea: N.* Kirchsp. Helsinki, Tuomarinkylä 22. X. 1944; Tuusula, Ruotsinkylä, Nov. 1949. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947, wo auch noch an *L. dahurica*.

Dothiora pinacea Velen. — In der Rinde toter Kiefernzweige kommt in meinen Untersuchungsgebieten ein Pilz mit folgenden Merkmalen vor.

Fruchtkörper stromatisch (Pseudothecien), in Gruppen getrennt die Epidermis durchbrechend, oben zieml. abgeflacht, etwa 0.5 mm breit, schwarzbraun. Loculi dickwandig (etwa 60—70 μ), im oberen Teil unregelmässig lappig aufreissend. Asci zylindrisch wurstförmig, dickwandig, kurz gestielt, etwa 130—150 × 15—20 μ, vielsporig (etwa 24 in jedem Schlauch). Sporen spindelförmig (das obere Ende jedoch breiter als das untere), anfangs 2-, später 4zellig, bei der mittleren Querwand stark eingeschnürt, 14—22 × 4—6 μ, hyalin. Paraphysen fehlen.

Es handelt sich ganz offenbar um die von Velenovsky (1934, p. 47) beschriebene Art *Dothiora pinacea*. Er fand aber in den Schläuchen durchgehends 32 Sporen. Er sammelte den offenbar saprophytischen Pilz im März 1929 an einem dürren bodenliegenden Zweig in Mittelböhmen.

Proben: *N*, Tuusula, Ruotsinkylä, an *Pinus silvestris* 21. V. 1945, desgl. an toten Zweigen von *P. murrayana* 19. V. 1944, 17. X. 1947. — *Kb*, Joensuu, an *P. silvestris* 12. V. 1945 (vom Bezirksforstausschuss eingesandte Probe).

Durella suecica (Starb.) Nannf., Syn. *Patellea suecica* (Starb.) Rehm — Von diesem saprophytischen Pilz verfüge ich über folgende Probe:

Sa, Punkaharju, an bodenliegenden Zapfen von *Pinus silvestris* 27. V. 1944 (det. J. A. Nannfeldt 1947).

Gloniella curta Karst. — Nach Karsten (1873, p. 235) auf dürrem Laub- und Nadelholz in Ruissalo sowie auf der Kolahalbinsel in Soukelo und Knjäsa.

Lkem, Kirchd. Sodankylä, auf Kiefernspänen im Walde 24. VIII. 1947 (Asci etwa 80 × 5 μ; Sporen etwa 16 × 3.5 μ, vierzellig, gelb).

Godronia pineti Jørst. — An ähnlichen berindeten Kiefernzweigen wie die später zur Sprache kommende *Tympanis pinastri* begegnet man in meinen Untersuchungsgebieten, allerdings in ziemlich seltenem Vorkommen, einem äusserlich ähnlichen Discomyceten, dessen Merkmale (Asci 100—140 × 9—12 μ; Sporen 52—85 × 3—4 μ, mit 30—35 Querwänden) so gut wie vollständig auf Jørstads (1925, p. 130) Art *Godronia pineti* einpassen. Nach Jørstad (op. c., p. 129; 1928, p. 416) lebt der Pilz in Norwegen saprophytisch an *Larix sibirica* und der Kiefer. In den von mir beobachteten Fällen hat es sich um einen offenbaren Saprophyten an toten Kiefernzweigen gehandelt.

Proben: *N*, Helsinki, Huopalahti 10. XI. 1946; Kirchsp. Helsinki, Seutula 28. X. 1945; Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945 (Asci etwa 94 × 11 μ, Sporen 48—67 × 3 μ). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 26. VIII. 1947 (Asci etwa 80 × 9 μ, Sporen etwa 40 × 3 μ).

Hypodermella macrospora (Hart.) Lagerb. — Dieser in Finnland nur verhältnismässig wenig beachtete Fichtennadelrötepilz ist wenigstens in denjenigen Jahren, in denen ich mein vorliegendes Material zusammengebracht habe, in Süd- und Mittelfinnland als der häufigste Nadelparasit der Fichte aufgetreten. Zumal die Jungfichten haben seinen Angriffen zufolge oft einen grossen Teil ihrer Nadeln eingebüsst, doch auch in den Kronen ausgewachsener Bäume sind von dem Pilz getötete Nadeln mitunter reichlich zu finden. Die Empfindlichkeit der Bäume gegen die Angriffe ist indessen individuell, wie man daraus schliessen kann, dass kranke Bäume öfters nur hier und da unter den gesunden zerstreut vorkommen. Auch das Mass der Erkrankung wechselt von Baum zu Baum beträchtlich; als häufige Regel gilt indessen, dass so gut wie alle Nadeln ein und desselben Triebes infiziert sind und im zweiten Sommer nach der Infektion nach erfolgter Streuung der Sporen abfallen. Die Sporen werden also erst im zweiten Sommer oder also zwei Jahre nach der Infektion gebildet und entwickeln sich zur Reife. Hieraus folgt denn auch die von mir manchenorts festgestellte Erscheinung, dass an den Ästen nur jeder zweite Jahrestrieb infiziert ist, während die übrigen, d. h. wieder jeder zweite, keinen Befall aufweisen. Die Alternation gestaltete sich z. B. in Ruskeasuo bei Helsinki im Herbst 1949 wie folgt (die Jahreszahlen bezeichnen die Triebjahrgänge):

1949 Alle Nadeln gesund.
1948 » » gebräunt.
1947 » » gesund.
1946 Nadeln entfärbt, Apothecien leer.
1945 » gesund.
1944 » abgefallen, stellenweise Reste von getöteten Nadeln.
1943 » gesund.
1942 » zieml. reichlich vorhanden, stellenweise jedoch vielleicht durch den Pilz verursachter Ausfall.
1941 » fallen volljährig ab.

Nicht immer ist die Alternation so deutlich, sondern es kann die Krankheit auch alljährlich auftreten (z. B. Helsinki, Lauttasaari).

Dieser Art zugehörende Spermogonien habe ich bei Helsinki, in Punkaharju, desgleichen auf der Insel Houteri im Kirchsp. Vehkalahti (18. VII. 1949) sehr reichlich gefunden. Hier waren die jüngeren Fichten sehr stark befallen, und in den schon blassbraunen Nadeln des Sommers 1948 waren sehr reichlich länglich-blasenförmige intraepidermale Konidienlager zu sehen (= *Hypodermina Hartigii* Hil.). Die Konidien sind etwa 2—2.3 × 1 μ gross, öfters etwas krumm, mit kleinen Öltropfen in den Enden und wahrscheinlich mit einem Schleimhof umgegeben; die Koni-

dienträger sind einfach, etwa 5—8 μ lang; Apothecien sind nicht zu sehen. Die Zellen dieser gebräunten Nadeln enthalten sehr reichlich Stärkekörner.

Die Fruchtkörper des Pilzes sind auffallend oft infolge der Einwirkung anderer Pilze zerstört oder in ihrer Entwicklung gehemmt. Wie z. B. Jørstad (1925, p. 107) angibt, findet man in seiner Begleitung oft *Naevia piniperda* vor (siehe S. 44), dazu hat Jørstad einen der Art nach nicht näher bestimmten Hyphomyceten gefunden, der ebenfalls an *Hypodermella macrospora* parasitieren soll. Als Folge davon wird die Sporenbildung des Pilzes erheblich beeinträchtigt.

So allgemein und reichlich vorkommend der Pilz in Finnland auch ist, scheinen sich die durch ihn verursachten Schäden nicht besonders schlimm auszuarten. Dies beruht offenbar einerseits eben auf dem obenerörterten alternierenden Auftreten, anderseits darauf, dass nur die jüngsten, noch in der Entwicklung begriffenen Nadeln vom Pilz infiziert werden können. Indem nun bei der Fichte in Südfinnland meistens etwa sieben Triebjahrgänge gleichzeitig nadeltragend sind, verliert der Baum durch die Angriffe des Pilzes nur einen Teil seines Laubes. Das Wachstum der stärker empfänglichen Bäume leidet aber darunter ganz offenbar, insbesondere da der Pilz bei seinem dauernden Auftreten im Baum die jungen Nadeln einmal nach dem anderen vernichtet. Es gilt ja meistens nicht als lohnend, den Schüttekrankheiten mittels Pflegenmassnahmen im Walde entgegenzuarbeiten. Wo es sich aber um *Hypodermella macrospora* handelt, könnte man es vielleicht doch mit einer Beseitigung der infizierten Bäume aus dem Bestand versuchen. Angesichts des Umstandes, dass man es ja vorwiegend mit jungen Bäumen zu tun hat, liesse sich die Massnahme wohl praktisch in Verbindung mit den Durchforstungen durchführen. Der Reinigungshieb muss aber schon in dem Sommer unternommen werden, in welchem sich die Nadeln bräunen, und nicht erst im folgenden, dem Sommer der Sporenreife, da sich die endgültige Entwicklung der Sporen auch noch in den im Walde zurückbleibenden Hiebsresten vollziehen kann. Von Jahr zu Jahr planmässig wiederholt, trügen diese Hiebe ihrerseits auch zu einer gewissen Rassenauslese bei, indem ja, wie oben bereits erwähnt wurde, die Empfänglichkeit der Fichte dieser Krankheit gegenüber anscheinend individuell und erblich ist.

Proben: *Picea excelsa: N*, Helsinki, Lauttasaari 22. VII. und 11. IX. 1944, 31. III. 1946, Seurasaari 8. XII. 1946, Munkkiniemi 1. und 21. V. 1944 und Ruskeasuo 3. XII. 1944; Tuusula, Ruotsinkylä 28. II. 1924 (leg. O. Heikinheimo), 6. II. 1944. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä 16. VIII. 1944 (leg. L. Korhonen). — *Picea albertiana: N*, Elimäki, Mustila 27. V. 1949.

H. sulcigena (Rostr.) Tub. — Ein in letzter Zeit anscheinend in Ausbreitung begriffener südlicher Forstschädling, wie Lagerberg (1910, p. 373—381) in seiner Spezialuntersuchung über diesen Pilz in Schweden gezeigt hat. Die Nordgrenze des allgemeinen Vorkommens verläuft in

Schweden von Süd-Värmland durch die südlichsten Teile der Provinz Dalarne nach Gävle; nur einige Vorkommnisse liegen noch nördlicher, eines von diesen vollends in Övertorneå. Über das Vorkommen dieses Pilzes in Finnland wissen wir nicht viel. Wenigstens in den südlichen Teilen Mittelfinnlands (Padasjoki, Punkaharju, Kitee) ist er noch zu finden, im ganzen genommen ist er aber im Lande anscheinend ziemlich selten.

Typische »Grauschütte» der Kiefer ist in meinen Untersuchungsgebieten nur einigemal auf begrenzten Flächen in jungen Kiefernbeständen vorgekommen. Die Krankheit ist sehr auffällig, denn meistens hat der grösste Teil der an den jüngsten Trieben sitzenden Nadeln des befallenen Baumes die kennzeichnende silbergraue Farbe angenommen. Mitunter kann ein junger Bestand in seiner Gänze von der Seuche betroffen werden (in Kitee im Sommer 1949; auch in Punkaharju 1949), ein andermal wieder erblickt man nur hier und da einen vereinzelten grauen Baum.

Die Frage nach dem Urheber der grauen Schütte ist noch nicht endgültig geklärt. Man findet nämlich an den erkrankten Nadeln zwei Pilzformen, deren genetischer Zusammenhang sich vorläufig nicht hat erweisen lassen: die imperfekte *Hendersonia acicola* und die zu den Hysteriinen gehörende *Hypodermella sulcigena*. Lagerberg (op. c., p. 233) weist jedoch darauf hin, dass die Treue, mit welcher diese Pilzformen einander stets begleiten, geradezu merkwürdig wirken müsste, wenn zwischen ihnen kein Zusammenhang bestünde, doch sind z. B. Ferdinandsen et Jørgensen (1938—39, p. 225) der Ansicht, dass eine solche Konidienform wie *Hendersonia* nicht gerne als ein Entwicklungsstadium der *Hypodermella sulcigena* zu deuten sein könnte, sondern es liegen hier zwei artverschiedene Schadpilze vor.

Auch in den von mir untersuchten Fällen von Kieferngrauschütte wurde durchgehends die Gegenwart von *Hendersonia acicola*-Pykniden mit reifen Sporen festgestellt. Ein paar Proben enthalten auch unentwickelte Fruchtkörper von *Hypodermella sulcigena*, nur eine Probe solche mit reifen Sporen. Dies beruht jedoch darauf, dass meine Proben im Herbst eingesammelt sind, wenn die *Hypodermella*-Apothecien noch nicht fertiggebildet sind. Diese reifen erst im Vorsommer. Dagegen entwickeln sich die Pykniden und werden die Sporen bei *Handersonia acicola* schon im Herbst gestreut. Ich habe nur einmal Grauschüttematerial im folgenden Vorsommer gesammelt, und dieses enthielt reichlich reife Fruchtkörper von *Hypodermella sulcigena*. Geht man davon aus, dass hier zwei Pilze im Spiele sind, so muss man wohl annehmen, dass die Grauschüttekrankheit hauptsächlich auf das Konto des zuerst erscheinenden von ihnen — *Hendersonia acicola* — fällt.

Es wäre sehr wünschenswert, von dem Auftreten und den Verheerungen dieser interessanten Pilze in Finnland ein möglichst erschöpfendes

Bild zu erhalten. Vorläufig scheint es jedoch, wie wenn sie hier nicht so verheerend aufgetreten seien, wie z. B. in Südschweden und Mitteleuropa.

Proben: *N*, Tuusula, Ruotsinkylä 5. II. 1924, *Hendersonia acicola* (leg. O. Heikinheimo); Hyvinkää, April 1948, ebenso (leg. Karjalainen). — *Ta*, Padasjoki, September 1924, ebenso. — *Sa*, Punkaharju 20. X. 1948, ebenso, 28. V. 1949 an denselben Bäumen *Hypodermella sulcigena*. — *Kb*, Kitee, Suoranta, in 15jährigem Bestand sehr reichlich 28. VIII. 1949, keine reifen Sporen, eine zweite Probe 15. XI. 1949 reichlich mit *Hendersonia acicola*-Sporen (leg. Tauno Hakulinen).

Hysterium acuminatum Fr. — Anscheinend ziemlich selten; mir liegen nur folgende Proben vor:

N, Schärenhof von Helsinki, Musta-Hevonen, an harziger Rinde von *Picea excelsa* 13. VIII. 1944 (Asci etwa 93 × 14 μ; Sporen 16—18 × 6 μ, vierzellig, braun; J färbt die Sporen blau, nicht aber die Ascusspitzen). — *Sa*, Punkaharju, zusammen mit *Crumenula sororia* an der harzfliessenden Rinde lebender *Pinus murrayana* 1. XII. 1947.

Lachnellula chrysophthalma (Pers.) Karst. — Über das Vorkommen dieser Art in Finnland haben bisher nur ganz zerstreute Angaben vorgelegen. In der Karstenschen Sammlung findet sich eine 1863 von Fellman in Imandra an Fichtenrinde gesammelte Probe; Norrlin hat den Pilz am 30. I. 1863 an nacktem Holz gesammelt — ob Fichte oder Kiefer, kann an der Probe nicht äusserlich geschlossen werden. Karsten selbst gibt bei einer am 18. XI. 1866 genommenen Probe an: »Portas, ad ramulos emortuos Pini», und in seinem Exsikkat befindet sich eine Probe, Nr. 832, »Mustiala på granved. Juli» auf einem gesägten Brettstück, das sich jedoch bei anatomischer Nachprüfung als kiefern herausgestellt hat. In den Sammlungen des Phytopathologischen Instituts der Universität Helsinki steht eine Probe, gesammelt von O. Lönnbohm an toter Kiefer in Paltamo im November 1904 und von Karsten *Lachnum calycinum* (Schum.) bezettelt; es handelt sich indessen nach meinen Untersuchungen um *Lachnellula chrysophthalma*. Wenn also Karsten (z. B. 1871, p. 155) diese Art als ziemlich selten an Fichtenrinde und -holz in Finnland und Russisch-Lappland angibt, so ist diese Angabe an dem Teil der Substrate auch schon auf Grund des älteren Materials irreführend. Lagerberg et Sylvén (1913, p. 121) bezeichnen die Art als einen hauptsächlich in Nordschweden speziell an dürren Kiefernzweigen vorkommenden, an *Dasyscypha Willkommii* und *D. calycina* erinnernden (m. a. W. also recht stattlichen) Saprophyten. Nach Jørstad (1928, p. 402) begegnet man dem Pilz in der Provinz Finnmark als ausserordentlich häufigen Saprophyten, der jedoch mitunter bei sehr ungünstigen Wachstumsbedingungen des Baumes auch parasitisch auftreten kann; in Ostnorwegen (Östland) findet man ihn auch an toten Fichtenzweigen (einmal ist er auch sogar in Verbindung mit einer krebsartigen Ver-

wundung vorgekommen), aus Nordnorwegen liegen dagegen keine Angaben über ein Vorkommen an Fichten vor.

In meinen südfinnischen Untersuchungsgebieten bin ich der Art kein einzigesmal begegnet, trotzdem ich wohl ein Auge auf sie zu halten versucht habe. Bei meinen Exkursionen im Sommer 1947 in Sodankylä fiel meine Aufmerksamkeit auf einen an bodenliegenden Kiefernwipfeln (Hiebsreste) ausserordentlich häufig und reichlich vorkommenden stattlichen, an *Dasyscypha* erinnernden Pilz, wie er mir aus Südfinnland nicht bekannt war. Ich riet auf *Lachnellula chrysophthalma*, und diese Vermutung erwies sich denn auch bei der mikroskopischen Prüfung als richtig (Apothezien 1.9—3 mm breit; Asci 54—68 × 5.5 μ; Sporen kugelrund, 3.2—5 μ, mit einem Öltropfen in der Mitte). In Sodankylä bilden die Standorte des Pilzes vornehmlich die als Hiebsreste am Boden herumliegenden Kiefernwipfel und -äste; hier kann man ihm in Massen begegnen. Am liebsten besiedelt er solche Äste, mitunter auch Nadeln, die halb oder teilweise in der Moosdecke vergraben liegen, wo die permanenteste und auch grösste Feuchtigkeit herrscht; so verhielt es sich jedenfalls in dem trocknen Sommer 1947, aus welchem meine Beobachtungen stammen. Es ist zu bemerken, dass die nebenan liegenden, genau denselben Verhältnissen ausgesetzten Fichtenwipfel und -äste überhaupt nicht vom Pilz infiziert waren, wohl aber wurde an ihnen spärlich *Dasyscypha abietis* gefunden. An den toten unteren Ästen stehender Kiefern, wo ich ein reichliches Auftreten des Pilzes erwartet hatte, wurde die Art nur ganz spärlich gefunden. Dagegen sind als ein anderes wichtiges Substrat die absterbenden etwa 0.5—1 m hohen Kiefernpflanzen zu erwähnen. Auch wenn es sich nicht um ein dermassen reichliches Vorkommen wie bei den bodenliegenden Kiefernästen handelt, so begegnet man dem Pilz immerhin ziemlich häufig z. B. an solchen Pflanzen, die durch *Dasyscypha fuscosanguinea* und *Crumenula abietina* zum Absterben gebracht worden sind. Gewöhnlich befinden sich dann die letztgenannten Arten im unteren, *Lachnellula chrysophthalma* im oberen Teil der Pflanzen. Trotz sorgfältigen Suchens fand ich keine einzige Pflanze, deren Tod *L. chrysophthalma* zugeschrieben werden konnte, sondern stets wurden an den Pflanzen auch die beiden anderen genannten, ausgesprochen parasitischen Schädlinge gefunden. Auch ruft der Pilz keine Krebswunden und auch keine sonstigen Anzeichen eines anhaltenden parasitischen Auftretens hervor. Wenigstens in Sodankylä erscheint also *L. chrysophthalma* als ein harmloser Kiefernsaprophyt, und ebenso mag es sich in den übrigen Teilen Nordfinnlands verhalten.

So sehr der Pilz auch äusserlich den *Dasyscypha*-Arten gleicht, sind seine Sporen von einem ganz anderen Typ und berechtigen durchaus die Unterbringung der Art bei einer besonderen Gattung. Dagegen fallen die Sporen von *Lachnellula Rehmii* m. E. nicht demselben Typ wie

diejenigen von *L. chrysophthalma*, der Typart, zu. Ihre Form ist nicht ganz rund und ihr Aussehen auch sonst ein anderes. Es handelt sich ganz offenbar nur um zwerghafte *Dasyscyphae*. Sucht man nach eventuellen Verwandten für *Lachnellula chrysophthalma*, so erschiene ein Hinweis auf die *Pitya*-Arten schon eher berechtigt. Es möge darum erwähnt werden, dass Karsten (1871, p. 64; 1885, p. 130) anlässlich der von ihm an vermodernden Wacholdernadeln gefundenen *Pitya cupressina* (Batsch) Fuck. bemerkt: »Cum *Helotio chrysophthalmo* multum commune habet», sowie dass Rehm (1896, p. 926) die letztgenannte Art zu der Gattung *Pitya* geführt hat. Die Grenze ist hier kaum noch endgültig festgelegt. In der Öffnungsweise der Asci müsste allerdings zwischen beiden ein wesentlicher Unterschied zu verzeichnen sein, fällt doch die Gattung *Pitya* den Operculaten, die Gattung *Lachnellula* wiederum den Inoperculaten zu.

In seiner erst neulich in meine Hände gekommenen Monographie der Discomyceten Böhmens erwähnt Velenovsky (1934, p. 204) unter dem Namen *Lachnellula chrysophthalma* Pers. von Fichte und Lärche einen Pilz mit 80 × 6—8 μ grossen Asci und kugelig eirunden, 8—10 μ langen Sporen. Es ist nicht die von Karsten oder von Rehm gemeinte Art. Der Autor führt ferner von Zapfen der *Pinus pumilio* eine neue Art *Pitya Malochi* mit kugelrunden, 5—6 μ grossen Sporen an. Hier könnte es sich dagegen wohl um *Lachnellula chrysophthalma* handeln. Weiter erwähnt er vom Holz derselben Kiefernart eine *Pitya microspora* mit ebenfalls kugelrunden, aber nur 2.5 μ grossen Sporen. Die Sporen führen zwar wohl zu *Lachnellula Rehmii*, diese Unterbringung wird aber durch die ungestielten Fruchtkörper widerlegt. Man bemerke in diesem Zusammenhang, dass Velenovsky der Öffnungsweise der Asci keinerlei Beachtung schenkt (siehe op. c., p. 6), demzufolge seine *Pitya*-Arten leicht auch der Gattung *Lachnellula* angehören könnten.

Proben: *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 22.—26. VIII. 1947; Kittilä, Ufer des Pallasjärvi 25. V. 1949 (L. Teivainen). — Durchgehends an *Pinus silvestris*.

Lophium mytilinum (Pers.) Fr. — Nach Karsten (1873, p. 245) an Rinde, Holz und Nadeln von *Pinus silvestris* im ganzen Lande zu jeder Jahreszeit antreffbar. Auf meinen Beobachtungsflächen sind dieser Gattung zugehörende Pilze an Holz und Rinde von Kiefer (Abb. 8), Fichte, Lärche und anderen Nadelholzarten sowie an vermodernden Kiefernnadeln häufig zu finden. Diese und die folgende Art sind jedoch äusserlich einander dermassen ähnlich, dass sich ihre Häufigkeitsverhältnisse und ökologischen Sondercharaktere erst an Hand eines umfassenderen mikroskopischen Materials klären lassen. Mir liegen von diesem Saprophyten einstweilen nur ein paar sicher bestimmte Proben vor:

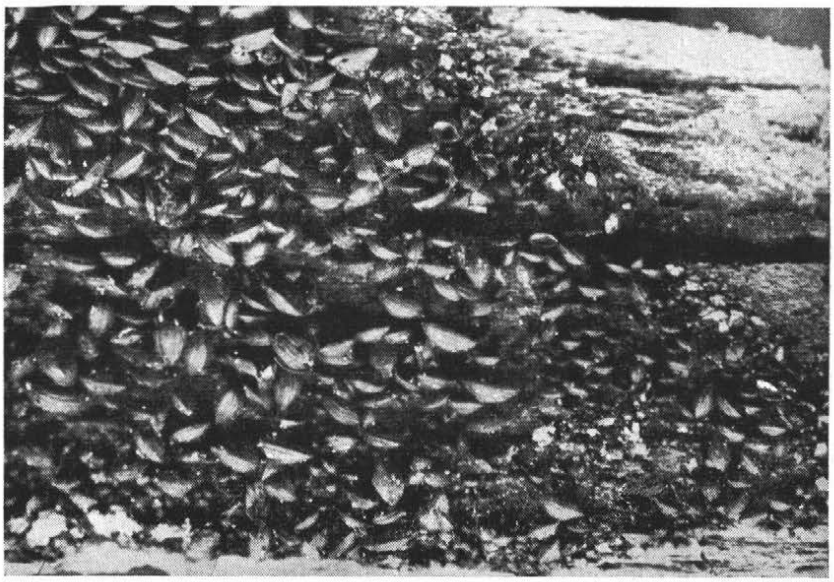


Abb. 8. *Lophium mytilinum* auf der Innenseite toter Kiefernrinde (Vergr. 6 ×), — *Tb*, Vilppula 25. VI. 1930.

N, Tuusula, Ruotsinkylä, an der Rinde am Stammgrund von *Pinus silvestris* 29. XI. 1946. — *Tb*, Vilppula, an der Rinde einer verdorrten Kiefer 25. VI. 1930 (leg. A. Hilitzer, teste V. K.).

L. mytilinellum Fr. — Nach Karsten (1877, p. 247) an Nadeln und Ästen von *Pinus silvestris* wahrscheinlich durch ganz Finnland, obwohl nur in den südlichen Teilen des Landes festgestellt.

Proben: *N*, Helsinki, Viik, auf der Innenseite der Rinde eines Fichtenstumpfes 7. IX. 1946, an einem toten Jahrestrieb von *Pinus cembra* 6. II. 1944 (Asci 170—200 × 5.5—6 μ; Sporen 100—130 × 1—1.3 μ, verleihen dem Ascusinhalt eine grünlichgelbe Färbung). — *Ta*, Lammi, Evo, reichlich an der Rinde eines am Boden liegenden toten *Abies sibirica*-Wipfels 29. VI. 1947.

Lophodermium juniperinum (Fr.) De Not. — Dieser Pilz ist nach Karsten (1873, p. 243) an Nadeln von *Juniperus communis* häufig durch das ganze Land, und für ein häufiges Vorkommen sprechen auch meine Beobachtungen. Die Art greift die alten Nadeln an und beschleunigt ihren Tod und das Abfallen. Alte und geschwächte Äste geraten oft ganz in die Gewalt des Pilzes, inwiefern aber dieser in die noch völlig lebensfrischen Nadeln überzutreten vermag, verlangt näher untersucht zu werden. Auf keinen Fall ist der Pilz der Hauptschuldige an der Vertrocknung der Wacholdernadeln in Finnland, sondern diese Stellung wird von *Exosporium juniperinum* eingenommen.

Proben: *N*, Helsinki, Munkkiniemi 12. V. 1946; Kirchsp. Helsinki, Tammisto 22. X. 1944. — *Ka*, Sippola, Ruotila 1. X. 1944. — *Tb*, Vilppula 24. VII. 1930. — *Lkem*, Kittilä, Pallastunturi 25. VI. 1949 (L. Teivainen).

L. laricinum Duby — Ich fand reife Apothecien dieser Art an Lärchennadeln in Punkaharju, wo der Pilz zusammen mit *Leptostroma laricinum* Fuck. vorkam, die nach Fuckel (zitiert nach Allescher 1903, p. 351) das Konidienstadium von *Lophodermium laricinum* darstellt. Dieses imperfekte Stadium wurde auch von mir an Lärchen des Arboretums Mustila in Elimäki gefunden. Es befällt die noch grünen Nadeln am Baum und bewirkt ihr vorzeitiges Abfallen. Die Bedeutung des Schadens ist indessen gering geblieben, zum Teil wohl auch deshalb, weil ja die Lärche jedsommerlich ihr Nadelkleid erneut.

Proben: *N*, Elimäki, Mustila, an *Larix leptolepis* 27. V. 1949 (*Leptostroma laricinum* Fuck.). — *Sa*, Punkaharju, an *Larix leptolepis* und *L. europaea* 19.—21. VII. 1945 (Asci 80—100 × 10 μ, Sporen 100 × 2 μ).

L. piceae (Fuck.) v. Höhn. — Karsten machte keinen Unterschied zwischen der an Fichten- und der an Kiefernnadeln vorkommenden *Lophodermium*-Art, und z. B. Velenovsky (1934, p. 42) tut es auch heute noch nicht. Die meisten Forscher weisen aber u. a. auf die geringere Grösse der Asci und Sporen des fichtenbewohnenden Pilzes hin und führen beide Arten getrennt an.

Untersucht man die Fichtennadelstreu in unseren Wäldern, so wird man finden, dass in ihr die Fruchtkörper von *Lophodermium piceae* zahlenmässig über diejenigen sämtlicher anderen Pilze dominieren. Dieser Pilz wählt zum Gegenstand seiner Angriffe gewöhnlich die alten, in ihrer Lebenskraft schon etwas geschwächten Nadeln. Bisweilen werden aber auch die Nadeln der jüngeren Jahrestriebe befallen, unter Umständen sogar in dem Masse, dass die jungen Fichten ihr Nadelkleid völlig verlieren und — gewöhnlich in Gruppen — eingehen, wie ich hin und wieder in jungen Fichtendickichten z. B. in der Gegend von Helsinki beobachtet habe. Es ist die Vermutung geäussert worden (Liro 1924, p. 332; Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 170), dass in solchen Fällen übermässige Feuchtigkeit oder sonstige äussere Umstände den Anstoss zu den Angriffen gäben, sowie dass *L. piceae* ein Schwächeparasit sei. In den von mir beobachteten Fällen hat sich nicht immer eine ungünstige Feuchtigkeitslage feststellen lassen, wie es sich mit den übrigen Standortsfaktoren denn auch verhalten haben mochte. Liro (op. c., p. 331), gibt an, dass der Pilz ganz junge Nadeln infiziere und lediglich in den Nadeln des zweiten Sommers fruchtend auftrete. Ich kann mich jedoch dieser Ansicht nicht anschliessen. Wie *L. pinastri*, durchläuft auch *L. piceae* seine Entwicklung zur Hauptsache in den älteren Nadeln und befällt nur ausnahmsweise jüngere. — Auch die Ökologie dieses

Schädlings müsste mittels Spezialuntersuchungen eingehender geklärt werden.

Proben: *N*, Helsinki, Ruskeasuo 18. IV. 1944 (unreif; die Probe wurde bis zur Sporenreife am 23. IV. in feuchter Luft bei Zimmertemperatur gehalten; Asci 94—113 × 10—11 μ, Sporen 60—80 × 2 μ).

L. pinastri (Schrad.) Chev. — Nach Karsten (1873, p. 243) in Finnland in toten Kiefernnadeln ausserordentlich häufig. Ich bin der Art ausser auf der gemeinen Kiefer auch auf *Pinus murrayana*, *P. montana*, *P. divaricata*, *P. cembra* und *P. peuce* begegnet. Meistens als Saprophyt in toten Kiefernnadeln auftretend, kann der Pilz indessen hin und wieder auch das lebende Nadellaub angreifen und verursacht so in Baumschulen und in jungen Kiefernbeständen zumal an unvorteilhaften — z. B. sehr dürftigen und trocknen — Standorten schlimme Verheerungen. Die verschiedenen Provenienzen stellen jedoch den Angriffen des Pilzes einen sehr ungleichen Widerstand entgegen. So zeigten die von den Professoren A. Dengler und O. Heikinheimo in den Jahren 1937—38 gleichzeitig in Finnland und Deutschland ausgeführten Versuche mit verschiedenen *Pinus silvestris*- und *Lophdermium pinastri*-Provenienzen, dass die Stärke der Schütteangriffe darauf beruht, wie reichlich Sporen zu Gebote stehen, aber auch, dass die finnischen Kiefernprovenienzen sowohl in Deutschland als in Finnland ganz bedeutend widerstandsfähiger gegen die Schütte sind als die deutschen (Heikinheimo 1939). Doch leiden auch die einheimischen Kiefernprovenienzen in Finnland unter Umständen stark unter der Schütte. Ganz ausnahmsweise stark waren die Schäden im Sommer 1948 in einigen etwa 23jährigen — auch einheimische Provenienzen umfassenden — Kiefernkulturen in Punkaharju. Hier wurde der Hauptteil der zweitjährigen Nadeln zerstört und fiel im Laufe des Herbstes und Winters ab, eine weit dickere Nadelstreuschicht als gewöhnlich bedeckte den Boden und die Bestände boten im Frühjahr 1949 das Bild einer drohenden Vertrocknung. Die Bäume trieben aber im Sommer 1949 normal aus. Es handelt sich in diesem Falle um rasch aufgeschossene Bestände auf gutem MT-Boden.

Meistens jedoch tritt *Lophodermium pinastri* als Saprophyt in drittjährigen und noch älteren Nadeln auf. In diese dringt jedoch der Pilz ein, während sie noch grün sind, und bekundet so seine Natur als sog. Schwächeparasit. Ob er auch in völlig tote Nadeln geht und seit wie lange her gestorbene Nadeln ihm dabei noch taugen, ist nicht genauer ermittelt worden. Auf jeden Fall ist die Nadel schon tot, wenn sich zuerst die Konidien (*Leptostroma pinastri* Desm.), dann die Apothecien des Pilzes entwickeln. In einem von mir untersuchten Fall (Helsinki, Malmi 27. X. 1946) wurden reife Apothecien massenhaft in den Hiebsresten spät

im vorhergehenden Herbst gefällter Kiefern gefunden. Hier war also vom Befall der Nadeln bis zum Ausreifen der Sporen offenbar nicht ein volles Jahr verstrichen. *L. pinastri* muss in den Wäldern Finnlands offensichtlich als ein wichtiger, den Zustand und das Wachstum der jungen Kiefernbestände beeinträchtigender Faktor bewertet werden. Es wäre von Gewicht, die Lebensbedingungen auch dieses Pilzes in den finnischen Wäldern, Waldkulturen und Baumschulen einer Spezialuntersuchung zu unterwerfen — sein Entwicklungsrythmus variiert, und seine Lebensbedingungen sind noch nicht genügend geklärt.

Proben: An *Pinus silvestris* bis Lappland fqq. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. 1944, 29. IX. 1946. — *Sa*, Punkaharju 5. XII. 1943, 20. X. 1946. — *P. montana: N*, Helsinki, Hiekkaranta, Sept. 1943. — *P. divaricata: Sa*, Punkaharju 29. IX. 1946. — *P. cembra: Sa*, Punkaharju 17. VIII. 1929. — *P. Peuce: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 17. V. 1944.

Mytilidion decipiens Karst. — Nach Karsten (1873, p. 247) wenigstens in Südfinnland an Wacholderrinde zieml. häufig. Mir liegt nur folgender Fund vor:

Ta, Heinola, Taipale, an der Rinde eines abgestorbenen Stammes von *Juniperus communis* 27. VIII. 1945.

M. laeviusculum (Karst.) Sacc. — Karsten (1873, p. 246) erwähnt einen Fund dieses Pilzes von einem Kiefernbrett in Mustiala. Ich bin der Art einmal begegnet, und zwar in

Lkem, Kirchd. Sodankylä, an Kiefernspänen im Walde 28. VIII. 1947 (Apoth. an der Oberfläche des Holzes, lang, hülsenförmig; Asci etwa 50—80 × 5 μ; Sporen 16—20 × 3 μ, vierzellig, gelb).

M. rhenanum Fuck. — In meinen Sammlungen nur eine kleine Probe:

Sa, Punkaharju, im Rindenspalt einer lebenden Fichte 20. X. 1948 (Apoth. in Gruppen, in verschiedenen Richtungen gelegen, hülsenförmig; Asci etwa 120 × 11 μ; Sporen spindelförmig, 18—22 × 5.5 μ, vierzellig, braun).

Naevia piniperda Rehm — Dieser Pilz, den Rehm (1896, p. 1216) für einen gefährlichen Fichtenparasiten hält, liegt ausser aus Mitteleuropa auch aus Schweden (Starbäck 1898) und Norwegen (Jørstad 1925, p. 107; 1928, p. 380) vor, wo er zusammen mit *Hypodermella macrospora* an Fichtennadeln aufgetreten ist (vgl. Tubeuf 1895, p. 252; Neger 1919, p. 158). Ich bin dem Pilz einigemal in der Umgebung von Helsinki an stehenden Fichten begegnet, bei denen ganze Äste oder einzelne Astverzweigungen mitsamt den noch an den Ästen festsitzenden Nadeln abgestorben waren. An jenen Zweigen findet man die Apothecien des Pilzes ausserordentlich reichlich vor, dazu aber auch hier schlechtentwickelte Fruchtkörper von *Hypodermella macrospora*. Es hatte den Eindruck, wie

wenn hier beide Pilze gemeinsam die Krankheit hervorgerufen hätten. Ganz offenbar ist aber *Hypodermella macrospora* hierbei als der Hauptschuldige zu betrachten, als derjenige von den beiden, der als erster die Nadeln infiziert, doch mag auch *Naevia piniperda* ein Anteil bei der Zuendeführung des Schadens zukommen; zugleich verhindert der Pilz anscheinend die Entwicklung der *Hypodermella*-Apothecien und bringt dadurch auch gewissen Nutzen. Ein solcher Sachverhalt erscheint auch darum wahrscheinlich, weil *Hypodermella macrospora* in jenen Gegenden *Naevia piniperda* weit an Häufigkeit übertrifft und seinem Charakter nach ganz sicher ein primärer Parasit ist, der bei alleinigem Auftreten reichlich reife Sporen erzeugt. In Amerika tritt *N. piniperda* in Gesellschaft mit *Lophodermium filiforme* Darker, einem nahen Verwandten von *Hypodermella macrospora*, auf. Welches die Ursache zu einem derartigen Zusammenschluss zweier verschiedener Pilze ist, bedarf noch einer näheren Klärung. Auffallend ist in diesem Zusammenhang der Umstand, dass auch die an unseren Kiefern schmarotzende *Hypodermella*-Art, *H. sulcigena*, in *Hendersonia acicola* einen treuen Begleiter hat (falls es sich schliesslich doch nicht um ein und dieselbe Art handelt; vgl. S. 37).

Proben: *N*, Helsinki, Munkkiniemi und Lauttasaari 14. VI. 1946 an *Picea excelsa*.

Ombrophila strobilina (Alb. et Schwein.) Rehm, Syn. *Chlorosplenium lividum* Karst., *C. nigrescenti-olivaceum* Karst., *Rutstroemia bulgarioides* Karst. — Nach Karsten (1872, p. 105) in Finnland bis hinauf nach Vaasa und Pietarsaari im Januar—Juli ziemlich häufig.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari, reichlich an bodenliegenden Fichtenzapfen in feuchtem Fichtenwald 30. IV. 1944 (vidit J. A. Nannfeldt 1947). — *Ka*, Sippola, Ruotila, an Fichtenzapfen mehrenorts reichlich 10. V. und 1. VI. 1944.

Pezicula livida (B. et Br.) Rehm, Syn. *Dermatea eucrita* (Karst.) Rehm — Diesen an seinen braungelblichen Apothecien leicht kenntlichen Pilz fand Karsten (1871, p. 167) in Mustiala an der Rinde sowie an unberindetem Holz der Kiefer. In meinen Untersuchungsgebieten ist die Art reichlich zu finden. Im Versuchsrevier Ruotsinkylä ist sie insbesondere in den jungen *Pinus murrayana*-Kulturen an berindeten Stämmen aufgetreten, die infolge mechanischer Schneebeschädigungen eingegangen sind, desgleichen an den nach eingetretenem Kronenschluss des Bestandes vor nicht langer Zeit abgestorbenen unteren Ästen; doch ist der Pilz dort auch an der gemeinen Kiefer ein häufiger Saprophyt. Im Versuchsrevier Punkaharju fand ich die Art im Herbst 1948 insbesondere an der toten Rinde von *Pinus murrayana*, *Larix europaea*, *Abies sibirica* und *Pseudotsuga taxifolia*, dazu wie im vorhergehenden Falle auch auf der gemeinen Kiefer. In gewissen Fällen (u. a. bei *Pseudotsuga*) mag auch mit Parasitismus zu rechnen sein. Im Arboretum Mus-

tila in Elimäki kam der Pilz gleichfalls an toter Rinde von *Pseudotsuga* vor, in Sippola wiederum sah ich ihn auf der gemeinen Kiefer. Die Fichte scheint vom Pilz in Finnland seltener angegriffen zu werden. Die Grösse der Asci beträgt nach Karsten 71—100 × 13—17 μ, die der Sporen 21—40 × 5—9 μ; in meinem Material waren die Asci etwa 100—110 × 15—20 μ, die Sporen etwa 25—40 × 5.5—7.5 μ gross. — In Dänemark tritt diese Art oder ihre Konidienform *Myxosporium abietinum* Rostr. saprophytisch oder als Parasit vorwiegend an Fichtenrinde (u. a. *Picea sitkaënsis*), ferner auf *Pseudotsuga* und *Larix* auf (Rostrup 1902, p. 686; Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 206). Es ist möglich, dass auch dieser Pilz künftig zumal in unseren Kulturwaldungen eine Rolle als Schadpilz spielen wird; in den hiesigen Naturwäldern ist seine Bedeutung dagegen offenbar gering.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 29. XI. 1946, 7. und 21. V. 1947. — *Ka*, Sippola, Ruotila 26. X. 1944. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 29. XI. 1946, 26. V. und 17. X. 1947. — *Pseudotsuga taxifolia: N*, Elimäki, Mustila 27. V. 1949. — *Sa*, Punkaharju 21. X. 1948. — *Picea excelsa: Kb*, Joensuu 28. XI. 1948 (Y. Kanerva).

Pezizella conorum Rehm — Von diesem durch seine elfenbeinfarbenen, bisweilen rötlich angelaufenen, ungestielten Apothecien leicht kenntlichen, an vermodernden Kiefernzapfen vorkommenden Discomyceten liegt mir jetzt nur folgende Probe vor:

Sa, Punkaharju 27. V. 1944 (Asci etwa 50 × 4.5 μ, Sporen etwa 5 × 1.5 μ).

Phacidium infestans Karst. — Nach Karsten (1886, p. 232) ein ausgesprochener Parasit. Nach Lagerberg (1912, p. 309—313) verursacht dieser in Kiefernnadeln lebende Pilz die sog. Schneeschütte, die unter dem jungen Kiefernnachwuchs verheerend auftritt und welcher zumal die kräftigsten Pflanzen zum Opfer fallen. Neulich ist von Björkman (1948) in Schweden eine ausführliche und ausgezeichnete Untersuchung über die Biologie dieses Pilzes erschienen. Es ist insofern ein merkwürdiger Pilz, als sich sein Wachstum und seine Ausbreitung im Winter unter dem Schnee vollziehen. Die Apothecien reifen heran und die Sporen werden spät im Herbst gestreut, aber die Nadeln bleiben bis zum folgenden Sommer an den Ästen sitzen, entfärben sich in charakteristischer Weise und werden spröde. Die Grösse der Asci beträgt 98—105 × 13—15 μ, die der Sporen 16—13 × 6—8 μ.

Meine eigenen Beobachtungen über diesen wichtigen Schädling sind ziemlich knapp, denn in meinen Untersuchungsgebieten in Südfinnland begegnet man dem Pilz nur hier und da, zumal in den Kiefernnachwüchsen der trocknen Sandheiden. Zum Beispiel auf dem Salpausselkä sieht man ihn vielenorts — oft z. B. in den Eisenbahngräben und in sonstigen Bodenvertiefungen, wo sich der Schnee im Winter reichlich ansammelt.

In Nordfinnland tritt die Art dagegen als ein häufiger und reichlicher Schadpilz auf (siehe K a n g a s 1937, p. 217—218), der die kleinen, unter der Schneedecke überwinternden Pflanzen tötet und bei den grösseren die untersten, von Schnee verdeckten Äste zum Absterben bringt.

P r o b e n: *N*, Helsinki, Viik, in kleinem Grusausstich auf CT-Heide 27. X. 1946; Nurmijärvi, Röykkä, CT, zieml. reichlich in dem ausgedehnten Kiefernanwuchs einer Brandfläche 26. V. 1949. — *Ka*, Sippola, Saaramaa, CT, 17. VII. 1948. — *Sa*, Punkaharju, VT, 21. X. 1948 (mit reifen Sporen). — *Ob*, Rovaniemi, Viirinkylä, Juli 1939. — *Ok*, Paltamo, Melalahti, Könösenvaara, wo 25 % von den Pflanzen einer Kiefernsaatfläche dem Pilz zum Opfer gefallen waren, Mai 1948 (vom Bezirksforstausschuss in Kainuu eingesandte Probe); Kirchd. Hyrynsalmi 13. VIII. 1946. — *Lkem*, Sodankylä 25. VIII. 1947.

Phialea strobilina (Fr.) Sacc., Syn. *Ombrophila strobilina* (Fr.) Karst. — Nach K a r s t e n (1871, p. 92) jedenfalls in Süd- und Mittelfinnland an Zapfenschuppen der Fichte hier und da beinahe das ganze Jahr hindurch antreffbar. Ich verfüge nur über folgende Probe:

N, Helsinki, Huopalahti, an Zapfenschuppen von *Picea excelsa* 10. XI. 1946.

Pragmopora amphibola Mass., Syn. *Tympanis amphibola* Karst. — Nach K a r s t e n (1871, p. 230) an der dicken Rinde stehender Kiefern häufig durch das ganze Land.

N, Helsinki, Ruskeasuo, an der Borke einer niedrigen Moorkiefer 9. II. 1947 (Asci 60 × 10.5 μ; Sporen 17 × 3.5 μ, mit drei Querwänden).

P. bacillifera (Karst.) Rehm, Syn. *Tympanis bacillifera* Karst. — Nach K a r s t e n (1871, p. 229) an der Borke stehender Fichten hier und da in Südfinnland. Saprophyt.

Ka, Vehkalahti, Kannusjärvi, an der sonnenerhitzten Borke einer stehenden Fichte 29. V. 1948 (Asci 72 × 8 μ; Sporen 32—40 × 2.5—3 μ, hyalin, 4—6zellig).

Propolis faginea (Schrad.) Karst. — Dieser an Laubhölzern, z. B. an grauem Holz der Birke gemeine Saprophyt tritt gelegentlich auch an den Zapfenschuppen der Kiefer auf. Besonders reichlich bin ich ihm an den Zapfen von *Pinus murrayana* begegnet, was zum Teil davon herrühren mag, dass bei dieser Art die Zapfen viel länger als bei unserer gemeinen Kiefer an den Ästen erhalten bleiben.

P r o b e n: *Ta*, Heinola, Taipale, an Zapfenschuppen von *Pinus silvestris* 25. VIII. 1945. — *Sa*, Punkaharju, an Zapfenschuppen von *P. murrayana* 20. VIII. 1948.

Pseudographis pinicola (Nyl.) Rehm — Nach K a r s t e n (1873, p. 237) an Fichtenrinde häufig durch das ganze Land, am besten entwickelt im August. Bewohnt die Borke lebender Bäume, ohne jedoch Rindennekrosen oder sonstige Anzeichen parasitischen Auftretens hervorzurufen.

Proben: *N*, Tuusula, Ruotsinkylä, an der Borke grosser, wachsender Fichten 6. II. 1944. — *Ka*, Kymi, Sunila, an Fichtenrinde 18. X. 1918 (Sporen bereits gestreut). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, auf grauem Holz von *Pinus silvestris* 28. VIII. 1947 (Asci etwa 150 × 14 μ; Sporen 30—45 × 8 μ, 5—7septiert, hyalin).

Pseudohelotium pineti (Batsch et Fr.) Fuck., Syn. *Belonium pineti* (Batsch) Rehm — Nach Karsten (1871, p. 142) wenigstens in Südfinnland hier und da des Frühlings auf vermodernden Kiefernnadeln. Im Herbarium Musei Fennici findet sich eine von Karsten genommene Probe aus der Gegend von Turku und eine von W. Nylander aus dem Kaivopuisto-Park in Helsinki. Ich bin dem Pilz in der Gegend von Helsinki öfters begegnet. Bisweilen ist der grösste Teil der am Boden liegenden Äste noch festsitzenden Nadeln durch Einwirkung des Pilzes verfault, entfärbt und spröde geworden. In Sodankylä habe ich ferner an faulenden Kiefernzapfen einen Pilz gefunden, der höchst wahrscheinlich dieser Art zugehört.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari, an faulenden Kiefernnadeln 13. IV. 1944 (vidit J. A. Nannfeldt 1947; Asci 65—75 × 7.3 μ, Sporen 20—30(—42) × 2 μ). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 20. VIII. 1947, an Zapfen von *Pinus silvestris* (Asci 65—75 × 8; Sporen 24—35 × 2.5 μ, vierzellig).

Rhizina inflata Schaeff., Syn. *R. undulata* Fr. — Diese Art ist den forstschädlichen Pilzen zuzuzählen. Hartig (1892, p. 591) sowie Rostrup (1902, p. 560) geben an, dass die Fruchtkörper an ihrer Unterseite wurzelartige Hyphenstränge entsenden, die die Wurzeln der Nadelbäume umzingeln und sie töten. Er schreitet im Boden in der Art eines typischen Hexenrings (»maladie ronde») fort. Auf diese Weise hat der Pilz in Mitteleuropa bedeutenden Schaden angerichtet. Nach Karsten (1872, p. 39) in Finnland auf sowohl trocknen als feuchten Waldbrandflächen von Juli bis Oktober ein mutmasslich häufiger Pilz; Karsten selbst hat ihn mehrenorts in Tammela, dazu in Teisko sowie in der Nähe von Helsinki angetroffen. Bei meinen Exkursionen im Sommer 1942 in Aunus beobachtete ich den Pilz dort in den abgebrannten Wäldern vielenorts sehr reichlich, sonst bin ich ihm aber nur selten und spärlich begegnet. Seine Verbreitung und Häufigkeit können indessen nur auf Brandflächen untersucht und taxiert werden. Beobachtungen über seine forstschädlichen Einwirkungen dürften aus Finnland vorläufig überhaupt nicht vorliegen.

Proben: *Ka*, Vehkalahti, Turkia, cp am Waldrand in der Umgebung eines abgebrannten Gebäudes 13. VII. 1949. — *Kol*, Suurimäki, Keidoja, Juli 1942. — *Sb*, Kuopio, Pitkälampi 16. VII. 1949 (Ritva Ruotsalo). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, auf alter Feuerstätte auf CECIT-Heide 26. VIII. 1947 (Sporen nur 19—24 × 8 μ gegen 30—40 × 8—9 μ im Süden).

Therrya Fuckelii (Rehm), Syn. *Coccophacidium pini* (Alb. et Schwein.) Rehm var. *Fuckelii* Rehm, *C. Fuckelii* Krieger — Wie Krie-

g e r (nach R e h m 1896, p. 1249) in seinem Exsikkat dargetan hat, sind die Sporen bei diesem Pilz so deutlich von denjenigen der untenbehandelten *T. pini* verschieden, dass hier eine besondere Art vorliegen muss. Meinen Beobachtungen nach erstrecken sich die Unterschiede anscheinend auch auf das Substrat: während *T. pini* die dünnen, noch graurindigen Zweige der Kiefer bevorzugt, findet man *T. Fuckelii* meistens an der älteren, schon gelbbraunen und sich abblätternden Rinde vor, wo der Pilz seine schwärzlichgrauen runden oder länglichen Apothecien bildet, die auch zu mehreren zu unregelmässigen länglichen Gruppen zusammengeschmolzen sein können. Die reifen Sporen der Art sind in meinen Proben etwa 62—113 × 3—4.5 μ gross, nach unten schmal zulaufend, gew. 8zellig, an beiden Enden mit haarförmigem Fortsatz versehen (als gesamte Länge der Spore ergeben sich auf diese Weise etwa 85—153 μ). Die Art ist in Finnland offenbar sehr gemein, tritt aber nur saprophytisch auf.

P r o b e n: *N*, Helsinki, Seurasaari, an der Rinde von *Pinus silvestris* 23. I. 1944, Huopalahti, 9. IV. 1944 und Ruskeasuo 10. II. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä, an der dünnen Braunrinde der Äste einer grossen gefallenen Kiefer 4. XI. 1945, desgleichen an der noch nicht endgültig gebräunten Astrinde 29. XI. 1946. — *Ka*, Sippola, Ruotila, an der Braunrinde in Reisighaufen liegender Kiefernzweige 4. VI. 1944, 1. IX. 1945. — *Lkem*, Sodankylä, an der Braunrinde von am Boden liegenden Kiefernwipfeln und -ästen 24. VIII. 1947.

T. pini (Rehm), Syn. *Coccomyces pini* (Alb. et Schwein.) Karst. p. p., *Coccophacidium pini* (Alb. et Schwein.) Rehm — Nach K a r s t e n (1872, p. 254) wenigstens in Süd- und Mittelfinnland hier und da an der Rinde von *Pinus silvestris*; in die Art ist aber dann auch *T. Fuckelii* (Rehm) einbegriffen worden. *T. pini* ist auf meinen Beobachtungsflächen häufig an abgestorbenen dünnen Trieben der Kiefer vorgekommen. Die Art ist leicht kenntlich durch ihre nadelförmigen, mehr oder minder gebogenen, oben breiteren Sporen, die der Haarspitzen entbehren und im reifen Zustand gewöhnlich vierzellig sind; die Grösse der Sporen hat in meinen Proben etwa 50—90 × 2.7—3.5 μ betragen. Der Pilz gilt im allgemeinen als Saprophyt, und ausschlieslich als solcher ist er auch in Finnland aufgetreten; aus Amerika liegen aber Angaben auch über sein parasitisches Auftreten vor (G r a v e s 1913, p. 130—133). Nach K a r s t e n (1890, p. 9) wäre *Fusicoccum pityophilum* (Sacc.) Karst. die Pyknidenform dieser Art (siehe S. 70).

P r o b e n: *N*, Helsinki, Töölö 1944 und Lauttasaari 31. III. 1946, in Reisighaufen an Ästen von *Pinus silvestris*; Tuusula, Ruotsinkylä, an abgestorbenen dünnen unteren Ästen von *P. silvestris* 29. XI. 1946, ebenso *P. murrayana* 6. II. und 13. VI. 1944, 29. XI. 1946 und an angestorbenen dünnen Trieben von *P. strobus* 17. V. 1944. — *Kb*, Joensuu, an abgestorbenem dünnem Ast von *P. silvestris* 25. V. 1945.

Tryblidiopsis pinastri (Pers.) Karst. — Dieser Discomycet ist äusserlich leicht kenntlich. Seine schwarzen, 1—2 mm breiten, gesellig, oft auch gehäuft auftretenden Apothecien sind anfangs bedeckt und öffnen sich bei der Reife in der Art von *Cenangium* sternförmig aufbrechend. Sie sind z. B. mit den Apothecien von *Tympanis pinastri* verglichen etwas grösser und entbehren einer glänzenden Oberfläche (eines Epitheciums). Besonders kennzeichnend sind die Sporen: sie sind breit spindelförmig, zweizellig und mit einer dicken Gallerthülle versehen, mitsamt der letzteren nach meinen Messungen 36—45 × 9—15 μ, ohne dieselbe 18—35 × 4.8—7.5 μ gross.

Tryblidiopsis pinastri ist nach Karsten (1871, p. 262) im ganzen Finnland und Lappland an abgestorbener Fichtenrinde ein ausserordentlich häufiger Pilz; so ist er auch in meinen Untersuchungsgebieten als einer der häufigsten Kleinpilze aufgetreten. Man begegnet ihm zumal an den toten, aber noch berindeten Trieben und Ästen der Fichte, mitunter auch am dicken Stamm. Ich habe den Pilz ferner an toten Lärchenästen, an *Abies sibirica*, einmal an *Pseudotsuga* und einmal (Pykniden) an *Pinus cembra* angetroffen, noch kein einzigesmal aber an der gemeinen Kiefer, *P. silvestris*, welche Holzart nach Rehm (1896, p. 194) sein typischer Wirt sein soll. Die Apothecien werden schon im Hochsommer angelegt, sie reifen aber und öffnen sich erst im folgenden Frühjahr. Die Art ist jedenfalls zum überwiegenden Teil ein blosser Saprophyt, dürfte aber gelegentlich auch einen noch lebenden Ast oder Trieb, ja sogar die Stammrinde angreifen können, wenn der Baum z. B. durch den Frost beschädigt worden ist oder sonstwie seine Lebenskraft eingebüsst hat.

Für die Pyknidenformen der *Tryblidiopsis pinastri* ist u. a. *Sclerophoma libertiana* (Speg. et Roum.) v. Luyk gehalten worden, doch sprechen die Wirtspflanzenverhältnisse bei diesen Arten (vgl. S. 75) nicht dafür. Nach Rehm (1896, p. 195) wäre *Micropera pinastri* Sacc. als das Pyknidenstadium von *Tryblidiopsis pinastri* zu betrachten. Diese Form besitzt grosse (50—60 × 5—7 μ), vielzellige, sichelförmig gekrümmte Sporen. Ich bin ihr nur in Punkaharju an totem Fichtenzweig begegnet. Ein Zusammenhang mit *T. pinastri* ist vielleicht nicht ganz ausgeschlossen, doch hat man sich anderseits zu erinnern, dass die Form auch noch mit *Tympanis pinastri* (Diedicke 1913, p. 760) und *Cenangium abietis* (op. c., p. 529—530) in Verbindung gebracht worden ist. Dazu hat schon Karsten (l. c.) Pykniden mit fadenförmigen, stark gekrümmten, 16—26 × 1 μ messenden Konidien gefunden und er hat sie bei der Art *Tryblidiopsis pinastri* untergebracht. Ich bin solchen gleichfalls fast regelmässig in Verbindung mit *T. pinastri* begegnet, dazu oft auch allein an Fichtenzweigen und einmal sogar an *Pinus cembra*. Die Sporen waren etwa 20—30 × 1 μ gross, also etwas länger als Karsten angibt. Es handelt sich offenbar um denselben Pilz wie der von Karsten gemeinte,

und seine Zusammengehörigkeit mit *T. pinastri* dürfte ausser Zweifel stehen. Von Höhnel hat (1918, p. 561—563) diesen Konidienpilz genau beschrieben und für ihn eine neue Gattung aufgestellt; der Pilz sollte jetzt *Tryblidiopycnis pinastri* v. Höhn. heissen. Die Konidien reifen nach meinen Beobachtungen schon im Herbst, die Ascosporen erst im Frühjahr.

Von den oben besprochenen Pyknidenpilzen ist nach bisherigen Angaben nur *Sclerophoma libertiana* als Schädling aufgetreten. Da indessen seine Zusammengehörigkeit mit *Tryblidiopsis pinastri* nicht wahrscheinlich ist, kann letztgenannter Discomycet auf Grund der heutigen Kenntnisse wohl nicht als Forstschädling bewertet werden.

Proben: An *Picea excelsa* in allen meinen Untersuchungsgebieten bis hinauf nach Lappland häufig; u. a. *N*, Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945 (vidit J. A. Nannfeldt 1947). — *Pinus cembra: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 6. II. 1944 (nur Pykniden). — *Larix sibirica: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945. — *Ka*, Kirchd. Sippola 23. IV. 1946. — *Sa*, Punkaharju 26. V. 1944. — *Abies sibirica: N*, Helsinki, Meilahti 23. IV. 1944. — *Pseudotsuga taxifolia: Sa*, Punkaharju 27. V. 1944 und 21. X. 1948.

Tympanis pinastri Tul. — Dieser Pilz wurde ursprünglich von den Gebrüdern Tulasne (1865, III, p. 151—153) beschrieben. Karsten (1871, p. 228—229) hat dazu eine sehr nahestehende Form beschrieben, *T. pithya* Karst., deren Artrecht indessen von Rehm (1896, p. 274) bezweifelt wird. Nennenswertere Unterschiede im Bau dieser beiden Arten ergeben sich in der Tat auch nach der Originalbeschreibung nicht; *T. pinastri* wurde jedoch von Karsten ausschliesslich an Fichtenrinde hier und da in Süd- und Mittelfinnland das ganze Jahr hindurch angetroffen, *T. pithya* dagegen fand er an dünner Kiefernrinde in Messukylä, Mustiala, Alavus und in Lappland (Knjäsa).

In meinen Untersuchungsgebieten sind hierhergehörige Pilze allgemein zumal auf der gemeinen Kiefer und der Murraykiefer, einmal auch an *Pinus strobus*, hier und da ferner auf Fichten und auf Lärchen vorgekommen; die Gesamtanzahl der Funde beläuft sich auf etwa 30. Neben den Apothecien waren Pykniden häufig zu finden. In manchen Proben sind in den Stromata sowohl Apothecien als Pykniden enthalten, was wohl eine ziemlich sichere Gewähr für ihre Zusammengehörigkeit bilden dürfte. Nach meinen Proben zu schliessen, sind die Ascosporen im Herbst vollentwickelt und zerfallen recht bald in kleine Sporiden. Grosse Primärsporen, wie sie Karsten und andere beschrieben haben, habe ich in meinem Material nicht finden können, wohl aber ansehnliche unregelmässige sporenartige Gebilde in einigen Proben. — Die Pykniden sitzen gehäuft auf den Stromata. Sie sind tiefschwarz, von aufrecht-ovaler Form; die Sporenträger sind sehr lang (etwa 25—50 μ), vielzellig; die Grösse der Konidien beträgt in meinen Proben etwa 2.5—3.5 $\times$ 1 μ.

Diese Art lebt auf der Rinde toter Äste und als Hiebsreste auf dem Boden umherliegender Baumwipfel. Anzeichen von Parasitismus habe ich nicht beobachtet. In diesem Zusammenhang muss jedoch auf die Untersuchung des Amerikaners Hansbrough (1935) hingewiesen werden, welcher gemäss eine der *T. pinastri* sehr nahestehende *Tympanis*-Art in 10—30jährigen *Pinus resinosa*-Kulturen in Süd-Connecticut, West-New-York, Michigan nebst anderen Teilen der Vereinigten Staaten überaus verheerend aufgetreten ist und einigen Schaden auch unter *P. strobus* hervorgerufen hat. Bemerkenswert ist hierbei der Umstand, dass von den Schäden zur Hauptsache nur die ausserhalb (südlich) des optimalen Verbreitungsgebietes der *P. resinosa* gelegenen Gebiete betroffen worden sind, während der Pilz sich in den ursprünglichen Naturbeständen lediglich mit der Rolle eines die toten Äste besiedelnden bescheidenen Saprophyten begnügt. Die Beschädigung kommt auf die Weise zustande, dass sich das Myzel von den toten Ästen aus auch in den lebenden Stamm, in die nächste Umgebung der Astwurzel ausbreitet und dort die Rinde und das Kambium abtötet. Ebenso interessant ist die Angabe, dass hauptsächlich 10—30jährige Bestände von den Verheerungen betroffen worden sind. Gerade in diesem Alter beginnen die unteren Äste allgemein zu leiden und sterben ab, so den Schwächeparasiten den Angriff erleichternd. Es hat sich in den betreffenden Fällen auch herausgestellt, dass der Schaden in reinen Beständen schlimmer als in Mischbeständen ist, ebenso sind Bestände auf schwachen Böden stärker ausgesetzt als solche auf guten. — Es ist nicht ausgeschlossen, dass auch die europäische *Tympanis pinastri* unter ähnlichen Verhältnissen parasitische Eigenschaften annehmen könnte.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Pasila 19. IV. 1946, Ruskeasuo 10. II. und 15. XII. 1946 und Huopalahti 10. XI. 1946, 2. II. 1947; Kirchsp. Helsinki, Seutula 28. X. 1945; Tuusula, Ruotsinkylä 29. XI. 1946. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 24. VIII. 1947. — *Pinus murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. 1944. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947. — *Picea excelsa: Ka*, Sippola, Ruotila 11. V. 1944. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 23. VII. 1947.

Pyrenomycetineae

Asterina nuda Peck — In ausgewachsenen Nadeln der *Abies*-Arten begegnet man in meinen Untersuchungsgebieten einem Pyrenomyceten, über dessen Merkmale hier folgendes angeführt werden möge.

Perithecien zahlreich, in den Spaltöffnungsbereichen der Nadelunterseite und in der Mittelfurche der Nadeloberseite vorkommend, unter der Epidermis hervorbrechend und schliesslich fast oberflächlich, kugelig, schwarz, von parechymatischem Gewebe gebildet, etwa 100—120 μ breit, jedoch mit einem schmalen, tief in das Innere der Nadel eingesenk-

ten Stiel versehen. Asci auf dem Boden der Perithecienhöhlung sitzend, flaschen- oder zylinderförmig, oben dickwandig, 30—50 × 10—14 μ, achtsporig. Sporen elliptisch, 7—15 × 5—6 μ, zweizellig mit etwas breiterer oberer Zelle, hyalin. Paraphysen fehlen. Ein offenbarer Parasit, der oft ganze Äste und Astgruppen, ja gelegentlich selbst kleine Bäume zum Absterben bringt.

Dieser Pilz ist, nach v. Höhnel (1918, p. 618) zu schliessen, die von Peck 1884—85 aus Nordamerika unter dem Namen *Asterina nuda* Peck beschriebene Art. Es scheint mir, dass auch *Mycosphaerella abietis* (Rostr.) Ldau bei Lind (1913, p. 204) mit ihm identisch sein könnte, dagegen wohl nicht *Rehmiellopsis abietis* (Rostr. p. p. ?) O. Rostr. (1916, p. 15—16), bei welcher Art die Asci vielsporig sind. Pecks Artname ist jedoch älter. Nach v. Höhnel (l. c.) sind *Coniothyrium pini* Corda und *Toxosporium camptospermum* (Peck) Maubl. (= *T. abietinum* Vuill. ?) Pyknidenformen dieser Art, und nach Rostrup (1902, p. 597; 1905) gehörten wiederum *Phoma abietis* Briard und *Toxosporium abietinum* Vuill. hierher. In betreff *Coniothyrium pini* bin ich zu dem gleichen Resultat gekommen, und auch *Toxosporium* habe ich einmal, und zwar zusammen mit *Asterina nuda* gefunden (siehe S. 87); bezüglich *Phoma abietis* siehe S. 72.

Proben: *Abies sibirica: N*, Kirchsp. Helsinki, im sog. Kavaleffschen dendrologischen Park 2. VI. 1946; Elimäki, Mustila 2. V. 1949 (C. G. Tigerstedt). — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947. — *Sa*, Punkaharju 8. V., 18. VII. und 5. XII 1943, 26. V. 1944. — *A. balsamea: Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947.

Bertia moriformis (Tode) De Not. — Diese an vermodernden Laubbaumzweigen häufige Art tritt gelegentlich auch auf dem Holz von Nadelbäumen auf.

N, Kirchsp. Helsinki, Tammisto, an vermodernden Fichtenzweigen am Boden 27. V. 1949.

Calosphaeria abietina (Fuck.) Wint. — Perithecien in Gruppen in den Rindenspalten toter Triebe sowie in den Narben der Kurztriebe, schwarzbraun, schliesslich fast schwarz, oberflächlich, zieml. gross, eiförmig. Asci breit keulenförmig, bisweilen fast rund, mit zahlreichen Sporen, etwa 50—108 × 15—18 μ. Sporen wurstförmig, schwach gekrümmt, 6.8—8 × 1.5—2 μ, oft mit je vier Öltropfen. Paraphysen lang und breit, mit etwas aufgeblasenen Zellen. Saprophyt.

Kb, Joensuu, an *Pinus silvestris* 12. V. 1945.

Ceratostoma sp. — Ich bin an Knospen und alten männlichen Infloreszenzen der Fichte, die von *Cucurbitaria piceae* getötet waren, zwischen den Apothecien der letztgenannten Art auf einen Pilz gestossen, dessen Merkmale hier mitgeteilt werden mögen.

Perithecien in dichten Gruppen, schwarzbraun, mit ei- oder kugelförmigem, jedoch breit aufsitzendem parenchymatischem Basalteil und

länglichem prosenchymatischem Schnabel; Länge des ersteren etwa 160 μ, Breite etwa 150—200 μ, Länge des Schnabels etwa 290—325 μ, seine Breite am Grunde etwa 70 μ, an der Spitze etwa 40 μ. Asci verkehrt eiförmig, sehr zartwandig, dünn gestielt, mit 8 Sporen; sporenführender Teil 13—16 × 11 μ, Länge des Stieles etwa 10 μ. Sporen fast würfelig, 5—6.7 × 3.8—4.3 μ, rauchgrau mit hyalinen Enden, bisweilen mit grossem Öltropfen. Paraphysen fehlen. Wahrscheinlich ein Saprophyt.

N, Tuusula, Ruotsinkylä, unter *Cucurbitaria piceae* an Knospen und alten männlichen Infloreszenzen von *Picea excelsa* 8. II. 1946.

Muss auf Grund der dunklen Sporen zur Gattung *Ceratostoma* geführt werden, die Identifizierung der Art ist mir aber vorläufig nicht gelungen.

[***Cucurbidothis pityophila*** (Fr.) Petr., Syn. *Cucurbitaria pityophila* (Fr.) De Not. — Karsten (1885, p. 31) berichtet über ein Auftreten dieses Pilzes an Kiefern- und Fichtenrinde in Mustiala. *Phragmotrichum Chailletii* wäre nach Fuckel (teste Karsten l. c.) seine Konidienform, nach v. Höhnel (teste Jørstad 1925) ist es aber *Microsporella pityophila* v. Höhn. Die Art ist mir vorläufig nicht begegnet, und ich glaube auch, dass sie in Finnland selten ist. Das im Lande an Fichtenzapfen häufiges *Phragmotrichum Chailletii* steht offenbar in keiner Beziehung zum vorliegenden Ascomyceten.]

Cucurbitaria piceae Borthw. — Diese Art, die sich in Schottland, Dänemark und Mitteleuropa als ein schlimmer Knospenschädling der Fichte herausgestellt hat (Borthwick 1909; Köck 1918; Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 137), hat aus Finnland bisher nicht vorgelegen. Meinen Beobachtungen nach ist aber der Pilz in Südfinnland anscheinend nicht selten. In Lauttasaari bei Helsinki hatte er im Winter 1943/44 die Krone einer im jungen Stockholzalter stehenden Fichte fast vollständig zerstört, und in Munkkiniemi bei Helsinki trat er reichlich in den Knospen einer gefällten Fichte auf; im Versuchsrevier Ruotsinkylä in Tuusula wurde er im Winter 1945/46 und 1949/50 in den Wipfeln frischgefällter grosser Fichten gefunden, desgleichen in zwecks Untersuchung der Florationsverhältnisse aus Lapinjärvi eingesandten Fichtenastproben.

Dieser Pilz ist leicht erkennbar schon auf Grund der Gestalt der durch ihn getöteten Knospen. Diese erscheinen bei einsetzendem Wachstum in charakteristischer Weise gekrümmt (Abb. 9). Auch Blütenknospen werden vom Pilz angegriffen und getötet und bleiben dann ungeöffnet. Die Pykniden und Perithecien bedecken dicht herdenförmig die Oberfläche der infizierten Knospen. Sie sind ziemlich gross (etwa 1 mm im Durchmesser), schwarz und mit Papille und Porus versehen. Die in den Pykniden gebildeten Sporen sind bald fadenförmig, mehrzellig (in meinen

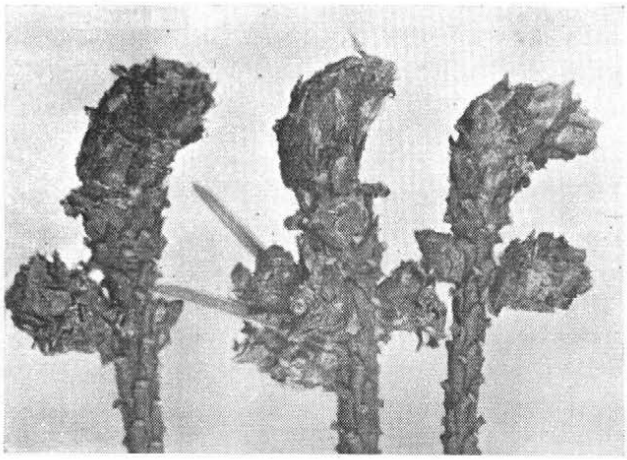


Abb. 9. Infolge der Angriffe von *Cucurbitaria piceae* auf charakteristische Weise gekrümmte Fichtenknospen, deren Oberfläche vollbesät ist mit Pykniden und Perithecien des Pilzes (Vergr. 2 ×). — *N*, Tuusula, Ruotsinkylä 20. X. 1946.

Proben etwa 225 × 5—7 μ gross), bald wieder eiförmig, mauerartig mehrzellig, gross (etwa 25—30 × 15—17 μ). Die Perithecien gleichen äusserlich sehr den Pykniden; die Ascosporen sind wie die Pyknosporen mauerartig mehrzellig, in meinen Proben etwa 45—55 × 15—17 μ gross, braun.

Das Auftreten und die Wirkungen dieses Pilzes müssten bei uns einer Spezialuntersuchung unterworfen werden. Dies könnte mit Vorteil auf frischen, im vorhergehenden Winter angelegten Hiebsflächen geschehen. Vorläufig sind jedoch aus Finnland keine ernstlicheren Verheerungen des Pilzes zu verzeichnen gewesen.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari 31. III. 1944 und Munkkiniemi 12. V. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä 20. X. 1946; Lapinjärvi 20. X. 1946.

Herpotrichia nigra Hart. — Nach Liro (1924, p. 289) in Finnland häufig an den Ästen und Nadeln von Kiefer, Fichte und Wacholder. Meine Wahrnehmungen über diese wichtige Art sind sehr mangelhaft — ich habe sie nur einigemal, und zwar an Fichte festgestellt.

N, Lapinjärvi 15. XII. 1949 an dünnen Fichtenästen und Nadeln.

Lasiosphaeria heterostoma Karst., Syn. *Herpotrichia heterostoma* Karst. (Karsten 1885, p. 50). — Diese Art wurde von Karsten (1873, p. 162) von altem Kiefernholz in Tammela beschrieben. Ich bin einem wahrscheinlich dieser Art zuzuzählenden Pilz in Sippola an Fichtenspänen im Walde begegnet: Fruchtkörper oberflächlich, fast 1 mm breit, kohlig brüchig, anfangs durchweg mit steifen, schwarzbraunen,

etwa 200—300 × 11—16 μ grossen Borstenhaaren bedeckt, schliesslich mit einem kahlen, mit rundem Porus versehenen, heller braunen Mündungskegel ausgerüstet; Asci 100—135 × 8 μ; Sporen im reifen Zustand bumerangförmig, 27—35 × 4—5.5 μ gross, mit 1—5 Querwänden und grossen Öltropfen, braun. Saprophyt.

Ka, Sippola, Ruotila 5. VI. 1944 (älteres Stadium).

Melanomma juniperinum (Karst.) Sacc. — Diesen einigermassen von *M. pulvis-pyrius* (Pers.) Fuck. abweichenden Saprophyten beschrieb Karsten (1873, p. 89) von *Juniperus communis* in Mustiala. Mir liegen von toten Wacholderstämmen gleichfalls ein paar Proben vor, welche durchaus der Beschreibung bei Karsten entsprechen.

N, Helsinki, Lauttasaari 25. IV. 1948 und Munkkiniemi 11. V. 1944 (Sporen 16—23 × 5—8 μ, 4—6zellig).

Melanospora chionea (Fr.) Corda — Nach Karsten (1873, p. 219) wenigstens in Mittelfinnland winters und frühlings an vermodernden Kiefernnadeln ziemlich häufig. Meinen Beobachtungen nach ist der Pilz wenigstens in der Gegend von Helsinki im Frühjahr reichlich an den entfärbten Nadeln von bodenliegendem Kiefernreisig zu finden; dazu habe ich den Pilz in Sippola und Punkaharju notiert. Ein Saprophyt.

N, Helsinki, Lauttasaari 30. IV. 1944, 8. V. 1946.

Mycosphaerella laricina Hart. — Diesen Nadelparasiten der Lärche, der sich in Mitteleuropa als überaus gefährlich zumal für *Larix europaea* erwiesen hat, fand ich im Frühjahr 1944 in vorjährigen abgefallenen Lärchennadeln in Punkaharju. Seine Perithecien sind teilweise unter der Epidermis hervorbrechend, klein, 80—100 μ im Durchmesser; Asci zylindrisch, 50—60 × 11 μ; Sporen in zwei Reihen, zweizellig, etwa 19 × 3.5 μ, grünlich hyalin; Paraphysen dünn, verzweigt.

Hat in Finnland wenigstens vorläufig keinen nennenswerten Schaden verursacht.

Sa, Punkaharju, an *Larix sibirica* 26. V. 1944.

Nectria cinnabarina (Tode) Fr. — Eine polyphage Art, die sich auch auf Nadelbäumen recht wohl fühlt. Das Konidienstadium (*Tubercularia vulgaris* Tode) ist zumal auf frisch abgestorbenen Kieferntrieben keineswegs selten, doch bin ich ihm bisweilen auch auf anderen Nadelbäumen begegnet. Die Gefährlichkeit dieses Pilzes für das Laubholz ist schon oft hervorgehoben worden (Wollenweber 1928, p. 546—48), dagegen dürfte er auf den Nadelhölzern nur ein Saprophyt, höchstens ein Schwächeparasit sein.

Proben: *Pinus silvestris: Ka*, Sippola, Ruotila, an dünnen Ästen und den vermodernden Nadeln einer gefällten Kiefer 4. VI. 1944. — *Picea excelsa: N*, Hel-

sinki, Munkkiniemi 6. II. 1949; Espoo, Tuomarila 2. VI. 1946. — *Sa*, Punkaharju 26. V. 1944. — *Abies sibirica: N*, Helsinki, Meilahti 23. IV. 1944. — *Thuya occidentalis: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 15. III. 1944.

N. cucurbitula (Tode) Fr. — Das Vorkommen dieses in Mitteleuropa und Dänemark als Wundparasit der Fichte verheerend auftretenden Pilzes in Finnland bedarf noch einer eingehenderen Klärung. Nach K a r s t e n (1885, p. 13) wäre die Art hier sowohl an Kiefer, Fichte als Lärche zumindest bis auf die Höhe von Vaasa zu finden. Karsten unterscheidet aber dabei nicht die an Kiefern häufige und mitunter auch an Fichten vorkommende *Ophionectria cylindrospora*. Es ist wahrscheinlich, dass *Nectria cucurbitula* in Finnland fast ausschliesslich auf die Fichte beschränkt ist, und Angaben über nennenswertere Verheerungen liegen nicht vor. Damit will aber keineswegs gesagt sein, dass solche zumal in frostempfindlichen Kulturbeständen nicht möglich wären. So hat der Pilz nach N e g e r (1916) z. B. im Erzgebirge in Zusammenwirkung mit dem Frost die Wipfel junger Fichten beschädigt. In Dänemark ist die Sitkafichte als frostempfindlicherer Baum stärker als die gemeine Fichte den Angriffen des Pilzes ausgesetzt (F e r d i n a n d s e n et J ø r g e n s e n 1938—39, p. 111). Der Pilz verursacht beim befallenen Baum lange, scharf begrenzte Rindennekrosen. Die Perithecien bilden sich an der Grenze zum frischen Rindengebiet.

Meinen Beobachtungen gemäss findet man bei den Fichten in Punkaharju die vertrockneten Triebe oft durch *Nectria* infiziert vor, doch nicht so regelmässig, dass es möglich wäre, die in den Beständen beobachtete Wipfeldürre diesem Pilz zuzuschreiben. Meistens treten in seiner Begleitung auch andere Arten auf, die als Parasiten betrachtet werden können. So begegnet man z. B. den Fruchtkörpern von *Sclerophoma pityophila* und *Nectria cucurbitula* regellos durcheinander. Recht wahrscheinlich ebnen einmal der Frost, ein andermal wieder andere Schadpilze dem *Nectria*-Pilz den Weg in den Baum. Es handelte sich demnach um einen schwachen Parasiten, der nur solche Triebe angreift, die aus diesem oder jenem Grunde ihre Lebenskraft schon vordem eingebüsst haben.

Nur ein paar Proben des Ascusstadiums liegen mir vor:

N, Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945 (Sporen 12—15 × 5.5 μ). — *Sa*, Punkaharju, in der Rindennekrose einer stehenden Fichte 26. V. 1944 (Sporen 13—15 × 4—5.5 μ, hier wie in der vorhergehenden Probe fein punktiert).

N. episphaeria (Tode) Fr. — Nach K a r s t e n (1873, p. 214) auf *Diatrype stigma* im ganzen Lande nicht selten. Die Art fällt der Untergattung *Fusarionectria* zu, und ihre Konidienform durfte *Fusarium aquaeductuum* Lagerh. sein. Der Pilz lebt nach W o l l e n w e b e r (1928, p. 560; 1932, p. 739) an baumbewohnenden Sphaeriaceen (*Valsa*,

Cucurbitaria, *Diatrype*, *Hypoxylon* u. a.) sowohl auf Laub- als auf Nadelbäumen, ausserdem in Schmutzwässern und in Wasserleitungen, die durch ihn gänzlich verstopft werden können.

Ich bin der Art oft auf Laubbäumen begegnet, nur einmal aber auf Nadelbäumen, und zwar an den Stämmen junger, toter Murraykiefern in Nuutajärvi. Die Probe zeigt hellrote Stromata in den Lentizellen und in Rissen der Rinde. Die in ihnen gebildeten Konidien sind recht mannigfach geformte, teils kleine einzellige (4—5 × 2—3 μ) oder schmal sichelförmige zweizellige (10—20 × 2.5 μ), teils wieder grosse zwei- bis vierzellige (24—35 × 2.5—3 μ) *Fusarium*-Konidien. Die Perithecien sitzen in dichten Gruppen diesen Stromata auf, sie sind dunkelrot, im oberen Teil knopfförmig und mit einer Mündungspapille versehen; die Ascosporen sind zweizellig, etwa 9—10 × 4 μ gross, mit einem grossen Öltropfen in jeder Zelle. Der Wirtspilz lässt sich im vorliegenden Falle nicht ermitteln.

Ta, Urjala, Nuutajärvi, an *Pinus murrayana* 11. VII. 1947.

Niesslia sp. — In meinen Untersuchungsgebieten kommt an den Nadeln lebender jüngerer Fichten ein anscheinend parasitischer Pyrenomycet mit folgenden Merkmalen vor.

Perithecien dicht rasig gehäuft, dem oberflächlichen krustigen Hyphengeflecht aufsitzend, kugelig und gestachelt, schwarz, ohne Papille, aber mit rundem Porus, schliesslich im oberen Teil schüsselförmig einsinkend, lederig, 80—150 μ. Die Stacheln sind einzellig, spitz, mit verbreitertem Grunde, 70 × 3.5 μ. Asci 50—85 × 5.5—7 μ, spindelförmig, zieml. spitz und ohne Endverdickung, mit zieml. kurzem und schmalem Stiel. Sporen 11—13 × 2—3 μ, in zwei Reihen liegend, spindelförmig, zweizellig, hyalin, mit 1—2 Öltropfen in jeder Zelle.

Man findet den Pilz mitunter überaus reichlich an der Oberfläche der Nadeln junger Fichten vor. Er lässt sich leicht und spurlos von der Nadel loslösen. Die befallenen Nadeln werden braun, schwarzfleckig. Gewöhnlich sind alle Nadeln ein und desselben Triebes infiziert, und der Baum leidet sichtlich. Welcher Gattung und Art der hier beschriebene Pilz zuzuzählen ist, darüber kann ich mich ohne Materialvergleiche nicht äussern. Die Merkmale passen auf keine mir z. Z. bekannte Art oder Diagnose einwandfrei ein. Da es sich aber um einen Parasiten handelt, habe ich den Pilz hier schon mitgenommen.

Proben: *N*, Helsinki, Munkkiniemi 11. V. 1947; Tuusula, Ruotsinkylä 16. V. 1944 (Sporen in den Asci ausgekeimt). — *Sa*, Punkaharju 20. IV. 1947. — Durchgehends an *Picea excelsa*.

Ophionectria cylindrospora (Sollm.) Berl. et Vogl., Syn. *O. scolecospora* Bref. et Tav. — Eine in meinen Untersuchungsgebieten an neulich

abgestorbenen Ästen sowie auf der Rinde in den Wipfelteilen von *Pinus silvestris* häufige »*Nectria*»-Art, der man bisweilen auch an vermodernden Kiefernnadeln begegnen kann. Oft findet man seine Perithecien und Pykniden (*Diplozythia scolecospora* Bub.) durcheinander. Diese Art ist vordem auch in Finnland mit *Nectria cucurbitula* verwechselt worden, die indessen so gut wie gar nicht an Kiefern vorkommt. Vornehmlich ein Saprophyt, tritt aber auch als Wundparasit z. B. in Rindenwunden auf, die durch Insekten verursacht wurden.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Huopalahti, an der Rinde im Wipfelteil des Baumes 10. XI. 1946 (Asci 76—79 × 8.4 μ; Sporen etwa 30—50 × 2.5—3.5 μ, mit zahlreichen (bis 21) Querwänden, oft nur zu zweien im Schlauch, Sporiden 3.5 × 1—1.3 μ; Pykniden dunkelrot, oben nur undeutlich eingedrückt, Konidienträger reich verzweigt, etwa 25 μ lang, Konidien etwa 2.5—3 × 1 μ), Meilahti 31. XII. 1944 und Seurasaari 23. I. 1944; Kirchsp. Helsinki, Seutula 28. X. 1945. — *Sa*, Punkaharju, April 1943. — *Oa*, Ilmajoki, Tolppaharju 1. IV. 1943 (aus einer von I. Nikkola mitgebrachten Probe). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 26. VIII. 1947. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. 1944, 7. V. und 17. X. 1947. — *Sa*, Punkaharju 5. II., 20. VI., 15. VIII. und 1. IX. 1943, 21. X. 1948. — *P. montana: N*, Helsinki, Hiekkaranta 22. IV. und 10. XI. 1944. — *P. cembra: Sa*, Punkaharju 5. XII. 1943, 21. X. 1948. — *P. peuce: Sa*, Punkaharju 29. V. 1949.

Rosellinia abietina Fuck. — Nach Karsten (1873, p. 47—48) an dem Holz dürrer Kiefern- und Wacholderzweige in Finnland und Lappland ziemlich häufig. Ich bin dem Pilz insbesondere auf dem beim Aufreissen der Rinde blossgelegten Holz von toten Kiefernzweigen, einmal auch an Fichtenspänen begegnet. Die Grösse der Sporen beträgt in meinen Proben 12—16 × 7—8.5 μ. Ein Saprophyt.

Proben: *Pinus silvestris: Ka*, Sippola, Ruotila 4. VI. 1944. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. 1944. — *Sa*, Punkaharju 26. V. 1944. — *Picea excelsa: Ka*, Sippola, Ruotila, an Fichtenspänen im Walde 15. VIII. 1945.

R. malacotricha Niessl, Syn. *Coniochaeta malacotricha* (Auersw.) Trav. — Von *R. abietina* durch die breit-elliptischen Sporen verschieden. Am Holz von *Pinus silvestris* unter der sich ablösenden toten Rinde, insbesondere dort, wo diese aufgerissen ist. Saprophyt.

Proben: *N*, Helsinki, Seurasaari 22. II. 1948 (Asci 120—170 × 12 μ; Sporen 12—15 × 10—13 μ, fast schwarz, mit einem grossen Öltropfen); Kirchsp. Helsinki, Seutula 28. X. 1945 (Sporen 9.5—11 × 8 μ, schwärzlich).

Sphaerella juniperi Fautr. et Roum. und ***Sphaeropsis juniperi*** Desm., Syn. *Phoma juniperi* (Desm.) Sacc. — An Nadeln von *Juniperus communis* findet man in meinen Untersuchungsgebieten ziemlich häufig die Konidienform eines Pyrenomyceten, leicht kenntlich durch die kurz streifenförmigen, schwärzlichen Stromata, die in paralleler Anordnung zahlreich unter der Epidermis sowohl an der Ober- als Unterseite der Nadeln hervorbrechen. Ihre Grösse beträgt etwa 0.1—0.3 × 0.06 mm.

Jedes Stroma enthält (2—) 3 (—5) kugelige, innen weisse Sporengehäuse. Die sich im Innern derselben von etwa 8 μ langen Konidienträgern abschnürenden Sporen sind zylindrisch, etwa von der Form eines Roggenkorns, 5—8 × 2 μ gross, hyalin. Sie treten bei ihrer Befreiung in Form eines kleinen weissen Tröpfchens durch einen winzigen Mündungsporus an die Oberfläche des Stromas aus.

Das Stroma antspricht durchaus demjenigen von *Sphaeropsis juniperi* Desm., von welcher Art ich im Herbarium Musei Fennici (Herb. W. Nylander) eine authentische Probe (»Sphaeropsis Juniperi, Desmaz. Ann. 1849, f:elles de Juniperus communis») gesehen habe. Leider sind in der Probe keine reifen Sporen vorhanden. Die Sporen dieses Pilzes sollen nämlich fast kugelrund, 3—4 μ im Durchmesser sein (A l l e s c h e r 1901, p. 218), also ganz anders wie in meinen Proben. Ich wage es jedoch zu bezweifeln, ob man früher wirklich reife Sporen der Art vor sich gehabt hat. Meine Beobachtungen betreffen eben aus den Sporengehäusen freigewordene, also jedenfalls vollreife Sporen. Wahrscheinlich ein Parasit.

P r o b e n: *N*, Kirchsp. Helsinki, Tammisto 28. X. 1945; Tuusula, Ruotsinkylä 15. III. 1946 (die Sporen reiften nach zweiwöchiger Aufbewahrung der feucht eingewickelten Proben bei Zimmertemperatur aus). — *Ka*, Sippola, Ruotila 20. IV. 1946. — Dazu anderorts mehrmals beobachtet.

Zusammen mit dieser imperfekten Art, zum Teil gesellig in denselben Stromata, begegnet man gelegentlich auch einem Ascusstadium, das sich äusserlich kaum von *Sphaeropsis juniperi* unterscheidet. P e r i t h e c i e n zu 2—6 in jeder Reihe, völlig dem Stroma eingesenkt, zwiebelförmig, mit kleiner Mündungspapille versehen, inwendig weiss; A s c i zylindrisch, zieml. dickwandig, etwa 48—60 × 6 μ; S p o r e n in zwei Reihen liegend, länglich-oval oder elliptisch, 8.4—12 × 3—3.5 μ, zweizellig, hyalin; P a r a p h y s e n nicht angetroffen. Die Beschreibung bezieht sich auf ein junges, noch nicht ganz reifes Entwicklungsstadium. Es handelt sich offenbar um das Ascusstadium von *Sphaeropsis juniperi* Desm.

Die einzige perfekte Art, die gemäss der mir vorgelegenen Literatur in diesem Zusammenhang in Frage kommen könnte, ist *Sphaerella juniperi* Fautr. et Roum. (S a c c a r d o, Sylloge, XI, p. 299), die von Wacholdernadeln aus Italien und Frankreich angeführt worden ist.

N, Tuusula, Ruotsinkylä 15. III. 1946.

Strickeria pilosella (Sacc. et Roum.) Winter — In einer am 28. XI 1948 von Forstm. Y. Kanerva aus Joensuu eingesandten Generalprobe aus einem stark angegriffenen jungen Kiefernbestand findet sich auf dem Holze eines toten Kieferntriebes ein Pilz mit folgenden Merkmalen: P e r i t h e c i e n herdig, schwarz, kugelig, etwa 0.25 mm breit, im oberen Teil mit etwa 90 μ langen Stacheln; A s c i am Grunde eiförmig, nach

oben hin etwas schmäler auslaufend, aber stumpf endend, dickwandig, etwa 80 × 30 μ; Sporen undeutlich in 3 Reihen, eine kugelige Gruppe bildend, mauerförmig mit 9 Quer- und 2 Längswänden, ohne Einschnürungen, schwarzbraun bis oliv, 28—30 × 10—14 μ; Paraphysen fadenförmig, verzweigt.

Es könnte sich Winters Artbeschreibung (1887, p. 287) gemäss um *Strickeria pilosella* (Sacc. et Roum.) Winter handeln, es sind aber auch geringfügige Unterschiede zu verzeichnen. Saprophyt.

Valsa abietis Fr. — Nach Karsten (1873, p. 138) vom Herbst bis in den Frühling an der Rinde von Fichtenzweigen nicht selten, von *V. pini* nur wenig verschieden. Auf meinen Beobachtungsflächen an dünner, neulich abgestorbener Fichtenrinde ein überaus häufiger und reichlich vorkommender Saprophyt.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari 8. V. 1946; Ruotsinkylä 29. XI. 1946 (Asci 34—40 × 4—5 μ, Sporen 8—9.5 × 1.5 μ). — *Kα*, Sippola, Ruotila 5. VI. 1944 (Asci 27—30 × 4 μ, Sporen 6—7.2 × 1.5 μ), 17. IV. 1947 (Asci 30 × 4—5 μ, Sporen 5.5—8 × 1.3 μ).

V. ambiens (Pers.) Fr. — Ich habe an toten Wacholderzweigen eine grosssporige *Valsa*-Art mit nur je vier Sporen im Schlauch gefunden. Es handelt sich um *V. ambiens* (Pers.) Fr., eine Art, die jedoch als kollektiv zu betrachten ist.

N, Helsinki, Munkkiniemi 7. X. 1945 (Asci 60—70 μ, Sporen 25 × 4.5—5 μ).

V. cenisia De Not. — Karsten (1873, p. 136—137; 1885, p. 82) führt vom Wacholder in Finnland endgültig nur eine *Valsa*-Art, *V. cenisia* De Not., an, mit der Bemerkung, dass *V. Dubyi* Nitschke lediglich eine an dünnen Zweigen sowie an den Nadeln vorkommende Standortsform derselben darstelle. Nach Winter (1887, p. 710, 711) wiederum unterscheidet sich die Perithecienform von *V. cenisia* kaum von *V. pini*, wohl aber sind die Konidien der ersteren (*Cytospora cenisia* Sacc.) doppelt so gross wie die von *V. pini* (*Cytospora pini* Desm.). In Finnland sind jedoch die Sporen bei *Cytospora pini* grösser (siehe S. 68), demnach also der besagte Unterschied hier eventuell nicht besteht. Ich behandle hier die kleinsporigen *Valsa*-Arten des Wacholders unter dem gemeinsamen Namen *V. cenisia* De Not.

Proben: *N*, Helsinki, Degerö 30. VII. 1944 (Sporen 6.8—9 × 1—1.5 μ) und Viik 26. VII. 1944 (Asci 30—40 × 4—5 μ, Sporen etwa 9 × 1.5 μ); Kirschsp. Helsinki, Tammisto 29. V. 1947. — *Ta*, Heinola, Taipale 27. VIII. 1945 (Asci 36—40 × 4—5.5 μ, Sporen 6.5—10 × 1—1.5 μ).

V. clopima Fr. — Nach Karsten (1873, p. 139) an alter Kiefernrinde hier und da in Südfinnland. Saprophyt.

N, Helsinki, Huopalahti, an der Borke von *Pinus silvestris* 10. XI. 1946 (Asci 45—57 × 8 μ; Sporen zahlreich, 4.8—7.2 × 1—1.5 μ).

V. pini (Alb. et Schw.) Fr. — Schon Karsten (1873, p. 135) bezeichnet die Art wenigstens in Südfinnland als ziemlich häufig an der Rinde von Kiefer. Ich bin dem Pilz in allen meinen Untersuchungsgebieten, auch in Sodankylä, begegnet. Saprophyt.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Töölö 2. IX. 1944, Huopalahti 10. XI. 1946 und Pasila 29. IV. 1946. — *Ka*, Kirchd. Sippola 23. IV. 1946. — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä 24. VIII. 1947. — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 21. V. 1947. — *Sa*, Punkaharju 21. X. 1948. — *P. monticola: Sa*, Punkaharju 27. V. 1944.

Fungi imperfecti

Ascochyta parasitica (Hart.) Rostr., Syn. *Septoria parasitica* Hart., *Diplodia parasitica* Prill., *Ascochyta piniperda* Ldau — Dieser Parasit tötet die jungen Jahrestriebe der Fichten. Das Myzel lebt teils in der Rinde, teils in den Nadeln, die demzufolge zuerst vergilben, dann sich schwärzen. Das Krankheitsbild ähnelt einer Frostbeschädigung. Die Pykniden werden in den toten Trieben oder in den an diesen festsitzenden Nadeln angelegt. Der Pilz hat zumal in mitteleuropäischen Baumschulen bedeutende Verheerungen verursacht, ist aber auch in Dänemark (Ferdinandsen et Jørgensen 1938—39, p. 222—223) und Schweden (Lagerberg 1933) vorgekommen. Aus Finnland hat die Art dagegen bisher nicht vorgelegen.

Es ist nun jedoch möglich, dass einige von meinen Proben dieser Art zugezählt werden müssen. Eine gewisse Ungewissheit ergibt sich aber durch die einander wiedersprechenden Artdiagnosen. Nach Hartig (1890, 1893) sind die Pykniden mehrkammerig, die Sporenträger einfach und die Sporen 13—15 × 5—6 μ gross. Lagerberg (op. c.) wiederum bezeichnet die Pykniden als einkammerig, die Sporenträger als reichverzweigt und die Sporen als 13—15 μ lang; die Breite der Sporen wird von ihm nicht angegeben, diese betrüge aber nach seinen sorgfältig ausgeführten Abbildungen nur etwa 3.2—3.8 μ, und auch nach der Abb. 93 bei Ferdinandsen et Jørgensen (op. c., p. 223) wären die Sporen etwa viermal so lang wie breit, weshalb also die von Hartig angegebene Breite zu hoch angesetzt sein dürfte. Auch in Finnland begegnet man hin und wieder meistens an jungen Fichten, bisweilen jedoch auch an älteren, den obenbeschriebenen ähnlichen, bereits auf frühem Stadium eingegangenen Trieben und an diesen Pykniden mit Sporen. Die Sporenträger sind lang (bis 40 μ), mehrzellig ästig, die Sporen etwa 12—15 × 3.5 μ gross, zweizellig. Es scheint, dass hier der von Lagerberg aus Schweden angegebene Pilz vorliegt.

P r o b e n: *Picea excelsa:* Viele Proben. — *Pseudotsuga taxifolia: N*, Elimäki, Mustila, an toten Trieben 27. V. 1949. — *Ka*, Kirchd. Sippola, an toten Trieben bei der Försterschule 24. V. 1948. — *Abies concolor: Ka*, Sippola, Ruotila, in eben ausgebrochenen, schwarz gewordenen Knospen 10. V. 1944.

Brunchorstia pinea (Karst.) v. Höhn., Syn. *Rhabdospora pinea* Karst. — Siehe oben S. 13 —.

P r o b e n: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Pasila 29. IV. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä 16. V. 1944 (vidit J. A. Nannfeldt 1947), 21. V. 1947. — *Kb*, Joensuu 15. VI. 1945. — *Ok*, Hyrynsalmi, Lietekylä 4. VI. 1948 (M. Haapamäki). — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 16. V. 1944. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi 11. VII. 1947. — *Sa*, Punkaharju 15. VI. und 6. VIII. 1943 (Sporen im letzteren Falle etwa 24—40 × 3.5—5 μ). — *Pseudotsuga taxifolia: Ka*, Kirchd. Sippola 29. VII. 1947.

Camarosporium pini (Westend.) Sacc.

Kb, Joensuu, an dem Zweig einer toten jungen Kiefer 25. VI. 1945 (Sporen 15—18 × 6 μ, braun mit helleren Endzellen).

Camarosporium sp.? — An der Rinde der Äste und des Stammes von *Abies sibirica* kommt in meinen Untersuchungsgebieten häufig ein imperfekter Pilz mit folgenden Merkmalen vor.

P y k n i d e n unter der Rinde hervorbrechend, schwarz, etwa 0.3—0.5 mm breit und 0.3 mm hoch, in oberen Teil kuglig und ein einheitliches, nicht durch Zwischenwände aufgeteiltes, dickwandiges Sporengehäuse bildend, der untere Teil (der Fuss) von etwas verschmälertem Halsabschnitt nach unten hin sich verbreiternd, kaum so hoch wie der obere. Die reife Pyknide reisst an ihrer Spitze unregelmässig auf und lässt die Sporenmasse als schwarzglänzenden Tropfen austreten. Die Pyknide mitsamt ihrem Fuss sind aus parallelen, nach oben hin divergierenden Zellenreihen gebildet; die Zellen des Halsteiles und der Sporenkammerwandung sind prosenchymatisch, dunkelbraun und brüchig, unten 5—6 μ, weiter oben kleiner, etwa 4 μ breit. Die S p o r e n sitzen an den Enden etwa 25—50 μ langer und 5 μ breiter Sporenträger, die die direkte Fortsetzung der Zellenreihen des Fusses darstellen. Sie sind breit spindelförmig, einigermassen asymmetrisch, mit 5—7 Querwänden und jedes Quersegment wieder mit 1—2 mitunter schrägen Längswänden versehen, dickwandig, schwarzbraun mit etwas helleren Enden, als Masse schwarz, ihre Grösse 32—40 × 13—19 μ.

Mir liegen von diesem Pilz Proben aus folgenden Orten vor:

N, Helsinki 27. IV. 1944; Porvoo (leg. W. Nyberg). — *Ka*, Kirchd. Sippola 29. VII. 1947. — *Ta*, Urjala, Nuutajärvi; Lammi, Evo; Heinola, Taipale. — *Sa*, Punkaharju IV. 1946, dort auch an *Abies concolor* 25. V. 1944.

Die Fruchtgehäuse dieses Pilzes sind bisweilen in besonderer Weise verdorben; sie enthalten entweder überhaupt keine entwickelten Sporen oder diese sind tot und im Zerfallen begriffen. In solchen Fällen gewahrt

man in der Wand der Pyknide sekundäre kugelige oder halbkugelförmige Höhlungen ohne eigene Wandungen, aber voll mit eigentümlichen, leicht loslösbaren, verzweigten Zellengebilden, die wahrscheinlich die Konidien eines an *Camarosporium* schmarotzenden Pilzes darstellen. Sie haben einen etwa 13—16 μ langen und etwa 1.5 μ breiten Basalteil, der an seinem oberen Ende zwei fast die Länge des Basalteiles erreichende, etwa 1 μ breite Verzweigungen trägt, von denen die eine in ähnlicher Weise noch einmal gegabelt, die andere dagegen unverzweigt ist. Als gesamte Länge eines solchen kandelaberartigen Gebildes ergibt sich 30 μ. Die Hyphen sind sehr zart, hyalin. Ich bin jenen Gebilden an folgenden Orten begegnet:

N, Helsinki und Porvoo. — *Sa*, Punkaharju.

Coniothyrium conorum Sacc. et Roum. — Einem offenbar dieser Art zuzuzählenden Pilz begegnet man in Finnland an weiblichen Infloreszenzen und schon früh in ihrer Entwicklung stehengebliebenen Zapfen der Fichte. Seine Pykniden sind aus dem Inneren der Zapfenschuppe hervorbrechend, kugelig, schwarzbraun, etwa 0.1—0.2 mm breit, mit weder Mündungspapille noch Porus. Die Sporen sind regelmässig, sehr breit eiförmig oder elliptisch, ungestielt, 7—10 × 5—6 μ gross, olivgrau. Es handelt sich ganz offensichtlich um einen Parasiten, dem der Zapfen oft schon im Blütestadium (Abb. 10 a), manchmal etwas später (Abb. 10 b), nie aber nach vollendeter Entwicklung unterliegt. Interessant ist der in Abb. 10 c dargestellte Fall aus Lauttasaari bei Helsinki. Hier waren bei jedem Zapfen die Zapfenschuppen des Endabschnitts weich,

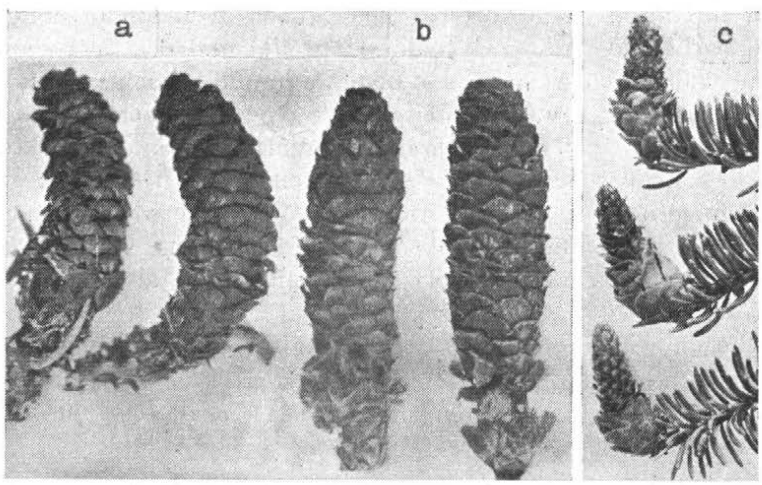


Abb. 10. Durch *Coniothyrium conorum* getötete ♀-Blütenstände (a) und junge Zapfen (b) der Fichte; c: Nur der Endabschnitt des Zapfens tot. (a und b 2.5 × vergr., c $^1/_2$ nat. Gr.) — *N*, Helsinki, Lauttasaari 31. III. 1946.

von *Coniothyrium conorum* infiziert und tot, diejenigen des Basalabschnitts verholzt und gesund. Noch merkwürdiger ist der Umstand, dass genau dasselbe auch für die an dem betreffenden, jüngst vom Sturm geworfenen Baum noch reichlich vorhandenen Zapfen des Vorjahres zutraf. Bei den nebenan gestandenen und gleichzeitig vom Sturm geworfenen Fichten waren die Zapfen in üblicher Weise entweder vom Grunde bis zur Spitze infiziert oder auch völlig gesund. Dieses Beispiel zeigt, wie fein abgestuft die Infektionsmöglichkeiten der Schmarotzerpilze bisweilen in der Natur sind.

Die Sporen des Pilzes sind schon im Winter fertiggebildet, sie werden aber erst im Frühjahr zur Blütezeit der Fichte, teilweise erst etwas später im Sommer aus den Pykniden befreit.

Es scheint mir, dass das Auftreten und die Bedeutung dieser Pilzart als forstschädlicher Parasit sich wahrscheinlich nicht einzig auf die Zapfenanlagen beschränkt, sondern man begegnet dem Pilz auch in den gewöhnlichen Triebknospen und den aus ihnen hervorgegangenen jungen Trieben der Fichte. Ich habe im September 1945 in Sippola einige 2—7 m hohe junge Fichten verwahrt, an denen viele ganz im Beginn ihrer Entwicklung befindliche, kaum 1 cm lange Jahrestriebe völlig geschwärzt und tot waren. Ebenso beobachtete ich im Winter 1948—49 im Versuchsrevier Ruotsinkylä an kleinen Fichten zahlreiche im vorhergehenden Sommer gerade beim Ausbrechen aus der Knospe eingegangene Triebanlagen (Abb. 11). Äusserlich ergibt sich hierbei ein weitgehend ähnliches Bild wie bei einer Frostbeschädigung, der Tod ist aber manchmal schon in der Knospe eingetreten. Auch findet man den Schaden nicht einzig auf frostempfindliche Geländepunkte beschränkt, sondern er tritt ebensogut auch an höhergelegenen Stellen auf. Als wichtigstes Kennzeichen ergibt sich jedoch der Umstand, dass die Oberfläche der geschwärzten Nadeln ausnahmslos mit Pykniden vollbesetzt ist, die mitsamt ihren Sporen sehr an die Pykniden von *Coniothyrium conorum* erinnern. Ob es sich tatsächlich um dieselbe Art wie die in den Zapfenanlagen auftretende handelt, mag durch fortgesetzte Infektionsversuche ermittelt werden können, ebenso

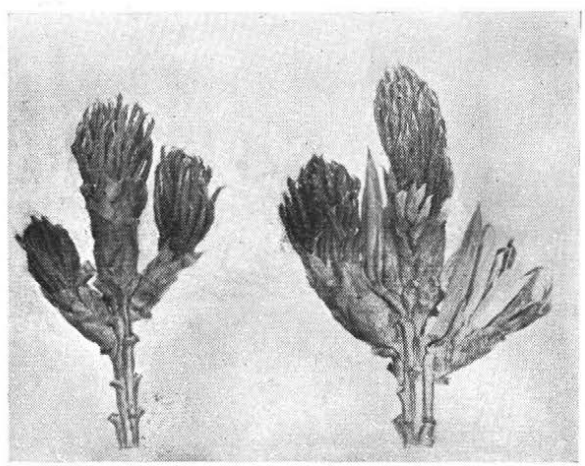


Abb. 11. Triebanlagen der Fichte mit schwarzgewordenen Nadeln und an diesen sehr zahlreiche Pykniden von *Coniothyrium conorum* (Vergr. 2 ×). — *N*, Tuusula, Ruotsinkylä, Frühjahr 1949.

auch ihre eventuelle Abhängigkeit vom Frost. Es möge noch erwähnt werden, dass bei dem in Ruotsinkylä eingesammelten Knospenmaterial die Pykniden etwa 0.14—0.16 mm breit und die Sporen oval oder elliptisch, olivgrau und ohne Öltropfen, aber stark lichtbrechend und etwa 6.8—11 × 4.9—6 μ gross sind. Die jüngsten unreifen Sporen sind jedoch viel kleiner und befinden sich an der Pyknidenwandung, an welcher sie mittels sehr kurzer und dünner Stiele haften; ihre Bildung vollzieht sich in der Weise, wie sie Petrak (1924, p. 87—104) für die typischen Arten der Gattung *Coniothyrium* geschildert hat. Sie sind in meinen Winterproben aus Ruotsinkylä schon vollreif, und ich habe sie auch in hängenden Tropfen versuchsweise zur Keimung gebracht; sie keimen und treiben in reinem Wasser viel träger als in solchem aus, dem etwas Fichten- oder Kiefernnadelextrakt oder Zucker zugesetzt worden ist. Meine Versuche, mit Sporen-Wasser-Emulsion junge Nadelholztriebe zu infizieren, fielen jedoch negativ aus.

Ich bin *Coniothyrium*-Pykniden ferner in Punkaharju in Verbindung mit dem Triebsterben bei der Lärche begegnet. Abb. 12 zeigt einen typischen Fall. Da findet man bei jedem Jahrestrieb die Spitze auf einer Strecke von etwa 1—2 cm schon früh abgestorben und verschrumpft.

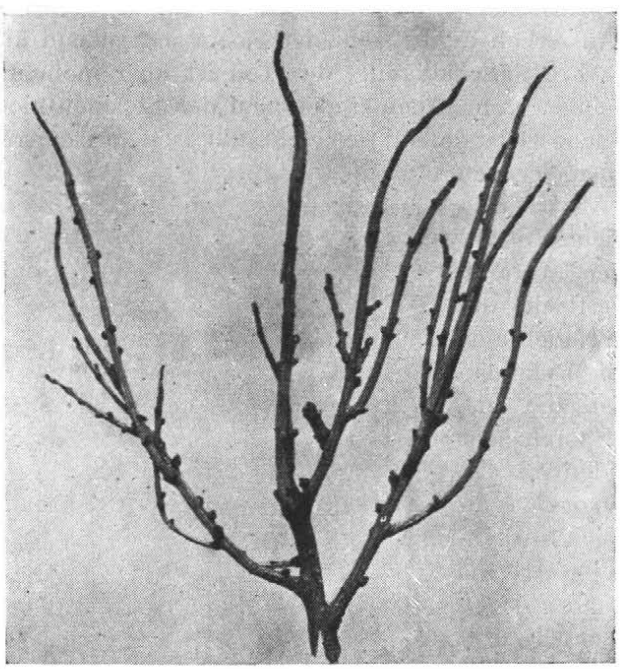


Abb. 12. Ast von *Larix sibirica* mit durchgehends abgestorbenen Endknospen und an diesen zahlreiche Pykniden von *Coniothyrium conorum*. — *Sa*, Punkaharju 21. VIII. 1948.

Dies führt zu einer immer zunehmenden Gabelung der Äste. Wo der Schaden mehrere Jahre angedauert hat, haben die Kronen der Lärchen vollends kugelige Gestalt angenommen, so dass man schon in einem Falle gezwungen war, eine *Larix sibirica*-Kultur in ihrer Gänze abzuholzen.

Ich vermutete früher, dass für die Triebschäden der Lärche alleinig *Sclerophoma pityophila* verantwortlich zu machen wäre, denn dieser Pilz ist in Verbindung mit derartigem Triebsterben der Lärche in Punkaharju oft zu finden. Seine Pykniden treten aber gewöhnlich etwas weiter unten am Jahrestrieb auf, während sich das Vorkommen von *Coniothyrium* namentlich gerade auf die geschwärzte Triebspitze beschränkt. Ich bin auf Grund meiner Beobachtungen im Herbst 1948 zu dem Ergebnis gekommen, dass die in Frage stehende *Coniothyrium*-Art an den Lärchen in Punkaharju mitunter zumindest ebenso verheerend wie *Sclerophoma pityophila* auftritt. Ihre Pykniden und auch die Sporen gleichen so sehr denjenigen der in den Zapfenschuppen und Knospen der Fichte vorkommenden *Coniothyrium*-Art, dass die artliche Identität beider durchaus möglich erscheint. Die endgültige Entscheidung vermögen indessen erst Infektionsversuche zu bringen. Schliesslich bin ich einem ganz ähnlich aussehenden Pilz auch an einem toten Trieb von *Pseudotsuga* in Sippola desgl. in Tuusula begegnet.

Folgende Proben sind in den Sammlungen der Forstlichen Forschungsanstalt vorhanden. Die meisten Fichtenproben sind vom Standpunkt des Pilzes durchaus Zufallsproben, zur »Vorhersage» des wahrscheinlichen Blütenreichtums der Fichte gesammelt und eingesandt. Das häufige Vorkommen des Pilzes in derartigen Proben deutet darauf hin, dass es sich höchst wahrscheinlich um einen sehr gemeinen Zapfenschädling in Finnland handelt.

In halbentwickelten Zapfen von *Picea excelsa: Ab*, Bromarv, Solböle, Jan. 1946. — *N*, Helsinki, Lauttasaari 31. III. 1946 und Haaga 14. V. 1947; Tuusula, Ruotsinkylä 8. II. 1946. — *Sa*, Punkaharju 10. I. 1945. — *Tb*, Vilppula, Okt. 1949. — *Kb*, Pielisjärvi, Koli, Jan. 1946 und Jan. 1949. — *Ob*, Muhos, Pyhäkoski, Jan. 1946, Jan. 1947 und Dez. 1948; Rovaniemi, Viirinkylä, Kivalo, Nov. 1946. — *Lkem*, Muonio, Pallasjärvi, Okt. 1946.

In sich öffnenden, schwarz gewordenen Triebknospen von *Picea excelsa: N*, Tuusula, Ruotsinkylä, häufig und ausserordentlich reichlich an jungen Fichten im Winter 1948—49. — *Ka*, Sippola, Ruotila 1. IX. 1945.

Larix sibirica: Sa, Punkaharju, ausserordentlich reichlich an zwei der Probe halber gefällten Lärchen, deren Krone kugelförmig umgestaltet war, 21. VIII. 1948.

Pseudotsuga taxifolia: N, Tuusula, Ruotsinkylä 18. V. 1949 in Knospen. — *Ka*, Kirchd. Sippola, an totem Trieb bei der Försterschule 1948.

Cytospora abietis Sacc. — Die einzige von Karsten (1890, p. 14) aus Finnland erwähnte fichtenbewohnende *Cytospora*-Art; nach ihm hier und da an berindeten Zweigen der Fichte vorkommend. In meinen Untersuchungsgebieten ein häufiger Pilz (Proben aus der Gegend

von Helsinki sowie aus Tuusula, Sippola, Vesijako und Punkaharju). Reife Sporen sind im Winter und Vorfrühling zu finden. Ausser auf der gemeinen Fichte fand ich den Pilz auch auf *Picea canadensis* und *P. Engelmannii*. Die Sporen sind nach Saccardo (Sylloge, III, p. 269) 3—4 × 1 μ gross, in meinen Proben sind sie aber bedeutend grösser, 4—7 × 1 μ. In einer von meinen Proben kommt unter *Cytospora* gemischt auch ein Ascusstadium vor, welches offenbar der Art *Valsa abietis* Fr. angehört (Asci etwa 34—38 × 4—5 μ, Ascosporen etwa 8—9.5 × 1.5 μ). Die beträchtlichere Grösse der Konidien in meinen Proben dürfte daher wohl kaum bedeuten, dass man es in Finnland mit einer verschiedenen Art zu tun hätte; vielleicht stehen jedoch verschiedene Rassen in Frage.

C. Mougeotii Lév. — Ich habe im Botanischen Garten der Universität Helsinki an der toten Rinde von *Abies*-Arten eine *Cytospora*-Art mit grauer Stromascheibe und gelblichen Sporenranken gesammelt. Die Sporen sind etwa 6—7 × 1—1.2 μ gross, die Sporenträger etwa 16—20 μ lang, büschelförmig verzweigt.

N, Helsinki, Botanischer Garten der Universität, an *Abies concolor* 12. IV. 1945.

C. pinastri Fr. — Zwei Proben an faulenden Kiefernnadeln (Sporen 4.5—6 × 1—1.3 μ):

N, Helsinki, Munkkiniemi 7. XI. 1945 und Meilahti 10. II. 1946.

C. pinicola Westend., Syn. *C. pini* Desm.? — Die in meinem Material am häufigsten vertretene kiefernbewohnende *Cytospora*-Art hat 5—7 × 1 μ grosse Sporen, was gut den von Westendorp (Exs. Nr. 933) mitgeteilten Massen für *C. pinicola* entspricht. Karsten (1890, p. 15) erwähnt von der Kiefer nur die Art *C. pini* Desm. und gibt die Grösse ihrer Sporen (nach Desmazières?) mit 4 × 1 μ an. Es handelt sich indessen wahrscheinlich um ein und dieselbe Art, das Konidienstadium von *Valsa pini* (Alb. et Schw.) Fr. Diese *Cytospora*-Art ist wenigstens in der Gegend von Helsinki gemein; Proben wurden von mir ferner in Sippola, Urjala (dort auch an *Pinus murrayana*) und Sodankylä (23. VIII. 1947) gesammelt; in Punkaharju tritt der Pilz auch auf *P. cembra* auf. Wie die vorigen *Cytospora*-Arten ein Saprophyt.

Diplodia pinea (Desm.) Kickx — In Karstens Sammlung findet sich eine Probe dieser Art auf Kiefernrinde 17. IV. 1869 und eine zweite (var. *piceana* Karst.) auf Fichtenrinde 12. IV. 1866; dazu eine *Macrophoma macrosperma* (Karst.) Berl. et Vogl. bezettelte Probe aus Mustiala auf Fichtenrinde 6. XII. 1866, die v. Höhnel mit folgender Bemerkung versehen hat: »*Sphaeronema macrosperma* Karst. ist die unreife *(Macrophoma-)* Form von *Diplodia pinea* (Desm.) Kickx.» Er hat unzweifelhaft recht. Es mag sich anscheinend um einen Saprophyten

handeln, doch soll die Art in Amerika auch parasitisch dicht über dem Wurzelhals junger *Pinus resinosa*- und *P. strobus*-Pflanzen sowie an einjährigen *Pseudotsuga*-Keimlingen aufgetreten sein (B o y c e 1948, p. 84).

Die Art scheint wenigstens in Süd- und Mittelfinnland ziemlich häufig vorzukommen. Sämtliche mir vorliegenden Proben sind von Fichtenrinde. Die Sporen sind schliesslich schwärzlich, zweizellig.

N, Helsinki, Lauttasaari 14. X. 1945 (Sporen 40—45 × 22 μ, hyalin, juvenil); Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945 (Sporen 45 × 24 μ, juvenil), 29. XI. 1946 (Sporen 40—48 × 19—22 μ, juvenil). — *Ka*, Sippola, Ruotila 17. IV. 1947 (Sporen 46 × 24 μ). — *Sa*, Punkaharju 27. V. 1947 (Sporen 38—46 × 20—26 μ).

Diplodia *(Microdiplodia)* sp. — Auch eine zweite *Diplodia*-Art ist mir bei meinen Streifzügen begegnet, und zwar an den jungen Trieben von *Abies sibirica*. Ihre Pykniden sind kugelig, sehr klein (etwa 0.2 mm) und unter der Rinde hervorbrechend, die Sporen 8—11 × 4 μ gross, zweizellig, elliptisch und ohne Einschnürung, olivgrau. Auf der befallenen Fläche waren bei Dutzenden von kleinen Tannenbäumchen die Triebe mitsamt den Nadeln vergilbt und gänzlich tot, was darauf schliessen lässt, dass es sich um einen keineswegs ungefährlichen Parasiten handeln mag. Eine sichere Identifizierung der Art ist mir noch nicht gelungen. Die Grösse der Sporen passt auf *Microdiplodia conigena* Allescher ein, diese sind aber in meinen Proben nicht schwarzbraun, sondern heller; dieser Unterschied könnte indes lediglich altersbedingt sein. *M. conigena* liegt jedoch nur von *Abies*- und *Pinus silvestris*-Zapfen vor (A l l e s c h e r 1903, p. 79).

N, Kirchsp. Helsinki, Backas, an jungen Trieben ausgepflanzter *Abies sibirica*-Bäumchen im Naturreservat Tammisto 28. V. 1947.

Discosia strobilina Libert — Form und Grösse der Pykniden und der Sporen meiner einzigen Probe passen vorzüglich auf die Beschreibung dieser Art bei S a c c a r d o (Sylloge, III, p. 656) ein.

Ka, Sippola, Liikkala, an bodenliegenden Fichtenzapfen 23. IV. 1946.

Exosporium juniperinum (Ellis) Jacz. — Diesen Pilz beschrieb K a r s t e n (1888, p. 259) von Wacholdernadeln in Mustiala und gab ihm den Namen *Exosporium deflectens* Karst. Nach v. H ö h n e l (1909, p. 412) ist jedoch *Clasterosporium glomerulosum* Sacc. mit der genannten Art identisch, desgleichen nach J a c z e w s k i (1901, p. 205) *Coryneum juniperinum* Ellis. Die Sporen sind nach Karsten 14—20 × 5—6 μ gross, mit 3 Querwänden, nach Saccardo sind sie 35—45 × 8—10 μ gross und haben 6—7 Querwände; in meinen Proben sind die Sporen 22—45 × 4—5 μ gross, mit gewöhnlich 3, selten nur einer oder 6—7 Querwänden. Es ist möglich, dass der finnische schmalsporige Pilz dennoch eine andere Rasse als der italienische repräsentiert.

Die Sporen des Pilzes reifen im Vorsommer, und jetzt vollzieht sich auch die Infektion der jungen Nadeln. Im Herbst (z. B. 22. X. 1944) haben die Nadeln bereits eine graugrüne Farbe angenommen, und auf ihrer morphologischen Oberseite, wo sich die Spaltöffnungen befinden, erblickt man dicht gehäuft sehr kleine, 0.1—0.2 mm breite schwarze, unter der Epidermis hervorbrechende Fruchtkörper. Ihre feste oberste Schicht wird von säulenförmigen Zellen gebildet, aus welchen die Konidien hervorgehen. Im folgenden Sommer haben sich die Nadeln gebräunt und beginnen abzufallen. Gewöhnlich werden alle Nadeln eines Astes, bisweilen sämtliche Nadeln des ganzen Strauches auf einmal infiziert, und dann stirbt der Ast bzw. der Strauch. Jaczewski (op. c. p., 203) hat denn auch nachweisen können, dass sich das Myzel des Pilzes von den Nadeln in die Äste hinein erstreckt; der Pilz ist in Russland ein häufiger Schädling des Wacholders. Nach meinen Beobachtungen ist er in Finnland als der häufigste und ernstlichste Nadelschädling des Wacholders zu bewerten. Das beim Wacholder so häufig zu beobachtende plötzliche Sterben ist bisweilen gerade auf diesen Schädling zurückzuführen. Eine Klärung bedarf jedoch u. a. der Umstand, ob etwa auch den Frösten und den Standortsverhältnissen ein Anteil an dem Überhandnehmen des Pilzes zukommt.

Proben: *Ab*, Maaria, Tuorla 4. V. 1946. — *N*, Helsinki, Vanhakaupunki 14. V. 1946; Kirchsp. Helsinki, Tammisto 22. X. 1944; Tuusula, Ruotsinkylä 26. VI. 1945, 31. V. 1946. — *Ka*, Sippola, Ruotila 10. V. 1944, 28. VI. 1946, 4. VIII. 1947. — *Ta*, Heinola, Taipale 27. VIII. 1945.

Fusicoccum pinastri (Fr.) Karst., Syn. *Dothidea pinastri* Fr., *Dothiorella pinastri* (Fr.) Sacc. — Nach Karsten (1890, p. 9) an abgefallenen Kiefernnadeln hier und da in Südfinnland. Ich bin dem Pilz auf faulenden Kiefernnadeln, einmal auch an den Nadeln von *Pinus peuce* begegnet. Die Sporengrösse hat in meinen Proben etwa 11—16 × 2—3 μ betragen. Nach Saccardo (Sylloge, III, p. 241) hätte man es mit dem Konidienstadium von *Phacidium lacerum* zu tun. Die Frage nach dem Vorkommen von *P. lacerum* in Finnland bedarf freilich nach der stattgefundenen Abtrennung von *P. infestans* noch einer näheren Klärung. Indem *Fusicoccum pinastri* lediglich als Saprophyt die toten Nadeln besiedelt, erscheint mir ein Zusammenhang mit dem parasitischen *Phacidium infestans* nicht wahrscheinlich.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Lauttasaari 30. IV. 1944. — *P. peuce: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 17. V. 1944 (reichlich).

F. pityophilum (Sacc.) Karst., Syn. *F. bacillare* Sacc. et Penz. — Von Karsten an Kiefernrinde in Mustiala gefunden und nach ihm (1890, p. 9) vielleicht die Pyknidenform von *Therrya pini*. Die Frucht-

gehäuse dieser Art habe ich ein paarmal an Kiefernrinde gefunden. In beiden Fällen finden sich beigemischt Apothecien von *Therrya pini*, und auch im ganzen erscheint die Vermutung Karstens betreffs der Zusammengehörigkeit dieser Pilzformen sehr annehmbar.

Proben: *N*, Helsinki, Huopalahti, an der Astrinde einer gefallenen Kiefer 10. XI. 1946 (Sporen 11—17 × 2.5—3 μ, mit sehr zarten fadenförmigen Anhängseln am schmäleren Ende). — *Ta*, Vesijako, an dürrem Kiefernzweig 25. VIII. 1943.

Hendersonia acicola Tub. — Der »Grauschütte» der Kiefer begegnet man selten hier und da in meinen Untersuchungsgebieten. Im Ausland hat man in den erkrankten Nadeln zwei Pilzformen gefunden, nämlich *Hypodermella sulcigena* (Rostr.) Tub. und die imperfekte *Hendersonia acicola* Tub. Lagerberg äusserte 1910 die Vermutung, dass *Hendersonia* als die Konidienform von *Hypodermella* aufzufassen sei, Ferdinandsen et Jørgensen (1938—39, p. 224—225) stellen sich jedoch dieser Auffassung entgegen. Ich selbst habe nur folgende Grauschütteproben untersucht:

N, Tuusula Ruotsinkylä 5. II. 1924 (O. Heikinheimo). — *Kl*, Salmi 7. II. 1924. — *Sa*, Punkaharju 20. VIII. 1948. — *Kb*, Kitee 28. VII. 1949 (Tauno Hakulinen).

Die beiden erstgenannten Proben enthalten nur leere Pykniden; an der Oberfläche der Nadeln findet man aber noch reichlich Sporen (13—15 × 5—6.5 μ, ganz braun, mit 2—3 Querwänden) vor, die unzweifelhaft der *Hendersonia acicola* zufallen und denselben Nadeln entstammen. Ausserdem findet man an den Nadeln junge Apothecien, die zum Teil beträchtliche Länge (etwa 1—1.5 cm) erreichen und darum nicht *Lophodermium pinastri* angehören können. Ihr Hymenium weist in diesem Stadium erst nur eine dichte junge Paraphysenschicht auf. In Punkaharju traten im Herbst 1948 in den entfärbten Nadeln reichlich *Hendersonia*-Pykniden mit reifen Sporen auf, und an denselben Nadeln wurden am 28. V. 1949 *Hypodermella sulcigena*-Apothecien mit ihren charakteristischen, mit Gallerthülle umgegebenen Sporen in Menge gefunden.

Auch in Finnland begleiten also die in Rede stehenden Pilze einander in der Weise, dass sich in den Nadeln zuerst *Hendersonia* entwickelt, die ihre Sporen im Herbst streut, danach *Hypodermella*, deren Sporen erst in folgenden Früling reifen.

Hendersonia acicola ist offenbar ein in forstlicher Hinsicht belangvoller Parasit, der jedoch in Finnland einstweilen nicht besonders verheerend aufgetreten ist.

Hypodermina abietis (Dearn.) Hil. — Pyknidenform von *Lophodermium piceae*, gleicht sehr *Leptostroma pinastri*, doch sind die Sporenlager bei *Hypodermina abietis* unregelmässig rund und die Konidien kürzer, etwa 3—5 × 1 μ. Sehr häufig an gebräunten Fichtennadeln.

Leptostroma laricinum Fuck. — Das Konidienstadium von *Lophodermium laricinum*. Kommt zuweilen reichlich vor und verursacht verfrühtes Abfallen der Blätter.

N, Elimäki, Mustila, in abgefallenen Nadeln u. a. von *Larix leptolepis* 27. V. 1949. — *Sa*, Punkaharju, reichlich in abgefallenen Lärchennadeln 19.—24. VII. 1945.

L. pinastri Desm. — Die Konidienform von *Lophodermium pinastri*. Sehr häufig an gebräunten Kiefernadeln. Die Pykniden sind kurz-streifenförmig, die Konidien etwa 6—8 × 0.8 μ.

Leptothyrium pini (Corda) Sacc., Syn. *Coniothyrium pini* Corda — In Punkaharju kommt zusammen mit *Asterina nuda* eine dieser äusserlich sehr ähnliche parasitische Pyknidenform vor, deren Fruchtgehäuse klein und mit einem tief in das Blattgewebe eingesenkten Basalteil versehen sind. Die Sporen sind auffallend gross (16—25 × 7—10 μ), elliptisch, in der Jugend mit einem grossen Öltropfen ausgerüstet, hyalin und sitzen am Boden der Pyknide an den Enden kurzer, nach oben hin verschmälerter Sporenträger. Es scheint mir ganz offenbar, dass dieser Pyknidenpilz mit *Leptothyrium pini* (Corda) Sacc. identisch ist, ebenso, dass v. H ö h n e l s (1918, p. 617—618) Behauptung, dass dieser imperfekte Pilz zu *Asterina nuda* Peck gehört, zweifelsohne zutrifft. *Sacidium pini* Fr., *S. abietis* Oud. und *Rhizosphaera abietis* Mang. et Har. dürften weitere Synonyme sein. Nach v. Höhnel soll auch der bekannte, mit *Torula*-artigem oberflächlichem Myzel versehene Konidienpilz *Antennaria pityophila* Nees hierher gehören, desgleichen *Toxosporium camptospermum* (Peck) Maubl., welcher weiter unten (S. 87) behandelt wird.

In Dänemark und südlicher in Mitteleuropa tritt, besonders in *Abies pectinata*-Nadeln, ein Pyrenomycet auf, der sich besonders dadurch von *Asterina nuda* unterscheidet, dass seine Asci 10—24sporig sind. Der Pilz ist *Rehmiellopsis bohemica* Bub. et Kab., wahrscheinlich zum Teil identisch mit *Sphaerella abietis* Rostr. (siehe L i n d 1913, p. 413; O. R o s t r u p 1916, p. 15—16). Die Pyknidenform dieser Art soll *Phoma bohemica* Bub. et Kab. sein. Ich glaube, dass ich diesen Pilz nicht gesehen habe. Jedoch muss hier erwähnt werden, dass mir aus dem Herbarium Musei Fennici eine Probe zur Untersuchung vorgelegen hat, die die Aufschrift »Phoma abietis Rostr. 1902. In foliis vivis et ramis siccis Abietis pectinatae, Jylland, in silva prope Horsen 15. 5. 1902. J. Lind» trägt. Sie enthält Tannennadeln, deren Endabschnitte abgestorben und mit *Sclerophoma*-Pykniden (etwa 0.2—0.4 × 0.15—0.3 mm, Sporen etwa 7—8 × 3 μ) besetzt sind. Der Pilz ähnelt sehr *S. pityophila* (Corda) v. Höhn., und ich habe wahrscheinlich denselben Pilz auch in Finnland an den Nadeln von *Abies concolor* gefunden, bei denen ebenfalls der Endabschnitt abgestorben (wahrscheinlich vom Pilz getötet) und entfärbt war, mit

scharfer Grenze gegen den noch lebenden Teil der Nadel. Ich möchte nicht glauben, dass diese robusten *Sclerophoma*-Pykniden etwas mit *Asterina nuda* zu tun haben, wie man nach Rostrup schliessen könnte; ob mit *Rehmiellopsis bohemica*, scheint mir ebenso zweifelhaft. Die letztgenannte Art gehört jedoch nicht zur Pilzflora Finnlands.

Meine *Leptothyrium pini*-Proben sind von *Abies sibirica*-Nadeln, die von diesem Pilz getötet werden.

Sa, Punkaharju 18. VII. und 5. XII. 1943, 26. V. 1944.

Macrophoma excelsa (Karst.) Berl. et Vogl. — Karsten (1890, p. 51) beschrieb diesen Pilz von dürren Fichtenzweigen in Mustiala. Er nennt als Kennzeichen die zerstreuten oder herdigen, die Epidermis durchbrechenden runden, eines Mündungsporus entbehrenden, anfangs oft schwarzbraun-mehligen, schwarzen, 0.3—0.5 mm breiten Pykniden und die 15—24 × 9 μ grossen hyalinen, mit einem Öltropfen versehenen Sporen. Meine hierhergehörigen Proben decken sich mit der in Karstens Sammlung befindlichen Probe: »*Phoma excelsa* Karst. Mla ad Abiet. 6. Apr. 1870. P. Kn», die wohl als das Typexemplar zu betrachten sein dürfte, ebenso mit der Beschreibung des Namengebers. Am Scheitel der Pykniden erblickt man aber hier oft eine grosse Anzahl (etwa 4—10) kleiner Poren, die bisweilen sogar an der Spitze kegelförmiger Vorstülpungen sitzen. Die Pykniden selbst sind in ihrem Inneren fast gehirnartig gefächert. Die Grösse der Sporen beträgt in meinen Proben 14—22 × 5—9.5 μ; sie sitzen an den Enden dünner, etwa 10 μ langer Sporenträger und sind mit einem grossen Öltropfen ausgerüstet. Die Frage nach der systematischen Unterbringung dieses Pilzes dürfte vorläufig als offen zu betrachten sein — am nächsten bei der Hand stände in dieser Hinsicht vielleicht die Gattung *Fusicoccum*. Seiner ökologischen Natur nach ist der Pilz ein Saprophyt.

Proben: *N*, Kirchsp. Helsinki 28. X. 1945; Tuusula, Ruotsinkylä, an schneegebrochenen Wipfeltrieben kleiner Fichten reichlich 4. XI. 1945, 29. XI. 1946. — *Ka*, Sippola, Ruotila, an toten Trieben kleiner Fichten 22. IV. 1946. — *Ta*, Lammi, Evo, an toten Fichtenkeimlingen des Pflanzgartens 27. VI. 1947. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä, an dürren Fichtenzweigen 14. VIII. 1946 (Lauri Korhonen). — *Lkem*, Kirchd. Sodankylä, in dem am Boden liegenden Geäst einer gefällten Fichte 24. VIII. 1947 (die meisten Pykniden bereits entleert).

Pestalozzia funerea Desm. — Wurde sehr reichlich in einer etwa 15-jährigen *Thuya plicata*-Kultur im Versuchsrevier Punkaharju gefunden. Der Pilz befällt die Rinde und die Blätter der jungen Triebe, welche sterben; die Bäume werden dadurch stark deformiert. Warscheinlich waren die Sprosse auch vom Frost beschädigt oder sonstwie schlecht entwickelt.

Sa, Punkaharju 21. X. 1948.

[*Phoma cembrae* Karst., Syn. *P. Pittospori* Cooke et Harkn. var. *cembrae* Karst. — Nach der Probe im Herbarium Musei Fennici der *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. ähnlich und möglicherweise mit dieser identisch.]

[*P. eguttulata* Karst. — Nach Karsten (1890, p. 50) in der Umgebung von Mustiala im April, September und Oktober an den Nadeln von Kiefer und Fichte. Andere nadelbewohnende *Phoma*-Arten, abgesehen von *P. crassicollis* Karst., werden von Karsten nicht erwähnt. Die Art ist offenbar identisch mit *Sclerophoma pityophila*.]

P. mediella Karst. — Als die Type dieser Karstenschen Art dürfte wohl die in Karstens Sammlung in zwei Exemplaren vorliegende Probe: »Phoma mediella Karst. Hollola Upila 7. 1883. P. A. Karsten» zu betrachten sein; bei der einen ist die Grösse der Sporen mit 4—5 × 2—3 μ, bei der anderen mit 4—7 × 2—3 μ angegeben. Dazu findet sich in derselben Sammlung eine Probe: »*Phoma mediella* Karst. Hogland Maahellinmäki 10. VI. 1870. M. Br.», bei welcher Sporen nicht aufgefunden worden sein dürften. Die Pykniden sind nach Karsten (1890, p. 50) hervorbrechend oberflächlich, dicht gehäuft oder einzeln vorkommend, verschieden geformt, rund, eckig oder abgeplattet, mit kaum erkennbarer Papille ausgerüstet, schliesslich mit einer weiten Mündungsöffnung aufbrechend, von kohliger Konsistenz, schwarz, 0.5 mm breit; Sporen eiförmig, hyalin, 4—6 × 2—3 μ gross.

Ich bin an Kiefernzweigen Pilzen begegnet, die äusserlich an die Upila-Proben erinnern. Die Pykniden lagern in einem rundlichen, etwa 1—2 mm breiten, dunkelbraunen, höckerigen, die Rinde durchbrechenden Stroma. In jedem Stroma werden etwa 1—15 Pykniden gebildet, deren oberer Teil gewöhnlich kegelförmig ist und in einen kleinen Mündungsporus endet, während die Basalteile mehr oder minder innig verwachsen sind, so dass die Zahl der Pykniden mitunter nur durch die kleinen, undeutlich erkennbaren Mündungsporen angedeutet ist. Das Innere der Pykniden bildet ein in zahlreiche Kammern aufgeteiltes Labyrinth. Alle Innenwände sind in dichter Schicht von den etwa 5 μ langen Sporenträgern bekleidet. Die sich an den Enden dieser Träger abschnürenden Sporen sind breit spindelförmig mit spitzlichen Enden, etwa 5—7 (—9) × 2.5—4 μ gross und an beiden Enden mit je einem Öltropfen versehen, hyalin. Sie werden aus der Pyknide in Form von kleinen weisslichen, aus den Mündungsporen austretenden Tropfen oder in dickeren und längeren Ranken durch eine grössere, im oberen Teil der Pyknide aufgebrochene Öffnung befreit. Reife Sporen sind von Herbst bis Frühjahr zu finden. Nach Karsten (l. c.) begegnet man dem Pilz an Kiefernrinde hier und da wenigstens in Südfinnland. Ich habe ihn in meinen sämtlichen süd- und mittelfinnischen Untersuchungsgebieten an glatter, toter Kiefernrinde gefunden, dazu einmal auf der Schnittfläche eines

Kiefernstumpfes in Punkaharju und auf frisch aufgestapelten kiefernen Dachschindeln in Sippola. Der Pilz ist seiner Lebensweise nach offenbar ein Saprophyt.

Es verdiente untersucht zu werden, ob vielleicht die ein Blauwerden des Holzes verursachende Art *Discula pinicola* (Naum.) Petr. hierher zu zählen wäre. Form und Grösse der Sporen, ebenso die Form der Sporenträger, der multilokulare Bau der Pykniden u. a. Merkmale sprächen wohl zugunsten einer solchen Auffassung; eine Schwierigkeit ergibt sich aber dadurch, dass die Pykniden bei *D. pinicola* durchgehends ohne Mündungsporus gefunden worden sind (siehe Lagerberg, Lundberg et Melin 1927, p. 209 ff.).

[»*P. libertiana* Speg. et Roum.» — In Karstens Sammlung befinden sich auch zwei mit diesem Namen versehene Proben, die hier berührt werden müssen. Die eine von diesen, bezettelt »Mustiala ad Abiet. 24 Apr. 1870. Kn» erinnert sehr an die oben behandelte *P. mediella*, und auf sie dürfte sich auch die Definition der *P. libertiana* bei Karsten (1890, p. 49) gründen (Pyrenien in Gruppen, hervorbrechend, kugelig-abgeplattet, mit Mündungspapille, das sie aufbauende Gewebe parenchymatisch, rötlich. Sporen eiförmig bis länglich, 5—6.5 × 3 μ, hyalin, mit zwei Öltropfen). Die zweite Probe hinwieder, »Phoma libertiana. Mustiala ad Abiet. 26. Dec. 1865. P. A. Karsten», ist eine offenbare *Sclerophoma*, bei welcher *Phoma libertiana* übrigens oft untergebracht worden ist, und welcher unzweideutig auch die im Herbarium Musei Fennici befindliche, wahrscheinlich authentische Probe: »Phoma libertiana Speg. et Roum. Belgium: Malmedy in cortice Piceae vulgaris Lam. leg. M. A. Libert» auf *Abies*-Rinde zufällt, und bei welcher die Pykniden einzeln, schwarz, gänzlich ohne Mündungspapille und -porus, sklerotial und im jungen Stadium labyrinthartig in Kammern aufgeteilt, die Sporen ungestielt, 4.8—7.5 × 2.5—3 μ gross und hyalin sind und in ihrer Mitte eine undefinierbare Ölansammlung zeigen (altes Material). Die oben wiedergegebene Artdiagnose Karstens dürfte daher ungültig sein. Ist *Phoma libertiana* Speg. et Roum. tatsächlich von *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. verschieden, ist eine Frage, die einstweilen unentschieden bleiben muss (siehe S. 85). Das Problem der *Phoma libertiana* ist ferner u. a. dadurch interessant, dass man die Art für die Pyknidenform von *Tryblidiopsis pinastri* gehalten hat; v. Höhnel (1918, p. 560) hat jedoch schon diese Annahme zurückgewiesen.]

P. pini (Desm.) Sacc. — J. I. Liro fand diese Art in Pakinkylä bei Helsinki, wo sie i. J. 1927 mehrenorts bei den Fichten einen bedeutenden vorzeitigen Nadelfall verursacht hatte. Ich habe die Gelegenheit gehabt, die von Liro gesammelte Probe (Pflanzenpathologisches Institut der Universität, Helsinki) zu studieren und mit meinen eigenen zu vergleichen und habe dabei feststellen können, dass ich dieselbe Art schon öfters gefunden habe.

Dieser Pilz ist leicht kenntlich durch seine sehr kleinen, nur etwa 50—100 μ breiten dunkelbraunen Pykniden, die, einzeln unter den Spaltöffnungen hervorbrechend, gewöhnlich in grossen Scharen die Nadeloberfläche besiedeln; die Wände der Pykniden sind parenchymatisch,

dünn, nicht kohlig. Die Sporen sind abgerundet elliptisch, mit 1—3 später verschwindenden Öltropfen, und dann stark lichtbrechend, grünlich und 5.5—10 × 3.5—5.5 μ gross. Die Angriffe des Pilzes äussern sich in einem Braunwerden der Nadeln. In einer von meinen Proben tritt diese Art zusammen mit *Lophodermium piceae* (Konidien) in denselben zweitjährigen Nadeln auf, jedoch nicht gemischt, sondern gürtelweise alternierend; die *Phoma*-Gürtel sind mehr gelblich, die *Lophodermium*-Gürtel braun. Die Fruchtkörper beider Arten kamen gleichzeitig zur entwicklung, und wahrscheinlich sind sie auch gleich »primär». Ausser als mutmasslicher Parasit, tritt *Phoma pini* auch auf abgestorbenen Nadeln auf Hiebsresten im Walde auf (Helsinki, Munkkiniemi, siehe unten; wahrscheinlich aber auch anderweitig häufig). Die Entscheidung zwischen Saprophyt und Schwächeparasit ist auch in diesem Falle schwierig, denn die Nadeln setzen ihre Lebenstätigkeit noch lange nach der Abtrennung der Äste fort, und es können auch in den Hiebsresthaufen die noch lebenden, wenngleich schon siechen Nadeln von der Infektion betroffen werden.

P r o b e n: *Picea excelsa: N*, Helsinki, Pasila 18. IX. 1945, Ruskeasuo 18. XI. 1945, Meilahti 18. IV. 1946 und Munkkiniemi, an den abgestorbenen Nadeln am Boden liegender Hiebsreste 6. II. 1949. — *Sa*, Punkaharju 5. XII. 1943. — *Kb*, Koli 15. I. 1950. — *P. Engelmannii: Ab*, Bromarv, Solböle 29. V. 1949.

[*P. socia* (Nees?) Karst. — Nach K a r s t e n (1890, p. 49—50) an dürren Kiefernzweigen in Südfinnland häufig. Pykniden ohne Mündungsporus, Sporen ausgezogen spindelförmig, gerade, 8—10 × 2—4 μ. Dürfte dasselbe sein wie *Sclerophoma magnusiana* Wils. et Hahn.]

Phomopsis pseudotsugae Wils. — Im Jahre 1920 stellte W i l s o n (1920) in Schottland schlimme Erkrankungen an den Trieben und der Rinde von *Pseudotsuga* fest. Das Krankheitsbild erinnerte sehr an die von H a r t i g (1889, p. 124) beschriebene Einschnürungskrankheit bei *Abies pectinata*, und auch der Urheber erwies sich als ein weitgehend ähnlicher, der Gattung *Phomopsis* zuzuzählender Pilz. Durch eingehende Untersuchungen haben nun jedoch W i l s o n et H a h n (1928) gezeigt, dass hier zwei artverschiedene Pilze vorliegen, und zwar *Phomopsis abietina* (Hart.) Wils. et Hahn mit grösseren (11—14 × 4—5 μ) und *P. pseudotsugae* Wils. mit kleineren (5—9 × 2—3 μ) Sporen. Von diesen ist die erstere nur in Mitteleuropa und nur auf *Abies pectinata*, die letztere auch im Europäischen Norden und Russland und ausser auf *Pseudotsuga* auch auf *Larix*, *Cedrus* und *Sequoia gigantea* angetroffen worden.

T i g e r s t e d t (1926) erwähnt das Vorkommen von *Phomopsis pseudotsugae* im Arboretum Mustila in Elimäki. Selbst bin ich dem Pilz in Sippola an den abgestorbenen Gipfeltrieben einiger jungen *Pseudotsuga* begegnet. Die Sporen sind in meinen Proben noch nicht ganz reif; sie sind 5.4—6.8 × 2.5—3 μ gross, mit zwei kleinen Öltropfen ausgerüstet

und sitzen an den Enden etwa 5 μ langer Sporenträger. Im vorliegenden Falle konnte nicht mehr ermittelt werden, ob der Pilz die Triebe getötet hatte; dies erscheint aber wahrscheinlich.

N, Kirchd. Sippola, an toten Trieben einer jungen *Pseudotsuga* bei der Försterschule 24. V. 1948.

Es ist möglich, dass in Finnland auch noch andere *Phomopsis*-Arten aufgefunden werden, so vielleicht *P. strobi* Syd. und *P. conorum* (Sacc.) Died., die jedenfalls in Dänemark an *Pinus silvestris* und anderen Nadelbäumen vorkommen. Ob vielleicht z. B. auch die vorden schon besprochene *Phoma mediella* Karst. ihnen zuzuzählen ist, lässt sich nur mittels Materialvergleiche entscheiden.

Phragmotrichum Chailletii Kunze — In meinen sämtlichen Untersuchungsgebieten an Zapfenschuppen der Fichte gemein, ausserdem folgender Fund auf ungewöhnlichem Substrat:

Ka, Kirchd. Sippola, an der Rinde eines toten *Pseudotsuga*-Triebes bei der Försterschule 24. V. 1948.

Rhabdospora curva Karst., Syn. *R. curvula* Karst. — Karsten (1890, p. 27) beschrieb diesen Saprophyten von toter Fichtenrinde in Mustiala. Sie scheint selten zu sein.

N, Tuusula, Ruotsinkylä, an der Rinde abgestorbener Fichtenzweige 29. XI. 1946 (Sporen 24—33 × 3.5 μ, stark gekrümmt, beidendig spitz zulaufend, mit mehreren Öltropfen, schliesslich undeutlich 2—4zellig).

Rhabdospora sp. — In meinen Untersuchungsgebieten tritt an Fichtenrinde häufig ein kleiner Deuteromycet mit folgenden Merkmalen auf: Pykniden zerstreut, klein, oberflächlich, anfangs jedoch von der Oberhaut bedeckt, schwarz, kuglig oder öfters fast kegelförmig, brüchig, prosenchymatisch, in ihrem oberen Teil unregelmässig aufreissend, unilokular, etwa 0.13—0.3 mm breit. Sporen nadelförmig, nach der Spitze hin schmäler als gegen die Basis ausgezogen, oft seicht gekrümmt, mit (3—) 7—9 (—11) Querwänden und gew. mit zwei Öltropfen in jeder Zelle, hyalin, etwa (30—) 65—100 (—125) × 3—4 μ. Sporenträger schwer zu beobachten; sie dürften sehr kurz sein. Die Identifizierung des Pilzes ist mir vorläufig nicht gelungen. Es scheint, als könne der Pilz sowohl saprophytisch als parasitisch auftreten, seiner offenbaren Häufigkeit zum Trotz ist aber der durch ihn verursachte Schaden bedeutungslos.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari, an Fichtentrieben in Reisighaufen 19. IV. 1946; Tuusula, Ruotsinkylä, an der Rinde dünner lebender Fichtenzweige 29. VII. 1944, desgl. an der Rinde dünner Fichtentriebe in Reisighaufen 6. II. 1949. — *Ka*, Kirchd. Sippola, an der Rinde eines lebenden Fichtentriebes 24. V. 1947. — *Sa*, Punkaharju, an der Rinde abgestorbener Fichtentriebe 19. VII. 1945, desgl. an totem Trieb von *Picea canadensis* 5. XII. 1943.

Sclerophoma magnusiana Wils. et Hahn, Syn. *S. pitya* (Sacc.) Died. — In meinem Material findet sich ein an der Rinde mehrerer *Pinus*-

Arten vorkommender, sehr an die weiter unten zur Sprache kommende *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. erinnernder Pilz, der indessen offenbar einer anderen Art zugezählt werden muss. Seine Pykniden sind schwarzbraun, nur etwa 0.23—0.33 mm breit. Sie durchbrechen die Rinde in zerstreuten Gruppen oder in dicht reihenförmiger Anordnung; es kann mitunter die Oberfläche des ganzen Triebes dicht mit ihnen besät sein. Auch bei dieser Art sind die Fruchtgehäuse sklerotial gebaut, mit einem kräftigen Fuss und mit einer ziemlich dickwandigen Sporenkammer. Bei erreichter Reife reisst der granulierte Scheitelteil des Fruchtgehäuses schliesslich einigermassen sternförmig auf und lässt die hellbräunliche Sporenmasse hervortreten. Die Sporen sind spindelförmig und bedeutend länger als bei *S. pityophila*, 9.6—15 (—17) × 2.4—4.3 μ gross; grosse Öltropfen kommen nicht vor, wohl aber sieht man ein oder zwei winzige Tröpfchen in beiden Enden der Spore. Mikrotomschnitte durch unreife Pykniden zeigen, dass das den Innenraum anfangs durchsetzende parenchymatische Zellgewebe annähernd simultan in Sporen zerfällt. Sporenträger sind bei dieser Art überhaupt nicht nachweisbar, die Sporen scheinen aber jedenfalls in manchen Fällen deutlicher als bei *S. pityophila* in Reihen angeordnet zu sein. Die Pykniden werden gewöhnlich im Spätsommer angelegt, die Sporen bilden sich erst im Frühjahr und werden im Mai und Juni gestreut. Wie bei *S. pityophila*, können Pykniden an ein und demselben Jahrestrieb in zwei aufeinanderfolgenden Jahren gebildet werden, und zwar auch hier gelegentlich auf die Weise, dass sich im Fuss der vorjährigen Pyknide eine neue Sporenkammer herausbildet. Die Art ist ein Rindensaprophyt. Besonders reichlich sind ihre Pykniden an frostbeschädigten 3—4jährigen, bisweilen auch 1—2jährigen Trieben vorgekommen.

Offenbar liegt hier eine *Sclerophoma*-Art vor, aber welche, das hat sich in Ermanglung an Vergleichsmaterial nicht sicher ermitteln lassen. In erster Hand schien hier *Phoma pitya* Sacc. in Frage kommen zu können. Die Auffassungen über diese Pilzart haben jedoch divergiert. Nach v. Höhnel (teste van Luyk) handelte es sich lediglich um eine astbewohnende Form von *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn., doch z. B. Petrak (1923) hält den Pilz für eine besondere Art. Nach van Luyk (1923, p. 134) hat v. Höhnel in Wirklichkeit die Art *Phoma pitya* Thüm. vorgelegen, die allerdings dasselbe ist wie *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn.; dagegen wäre *Phoma pitya* Sacc. auch nach ihm eine verschiedene Art. Weil jedoch in betreff der letzteren Unklarheit walten geblieben ist, haben Wilson und Hahn (1928) sie mit dem Namen *Sclerophoma magnusiana* neu belegt.

Nichts hat im Auftreten des Pilzes darauf hingedeutet, dass es sich um einen Parasiten handelte. Zwar sind der »*Phoma pitya*» vordem verschiedentliche Einschnürungsfälle an Nadelhölzern zugeschrieben worden,

Wilson et Hahn (op. c.) haben aber gezeigt, dass dann mit der Art auch ein anderer Pilz zusammengeschlagen worden ist, und zwar der schon besprochene *Phomopsis pseudotsugae* Wils., der ein wirklicher Parasit ist, während sich *Sclerophoma magnusiana* lediglich mit der Rolle eines Saprophyten begnügt. Saccardo (Sylloge, I, p. 689) äussert die Vermutung, dass *Phoma pitya* Sacc. die Pyknidenform von *Diaporthe pitya* Sacc. darstelle, und derselben Ansicht ist auch Wilson (1925, p. 11). Dieser Pyrenomycet dürfte indessen in Finnland vorläufig nicht angetroffen worden sein, und eben das lässt einen Zweifel darüber aufkommen, ob mein hier besprochener Pilz wirklich *Phoma pitya* Sacc. oder also *Sclerophoma magnusiana* Wils. et Hahn ist.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Korkeasaari 9. V. 1944 (Sporen 10—13 × 3—3.5 μ) und Lauttasaari 31. III. 1946 (Sporen etwa 9—13.5 × 3 μ); Tuusula, Ruotsinkylä 4. XI. 1945 (Sporen 9.5—13 × 3—4 μ). — *Sa*, Punkaharju 26. V. 1944 (Gehäuse sternförmig aufgerissen; Sporen 12 × 4 μ). — *Kb*, Joensuu 25. V. 1945 (Sporen 12—15 × 3 μ). — *P. murrayana: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 6. II. und 16. V. 1944 (Sporen 13 × 4 μ), 19. V. 1944 (Gehäue sternförmig aufgerissen; Sporen 11—14 × 3.5—4 μ). — *Sa*, Punkaharju 5. XII. 1943 (Sporen 9—13 × 3.2—4 μ, unreif). — *P. divaricata: Sa*, Punkaharju 2. V. 1944 (Gehäuse sternförmig aufgerissen; Sporen 11—15 × 3.5—4.3 μ). — *P. strobus: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 16. V. 1944 (Gehäuse mit einander schneidenden Rissen am Scheitel; Sporen 10—13.5 × 3—4 μ). — *P. monticola: Sa*, Punkaharju 27. V. 1944 (Sporen 10.5—17 × 3—4 μ). — *P. peuce: N*, Tuusula, Ruotsinkylä 19. V. 1949.

S. pityophila (Corda) v. Höhn. — Bereits vor etwa 25 Jahren, als ich mit den Waldkulturen des Versuchsreviers Punkaharju Bekanntschaft machte, wurde meine besondere Aufmerksamkeit durch ein in gewissen Beständen von *Abies sibirica*, *A. concolor*, *Larix europaea*, *L. sibirica* und *Pinus strobus* schon damals ungewöhnlich bösartig erscheindes Sterben der Wipfeltriebe erweckt, welchem zufolge die Höhenentwicklung der Bäume gehemmt war und ihre Krone kugelige Form angenommen hatte. Auch die einheimische Fichte und Kiefer schienen vor diesem Leiden nicht verschont geblieben zu sein. Die Krankheit hat auch in der darauffolgenden Zeit mit wechselnder Intensität gewütet und ist dabei auf neue Kulturen, u. a. auf *Pinus murrayana* und auf *Pseudotsuga* übergetreten. Schliesslich ist wohl kaum eine Nadelholzart in Punkaharju von ihr unberührt geblieben, und dort, wo die Verheerungen am schlimmsten gewesen sind, ist man sogar gezwungen gewesen, ganze Bestände niederzulegen.

Ich habe bereits früher in einer kurzen Mitteilung (Kujala 1930) die hier in Rede stehende Krankheit zumal an *Abies sibirica* geschildert, die zu jener Zeit am schlimmsten von ihr betroffen worden war. Sie äussert sich (siehe Abb. 13 a) ähnlich wie die von Hartig (1902, p. 108) bei *A. pectinata* geschilderte Einschnürungskrankheit, als deren Urheber dieser einem auf dem Pyknidenstadium stehenden Pilz nach-

wies, den er im gleichen Zusammenhang unter dem Namen *Phoma abietina* neu für die Wissenschaft beschrieb. Die Infektion erfolgt in der Spitze des Wipfeltriebes oder der Endtriebe der obersten Äste, wo zunächst die Knospen und das Triebende absterben. Von hier aus breitet sich sodann der Pilz der Rinde und dem Mark folgend nach unten hin aus; wir haben hier also eine Krankheit vom sog. »Dieback»-Typ vor uns. Gewöhnlich kommt es im Basalteil des Triebes ausserdem zu der Bildung von mehr oder minder getrennten Einschnürungen. Schneidet man einen solchen infizierten Trieb der Länge nach durch, so stellt man fest, dass seine Gewebe tot, die Rinde dick und braungeworden und das Xylem dünn und schwach, im Endabschnitt des Triebes oft sogar bis zur völliger Unkenntlichkeit rückgebildet ist. Zumal bei den dick- und weichrindigen *Abies*-Arten tritt das erwähnte Einschnürungsphänomen auch in Punkaharju auffällig in Erscheinung (Abb. 13 a), man findet sie aber auch bei den *Larix*-Arten und *Pseudotsuga*, in geringerem Ausmass bei den *Picea*- und *Pinus*-Arten vor; insbesondere bei *Pinus murrayana* (Abb. 13 b) sterben die Triebe oft bis zum Grunde ab. Das Sterben scheint

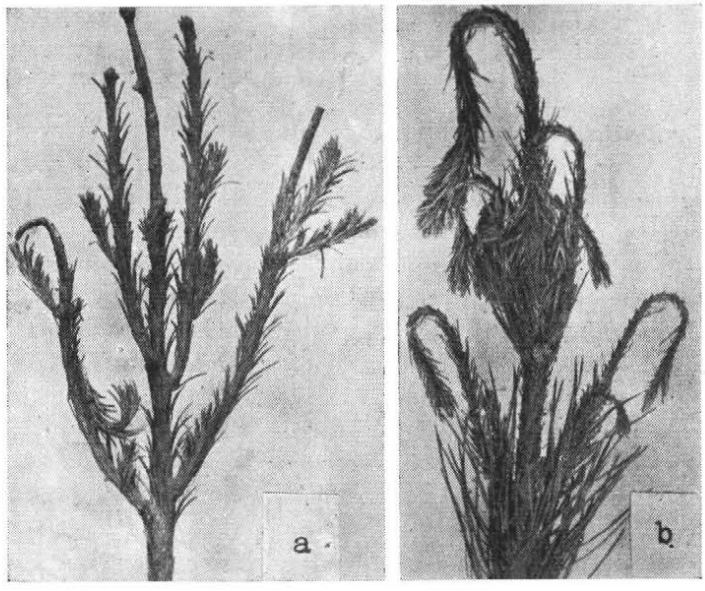


Abb. 13. a: Triebe von *Abies sibirica*, deren Endabschnitte abgestorben und mit Pykniden von *Sclerophoma pityophila* besetzt sind. Die Terminalknospen der drei mittleren Triebe sind im Winterzustand vom Tode getroffen worden, die Spitzen der zwei seitlichen Triebe sind während der Vegetationsperiode gestorben (etwa ⅓ nat. Gr.). *Sa*, Punkaharju. — b: Wipfel einer etwa 15jährigen *Pinus murrayana*, dessen jüngste Triebe angestorben sind und jetzt reichlich mit *Sclerophoma pityophila*-Pykniden besetzt sind (etwa ⅓ nat. Gr.). *N*, Tuusula, Ruotsinkylä 1946.

bisweilen im Winter einzusetzen, wie man daraus schliessen kann, dass sich die vom Tode getroffenen Knospen in ihrem Winteraspekt befinden; mitunter ist jedoch die Verheerung anscheinend während der Vegetationsperiode erfolgt, und dann ist der Trieb mitten in seiner Entwicklung stehengeblieben und seine Spitze ist eingeschrumpft (vgl. Abb. 13 a). In den toten Rindenpartien der beschädigten Triebe, desgleichen in den Blattnarben und den Knospenschuppen, entstehen im Laufe des Sommers grosse Mengen sehr kleiner, nur etwa 0.1—0.3 mm im Durchmesser betragender, schwarzbrauner Fruchtgehäuse. Die in diesen gebildeten hyalinen Sporen sind zahlreich und zeigen länglich-ovale bis elliptische, nicht ganz regelmässige Form. Auch andere Pilze, wie z. B. *Cytospora*- und *Nectria*-Arten, kommen an den erkrankten Trieben oft vor, doch stets so spärlich oder unregelmässig, dass ihre Bedeutung wohl in den meisten Fällen als sekundär zu betrachten ist (vgl. jedoch *Coniothyrium conorum* oben S. 66—67).

Ich konnte den Pilz im Jahre 1930 noch nicht sicher unterbringen. Es schien sich auf jeden Fall nicht um *Phoma abietina* Hart. oder etwa *Phomopsis pseudotsugae* Wils., noch weniger um *Rhabdospora pinea* Karst. zu handeln, die anderweitig als die Ursache ähnlicher Triebschäden festgestellt worden sind. Weil hier offenbar ein schwieriger und unklarer Fall vorliegt, könnte es in diesem Zusammenhang am Platze sein, die Beobachtungen mitzuteilen, die ich über diesen Pilz an verschiedenen Nadelhölzern gemacht habe. Sie gründen sich auf Proben teils aus Punkaharju, teils aus anderen Gegenden Südfinnlands. Der mikroskopischen Untersuchung haben teils Wasserpräparate (u. a. alle Sporenmessungen gründen sich auf solche), teils Mikrotompräparate zugrundegelegen. Fixierung im letzteren Falle Nawaschin, Färbung Safranin. Die Schnittdicke hat 2, 5 und 10 μ betragen.

Abies sibirica. Fruchtgehäuse einzeln oder in kleinen Gruppen die Rinde durchbrechend, von oben gesehen annähernd rund, etwa 0.2—0.3 mm im Durchmesser. Ein Mündungsporus ist nicht vorhanden, sondern die Wandung wird in ihrem oberen Teil rissig und platzt schliesslich unregelmässig sternförmig auf. Ein Längsschnitt durch das Fruchtgehäuse (Abb. 14) zeigt einen sich an die Oberfläche erhebenden linsenförmigen Gehäuseteil und den in der Rinde versenkt bleibenden kräftigen Fuss. Letzterer besteht durchweg aus einem stromatischen Gewebe mit sehr dunklen Zellwänden, und ähnlich gebaut ist auch die anfangs aus mehreren Zellagen bestehende Aussenschicht der Gehäusewandung. Beim reifen Fruchtgehäuse ist der Innenraum mit Sporen gefüllt, die etwas unregelmässig eiförmig oder elliptisch mit abgerundeten Enden, 5—8.5 $\times$ 2.5—3.5 μ gross und hyalin sind und eines Öltropfens entbehren (Abb. 14 b). Die Entstehungsweise der Sporen erhellt einigermassen aus Abb. 14 c, die einen Teil des in Abb. 14 a eingerahmten Feldes im unteren Teil der Sporenkammer bei grösserer Vergrösserung darstellt. Zuunterst erblickt man unverändertes stromatisches, dunkelwandiges Gewebe, in

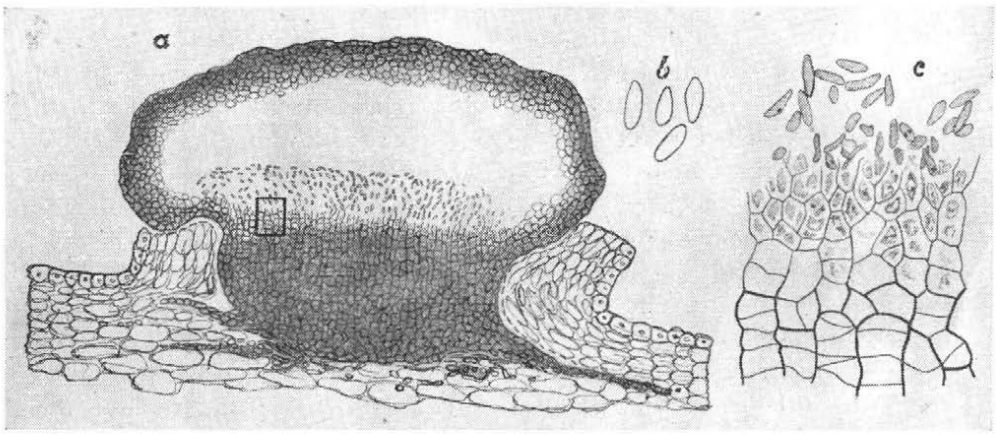


Abb. 14. *Sclerophoma pityophila*. a: Querschnitt durch eine Pyknide. — b: Sporen. — c: Das in der Figur a eingerahmte Feld bei stärkerer Vergrösserung, die Bildung der Sporen durch Verschleimung und Auflösung der Mutterzellenwände zeigend. — *Sa*, Punkaharju, an der Rinde von *Abies sibirica*. (Vergr. a 200 ×, b 1000 ×, c 625 ×).

welchem der Zellinhalt nur undeutlich hervortritt; darüber sind die Zellwände dünn und durchscheinend, der Zellinhalt hat sich in der Mitte des Zellumens zusammengezogen und mit Safranin rot gefärbt. Ein solches Zellgewebe kann aus etwa drei Zellagen bestehen. Zuoberst haben sich die Zellwände fast vollständig aufgelöst und die intensiv färbbaren Körperchen des Zellinneren sind zu Sporen geworden, deren Inhalt gleichfalls rotgefärbt erscheint.

Beim noch unreifen Fruchtgehäuse findet man den Kammerteil statt der Sporen von einem aus parenchymatischen Zellen gebildeten Zellgewebe angefüllt. Die Sporenbildung im oberen Teil des Fruchtkörpers setzt an mehreren Punkten gleichzeitig ein und bewirkt auf diese Weise die Bildung einer anfangs unregelmässigen, von Scheinwänden durchsetzten Sporenkammer. Allmählich werden auch diese Scheinwände hyalinisiert und zerfallen in Sporen, so dass sich als Endresultat schliesslich eine einheitliche Sporenkammer ergibt.

Auch in den Aussenwandungen der sklerotialen Sporenkammer sowie im oberen Teil des Fusses scheinen wenigstens in manchen Fällen die Hyalinisierung und Sporenbildung weiterhin fortzuschreiten, bis schliesslich die Gehäusenwandung nur noch aus einer einzigen stromatischen Zellschicht besteht und auch der Fuss seine Ausdehnung weitgehend eingebüsst hat. Ich habe den Verdacht gehegt, dass es sich in derartigen Fällen schon um einen anderen Pilz gehandelt hat; indem aber vermittelnde Formen zu dem obenbeschriebenen dickwandigeren Typ auch in ein und derselben Probe vorkommen können, dürfte hier dennoch nur eine Art vorliegen. Die Form der Sporen ist auf jeden Fall übereinstimmend und ihre Grössenordnung dieselbe (z. B. 5.5—7.2 × 2.3—3.1 μ).

An toten — mutmasslich frostbeschädigten — Trieben von *A. Veitchii* wurden gleichfalls Fruchtgehäuse von ähnlichem Bau wie oben bei *A. sibirica* angetroffen. In diesen Präparaten treten die Scheinwände

der Sporenkammer sehr deutlich zum Vorschein. Sporen 6—8 × 3.5—4 μ, ohne Öltropfen.

Am 20. IX. und 21. X. 1944 im Botanischen Garten der Universität Helsinki an toten Ästen von *A. concolor* eingesammelte Proben ergaben einschlägig gebaute Fruchtgehäuse mit einem Durchmesser von 0.2—0.33 mm. Einige von diesen sind indessen offenbar in dem überwinterten Fussteil des vorjährigen Fruchtgehäuses gebildet worden. Hier hat also dasselbe Stroma in zwei aufeinanderfolgenden Sommern eine Sporenkammer entwickelt, welches nochmals besagt, dass die Zellen des Stromas potentiell an jedem beliebigen Punkt hyalinisiert werden und in Sporen zerfallen können. Die Septemberprobe enthält noch keine reifen Sporen, sondern an der Stelle der Sporenkammer befindet sich ein parenchymatisches Zellgewebe mit hyalinen, verhältnismässig kleinen Zellen. In der Oktoberprobe sind schon reichlich Sporen (5.5—8 × 3—3.6 μ), dazwischen aber auch noch parenchymatische Zellen und Zellgruppen vorhanden.

Bei den toten Wipfeltrieben von *Picea excelsa*, *P. canadensis*, *P. pungens* und *P. mariana* ergab sich ein ähnliches Bild wie oben bei *Abies sibirica*. Hier sitzen aber die Fruchtgehäuse tiefer in den Rindenspalten als bei den *Abies*-Arten und zeigen gewöhnlich — wohl wegen der fibrösen, festen Struktur der Fichtenrinde — eine seitlich zusammengedrückte Form (die gefundenen Durchmesserwerte betragen 0.4—0.6 × 0.2—0.3 mm). Sonst sind sie weitgehend wie z. B. bei *A. Veitchii* gebaut, mit Scheinwänden in den Sporenkammern (Abb. 15 a). Die Grösse der Sporen beträgt 5.3—8.8 × 2.5—3.5 μ.

Pseudotsuga taxifolia. Proben wurden von toten Wipfeltrieben sowohl in Helsinki (April) als in Punkaharju (Ende Mai) genommen. Die Triebe waren entweder nur in ihrem Endabschnitt oder auch gänzlich abgestorben. Die Sporen sind bei den Punkaharju-Proben schon reif, die Fruchtgehäuse sternförmig aufgerissen; die Sporenmasse ist im Wasser bräunlich, zähschleimig. Bei der anderen Probe befindet sich die Sporenbildung erst im guten Anfang. Die Fruchtkörper zeigen einen kräftigen Fussteil und eine aus mehreren Zellschichten gebildete Gehäusewand. Abb. 15 b zeigt die Entstehungsweise der Sporen. Die Sporen sind 7.2—12 × 3.3—4.3 μ, also ungewöhnlich gross, Form und

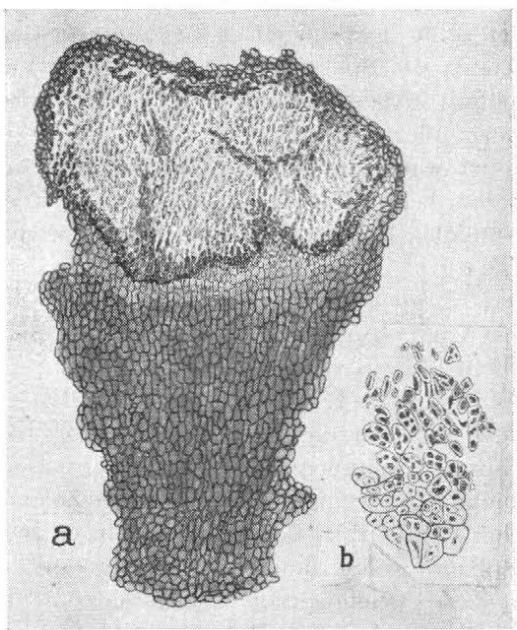


Abb. 15. *Sclerophoma pityophila*. a: Pyknide aus der Rinde von *Picea excelsa* im Querschnitt. — b: Ein Teil des Inneren einer Pyknide mit eben vor sich gehender Sporenbildung. Aus der Rinde von *Pseudotsuga*. (Vergr. a 120 ×, b 500 ×.)

Inhalt sind jedoch wie bei den vorhergehenden; die Fruchtgehäuse sind dessenungeachtet abweichend klein, nur 0.15—0.3 mm im Durchmesser.

Larix sibirica (Punkaharju). Fruchtgehäuse in ihren Hauptzügen wie bei den vorhergehenden. Auch hier ist das alte Stroma bisweilen bis zum folgenden Sommer am Leben geblieben und hat in seinem Basalteil unter der vorjährigen Sporenkammer ein neues zu bilden begonnen. Die Grösse der Sporen beträgt 7—8 × 3.2—4 μ.

Unter den Kiefernarten meines Materials sind hierhergehörige Pilze bei *Pinus silvestris*, *P. contorta*, *P. strobus* und *P. monticola* vorgekommen. Bisweilen ist nur der Endabschnitt des Triebes, oft jedoch der letzte Jahrestrieb in seiner Gänze gestorben. Die 0.26—0.38 mm grossen Fruchtgehäuse sind ähnlich wie in den vorhergehenden Fällen gebaut, mit kräftigem Fuss und einer aus mehreren Zellagen bestehenden Gehäusewandung, die freilich schliesslich — stellenweise fast bis zum völligen Schwund — auch rückgebildet werden (in Sporen zerfallen) kann. Die Form der Sporen ist dieselbe länglich-ovale oder elliptische, mitunter einigermassen asymmetrische wie vor; ihre Grösse beträgt 6—9.6 × 2.5—4.3 μ, sie sind also grösser als in den meisten obengeschilderten Fällen.

Auf Grund der morphologischen Merkmale fallen die hier vorgeführten Pilze der von der früheren umfangreichen Formgattung *Phoma* abgetrennten Gattung *Sclerophoma* zu, deren Arten nach v. Höhnel (1909) dadurch gekennzeichnet sind, dass bei ihnen das Fruchtgehäuse aus dem Stroma auf die Weise gebildet wird, dass das Zellgewebe im Inneren des letzteren hyalinisiert wird, und dieses Markgewebe erzeugt in seinen Zellen die Sporen, die dann bei der Verschleimung der Mutterzellwand befreit werden. Sporenträger wären also nach v. Höhnel bei dieser Gattung überhaupt nicht vorhanden. Die geleeartige Sporenmasse wird von einer wasserunlöslichen Gallerte zusammengehalten. Das Fruchtgehäuse reisst beim Reifen unregelmässig auf, ein Mündungsporus fehlt. — Eine ähnliche Entstehungsweise der Sporen haben Lagerberg, Lundberg et Melin (1927, p. 206) bei der von ihnen beschriebenen Art *Sclerophoma entoxylina* festgestellt.

Von Höhnels Deutung des Sporenbildungsvorgangs ist freilich nicht ohne Kritik geblieben (van Luyk 1923 a und b; Petrak 1923; Wilson et Hahn 1928). Van Luyk äussert in seinen ebengenannten Arbeiten die Ansicht, dass eigentlich die Sporenbildung auch hier durch Abschnürung erfolge: »Die Sporen werden also wohl innerhalb der mehr oder weniger verschleimten Zellen gebildet, aber sie entstehen auf den Wänden der Nachbarzellen in ganz gleicher Weise, wie das bei vielen Sphaeropsiden ohne Sporenträger der Fall ist» (1923 a, p. 134); »sie entstehen — vielleicht noch innerhalb nicht ganz verschleimter Zellen, aber nicht aus dem Inhalt letzterer» (1923 b, p. 105). Die Meinungsverschiedenheit betrifft also zwar eine nicht unwichtige Einzelheit im Entstehungsvorgang der Sporen, dessenungeachtet sind sich die Forscher einig darüber, dass die Gattung *Sclerophoma* beizubehalten ist, sowie dass ihre

Kennzeichen die sklerotiale Natur der Fruchtkörper, die Entstehung der Sporen innerhalb sich verschleimender Zellen und das Fehlen der Sporenträger sind.

Die Frage nach der Entstehungsweise der Sporen findet durch meine Präparate vielleicht nicht hinreichende Beleuchtung. Doch geht aus ihnen mit Sicherheit hervor, dass die Sporenkammer anfangs von einem parenchymatischen Zellgewebe erfüllt ist, welches an Ort und Stelle hyalinisiert wird. Aus diesem Zellgewebe entstehen die Sporen auf die Weise, dass sich die Zellen bei eintretender Verschleimung der Wände voneinander trennen. Irgendwelche Andeutungen von Konidienbildung durch Einschnürung oder etwa von Sporenträgern sind in meinen Präparaten nicht zu sehen, und auch sonst tragen meine Beobachtungen zur Stütze der Auffassung v. Höhnels bei. Als wichtigster Umstand vom Standpunkt meiner vorliegenden Untersuchung ergibt sich auf jeden Fall die sichere Unterbringung der fraglichen Pilze bei der Gattung *Sclerophoma* (Fruchtgehäuse sklerotialen Ursprungs und ohne Mündungsporus, Sporenträger fehlen, Sporenkammer von einer infolge der Verschleimung der Zellwände entstandenen Gallerte eingenommen, welcher die Sporen beigemischt sind). Zieht man hierzu noch die Grösse und Form der Sporen in Betracht, so schiene hier bei der Suche nach der richtigen Art wohl *S. pityophila* (Corda) v. Höhn. am nächsten bei der Hand zu liegen. Neben ihr dürfte *Dotichiza ferruginosa* Sacc., deren Zugehörigkeit zu den Sclerophomaceen von P e t r a k (1923, 1924) hervorgehoben worden ist, bei der Identifikation ernstlich in Rechnung zu ziehen sein.

Leider bin ich in den hiesigen Sammlungen nirgends auf die letztgenannte Art gestossen. Das Fehlen dieser Art in den Sammlungen und Exsikkaten wirkt eigentümlich, müsste es sich doch um einen an Kieferntrieben überall gemeinen Pilz handeln. Nach v. H ö h n e l (1909) unterschieden sich die Gattungen *Dotichiza* und *Sclerophoma* voneinander dadurch, dass bei jener aus einer Mutterzelle mehrere, bei dieser aber nur eine Spore entstände. In meinen *Sclerophoma*-Präparaten scheinen aus einer Mutterzelle mehrere (4?) Sporen hervorzugehen, und es wäre der Pilz somit eine *Dotichiza*. P e t r a k (opp. cc.) weist indessen auf die Unbeständigkeit dieses Merkmals hin, und er führt auch namentlich *Sclerophoma pityophila* zu der Gattung *Dotichiza*. Wie z. B. die beiden Arten *D. pityophila* (Corda) Petr. und *D. ferruginosa* Sacc. schliesslich voneinander zu trennen sind, ist hierdurch nur immer unklarer geworden. Einige Forscher (z. B. N a u m o w 1925, p. 142) bewerten sie denn auch lediglich als Synonyme. Ebenso verlangen die Beziehungen der *Sclerophoma libertiana* nebst mehreren anderen nahestehenden »Arten» zu ihnen näher untersucht zu werden. Zum Beispiel *Dotichiza piceana* Naum. gehört unzweideutig hierher. Ich komme bei meiner vorliegenden Betrachtung zu dem Schluss, dass eine zuverlässige Trennung der hier

in Rede stehenden, an verschiedenen Nadelholzarten lebenden, bei den Gattungen *Sclerophoma* und *Dotichiza* untergebrachten Pilze ohne vergleichende Infektions- und Kulturversuche nicht möglich ist, und begnüge mich daher hier, sie lediglich kollektiv unter dem Namen *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. zu behandeln.

Sclerophoma pityophila gehört in der hier mitgeteilten Fassung der Art zu den aller häufigsten nadelbaumbewohnenden Kleinpilzen Süd- und Mittelfinnlands und liegt allerdings auch in Proben aus der Gegend um den Fjeld Pallastunturi im Nordteil des Landes vor (leg. L. Teivainen 1949). Der Pilz tritt gewöhnlich nicht parasitisch auf, sondern als Saprophyt an kürzlich abgestorbenen Trieben oder als sog. Schwächeparasit an Sprossen auf, die aus diesem oder jenem Grunde (z. B. infolge Frost, Trockenheit oder mechanischer Beschädigung) ihre Lebenskraft eingebüsst haben. Am liebsten besiedelt er die jüngsten Triebe, oft auch die Nadeln, und kann auch an den Knospen- und Zapfenschuppen zu finden sein. Zum Beispiel in Tuusula, Elimäki, Urjala, Punkaharju, Joensuu und Ilomantsi ist der Pilz jedoch im Zusammenhang mit Trieberkrankungen aufgetreten, und es hat den Anschein gehabt, dass, sofern überhaupt den Pilzen hierbei ein Anteil zugekommen ist, *S. pityophila* in den meisten Fällen die Hauptrolle gespielt hat.

Hierzu hat man sich nun zu erinnern, dass vordem »*Dotichiza ferruginosa*» als der schlimmste Triebschädling der Kiefer gegolten hat (Schwarz 1895; Lagerberg et Sylvén 1913; u. a.). Leider nur ist dabei *Brunchorstia pinea*, die ja mit Sicherheit ein Parasit ist, nicht mit genügender Schärfe von *Dotichiza ferruginosa* getrennt gehalten worden. Jørstad (1925) seinerseits spricht denn auch wenigstens den Arten *Sclerophoma pityophila* und *S. libertiana* jegliche pathologische Bedeutung ab und hält sie für schlichte Saprophyten, ungeachtet dessen, dass an *Abies sibirica* in Norwegen eine ganz ähnliche Triebkrankheit wie die oben aus Punkaharju beschriebene vorkommt, sowie dass *Sclerophoma pityophila* (bzw. *S. libertiana*) oft die einzige in Verbindung mit derselben nachweisbare Pilzart ist. Jørstad nimmt nämlich als mutmassliche Ursache des Triebsterbens nur äussere Einflüsse, wie Frost, Trockenheit u. dgl., an. Dagegen hat *S. pityophila* nach Wilson (1925, p. 8) auch in England schlimm in den Kiefernkulturen gewütet, und Ähnliches wird aus Russland berichtet (Nazarova 1936). Die in Finnland eingetroffenen, hierher zu zählenden Verheerungen sind also keineswegs die einzigen in ihrer Art in Europa. Die exakte Klärung des ökologischen Charakters und der forstpathologischen Bedeutung der hier besprochenen Pilze ist jedoch nur durch umfangreiche Infektionsversuche möglich.

Sirococcus conorum Sacc. et Roum. — Pykniden nahezu kugelig, fast gänzlich an der Oberfläche des Substrats; Sporen kugelig, Durchm.

etwa 2.5 μ, werden in kettenförmigen Reihen an den Enden der Sporenträger abgeschnürt. Scheint in allen meinen Untersuchungsgebieten besonders an toten Fichtenknospen, sowohl an lebenden Bäumen als an Hiebsresten, häufig vorzukommen, zuweilen auch an Zapfenschuppen. Wahrscheinlich Saprophyt.

Proben: *N*, Helsinki, Kuusisaari in alten ♂-Blüten der Fichte 17. II. 1946 und Lauttasaari, an den Knospen auf dem Boden liegender Äste 30. IV. 1944; Lapinjärvi 15. XII. 1949. — *Tb*, Vilppula 15. XII. 1949. — *Kb*, Joensuu 25. XII. 1948; Koli 15. I. 1950. — *Ob*, Rovaniemi, Kivalo 25. XII. 1948, 15. XII. 1949. — *Lkem*, Pallastunturi 15. XII. 1949 (L. Teivainen).

Sphaeronema truncatum Fr. — Nach Karsten (1890, p. 62) fast durch das ganze Land häufig.

Ka, Sippola, Ruotila, auf Fichtenholz 5. VII. 1945 (Sporen 4.3—5.2 × 1.2—1.5 μ).

Sphaeropsis juniperi Desm. — Siehe S. 59.

Sporonema strobilinum (Desm.) Sacc., Syn. *Hysterium conigenum* Schum., *Rhabdospora conigena* Karst., *Phoma conophila* Sacc., *Diplodina strobilina* Karst. — Nach Karsten (1890, p. 27) an Fichtenzapfen hier und da im Lande; nach ihm vielleicht die Konidienform von *Dichaena strobilina* Fr.. Ausser an Fichtenzapfen kommt diese Art nach meinen Beobachtungen sehr gern an den in finnischen Wäldern sehr häufigen *Chermes*-Gallen vor. Saprophyt.

Proben: In allen Untersuchungsgebieten an *Picea excelsa* häufig (Sporen 9—14 × 2—3.5 μ); dazu in Zapfenschuppen der *Abies sibirica*: *Sa*, Punkaharju 21. X. 1948 (Sporen 10—14 × 3 μ).

Toxosporium camptospermum (Peck) Maubl., Syn. *T. abietinum* Vuill. — Wie schon Rostrup (1902, p. 597) hervorgehoben hat, könnte dieser Pilz als Pyknidenform zu *Leptothyrium pini* (Corda) Sacc. gehören. Dieselbe Auffassung hat v. Höhnel (1918, p. 618) geäussert. Ich habe diese Pilzform nur bei Punkaharju gefunden, wo sie zusammen mit *Asterina nuda* (= *Leptothyrium pini*) auftritt. Rostrups und v. Höhnels Annahme scheint mir daher akzeptabel. Dies bedeutet denn auch, dass *Toxosporium camptospermum* zu den parasitischen Pilzarten gezählt werden muss.

Sa, Punkaharju, an abgestorbenen Nadeln von *Abies sibirica* 8. V. 1943 (Sporenkissen klein, unter den Spaltöffnungen hervorbrechend, etwa 0.15 mm im Durchmesser; Sporen 28 × 7.2 μ, gekrümmt, mit zwei aufgeblasenen, schwarzen Mittelzellen und je zwei schmäleren, hyalinen Zellen an beiden Enden; in jeder Zelle zwei Öltropfen).

Tryblidiopycnis pinastri v. Höhn. — Siehe S. 50—51.

Tuberculina maxima Rostr. — Parasitisch auf *Cronartium pini*, wahrscheinlich häufig, obwohl von mir wenig beobachtet.

Proben: *N*, Helsinki, Lauttasaari 9. IV. 1944 (Sporen fast kugelig, 8—13 μ, violett) und Taka-Töölö 22. XII. 1946.

Zythia pinastri Karst. — Dieser Saprophyt wurde von Karsten (1890, p. 5) von abgefallenen Kiefernnadeln in Turku (April 1861) beschrieben.

N, Helsinki, Lauttasaari, an faulenden Kiefernnadeln 30. IV. 1944 (Pykniden rötlich; Sporen hyalin, 2—3 × 1 μ, fädig austretend).

Uredinales.

Chrysomyxa abietis (Wallr.) Unger — Nach Liro (1908, p. 453; 1924, p. 174) in Finnland häufig bis gemein; aus den nördlichen Provinzen liegen zwar keine Angaben vor, der Autor hält es aber für sicher, dass der Pilz auch dort reichlich zu finden ist. Eigentümlicherweise nennt jedoch auch Rainio (1926, p. 252) nur einen einzigen Fund aus Nordfinnland, Kolari (kein Belegexemplar). Der Pilz befällt nach Liro vorwiegend junge, noch nicht über die Schneehöhe hinaus gewachsene Fichten und auch die unteren Äste älterer. In meinen Untersuchungsgebieten ist der Pilz in denjenigen Jahren, in denen ich Material gesammelt habe, nur selten vorgekommen. Erst in den zwei letztvergangenen Sommern (1948 und 1949) habe ich vereinzelte Vorkommnisse in der Gegend von Helsinki festgestellt. Auch in den Sammlungen ist die Art aus früheren Zeiten nur durch ganz spärliche Proben vertreten, und einige waren unrichtig identifiziert. Es scheint, wie wenn der Pilz an einem Ort Jahre hindurch gänzlich verschwunden wäre, um dann ganz plötzlich wieder sogar in grosser Reichlichkeit aufzutauchen. Ein solches ausserordentlich reichliches Vorkommen wurde im Herbst 1948 und in dem darauffolgenden Winter in Südwestfinnland, u. a. im Versuchsrevier Solböle festgestellt, und es scheint auch im Winter 1949/50 noch nicht abgeklungen zu sein. Die meisten Solböle-Proben sind von *Darluca filum* (Bivon.) Castagne, dem bekannten auf Rostpilzen schmarotzenden imperfekten Pilz stark infiziert, und ganz offenbar wird auch diesem Parasiten ein Anteil am Zusammenbruch der Rostpilzepidemie zukommen. Auch die ebenerwähnten Funde aus Helsinki dürften mit diesem epidemieartigen Auftreten in Zusammenhang zu bringen sein. Eine Spezialuntersuchung zur Klärung dieses Epidemiefalles ist eingeleitet worden.

In den von mir studierten Fällen ist der Fichtennadelrost zur Hauptsache in jungen Fichten sowie in den unteren Kronenpartien älterer aufgetreten, hat aber gelegentlich auch in den obersten Ästen nicht gefehlt, wie die aus den Versuchsrevieren Solböle in Bromarv und Ruotsinkylä in Tuusula eingelaufenen Proben zeigen. In der Gegend von Helsinki, wo man dem Pilz gegenwärtig (im Winter 1949/50) nur sporadisch hier

und da begegnet, kann wahrgenommen werden, dass vereinzelte Fichten von ihm überaus reichlich befallen sind, während die umherstehenden Bäume nur schwachen oder überhaupt keinen Befall aufweisen. Dies deutet offenbar auf eine sehr verschiedene individuelle Empfänglichkeit der Bäume dem Fichtennadelrost gegenüber und dadurch also auf Möglichkeiten zur Aufzucht rostfester Fichtenrassen hin.

Folgende von mir kontrollierte Proben liegen vor:

Ab, Bromarv, Solböle 17. XI. 1948 (A. Ilmanen) nebst mehreren Proben aus der folgenden Zeit. — *N*, Helsinki, Munkkiniemi 1. V. 1944; Espoo, Romensberg 20. XI. 1949; Tuusula, Ruotsinkylä 10. I. 1950; Elimäki, Mustila 13. VI. 1908 (C. Tigerstedt). — *Tb*, Vilppula 15. I. 1950. — *Sb*, Kuopio, Juni 1906 (O. Lönnbohm). — Über die zahlreichen südwestfinnischen Funde aus letzter Zeit wird Forstm. A. Korhonen demnächst berichten. Im übrigen siehe bei Liro (11. cc.).

C. cassandrae (Gobi) Tranzsch. — Nach Liro (1908, p. 465—467) überall dort häufig, wo *Cassandra calyculata* reichlicher vorkommt. Das fichtenbewohnende Ächidium liegt vorläufig nicht aus Finnland vor.

Proben: *Ok*, Hyrynsalmi 13. VIII. 1946. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä 9. VIII. 1946 (L. Korhonen).

C. empetri (DC.) De Bary — Nach Liro (1908, p. 455) zweifelsohne über das ganze Land verbreitet und wahrscheinlich gemein, mit ausgeprägtem Vermögen, von einem Jahr zum anderen auf dem Uredostadium zu verharren. Teleutosporen sind denn auch in Finnland vorläufig nicht aufgefunden worden. Es ist jedoch angenommen worden, dass auch diese Art durch Vermittlung ihrer Sporidien auf die Fichte übertreten kann, in deren Nadeln dann die Ächidien zur Ausbildung kämen. Diese wiederum dürften denjenigen von *Chrysomyxa ledi* ähnlich sein — sofern es sich nun nicht um die *Aecidium coruscans*-Form handelt, beide kommen nämlich in Nordfinnland häufig vor. Auch Rainio (1926, p. 253) und Kari (1936, p. 15) führen zahlreiche Funde aus Lappland an, wo diese Art auch in die alpine Region steigt.

Proben: *Empetrum nigrum: N*, Kirchsp. Helsinki, auf einem Reisermoor unweit der Wegscheide nach Seutula 16. VII. 1946. — *Ta*, Lammi, Evo 27. VI. 1947 (Liro fand die Art dort schon vor 1908). — *Sa*, Punkaharju 28. V. 1949. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä 27. VIII. 1946 (L. Korhonen). — *Lkem*, Kittilä, Pallastunturi, reichlich in *Empetrum*-Flecken unter Fichten 25. VIII. 1949 (L. Teivainen).

C. ledi (Alb. et Schw.) Liro — Nach Liro (1903, p. 69—73; 1906; 1908, p. 459—465) in ganz Finnland gemein, in den nördlichen Teilen des Landes oft überraschend reichlich, mitunter, wie z. B. 1906, auch im Süden. Auch die *Aecidium coruscans*-Form in den Fichtenknospen ist nach ihm über das ganze Land verbreitet; sie ist in ihrer Entwicklung zeitiger als die nadelbewohnende Form. Rainio (1926, p. 253) führt aus Lappland vier Funde an, darunter eine *coruscans*, die vom Autor

als durch ganz Lappland häufig bezeichnet wird. M. Brenner (1908, p. 26) meldet ein reichliches Vorkommen von *Chrysomyxa ledi* in Svartbäck und auf der Insel Jakob-Ramsö in Inkoo, Südfinnland, im Jahre 1907; *Aecidium coruscans* wurde zu gleicher Zeit äusserst wenig in Svartbäck gefunden.

Nach schriftlicher Mitteilung und eingesandten Proben von Mag. phil. Y. Rikkonen wütete in Punkalaidun (St) im Jahre 1928 eine auffallende Epidemie. Zumal auf den Reisermooren und in deren Umgebung waren die Fichten von unten bis oben gelb, und die Weiher und Stillgewässer waren von einer ähnlichen, doch dunkleren Haut wie diejenige bedeckt, die während der Blütezeit der Kiefer die Gewässer zu überziehen pflegt. Grosses Aufsehen erweckte gleichfalls eine im Jahre 1944 auf weiten Flächen in Süd- und Mittelfinnland ausgebrochene Epidemie mit genau denselben Symptomen wie im ebengeschilderten Falle. Auch später ist *Chrysomyxa ledi* jedenfalls in den meisten Jahren sowohl an Fichten als auch, obwohl spärlicher, am Porst aufgetreten. — Folgende Spezialbeobachtungen verdienen vielleicht noch erwähnt zu werden. Im Sommer 1945 konnten auf einem Moor bei Helsinki auch auf dem Porst, und zwar an der Rinde der vorjährigen Triebe, recht reichlich Uredosporenlager wahrgenommen werden; häufiger jedoch waren die an denselben Trieben sitzenden Blätter befallen. Am 24. VI. 1945 fand ich den Pilz in der Umgebung von Helsinki auch auf den jungen Blättern des Porstes, die infolge der Angriffe des Pilzes in ihrer Entwicklung gehemmt waren. Zumal die untersten Blätter der neuen Triebe waren durchweg verseucht, an den mittleren war öfters nur die Spitze erkrankt und die obersten konnten sogar völlig gesund sein, was darauf hindeutet, dass diese Blätter schon im Herbst, in den Knospen, infiziert wurden. An diesen jungen Blättern wurden nur Teleutosporen gefunden. Die vorjährigen Blätter derselben Sprosse weisen sowohl Uredo- als Teleutosporenlager auf, doch spärlicher als die jungen Blätter, und sie waren bei ihrer Erkrankung bereits vollentwickelt gewesen. Liro (1908, p. 464) hat also anscheinend durchaus recht, wenn er behauptet, dass dieser Pilz sowohl die Knospen als die vollentwickelten Blätter des Porstes befällt, sowie dass *Chrysomyxa Woronini* Tranzsch. eben dessen an Knospen vorkommende Form ist. — Noch möge erwähnt werden, dass auf einem Moor in Huopalahti bei Helsinki am 1. VII. 1945 die Nadeln mehrerer jungen Fichten gelblich vorgefunden wurden, und zwar weil die Nadeln mit kleinen, aus den Spaltöffnungen hervorbrechenden Pykniden vollbesetzt waren. An der Spitze jeder Pyknide befand sich momentan ein klarer Flüssigkeitstropfen mit sehr zahlreichen kleinen ovalen oder rundlichen Pyknosporen von *C. ledi*.

Der *Aecidium coruscans*-Form bin ich in Süd- und Mittelfinnland nur ganz spärlich, sowohl an der gemeinen Fichte als einmal auch an *Picea*

pungens, begegnet. In Nordfinnland ist diese Form weit häufiger. Nach K. O. Elfving (1904, p. 20—24) trat *Aecidium coruscans* Fr. im Sommer 1904 durch ganz Nordfinnland ausserordentlich reichlich stellenweise geradezu massenhaft auf; im Sommer 1898 hatte der Autor jedoch nur ein paar *coruscans*-Exemplare in Kittilä gesehen. Mag. phil. Lauri Teivainen (nach mündlicher Mitteilung) fand die *coruscans*-Form im Sommer 1948 auf dem Fjeld Pallastunturi überaus reichlich, und selbst an grossen Bäumen vor. Im folgenden Sommer hatte das Vorkommen bereits nachgelassen, doch waren auch jetzt noch schätzungsweise bei etwa 40 % der Fichten jene typischen Triebdeformationen zu finden, die das Volk in Nordfinnland gut kennt und »teerenleipä» (Birkhuhnbrot) nennt. Die ersten wurden von Teivainen am 10. juni festgestellt, eine Woche später waren sie schon reichlich zu sehen und die Ausstreuung der Sporen hatte begonnen. Es scheint also, dass die *coruscans*-Form in Nordfinnland mitunter die herrschende Nadelrostform bei der Fichte ist. Liro (1903, p. 69—73; 1908, p. 462—465) erklärt die Entstehung dieser Form so, dass die Sporideninfektion wegen verspäteter Entwicklung der Teleutosporen in den Herbst verlegt wird, und dann werden eben die Fichtenknospen und nicht die Nadeln infiziert. Es möge indessen erwähnt werden, dass sich u. a. Klebahn (1914, p. 712) zweifelnd zu der Vermutung Liros bezüglich der Zusammengehörigkeit von *Aecidium coruscans* und *Chrysomyxa ledi* stellt. Diese Frage müsste auch in Finnland weiterhin studiert werden, an Material dazu fehlt es hier ja lange nicht.

Proben: *Picea excelsa: Ab*, Bromarv, Solböle, Juni 1949 (leg. A. Korhonen). — *N*, Helsinki, Ruskeasuo 21. VIII. 1943, 30. VII. 1944, Leppävaara 20. VII. 1944, Meilahti 15. VIII. 1945, Huopalahti 1. VII. 1945 und Viik 31. VII. 1949; Tuusula, Ruotsinkylä 29. V. 1949 (S. Saarnijoki; *Aec. coruscans*). — *Ka*, Sippola, Ruotila, reichlich im Juli 1944. — *St*, Punkalaidun 11. VII. 1928, epidemieartiges Auftreten (Y. Rikkonen). — *Ta*, Heinola, Taipale 27. VIII. 1945. — *Tb*, Vilppula 10. XII. 1948. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä 6.—29. VIII. 1944 (L. Korhonen). — *Ob*, Rovaniemi, Kivalo, Dezember 1949 (*Aec. coruscans*, vertrocknete Reste). — *Lkem*, Pallastunturi 25. VI. 1949 (L. Teivainen; *Aec. coruscans*); Kirchd. Sodankylä 24. VIII. 1947, normale Form. — *P, pungens: N*, Vihti, Hiiskula 4. VI. 1945 (*Aec. coruscans*). — *Ledum palustre: N*, Helsinki, Munkkiniemi 24. VI. 1945 (auch f. *Woronini*) und Huopalahti 1. VII. 1945. — *Ka*, Sippola, Ruotila, Vakavuori 20. IX. 1944.

C. pirolae (DC.) Rostr. — Nach Liro (1908, p. 456—459, 564—566) oft auf *Pyrola rotundifolia*, *P. minor* und *P. secunda* sowie je einmal auf *P. media* und *P. uniflora* angetroffen. Die auf *P. secunda* und *P. unifora* vorkommende Form weicht nach Liro (l. c.) von den an den anderen *Pyrola*-Arten lebenden ab. Sie ist daher oft als besondere Art *Chrysomyxa ramischiae* Lagerh. aufgefasst worden. Die kollektive *C. pirolae* ist nach Liro (1924, p. 175) zumal in den südlichen und mittleren Teilen des Landes gemein; dazu teilen Rainio (1926, p. 253) und Kari (1936,

p. 15) einige Funde des Pilzes auf *Pyrola minor* und *P. secunda* in Lappland mit. Die Art tritt nach Liro (l. c.) mitunter nicht wenig verheerend auf, indem sie die Zapfen und die Samen ihrer zweiten Wirtspflanze, der Fichte, angreift und so gut wie total zerstört. Diese Auffassung ist sicher richtig, das weiss man in sämtlichen Klengansalten Finnlands; mitunter — zuletzt während einer Reihe von letztvergangenen Jahren — sind die Zapfen zum grossen Teil durch diesen Rostpilz verdorben gewesen. — An den Narben, die der Pilz auf den alten *Pyrola*-Blättern zurückgelassen hat, kann man erkennen, dass der Pilz mehrere Jahre hindurch in derselben Wirtspflanze schmarotzt und oft sämtliche Blätter desselben Individuums infiziert. Die Teleutosporen keimen, wie man aus den Sammlungsbelegen schliessen kann, etwa um die Monatswende Mai—Juni aus, die Infektion der Zapfen erfolgt also mit grosser Wahrscheinlichkeit gerade zur Blütezeit der Fichte. Auch die Uredosporen leiten ihre Entwicklung schon im Frühjahr ein, diese dauert aber dann noch zumindest bis halbwegs in den August hinein fort. Die Äcidiosporen reifen im Herbst, und im Winter sind die Zapfen voll mit Sporenstaub; der Zapfen ist stets in seiner Gänze infiziert, und es bedarf demnach zum Zustandekommen der Ansteckung augenscheinlich nur einer einzigen Sporidie. Dennoch muss man sich über das Vermögen der Sporidien wundern, von der Unterseite der *Pyrola*-Blätter hinauf in die Kronen der Fichten zu gelangen, zumal da doch dieser Rostpilz an unseren *Pyrola*-Arten keineswegs als besonders häufig bezeichnet werden kann.

Proben: *Picea excelsa: N*, Helsinki, Lauttasaari 31. III. 1946 und Seurasaari 16. XII. 1945. — *Sa*, Punkaharju 25. I. 1950. — *Sb*, Siilinjärvi, Pöljä 5. VIII. 1946 (L. Korhonen). — *Ob*, Rovaniemi, Nov. 1946. — *Pyrola rotundifolia: N*, Helsinki, Huopalahti 6. VI. 1948. — *Sb*, Joroinen, Keriniemi 4. VI. 1912 (T. J. Hintikka). — *P. minor: N*, Helsinki, Malminkartano 4. VI. 1946. — *P. media: Ab*, Parainen 15. VII. 1907 (V. A. Pesola). — *P. chlorantha: Al*, Degerby 29. VI. 1920. — *P. secunda: N*, Kirchd. Mäntsälä 17. VIII. 1948 (L. Korhonen). — *Sa*, Punkaharju 19. VII. 1945. — *Tb*, Äänekoski 28. VII. 1913 (A. Leskinen).

Coleosporium pini (Pers.) Jørst. — Der Kiefernnadelblasenrost ist bekanntlich eine Kollektivart, deren Uredo- und Teleutosporenlager an den Blättern verschiedener Kräuter zur Entwicklung gelangen. Von den einzelnen Arten kommen folgende in meinem Untersuchungsmaterial vor.

C. pulsatillae (Strauss) Lév.

Ta, Hattula, Pelkola, auf *Pulsatilla pratensis* 8. IX. 1909 (Axel Wegelius).

C. melampyri (Rebent.) Kleb. — Nach Liro (1908, p. 471) auf unseren *Melampyrum*-Arten gemein durch das ganze Land; merkwürdigerweise führen aber weder Rainio (1926) noch Kari (1936) den Pilz aus Lappland an. Pohjakallio et Vaartaja (1948) haben neulich in einem interessanten Aufsatz das Auftreten des Pilzes behandelt

Aus demselben geht hervor, dass am schlimmsten ausgesetzt die Jungkiefern der guten Böden sind, auch wenn sie nicht vollends den Angriffen des Pilzes unterliegen; die *Melampyrum*-Arten leiden mehr, und zwar ist die Infektion am stärksten an lichtreichen Standorten (auch Liro op. c., p. 473 gibt an: »Isynnerhet på kalhuggna platser», also auf Kahlschlägen), dagegen schien der Bonität ebensowenig wie der Anwesenheit der Kiefer irgendwelche Bedeutung in dieser Hinsicht zuzukommen. *Melampyrum silvaticum* (ssp. *tenuifolium* Dahl) wurde schwerer von der Rostkrankheit befallen als *M. pratense* (ssp. *vulgatum* [Pers.] Ronn.). Der letzterwähnte Befund findet auch in meinen Beobachtungen eine Stütze. — Im Vorbeigehen sei erwähnt, dass ich im Vorsommer 1945 bei meiner Sommerwohnung in Sippola versuchshalber von Kiefernnadeln eingesammelte Sporen auf Blätter sowohl von *M. silvaticum* als *M. pratense* aussäte. Die Folge war eine rasche und kräftige Infektion derjenigen Blätter, die von der Aussaat betroffen worden waren. Die Kontrollpflanzen wiesen nur schwache Infektion auf. Die Isolation war keine ganz vollständige.

C. euphrasiae (Schum.) Wint. p. p. — Ganz häufig an unseren *Euphrasia-*, *Rhinanthus-* und *Odontites*-Arten, wie auch schon Liro (1908, p. 474) festgestellt hat.

C. campanulae (Pers.) Lév. — Nach Liro (1908, p. 477) sind zumal *Campanula rotundifolia* (nach Rainio 1926, p. 253 bis hinauf nach Enontekiö-Lappland), *C. patula*, *C. rapunculoides* und *C. glomerata* oft angesteckt, mitunter auch *C. persicifolia*, *C. cervicaria* und die in Finnland sehr seltenen Arten *C. trachelium* und *C. latifolia*. Es handelt sich denn auch nicht um eine einheitliche Art, sondern diese umfasst nach Klebahn (1904, p. 365) drei biologische Unterarten, die sich auf ganz bestimmte Arten innerhalb der Gattung *Campanula* spezialisiert haben. Es möge erwähnt werden, dass am 15. IX. 1945 *C. latifolia*, *C. rapunculoides*, *C. trachelium* und *C. pulcherrima* im Botanischen Garten der Universität Helsinki ausserordentlich stark infiziert vorgefunden wurden, während die dicht nebenan wachsende *C. persicifolia* völlig unberührt war. Diese Beobachtung deckt sich vorzüglich mit den Versuchsbefunden Klebahns, jedoch mit der zusätzlichen Bemerkung, dass auch die Roste der *C. rapunculoides* und *C. trachelium* verschiedenen Unterarten zufallen müssten. Es ist interessant festzustellen, dass dieser Rostpilz zumindest schon seit dem Jahre 1898 daselbst jedenfalls auf den beiden zuletztgenannten *Campanula*-Arten regelmässig vorgekommen ist (vgl. Liro l. c.). Es erscheint wahrscheinlich, dass er sich dort auch ohne das Peridermiumstadium zu erhalten vermag.

C. inulae (Kunze) Fuckel — Wurde nach Liro (1908, p. 479) im Jahre 1898 ausserordentlich reichlich an *Inula helenium* im Botani-

schen Garten der Universität Helsinki angetroffen. Am 15. IX. 1945 traf ich den Rost gleichfalls auf *I. helenium* und dazu noch auf den Blättern von *I. grandiflora* und *I. macrocephala* in Menge an. Auch diese Art scheint sich also hier von Jahr zu Jahr zu erhalten.

C. tussilaginis (Pers.) Lév. — Ziemlich häufig und reichlich überall dort, wo *Tussilago* in Mengen vorkommt, wie schon Liro (1908, p. 481) gefunden hat.

C. senecionis (Pers.) Lév. — Nach Liro (1908, p. 484) in Südfinnland hier und da auf *Senecio vulgaris*, *S. silvaticus* und *S. nemorensis* und im Herbst 1898 an mehreren *Senecio*-Arten des Botanischen Gartens der Universität Helsinki angetroffen. Von hier hat mir Stud. Ritva Ruotsalo am 25. IX. 1948 rostkranke Proben von *S. clivorum*, *S. macrophyllus* und *S. doria* gebracht, wonach sich also auch diese Art zähe, wahrscheinlich perennierend, am Ort erhält. Nur einmal (Helsinki, Hesperia-Strasse, 18. VIII. 1945) bin ich dem Pilz an *S. vulgaris* begegnet; es scheint, wie wenn es ihm nicht leicht fiele, diesen seinen kurzlebigen Wirt zu finden, ein wie häufiges Unkraut letzterer auch ist.

C. sonchi-arvensis (Pers.) Wint. — Auf unseren *Sonchus*-Arten gemein, wie vormals schon Liro (1908, p. 485—486) festgestellt hat.

C. cacaliae (DC.) Wagn. — Liro (1908, p. 486) teilt mit, dass im Botanischen Garten der Universität Helsinki auch auf *Cacalia hastata* Jahre hindurch ein *Coleosporium*-Rost reichlich vorgekommen sei. Ich konnte am 12. IX. 1948 feststellen, dass das Vorkommen noch immer fortdauert. Ganz offenbar vermag sich auch diese Art von Jahr zu Jahr an derselben Pflanze zu erhalten, ohne dazwischen auf die Kiefer überzutreten.

Es scheint also, dass die *Coleosporium*-Arten auf ihren perennen Wirtspflanzen ganz allgemein gleichfalls perenn auftreten — nur beim Vorkommen auf annuellen Wirten dürfte die Einschaltung eines Zwischenwirtes, der Kiefer, nicht zu umgehen sein.

Cronartium peridermii-pini (Willd.) Liro — Der Blasenrost der Kiefer ist nach Liro (1908, p. 442—446) in Finnland überall im Verbreitungsgebiet seines Wirtsbaumes zu finden; Rainio (1926, p. 252) gibt an, dass der Kienzopf in Enontekiö- und Inari-Lappland bis zur Nordgrenze der Kiefer geht. Das Gesagte betrifft jedoch nur das Peridermiumstadium, welches als verheerender Parasit in der Kiefernrinde perenniert. Die Zerstörungsarbeit wird oft noch durch eine in der angegriffenen Rinde lebende Insektenlarve (wahrscheinlich *Dioryctria splendidella*, siehe Kangas 1937, p. 73) ergänzt. Die Uredo- und Teleutosporen werden,

wie es Versuche von L i r o (1906, p. 22 ff.) gezeigt haben, an *Pedicularis*-Arten gebildet. Es ist jedoch bekannt, dass der Kienzopf allgemein auch dort vorkommt, wo es solche in der Umgebung nicht gibt, und auch überhaupt müssen sowohl das Uredo- als das Teleitosporenstadium (jedenfalls in Süd- und Mittelfinnland) als sehr selten bezeichnet werden. Es ist denn auch experimentell erwiesen worden (H a a c k 1914, 1916; K l e b a h n 1918, 1924, p. 289), dass der Pilz zu einer Ausbreitung direkt von Kiefer zu Kiefer mittels seiner Äcidiosporen fähig ist. Ich habe versuchshalber bei Helsinki eingesammelte Äcidiosporen im Botanischen Garten der Universität Helsinki auf verschieden alte Blätter mehrerer dort angepflanzten Stauden, wie *Cynanchum vincetoxicum*, *Paeonia* (mehrere Arten), *Tropaeolum* sp. und *Verbena officinalis* ausgesät, die in Mitteleuropa als Wirte des Kienzopfs bekannt sind. In der Zeit von 13. VI. — 17. VIII. 1948 konnten nicht die geringsten Anzeichnen einer Infektion wahrgenommen werden. — Es erscheint offenbar, dass Wirtswechsel auch in Finnland nur selten stattfindet (vgl. J ø r s t a d 1925, p. 25—32).

C. ribicola J. C. Fischer — Dieser bekannte Feind der Weymouthskiefer ist nach L i r o (1908, p. 448) zumindest schon seit 1861 in Finnland aufgetreten, als Th. Saelan den Pilz auf *Pinus strobus* auf der Insel Sumparn bei Helsinki sammelte. (Die Funde aus späterer Zeit sind unten aufgezählt.) Meinen Beobachtungen gemäss hat *Cronartium ribicola* in Punkaharju eine junge Weymouthskieferkultur bis zum letzten Baum zerstört; es verdient erwähnt zu werden, dass der benachbarte *Pinus peuce*-Bestand wenigstens vorläufig gut erhalten ist. Auch in den Waldkulturen des Gehöfts Nuutajärvi in Urjala war eine junge Weymouthskieferkultur total zugrundegegangen. Das Teleutosporenstadium habe ich oft an den Blättern von *Ribes nigrum* beobachtet, einmal mehrere Kilometer von den nächsten Fünfnadelkiefern entfernt; an *R. rubrum* bin ich dem Pilz nur ein einzigesmal begegnet. — Es scheint, dass dieser Blasenrost dem Anbau jedenfalls der Weymouthskiefer in Finnland eine zumindest ebenso ernstliche Schranke wie in Mitteleuropa in den Weg stellt. Auch die Kultur dieser Kiefer für Zierzwecke empfiehlt sich schlecht wegen der Gefahr, welcher die Schwarze Johannisbeere in den Obstgärten dadurch ausgesetzt wird.

Cronartium ribicola ist mir von folgenden Fundorten in Finnland bekannt:

Pinus strobus: Ab, Svartå 1875 (leg. E. Hisinger). — *N*, Helsinki, Sumparn 20. VI. 1861 (Th. Saelan); Kirchsp. Helsinki, Domarby, Juni 1904 (J. Kavaleff); Inkoo, Fagervik 1870—75 (E. Hisinger). — *Ka*, Sippola, Ruotila 25. V. 1948. — *Ta*, Tampere, Juni 1894 (O. Karsten); Urjala, Nuutajärvi 23. VIII. 1947. — *Sa*, Punkaharju 19. VII. 1945. — *Ribes nigrum: N*, Helsinki, Botanischer Garten der Universität (?) (S. O. Lindberg), Park der Elisabethsstrasse (Liisanpuisto), Herbst 1897 (J. I. Liro), Vanhakaupunki (ders.), Pasila, Okt. 1901 (ders.), Viik 23. IX.

1947, Käpylä 28. VII. 1945, Taka-Töölö 3. IX. 1944 und Lauttasaari 11. IX. 1944; Pornainen, Laha 1. IX. 1906 (J. I. Liro). — *Ka*, Sippola, Ruotila, mehrmals 1943—47 und Liikkala, an der Bahn 14. VIII. 1945. — *St*, Tyrvää 19. VIII. 1910 (V. Heikinheimo). — *Sa*, Punkaharju 19. VII. 1945. — *R. rubrum: N*, Helsinki, Pasila, Okt. 1901 (J. I. Liro), Munkkiniemi 31. VIII. 1947.

Gymnosporangium clavariaeforme (Jacq.) DC. — Nach Liro (1908, p. 408) vielenorts in Südfinnland an Blättern und Früchten des Weissdorns, das Teleutosporenstadium an Wacholdern auf Åland sowie in Mustiala und Helsinki angetroffen, hier auch in neuerer Zeit.

Proben: *Juniperus communis: N*, Helsinki, Meilahti 24. V. 1947, desgl. Viik, Mai 1948 (Ritva Ruotsalo). — *Crataegus monogyna: Al*, Finström, Bergö 26. VI. 1912 (V. A. Pesola).

G. juniperinum (L.) Fr., Syn. *G. corniferum* (O. F. Müll.) Jørst., *G. cornutum* (Pers.) Arth. — Die gallertigen Teleutosporenlager dieses Rostpilzes sind an Wacholdern durch ganz Finnland zu finden. Sie rufen an dem befallenen Strauch Anschwellungen und Wunden hervor. Noch häufiger als das Teleutosporenstadium sind die Pykniden und die Äcidien des Pilzes. In manchen Jahren kann man auf weiten Flächen an den Ebereschen kaum ein Blatt finden, das nicht durch die genannten Entwicklungsstadien des Pilzes gelb gefleckt wäre (siehe Liro 1908, p. 400—405). Rainio (1926, p. 250) und Kari (1936, p. 14) teilen mehrere Funde des Pilzes von Ebereschen in Lappland mit, ersterer auch zwei Funde vom Wacholder in Enontekiö. Teleutosporen werden auch an den Nadeln des Wacholders gebildet, doch ist diese Form nach Liro (l. c.) seltener als die an der Rinde vorkommende (Funde: Helsinki, Eurajoki, Järvelä, Evo) und gilt als besondere Art *G. foliicolum* Berk. Ich bin ihr vorläufig nicht begegnet, trotzdem ich wohl hier und da ein Auge auf sie gehalten habe. Nach Jørstad (1925, p. 136) wäre sie in Norwegen häufig. Diese Frage bedarf an dem Teil Finnlands noch einer eingehenden Klärung.

Von meinen eigenen zahlreichen Proben möge nur folgende erwähnt werden:

Lkem, Kirchd. Sodankylä, sowohl an *Juniperus communis* als an *Sorbus aucuparia* 24. VIII. 1947.

G. penicillatum (O. F. Müller) Liro — Der Apfelbaumrost ist nach Liro (1908, p. 406) in Süd- und Mittelfinnland an Apfelbaumblättern häufig. Die Äcidien sind nicht wie bei der vorigen Art hornartig verlängert, sondern haben eher die Form eines an seinen Rändern zerschlitzten Bechers. Das Teleutosporenstadium gleicht demjenigen der vorhergehenden Art.

Proben: *Pirus malus: Al*, Hammarland, Skarpnåtö 15. VII. 1912 (V. A. Pesola). — *N*, Helsinki, Ruskeasuo 15. VII. 1946. — *Ka*, Sippola, Ruotila, mehr-

mals 1945—47; Vehkalahti, Turkia, 3. VII. 1949 sehr reichlich an einem verwilderten grossen Apfelbaum, an dessen Fusse Wacholdersträucher mit mehreren durch das Teleutosporenstadium des Pilzes hervorgerufenen Stammdeformationen standen.

Melampsora pinitorqua (ABr.) Rostr. — Das an Espenblättern lebende Teleutosporenstadium ist nach Liro (1908, p. 531—533) im ganzen Lande ausserordentlich gemein, dagegen war das Caeomastadium, das an jungen Kieferntrieben Wunden und Nekrosen hervorruft, bis zum Jahre 1908 nur in Helsinki, Tuusula, Mäntsälä, Pällilä und Evo angetroffen worden. Rainio (1926, p. 255) erwähnt vier Funde von Espenblättern in Lappland, Kari (1936, p. 16) einen Fund aus dem Kirchdorf Sodankylä. Kangas (1937, p. 52—53) fand die Art häufig und stellenweise sehr schädlich in Nordfinnland, aber auch in vielen Untersuchungsgebieten in Südfinnland: Kivennapa und Veikkola *(Ik)*, Punkaharju (Sa), Lammi und Ruovesi (Ta), Ähtäri (Tb).

Dem Uredostadium bin ich ausser an Blättern auch an der Rinde junger Espenschosse begegnet, an denen es im Vorsommer zu der Bildung von etwa zentimeterlangen, mit gelbem Sporenstaub angefüllten Blasen von länglicher Form kommt. Es scheint mir wahrscheinlich, dass der Pilz als Myzel in der Rinde überwintert. Das Caeomastadium sah ich z. B. im Versuchsrevier Kivalo, Kirchsp. Rovaniemi, ausserordentlich reichlich. Es hat dort in den durch Plattensaat gegründeten Erneuerungsbeständen der Kiefer schlimme Entwicklungsstörungen hervorgerufen. In Südfinnland ist es u. a. in der Umgebung von Helsinki vielenorts in den Kiefernnachwüchsen verheerend aufgetreten.

Proben: *Pinus silvestris: N*, Helsinki, Viik 28. VI. 1944, Meilahti 19. VII. 1944 und Töölö (Hesperiastrasse), Sept. 1944. — *Ka*, Sippola, Kaipiainen, an der Bahn 27. VII. 1949. — *Ob*, Rovaniemi, Kivalo 10. VI. 1931. — *Populus tremula: N*, Helsinki, Munkkiniemi 24. VI. 1946, das Uredo in der Rinde und an jungen Blättern von Espenschösslingen, und Huopalahti 6. VI. 1946, desgl. reichlich in der Rinde sowie an jungen, halbentwickelten Blättern. — Das Teleutosporenstadium an Es-penblättern sehr gemein in sämtlichen Untersuchungsgebieten.

Melampsora spp. — Liro (1906, p. 3—8; 1908, p. 522—552) hat mittels Kulturversuche festgestellt, dass *Melampsora larici-populina* Kleb., *M. larici-tremulae* Kleb., *M. larici-pentandrae* Kleb., und *M. larici-caprearum* Kleb. in Finnland an Lärchennadeln vorkommen, wahrscheinlich auch *M. larici-epitea* Kleb. Weil diese Arten kaum ohne Kulturversuche unterscheidbar sind, kann ich hier nur anführen, dass *Melampsora*-Arten an Espen-, Pappel- und Weidenblättern z. B. in der Helsinki-Gegend überaus reichlich vorkommen, und dass es hier auch mir einigemal gelungen ist an *Larix*-Nadeln gelbe Caeoma-Polstern, stets nur spärlich, zu finden. — *Melampsoridium betulae* (Schum.) Arth. dürfte hier ohne Zwischenwirt an Birkenblättern auftreten; seine Ächidien, welche an Lärchennadeln vorkommen, sind nicht in Finnland gefunden worden.

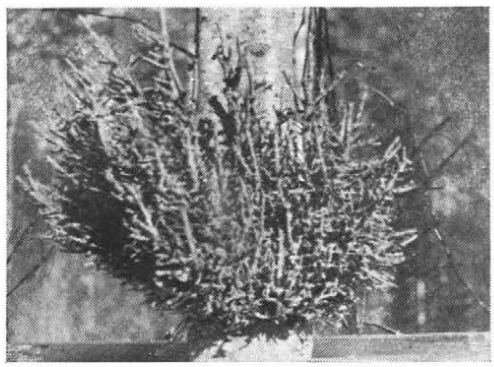


Abb. 16. Möglicherweise durch *Melampsora elatina* verursachter Hexenbesen aus dem Wipfelteil einer *Abies sibirica*. (Stark verkl.). — *Sa*, Punkaharju, Herbst 1945.

Melampsorella elatina (Alb. et Schw.) Arth. — Das Uredostadium auf *Stellaria*-Arten (einige Funde in verschiedenen Gegenden des Landes: Liro 1908, p. 42—43, 490—492) und *Cerastium alpinum* (NW-Enontekiö in Lappland: Rainio 1926, p. 253; Liro, Mycotheca Fennica, Nr. 371 und 372), dagegen ist das an den Zweigen und Nadeln der *Abies*-Arten, insbesondere *A. pectinata*, lebende und daselbst Hexenbesen hervorrufende Ächidium bisher nicht in Finnland gefunden worden. Ich füge hier die Abbildung eines Hexenbesens bei, der an einer *Abies sibirica* im Versuchsrevier Punkaharju angetroffen wurde. Dieser war jedoch bereits so stark vertrocknet, dass die Nadeln abgefallen waren, weshalb es nicht mehr möglich war festzustellen, ob Rostbefall wirklich vorgelegen hatte. Äusserlich besteht indessen grosse Ähnlichkeit mit Hexenbesen, wie sie durch *Melampsorella elatina* hervorgerufen werden. Ein zweiter ähnlicher Hexenbesen wurde in dem Wipfel einer anderen *Abies sibirica* desselben Bestandes angetroffen, wurde aber nicht aufgehoben.

Pucciniastrum goeppertianum (J. Kuehn) Kleb., Syn. *Calyptospora goeppertiana* Kuehn, *Aecidium columnare* Alb. et Schw. — Liro (1908, p. 518) fand das Teleutosporenstadium dieses Pilzes 1899 in Somba *(Kpor)* auf *Vaccinium vitis idaea* und äusserte in diesem Zusammenhang die Annahme, dass *Abies sibirica* der Art dort vielleicht als zweiter Wirt diente. Diese Vermutung hat sich denn auch später als richtig erwiesen, indem der Pilz in Punkaharju sowohl auf der Preisselbeere (Abb. 17) als auf der Sibirischen Tanne der dortigen Waldkulturen überaus reichlich vorgefunden wurde (Liro 1930, p. 71 nebst Mycotheca Fennica, Nr. 276). Das Vorkommen dauert auch heute noch ungeschwächt fort. Im Sommer 1947 sandte mir Forstm. Y. Kanerva von dort Astproben auch von *Abies concolor* mit zahlreichen Ächidien dieses Pilzes an den Nadeln. In demselben Sommer stellte ich ein Vorkommen des Pilzes sowohl auf Preisselbeere als Sibirischer Tanne bei der Försterschule in Evo fest, und zu gleicher Zeit brachte mir Dr. phil. Arvi Ulvinen einige befallene Preisselbeerreiser aus Kärkölä. Im Sommer 1949 fand ich den Pilz auf der Preisselbeere in Elimäki und bei Vironkoski in Miehikkälä im Walde an einer Stelle, wo *Abies sibirica* im nächsten Umkreis anscheinend nicht

zu finden war. Es scheint, wie wenn wir es hier mit einem ebenso verbreitungslüsternen als verdriesslichen Schmarotzerpilz zu tun hätten, der in Finnland voraussichtlich überall dort erscheinen wird, wo es nennenswertere Anpflanzungen von *Abies sibirica* oder sonstigen *Abies*-Arten gibt. Der durch ihn verursachte Nadelausfall kann bisweilen bedeutende Masse erreichen, und die Preisselbeersprosse werden durch Einwirkung des Pilzes auf weiten Flächen verunstaltet und der Beerenertrag beeinträchtigt. Da die *Abies*-Arten nicht unserer indigenen Flora angehören, ist auch der Pilz erst später hierher angelangt, und zwar wahrscheinlich mit den Luftströmungen weither aus Nordrussland, wo schon die Sibirische Tanne wildwachsend vorkommt. Die Häufigkeit und Reichlichkeit der Preisselbeere in unseren Wäldern hat es den Ächidiosporen auch leicht gemacht, einen geeigneten Keimboden zu finden. Der Pilz ist dabei auf der Preisselbeere perenn und bildet alljährlich grosse Mengen von Teleuto- und Basidiosporen.

Proben: *Abies sibirica: Ta*, Lammi, Evo 27. VI. 1947. — *Sa*, Punkaharju 5. VIII. 1932, VIII. 1935, 24. VII. 1945. — *A. concolor: Sa*, Punkaharju 18. VIII. 1947 (Y. Kanerva). — *N*, Elimäki, Mustila 28. V. 1949. — *Vaccinium vitis idaea: Ka*, Miehikkälä, Vironkoski 6. VII. 1949. — *Ta*, Kärkölä 5. VII. 1947 (A. Ulvinen); Lammi, Evo 27. VI. 1947. — *Sa*, Punkaharju 5. VIII. 1932, IX. 1935, 24. VII. 1945.

P. padi (Kunze et Schum.) Dietel — Zählt nach Liro (1908, p. 503—507) zu unseren häufigsten Rostpilzen; aus Nordfinnland fehlen jedoch die Angaben über das Vorkommen der Art völlig. Das Ächidium lebt in Fichtenzapfen und ist in diesen womöglich ein ebenso schlimmer Schädling wie *Chrysomyxa pirolae*. Mitunter sind beide nebeneinander in den Zapfen desselben Baumes, bisweilen sogar in demselben Zapfen zu finden. — Zahlreiche Proben aus Süd- und Mittelfinnland sowohl in *Picea excelsa*-Zapfen als in *Prunus padus*-Blättern.

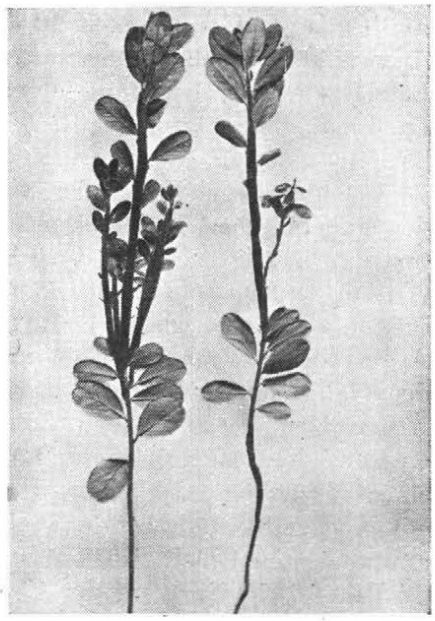


Abb. 17. Von *Pucciniastrum goeppertianum* befallene Preisselbeerreiser aus Punkaharju *(Sa)*.

P. sparsum (Wint.) Fisch., Syn. *Thecopsora sparsa* (Wint.) Magn. — Das Uredo- und das seltene Teleutosporenstadium auf *Arctostaphylos-*

Arten, das Ächidium in Fichtennadeln. Nach Liro (1908, p. 521) in Finnland nur in Evo und in Onega-Karelien in Sjuigarvi auf *A. uva ursi* angetroffen (Uredo); Rainio (1926, p. 254) teilt ein paar Funde von *A. alpina* in Utsjoki mit, und Kari (1936, p. 15) zählt insgesamt acht Funde aus den Provinzen Lkem, Li und Lps auf. Ich selbst habe das Uredostadium auf *A. uva ursi* in Punkaharju gesammelt. Es muss sich wohl so verhalten, dass der Pilz auf dem Uredostadium überwintert und, wenigstens in Lappland jenseits der Nordgrenze der Fichte, von diesem Baum unabhängig ist.

Zusammenfassung.

Die hier mitgeteilten Angaben über die mikroskopischen Nadelbaumpilze Finnlands beziehen sich ausschliesslich auf solche Arten, betreffs welcher Verfasser über eigene Beobachtungen verfügt. An dem Teil der übrigen Arten wird auf die Arbeiten von Karsten verwiesen. Verfassers Beobachtungen beschränken sich überdies lediglich auf die Ascomyceten mit anschliessenden »*Fungi imperfecti*», sowie auf die Rostpilze *(Uredinales)*.

Die Zahl der beobachteten Discomycetinen beläuft sich auf 54, davon werden 15 jetzt zum erstenmal aus Finnland erwähnt; die Pyrenomycetinen sind durch 24 Arten vertreten, darunter 9 bisher nicht aus dem Lande gemeldet; den Imperfekten fallen 34 Arten zu, davon 11 für das Land neu; die 24 Arten der Rostpilze sind durchgehends hier schon früher bekannt gewesen.

Der überwiegende Teil der Beobachtungen betrifft natürlich die Pilze der einheimischen Nadelhölzer *Pinus silvestris*, *Picea excelsa* und *Juniperus communis*. Über dieselben mag folgendes angeführt werden.

Von den Discomycetinen waren kiefernbewohnend 33 Arten, fichtenbewohnend 20 Arten und auf dem Wacholder vorkommend 5 Arten. Auch wenn ein bedeutender Teil der vorhandenen Arten sich der Wahrnehmung entzogen hat, dürfte das gegenseitige Verhältnis der Artenzahlen der auf diesen Holzarten vorkommenden Pilze dem obigen entsprechen. Nadeln, Rinde und Holz der Kiefer sagen den Discomycetinen aus diesem oder jenem Grunde als Substrat viel stärker zu als die entsprechenden Teile bei der Fichte, während der Wacholder entschieden am wenigsten beliebt ist.

Parasitische Pilze auf der Kiefer sind von diesen *Crumenula abietina*, *C. sororia*, *Dasyscypha fuscosanguinea*, *Hypodermella sulcigena* und *Phacidium infestans*; Fichtenparasiten wiederum sind *Dasyscypha resinaria*, *D. (Lachnellula) Rehmii*, *Hypodermella macrospora* und *Naevia piniperda*.

Zumal die Arten der Kiefer sind mitunter in Baumschulen und in natürlichen Nachwüchsen verheerend aufgetreten.

Fakultative Parasiten, wahrscheinlich sog. Schwächeparasiten, sind bei der Kiefer *Dasyscypha calyciformis*, *D. subtilissima*, *Lophodermium pinastri* und vielleicht auch *Pezicula livida*, ausserdem dürfte *Rhizina inflata* als Wurzelparasit sowohl auf Kiefer als Fichte vorkommen. Ein fakultativer Fichtenparasit ist *Lophodermium piceae*, worüberhinaus z. B. *Pseudographis pinicola*, desgleichen *Rhabdospora* sp. die lebende Fichtenrinde bewohnen. Fakultativ ist auch *Lophodermium juniperinum* auf dem Wacholder. Zumal die *Hypodermella*-Arten und *Lophodermium pinastri* sind unter Umständen veheerend aufgetreten.

Die Pyrenomycetinen verteilten sich auf 11 kiefernbewohnende, 10 fichtenbewohnende und 4 wacholderbewohnende Arten. Von diesen ist *Herpotrichia nigra* ein Parasit sowohl auf Kiefer als Fichte, *Cucurbitaria piceae* und *Niesslia* sp. schmarotzen auf der Fichte und *Sphaerella juniperi* auf dem Wacholder; fakultative Parasiten dürften *Nectria cinnabarina* auf Kiefer und *N. cucurbitula* auf Fichte sein.

Was die imperfekten Pilzformen betrifft, so ist ihre nähere systematische Unterbringung bei den Ascomyceten nur bei einem Teil geklärt. Wirtswechsel hat sich in keinem einzigen Fall nachweisen lassen. Es scheint jedoch, wie wenn sich die Konidienform im allgemeinen früher als die Ascusform entwickelte, und demnach äussert sich z. B. der eventuelle parasitische Charakter der Art im Auftreten der Konidienform meistens deutlicher als in demjenigen der Ascusform. Die imperfekten Pilze zeigen im vorliegenden Material folgende Verteilung auf die Holzarten: Kiefer 12, Fichte gleichfalls 12 und Wacholder 3 Arten. Parasitische Formen auf der Kiefer sind *Brunchorstia pinea* und *Hendersonia acicola*, auf der Fichte *Coniothyrium conorum* (fakultativ?) und auf dem Wacholder *Exosporium juniperinum*, ferner die Konidienformen der *Lophodermium*- Arten, die den imperfekten Pilzgattungen *Leptostroma* und *Hypodermina* zugezählt werden. Ein wahrscheinlicher fakultativer Parasit ist *Sclerophoma pityophila* coll., eine Art, die sich in Finnland bei sämtlichen einheimischen Nadelholzarten zum Teil im Anschluss an schlimme Triebverheerungen ergeben hat, desgleichen *Coniothyrium conorum*, ein Pilz, der wiederum die Blütenstandsanlagen und die Triebknospen der Fichte und Lärche angreift.

Von den Rostpilzen, die natürlich durchgehends Parasiten sind, hat man auf der Kiefer 9 *Coleosporium*-Arten nebst *Cronartium peridermii-pini*, auf der Fichte 5 *Chrysomyxa*-Arten nebst *Pucciniastrum padi* und auf dem Wacholder 3 *Gymnosporangium*-Arten. Als durchaus schlimmster Schädling erweist sich von diesen *Cronartium peridermii-pini*, der Kienzopfpilz der Kiefer, auf der Fichte wiederum *Chrysomyxa abietis* und *C. ledi* (Nadeln) sowie *C. pirolae* und *Pucciniastrum padi* (Zapfen).

Das vorliegende Material reicht bei den einzelnen Arten im allgemeinen noch nicht zur näheren Definition ihrer Verbreitung aus. Doch kann in grossen Zügen festgestellt werden, dass wenigstens bei gewissen Arten der Schwerpunkt des Vorkommens im Norden liegt, so bei *Crumenula abietina* (kommt jedoch auch in Südfinnland vor, das Pyknidenstadium *Brunchorstia pinea* ist im Süden sogar häufiger als im Norden), *Dasyscypha fuscosanguinea*, *Lachnellula chrysophthalma*, *Phacidium infestans*, *Chrysomyxa empetri*, die *coruscans*-Form von *C. ledi* und *Melampsora pinitorqua*. Eine grosse Anzahl von Arten scheint sich durch eine südliche Verbreitung auszuzeichnen, so u. a. *Dasyscypha Willkommii*, *Hypodermella sulcigena*, *Chrysomyxa abietis* und *Hendersonia acicola*.

Der Pilzbestand der in Finnland angebauten ausländischen Holzarten beansprucht beim Erwägen des voraussichtlichen Gedeihens der verschiedenen Provenienzen und der Lebensmöglichkeiten der sie bewohnenden Pilze im Lande schon an sich ein besonderes Interesse, zweitens auch darum, weil er uns zugleich auch ein gutes Mittel zur Beurteilung der Ausbreitungsmöglichkeiten der Pilze überhaupt in die Hand gibt. — Bei einer Übersicht dieses Materials nach den Holzarten ergibt sich folgendes.

Auf *Pinus murrayana* findet man im allgemeinen dieselben Pilze wie auf der einheimischen Kiefer, doch ist erstere offenbar stärker als die finnische Kiefer den Angriffen der Pilze ausgesetzt. Folgende Arten wurden auf der Murraykiefer parasitisch angetroffen: *Crumenula abietina* mit *Brunchorstia pinea* (verheerend), *Crumenula sororia* (ebenso), *Dasyscypha subtilissima* (ebenso), *Hypodermella sulcigena*, *Lophodermium pinastri*, *Nectria cinnabarina* (diese häufiger als auf der einheimischen Kiefer) und *Sclerophoma pityophila*. Die Rostpilze dagegen sind der Murraykiefer nicht zum nennenswerten Verdruss geworden.

Auch auf den eingeführten *Picea*-Arten (*P. canadensis*, *P. mariana*, *P. pungens*, u. a.) begegnet man entsprechend denselben Arten wie auf der einheimischen Fichte, und zwar weisen die klimatisch weniger geeigneten Provenienzen im allgemeinen einen stärkeren Befall als die in verwandten Klimagebieten beheimateten auf. Zumal *Sclerophoma pityophila* ist hier unter den erwähnten ausländischen Fichtenarten verheerend aufgetreten; dagegen ist mir nicht bekannt, dass diese Arten in Finnland von den Zapfenrostpilzen belästigt worden wären; *Aecidium coruscans* wurde an *Picea pungens* gelegentlich festgestellt.

Die *Abies*-Arten, von denen *A. sibirica* in Finnland ausgesprochen am häufigsten angebaut wird, zeichnen sich durch einen reichen und besonderen Pilzbestand aus. Zumal folgende Arten verdienen erwähnt zu werden.

Dasyscypha calyciformis — in Finnland nicht einheimisch aufgefunden, ist aber auf der Rinde von *Abies sibirica* ein häufiger Pilz, teils wohl auch von parasitischem Charakter.

Asterina nuda — ein schlimmer Nadelparasit der Tannen, der offenbar mit der Sibirischen Tanne nach Finnland gelangt ist.

Camarosporium sp. — ein auf der Rinde der *Abies*-Arten äusserst häufiger Saprophyt, der auf unseren einheimischen Nadelbäumen nicht zu finden war.

Leptothyrium pini — nur auf *Abies*-Arten angetroffen.

Toxosporium camptospermum — nur auf *Abies sibirica* gefunden.

Pucciniastrum goeppertianum — eine Art, die erst mit *Abies sibirica* nach Finnland gelangt ist und hier jetzt in Ausbreitung begriffen zu sein scheint. Das Erscheinen des Pilzes auf der Preisselbeere mitunter in sogar weiter Entfernung von den nächsten *Abies*-Kulturen deutet auf eine effektive anemochore Ausbreitung hin.

Der Pilzbestand von *Pseudotsuga taxifolia* ist zur Hauptsache aus einheimischen Arten zusammengesetzt, als Besonderheit ist jedoch *Phomopsis pseudotsugae* zu erwähnen, ein Pilz, der nun schon ein paarmal auch in Finnland angetroffen worden ist.

Auch die *Larix*-Arten beherbergen einen teilweise ganz speziellen Pilzbestand. Ausschliesslich auf Lärchen beschränkt ist *Dasyscypha Willkommii*; die zweite grosssporige *Dasyscypha*-Art, *D. calycina*, ist offenbar gleichfalls mit der Lärche nach Finnland gelangt, doch findet man sie wohlentwickelt auch auf anderen Nadelholzarten vor, und sie dürfte denn auch kein Parasit sein. Weiter haben *Mycosphaerella laricina* und *Lophodermium laricinum*, desgleichen die Nadelroste der Lärche (*Melampsora* spp.), ihren Weg nun schon auch nach Finnland gefunden.

Zum Schluss seien noch die *Thuya*-Arten erwähnt, deren Aufzuchtversuche in Finnland vorläufig nicht von nennenswertem Erfolg gekrönt gewesen sind. Auch sie beherbergen wenigstens einen nicht der indigenen Flora Finnlands angehörenden Pilz, *Pestalozzia funerea*, einen mutmasslichen Parasiten.

Havupuiden pikkusienistä Suomessa.

Suomenkielinen selostus.

Johdanto.

Sen jälkeen kun P. A. Karsten viime vuosisadan loppupuoliskolla laski laajan perustan Suomen sienikasviston tutkimukselle, on erityisesti metsäsienitutkimuksen alalla maassamme työskennelty vähän. Toinen tunnettu mykologimme J. I. Liro kohdisti päähuomionsa ruoste- ja nokisieniin. Näistä edellisillä on kyllä huomattava metsäbiologinenkin merkitys, mutta jälkimmäisillä sitä on vain nimeksi. Karstenin oppilas Theslefff on (1894, 1920) selvitellyt metsiemme suursieni (Basidiomyceti) -flooran kokoonpanoa ja ekologiaa, mutta useimpain muiden tärkeidenkään metsäsieniryhmien tutkimus ei ole sanottavasti edistynyt. Kun sienillä kuitenkin on metsän elämässä mitä tärkein sija kuolleiden kasvien ja karikkeiden lahottajina, ja kun useat niistä hajoitustyössään kiiruhtavat käymään käsiksi vielä eläviinkin kasveihin ja kasvinosiin ja aiheuttavat niihin sairauksia, toisten taas ollessa m. m. sienijuurien muodostajina puiden ja muiden metsäkasvien toimeentulolle tärkeitä, on selvää, että metsäsienitutkimukseen on myöskin metsäbiologian taholta välttämätöntä käydä käsiksi Suomessakin entistä laajemmin ja perusteellisemmin; muista maista saadut tulokset eivät tälläkään alalla ole ilman muuta Suomen oloihin sovellutettavissa.

Sienitutkimuksen perustaksi ja tueksi ovat sienikokoelmat välttämättömiä. Vain niiden avulla voidaan pätevästi tallentaa tiedot eri lajeista ja niiden esiintymisestä sekä saattaa ne heti haluttaessa kontrolloitaviksi, mikä useiden lajien kriitillisyyden, käsitysten muuttumisen ja erehdysmahdollisuuksien vuoksi on tuiki tärkeätä. Sen vuoksi tekijä on ryhtynyt niitä perustamaan ja kartuttamaan.

Kertynyt näyteaineisto on heti alustavasti mikroskopoitu ja järjestetty. Lajimääritysten varmentamiseksi on tarkasteltu myöskin Helsingin Yliopiston kasvitieteellisen laitoksen ja kasvipatologisen laitoksen kokoelmat kyseellisiltä osiltaan. Lisäksi prof. J. A. Nannfeldt Upsalassa on hyväntahtoisesti tarkistanut tekijän lajimäärityksiä.

Tässä tutkimuksessa on huomioon otettu vain ne lajit, joista tekijällä on lisätietoja esitettävänään. Tietojen täydelliseen kokoamiseen kirjallisuudesta ja kokoelmista ja myöskin tekijän keräelmistä puuttuvista havupuiden sienilajeista ei vielä ole ryhdytty, syystä että niiden osalta museoiden keräelmät eivät ole Karstenin jälkeen kuin vähän lisääntyneet. Ennenkuin Karstenin kirjallisuustiedonantoja voidaan merkittävästi täydentää ja tarkistaa on aineistoa kerättävä runsaammin eri seuduilta kautta maan. Tässä julkaisussa käsitellään siis vain havupuiden sieniä; aineistoa on kertynyt melkoisesti myöskin lehtipuilla ja muilla metsäkasveilla esiintyvistä sienistä, ja tekijä toivoo tämän jälkeen voivansa ottaa lähinnä lehtipuiden sienet käsiteltäviksi.

Sienilajit on esitetty käytännöllisistä syistä aakkosjärjestyksessä 4 ryhmään jaettuna: maljasienet *(Discomycetinae)*, pullosienet *(Pyrenomycetineae)*, kuroma-asteella olevat sienimuodot *(Fungi imperfecti)* ja ruostesienet *(Uredinales)*.

Tiedot eri lajien esiintymistä nähdään petiittikappaleista saksankielisessä tekstissä.

Yksityisistä lajeista mainittakoon tässä erityisesti seuraavat tutkimustulokset.

Ascomycetes

Discomycetineae

Cenangium abietis (Pers.) Duby — kuuluu metsäpatologisessa kirjallisuudessa enin käsiteltyihin pikkusieniin. Varsinkin saksal. Schwarzin mukaan se olisi yksi pahimmista männyn tuhosienistä. Tämä käsitys perustuu siihen, että *C. abietisiin* on luettu kaksi kuromamuotoa, *Dotichiza ferruginosa* ja *Brunchorstia pinea*, jotka kumpainenkin ovat vaarallisia loisia. Ne eivät kuitenkaan kuulu tähän lajiin. *C. abietis* on siten eri mäntylajeilla esiintyvä, Suomessakin hyvin yleinen kuorisaprofyytti vailla mainittavaa metsäpatologista merkitystä. Sen pyknidejä, joista tiedot ovat olleet ristiriitaisia, esittää kuva 3.

C. acicolum (Fuck.) Rehm — edellisen näköinen ja siihen sekoitettu, kuitenkin mikroskooppisesti siitä selvästi eroava männyn neulasilla yleisenä esiintyvä saprofyytti.

Crumenula abietina Lagerb. Tämän lajin kuromamuodon löysi Karsten jo v. 1884 Mustialasta ja antoi sille nimen *Rhabdospora pinea* Karst. Muutamia vuosia myöhemmin tavattiin tämä kuroma-asteella oleva sieni Norjasta *Pinus austriacalta* pahojen tuhojen aiheuttajana ja se sai uuden nimen *Brunchorstia destruens* Erikss. Keski-Euroopassa totesi yllämainittu Schwarz sen vaarallisuuden, ja hän luki sen *Cenangium abietisiin*. Askusmuodon selvitti ruotsalainen Lagerberg 1912, todeten sen nyt kuusissa laajalle levinneen kasvaintuhon aiheuttajaksi. Kuitenkin on osoittautunut, että tämä sienilaji ahdistaa pääasiassa mäntylajeja. Tekijä toteaa, että myöskin Pohjois-Suomessa pahana männyn taimistotuholaisena esiintyvä *Crumenula*-laji, jonka Lagerberg on määrittänyt *C. pinicolaksi* (Rebent.) Karst., kuuluu lajiin *C. abietina* Lagerb.; m. m. pyknidimuodon identtisyys vahvistaa tämän.

C. abietina on osoittautunut hyvin vahingolliseksi myöskin Murraynmänty-kulttuureille. Se tappaa kärkikasvaimet ja neulaset niistä. M. m. Urjalan Nuutajärvellä se on tehnyt pahaa jälkeä (kuva 4). Tästä maassamme alkuperäisestä sienilajista saattaa muutamien seuraavassa mainittavien lajien ohessa koitua vakava este Murraymännyn kasvattamiselle täällä. Sen valtaa voidaan kuitenkin vähentää, jos kulttuurit sijoitetaan oikeille mäntymaille (ei liian lihaville) ja apuharvennuksia suoritetaan ajoissa. Luultavasti myöskin oikean provenienssin valinnalla on merkitystä. Parissa tapauksessa tämä sieni on esiintynyt myöskin *Pseudotsugan* kasvaimilla.

C. pinicola Karst. — on sekotettu sekä edelliseen että seuraavaan lajiin, mutta itse asiassa kyseessä on mikroskooppisesti helposti tunnettava männyn kuolleella kuorella esiintyvä, maassamme yleinen saprofyyttilaji; se esiintyy myöskin Murraynmännyllä, mutta vahinkoa tekemättä.

C. sororia Karst. Tämän lajin kuvasi Karsten Tammelasta männyn oksilta pihkalta. Myöhemmin tätä lajia on sekotettu usein edelliseen, mutta se eroaa selvästi itsenäiseksi lajiksi sekä morfologisesti että myöskin ekologisesti. Se on loinen, joka synnyttää männyn oksiin ja pikku mäntyjen runkoihin syöpähaavoja. Todennäköisesti se on väliin aiheuttanut jonkinverran vahinkoa kotimaisenkin männyn

taimistoissa, mutta se on myöskin käynyt käsiksi Murraynmännyn runkojen kuoreen, aiheuttaen niihin kuolioita ja pihkan vuotoa. Miltei kaikissa Murraymänty-kulttuureissamme havaitaan yksityisiä, joskus (Nuutajärvellä) suuret määrät runsaasti pihkaa vuotavia runkoja. Niissä esiintyy melkein säännöllisesti juuri tämä sieni. Näin tässäkin tapauksessa kotimaisella puulajilla verrattain vähän huomiota herättävä sieni osoittautuu ulkolaiskulttuureille varsin vaaralliseksi.

Dasyscypha abietis (Karst.) Sacc. — harmiton saprofyytti kuusen kuolleilla oksilla. Selvästi itiöistään tunnettava laji, vaikka sitä onkin sekotettu m. m. *D. subtilissimaan* (Cke) Rehm.

D. calyciformis (Willd.) Rehm p. p. — Tämän lajin oikeutuksesta ovat eri tutkijat olleet eri mieltä. Tekijä pitää sitä, kuten J ø r s t a d Norjassa, itsenäisenä, erityisesti *Abies*-lajeilla esiintyvänä lajina. Enimmäkseen se on yleinen saprofyytti kuolleessa kuoressa, mutta voinee esiintyä (m. m. Punkaharjulla) myöskin loisena (kuva 5). Paitsi eri *Abies*-lajeilta sitä on löytynyt hieman myöskin *Pseudotsugalta*.

D. calycina Fuckel. Amerikkalaiset G. G. H a h n ja T. A y e r s ovat (1934) todenneet, että Euroopassa tavataan kaksi suuri-itiöistä *D.*-lajia, joista toinen on saprofyytti, toinen parasiitti. Kumpaisenkin pää-isäntäkasvi on lehtikuusi, mutta saprofyyttilaji (*D. calycina* Fuckel) menee melko usein muillekin havupuille, parasiitin (*D. Willkommii* Hart.) esiintyessä vain lehtikuusissa. Mainittujen amerikkalaisten käsitys ei ole saanut yleistä hyväksymistä osakseen, mutta suomalaisessa materiaalissa nämä lajit kyllä voidaan erottaa myöskin morfologisesti. Näin saa selityksensä se, että pelättyä lehtikuusen syöpää Suomessa esiintyy vähän, vaikka aikaisemmin »*D. Willkommiiksi*» nimitetty sieni on erittäin yleinen kaikissa lehtikuusikulttuureissamme. Se on itse asiassa siis tuota saprofyyttistä *D. calycina* Fuck-lajia. Sitä on löytynyt myös *Pinus*-lajeilta (kuva 6 a), *Abies concolorilta*, *Picea excelsalta* ja *Pseudotsugalta* saprofyyttinä. Ilmeisesti sekin kuitenkin on pääisäntänsä lehtikuusen mukana tänne saapunut.

D. fuscosanguinea Rehm. Erityisesti Pohjois-Suomessa männyn taimistoissa vaarallinen, vanhastaan hyvin tunnettu parasiitti.

D. resinaria (Cke et Phill.) Ferd. et Jørg. ja *Lachnellula Rehmii* Ferd. et Jørg. Varsinkin kituvien alispuukuusien rungoissa esiintyy meillä usein syöpähaavoja, joista löydetään hyvin pieniä *Dasyscypha*-apoteekioita (kuva 6 c). Toisinaan niiden pienet itiöt ovat soikeita, toisinaan joltisenkin pyöreitä. Tanskalaiset F e r d i n a n d s e n ja J ø r g e n s e n ovat itiöiden muodon ja koon perusteella eroittaneet kaksi lajia: *D. resinaria* ja *Lachnellula Rehmii*. On vaikeata päätellä, onko tässä todella kaksi lajia kyseessä. Joka tapauksessa tekijän Karjalan kannakselta keräämässä materiaalissa itiöt kooltaan ja muodoltaan vastaavat pikemmin *Lachnellula Rehmii*-lajia, Helsingin seudusta kerätyt näytteet hiukan kookkaampine ja soikeampine itiöineen taasen *Dasyscypha resinariaa* (viimeksi mainitun määrityksen on N a n n f e l d t vahvistanut; edellistä näytettä hän ei ole nimittänyt). Kyseessä ovat joka tapauksessa kuusen kuoressa todennäköisesti parasiitteina kasvavat, toisilleen hyvin läheiset sienet. Niiden eri sukuihin vieminen on tekijän mielestä heikosti perusteltua.

D. subtilissima (Cke) Sacc. — Männyn kuorella ja oksilla yleinen saprofyytti, erikoinen siinä, että muodostaa hyvin runsaasti pyknidejä, niukasti apoteekioita. Se on usein luettu edellämainitun *Abiesilla* yleisen *D. calyciformiksen* kanssa samaan lajiin, mutta ilmeisesti kuitenkin siitä eroava, itsenäinen laji. Sitä on löytynyt hiukan myös kuuselta ja *Abies concolorilta*. Murraynmännyllä se näyttää esiintyvän loisenakin.

D. Willkommii Hart. — Pelätty lehtikuusen syövän aiheuttaja. Edellä jo mainittiin, että meillä esiintyy yleisenä saprofyyttinen suuri-itiöinen *D*-laji. Sikäli kuin tekijä tietää totesi metsänh. T. R a n c k e n tämän parasiittisienen Suomesta ensiksi v. 1924 Kemiön Dragsfjärdissä, jossa se oli tehnyt pahaa tuhoa. Sen jälkeen sitä on todettu ainakin Helsingin seudusta (m. m. Ruotsinkylästä), Mustilasta, Urjalan Nuutajärveltä ja Evolta (kuvat 6 b ja 7). Pahimmin se Suomessakin vahingoittaa *Larix europaeaa, L. sibiricaa* ja *L. dahuricaa* vähemmän. Näyttäisi siltä, että tämä laji on meillä eteläinen ja lounainen, luultavasti leutoa merellistä ilmastoa suosiva.

Hypodermella macrospora (Hart.) Lagerb. — Kenties yleisin kuusten neulasten tuhooja Etelä- ja Keski-Suomessa. Kehitys on 2-vuotinen, ja sieni esiintyy siksi monin paikoin vain joka toinen vuosi runsaana. Merkillistä on, että tämän lajin seurassa usein esiintyy eräs discomyceti *(Naevia piniperda)*, joka estää *Hypodermellan* apoteekioiden kehittymistä ja tuottaa siten tavallaan hyötyä. Ilmeisesti *H. macrospora* on aito loissieni, *Naevia* sen seuralainen.

H. sulcigena (Rostr.) Tub. — Männyn harmaakaristesieni esiintyy nuorissa männyissä Etelä- ja Keski-Suomessa silloin tällöin, väliin uhkaavan näköisesti (esim. Punkaharjulla ja Kiteellä 1948/49). Merkillistä on, että tälläkin *Hypodermalla*-lajilla on kiinteä seuralaisensa, *Hendersonia acicola* (vrt. s. 109).

Lachnellula chrysophthalma (Pers.) Karst. — Tiedot tästä sienilajista maassamme ovat olleet hataroita. Havaintojensa ja museoiden materiaalin perusteella tekijä toteaa, että kyseessä on pääasiassa Pohjois-Suomessa männyn kuoripeitteisillä oksilla ja neulasillakin esiintyvä saprofyytti. Sillä ei ole mitään tekemistä esim. edellä mainitun *Lachnellula Rehmiin* kanssa, tuskin se voi kuulua samaan sukuun kuin mainittu kuusen loinen.

Lephodermium laricinum Duby — Tekijä toteaa, että myös tämä lehtikuusen karistesieni pyknidimuotoineen esiintyy jo Suomessa.

Naevia piniperda Rehm — Vaarallisena parasiittina pidetty, mutta omituisesti aina yhdessä *Hypodermella macrosporan* kanssa kuusen neulasissa esiintyvä laji. Sitä on esiintynyt Helsingin seudussa.

Pezicula livida (B. et Br.) Rehm — Yleinen, kellertävistä apoteekioistaan helposti tunnettava saprofyytti männyn ja murraynmännyn kuoressa, menee myös useimmille muille havupuille. Se on Tanskassa tehnyt tuhoa kuusikulttuureissa, joten on syytä pitää sitä silmällä meilläkin. Muutamassa tapauksessa onkin loisiminen m.m. *Pseudotsugalla* voinut olla kyseessä.

Phacidium infestans Karst. — Tunnettu ja pelätty männyn lumikaristesieni, joka on tehnyt Pohjois-Suomessa väliin laajoilla alueilla pahaa tuhoa männyn lumen alle jäävissä taimistoissa. Äsken on B j ö r k m a n Ruotsissa julkaissut perusteellisen ja meidänkin olojemme kannalta valaisevan tutkimuksen tämän lajin biologiasta. Paitsi Pohjois-Suomessa sitä esiintyy etelässäkin, väliin täälläkin melkoista tuhoa aiheuttavana.

Rhizina inflata Schaeff. — Suurikokoisiin ascomyceteihin kuuluva, kuperan kilven muotoinen, kellertäväreunainen sieni, jota väliin ilmestyy paloaloille runsaasti. Se on Keski-Euroopassa tehnyt tuhoja havupuiden taimistoissa, loisien taimien juurissa. Tämä sieni lienee Suomessakin yleinen palaneella metsämaalla, mutta mitään tuhotietoja maastamme ei toistaiseksi ole.

Pyrenomycetineae

Asterina nuda Peck — on *Abies sibirican* ym. *A.*-lajien neulasten pahin tuhooja Suomessa. Se tappaa kokonaisia oksia ja oksaryhmiä, jopa pieniä puitakin. Pyk-

nidit ovat erittäin lukuisia, pieniä, mustia. Nähtävästi levinnyt Suomessa jo kaikkialle, missä pihtakuusta on kauemmin kasvatettu.

Cucurbitaria piceae Borthw. — Tämä Keski-Euroopan maissa pahaksi kuusen silmutuholaiseksi osoittautunut sieni esiintyy myöskin Etelä-Suomessa tappaen silmuja ja turmellen niistä kehittyvät versot (kuva 9); puut kuivuvat vähitellen sen vuoksi. Se esiintyy myöskin isoissa puissa, mutta kaiken kaikkiaan tuhot ovat olleet melko vähäisiä.

Niesslia? sp. — Kuusen neulasilta on löytynyt loissieni, jolla on pienet, aivan pinnalla olevat piikkiset mustat periteekiot ja 2-soluiset sukkulamaiset itiöt. Sen tuntomerkit eivät hyvin vastaa mitään tunnettua lajia. Vain autenttisiin näytteisiin vertailemalla voitaisiin todeta, onko kyseessä uusi laji. Aiheuttaa joskus neulasten karisemista huomattavassa määrässä.

Ophionectria cylindrospora (Sollm.) Berl. et Vogl. — on erittäin yleinen saprofyytti männyn äsken kuolleella kuorella. Se on ennen sekotettu *Nectria cucurbitulaan*, joka esiintyy etupäässä kuusessa.

Sphaerella juniperi Foutr. et Roum. ja sen pyknidiaste *Sphaeropsis juniperi* Desm. — Varsinkin pyknidiaste esiintyy yleisenä katajan neulasissa. Se tunnetaan yhdensuuntaisista juovamaisista mustista stromapahkoista, joiden sisällä on rivissä tavallisesti 3 pyknidiä jyvänmuotoisine itiöineen. Samanlaisissa ja osin samoissa stromamuodostumissa esiintyvät myöskin lajin periteekiot, 2—6 kpl. jonossa; itiöt ovat ellipsimäisiä, 2-soluisia. Se vastaa hyvin Etelä-Euroopasta katajan neulasilta kuvattua *Sphaerella juniperi* Fautr. et Roum.-lajia.

Fungi imperfecti

Ascochyta parasitica (Hart.) Rostr. Tappaa kuusen nuoria kasvaimia ja on tehnyt Keski-Euroopan taimitarhoissa paljo tuhoa; myös Tanskasta ja Ruotsista tunnettu. Lajin toteamista vaikeuttaa ristiriitaiset tiedot itiöiden koosta. Mahdollisesti tavattu Suomestakin *Abies concolorin* vasta auenneista silmuista ja *Pseudotsugan* kasvaimilta.

Coniothyrium conorum Sacc. et Roum. Kuusen emikukinnoissa ja kävynaluissa loisena esiintyvä imperfekti sieni, jolla on harmaat itiöt (kuva 10); on hyvin yleinen kautta Suomen. Kuusen mustuneissa silmuissa (pakkasen vikuuttamissa?) esiintyy aivan säännöllisesti hyvin samanlainen sieni, mahdollisesti sama laji (kuva 11). Sen lisäksi on samanlaista sientä löytynyt runsaasti Punkaharjulta siperialaisen lehtikuusen kuolleista kärkisilmuista ja oksankärjistä (kuva 12). Mikäli kyseessä on todella, kuten näyttää, sama sienilaji, on sitä pidettävä merkittävimpiin sienituholaisiimme kuuluvana. Vain laajoin saastutuskokein voidaan tämä *Coniothyrium*-probleema selvittää.

Diplodia pinea (Desm.) Kickx. — Kuusen, joskus männyn kasvainten kuorella esiintyvä saprofyytti; *Macrophoma macrosperma* (Karst.) Berl. et Vogl. on, kuten v. H ö h n e l on huomauttanut, sen kypsymätön aste. Amerikassa tämä laji on esiintynyt taimitarhoissa loisena *Pinus*-lajien ja *Pseudotsugan* nuorissa taimissa.

Exosporium juniperinum (Ellis) Jacz. — on Suomessa pahin katajanneulasten ja oksien tappaja. Tavallisesti kaikki saman oksan neulaset ovat saastuneet. Saattaa aiheuttaa koko pensaankin äkkikuoleman. Neulaset menevät ensin harmaiksi ja niiden morfologisella yläpinnalla nähdään taajassa hyvin pieniä mustia kuromapahkoja.

Hendersonia acicola Tub. — Problemaattinen sieni, joka on kiinteästi liittynyt männyn harmaakaristetautiin ja sen aiheuttajaan *Hypodermella sulcigenaan*. Lagerberg onkin esittänyt otaksuman, että nämä sienet kuuluisivat samaan lajiin, mutta on huomautettu, että *Hypodermella*-suvun pyknidiaste ei voi olla *Hendersonia*-tyyppinen. Tämäkin kysymys on vain saastutuskokeilla selvitettävissä.

Macrophoma excelsa (Karst.) Berl. et Vogl. — Joks. yleinen kuusen kasvaimilla ja oksilla, jotka on äsken puusta karsittu. Itiöemässä on useita pyknidejä yhteensulautuneena, ja sen laella useita pieniä poruksia. Laji voitaisiin lukea ehkä *Fusicoccum*-sukuun.

Phoma mediella Karst. Yleinen männyn kuolleella kuorella. Pyknideissä monta pikku porusta. Itiöt leveän sukkulamaisia, perällisiä, 2 öljypisaralla varustettuja. Muistuttaa jonkinverran männyn sinistäjäsientä *Discula pinicola* (Naum.) Petr.

Phoma libertiana Speg. et Roum. — Karstenin määrittämistä näytteistä osa kuuluu *P. mediellaan*, osa *Sclerophoma*-sukuun, johon autenttisena pidettävä M. A. Libertin Belgiasta ottama Yliopiston kokoelmissa oleva näyte kuuluu. Se taas muistuttaa *Sclerophoma pityophilaa*. — Karstenin *Phoma cembrae* ja *P. eguttulata* niinikään tuskin ovat *Sclerophoma pityophilasta* eroavia.

P. pini (Desm.) Sacc. Liro on todennut tämän sienen Helsingin seudusta, missä se on tappanut kuusen neulasia. Samaa sientä on löytynyt myös *Picea Engelmanniilta* Bromarvin Solbölestä, ja tav. kuuselta useasta paikasta. Laji näyttää olevan milloin mädänsyöjä, milloin loinen.

Phomopsis pseudotsugae Wils. — Tappaa *Pseudotsugan* kasvaimia ja kuorta. Löytynyt Elimäeltä Mustilasta ja Sippolan metsäkoululta.

Sclerophoma pityophila (Corda) v. Höhn. — Jo yli 20 v. sitten esiintyi Punkaharjulla yleisenä tauti, joka tappaa havupuiden kasvaimia kärjestä alkaen taapäin (»dieback»-tyyppinen tauti). Ensinnä se pisti silmään *Abies sibiricassa*, *Pinus strobus*- ja *Larix*-kulttuureissa, mutta sen on sittemmin todettu esiintyvän kaikissa havupuissa (kuva 13). Tekijä on tutkinut näitä sieniä tarkoin ja tullut siihen tulokseen, että ne kuuluvat kaikki *Sclerophoma*-sukuun ja luultavasti samaan lajiin, *S. pityophila*. Määrityksessä on lisäksi otettava huomioon *Dotichiza ferruginosa* Sacc., joka todennäköisesti on identti *S. pityophilan* kanssa; samoin *Sclerophoma libertiana* Speg. et Roum. on hyvin yhdennäköinen tämän sienemme kanssa. Vain laajoilla saastutuskokeilla voidaan ratkaista, onko tässä useampia lajeja, samoinkuin saastumisen edellytykset. Jørstad on Norjasta esittänyt sen käsityksen, että kyseessä olisi pakkas- tms. tuhot, ja että *Sclerophoma*-sienet olisivat vain saprofyyttejä. Wilson on Englannista ja Nazarova Venäjältä kuitenkin esittänyt tiedonannon, että *S. pityophila* on aiheuttanut ankaroita kasvaintuhoja männyn taimistoissa. Myös Punkaharjulla näyttäisi tämä sieni esiintyvän ainakin ns. heikentymisloisena.

S. pityophila ylläesitetyllä tavalla ehkä kollektiivisesti käsitettynä on yksi maamme tavallisimmista pikkusienistä Lappia myöten. Tavallisesti se esiintyy havupuiden äsken kuolleilla kasvaimilla, neulasilla tai käpysuomuilla, mutta loisimistakin on monessa seudussa muuallakin kuin Punkaharjulla todettu.

Mielenkiintoinen on myöskin kysymys, mihin ascomycetilajiin tämä kuromaaste kuuluu. On esitetty arvelu, että se (lähinnä *Dotichiza ferruginosa*) kuuluisi *Cenangium abietis*-lajiin, mutta tätä ei ole viljelykokeilla voitu todentaa, ja *C. abietisin* stromapahkoihin kehittyy luonnossa aivan toisenlaisia pyknidejä ja perällisiä itiöitä, jotka eivät kuulu *Sclerophoma*-sukuun (kuva 3). Myöskin se seikka, että

Cenangium abietis rajoittuu esiintymisessään mäntylajeihin, *Sclerophoma pityophilan* esiintyessä runsaana mitä erilaisimmilla havupuilla, sotii edellä mainittua otaksumaa vastaan. Mielenkiintoinen kysymys *S. pityophilan* ascusmuodosta on yhä avoin.

Toxosporium camptospermum (Peck.) Maubl. — Tämä *Abies sibirican* neulasissa loisiva helposti tunnettava pikkusieni kuulunee konidiasteena *Asterina nuda*-lajiin.

Trybliodiopsis pinastri (Pers.) Karst. — Kuusen kuorella kautta Suomen ehkä yleisin saprofyytti; mustista apoteekioistaan ja limakuorisista itiöistään helposti tunnettava.

Tympanis pinastri Tul. Edelliseen usein sekoitettu, mieluimmin männyn ohuella kuorella esiintyvä saprofyytti, harvoin kuusella. Amerikassa tämä tai läheinen laji on aiheuttanut suurta tuhoa *Pinus resinosa*-kulttuureissa, joten se ehkä voisi jossain tilanteessa muuttua loiseksi täälläkin.

Uredinales

Chrysomyxa abietis (Wallr.) Unger. Kuusen neulasruoste on tutkimusaikana esiintynyt merkillisen harvinaisena maassamme. Kesällä 1948 todettiin kuitenkin epidemia Solbölen kokeilualueella ja Lounais-Suomessa; se jatkuu yhä. Sen yhteyteen lienee vietävä myöskin Helsingin seudussa parina viime vuotena todetut vähäiset esiintymät. Tästä epidemiatapauksesta ovat erikoistutkimukset käynnissä.

Chrysomyxa ledi (Alb. & Schw.) Liro — Kuusen suopursuruoste on tutkimusaikana esim. v. 1944, samoinkuin väliin menneinäkin vuosina, lisääntynyt valtavasti ja herättänyt silloin yleistä huomiota. Puut ovat kuitenkin säilyneet hengissä, kun sieni hävittää kerralla vain yhden, tosin valitettavasti nuorimman kasvaimen neulaset. Pohjois-Suomessa esiintyy kuusen »teerenleipä»-ruoste (silmuruoste), joka L i r o n muk. on vain olosuhteiden aiheuttama muoto suopursuruosteesta. Sekin esiintyy väliin epideemisesti — viimeksi kesällä 1948, ja vielä kesällä 1949 sitä havaittiin m. m. Pallastunturin kuusikoissa runsaasti. Kaikki tutkijat eivät ole Liron hypoteesia kuitenkaan hyväksyneet, joten tätä ruostemuotoa olisi edelleen tutkimuksilla selvitettävä.

Chrysomyxa pirolae (DC.) Rostr. — Kuusen käpyjen talvikkiruostetta on viime vuosina esiintynyt kuusen kävyissä erikoisen runsaasti. Kuusen siemenkadot, hyvistä käpyvuosista huolimatta, aiheutuvat suuressa määrässä tämän ruostesienen aiheuttamasta tuhosta. Tämän sienen suhteellinen niukkuus toisissa väli-isännissä, talvikeissa, herättää jonkin verran ihmetystä.

Coleosporium pini (Pers.) Jørst. Männyn neulasruosteilla on vain toisarvoinen taloudellinen merkitys. Kiintoisaa on todeta, että Helsingin Kasvitieteellisessä puutarhassa monilla ulkomaisilla *Campanula-*, *Inula-*, *Senecio*-lajeilla ja *Cacalia hastatalla* on tähän lajiryhmään kuuluvia ruostesieniä esiintynyt vuodesta toiseen jo monet kymmenet vuodet. Luultavasti ne eivät käytä mäntyä väli-isäntänä siellä säilyäkseen. Samaan suuntaan viittaa toisaalta lajin harvinaisuus yksivuotisella väli-isännällä *Senecio vulgariksella*.

Cronartium peridermii-pini (Willd.) Liro — Tavallisesti männyn tervasrososieni leviää Suomessa väli-isännättä männystä toiseen, kuten H a a c k ja K l e b a h n ovat muualla todenneet.

C. ribicola J. C. Fischer — Strobusmännyn tervasrososieni on Suomessa hävittänyt nuoria strobusmäntykulttuureja (esim. Punkaharjulla ja Nuutajärvellä), sitäpaitsi se on varsinkin mustan viinimarjapensaan lehtien paha turmelija. Strobusmännyn kasvattamista tuskin kannattaa ajatella edes koristepuuksi tämän takia. *Pinus peuce* ja *P. cembra* on Punkaharjulla ollut kestävämpi tätä ruostesientä vastaan.

Gymnosporangium confiferum (O. F. Müll.) Jørst. — Katajan hyytelöruoste, joka esiintyy väli-isäntänsä pihlajan lehdissä sarviruosteena hyvin yleisenä kautta maan, esiintyy esim. Norjassa myös katajan neulasissa hyvin yleisenä, mutta meillä nähtävästi harvoin. Kysymystä olisi tutkittava edelleen. Myös kaksi muuta *G.*-lajia on katajasta tavattu: omenapuun sarviruoste ja orapihlajan sarviruoste.

Melampsora pinitorqua (ABr.) Rostr. — Männyn kasvainten »mutkaruoste» on väli-isännältään haavalla paljo yleisempi kuin männyillä. Tekijä on todennut sen melko usein esiintyvän myös haavan vesojen kuoressa keväällä, luultavasti talvehtineena, joten se ei aina mäntyä tarvinnekaan säilyäkseen. Pohjois-Suomessa myös männyntaimissa yleisempi kuin Etelä-Suomessa, mutta ei ole niissä täälläkään harvinaisuus.

Pucciniastrum goeppertianum (J. Kuehn) Kleb. — Jalokuusen neulasruoste on tehokkaasti leviämässä Suomeen. Se aiheuttaa myöskin toiselle isäntälajilleen, puolukan varvuille, huomattavaa tuhoa (kuva 17).

P. padi (Kunze & Schum.) Dietel — Kuusen käpyjen tuomiruoste on talvikkiruosteen ohessa viime vuosina ollut yksi pahimmista kuusen siemensadon tuhoojista; nämä ruosteet esiintyvät usein yhtaikaakin samassa puussa.

Yhteenveto.

Havaittujen discomycetilajien lukumäärä on 54, niistä 15 mainitaan Suomesta ensi kerran; Pyrenomycetinejä on todettu 24 lajia, joista 9 Suomesta ensi kerran; imperfectejä 34 lajia, 11 ensi kerran; ruostesieniä mainitaan 24 lajia, kaikki Suomesta ennestään tunnettuja.

Pääosa havainnoista kohdistuu tietenkin kotimaisten havupuiden männyn, kuusen ja katajan sieniin. Niiden suhteen on todettavissa seuraavaa.

Discomycetineistä esiintyi männyllä 33 lajia, kuusella 20 ja katajalla 5. Vaikkakin vain osa lajeista on tullut huomatuksi, on näillä puulajeilla esiintyvien lajien suhteellinen runsaus ilmeisesti tämän mukainen. Männyn neulaset, kuori ja puu ovat syystä tai toisesta discomyceteille mieluisampia kasvualustoja kuin kuusen, katajan ollessa kasvualustana epäedullisin.

Parasiittilajeja männyllä ovat *Crumenula abietina*, *C. sororia*, *Dasyscypha fuscosanguinea*, *Hypodermella sulcigena*, *Phacidium infestans:* kuusella *Dasyscypha resinaria*, *D. (Lachnellula) Rehmii*, *Hypodermella macrospora* ja *Naevia piniperda*. Varsinkin männyssä esiintyvät lajit ovat aiheuttaneet taimistoille ja nuorille puille suurtakin vahinkoa.

Fakultatiivisia loisia, todennäköisesti ns. heikentymisloisia, ovat männyissä *Dasyscypha calyciformis*, *D. subtilissima*, *Lophodermium pinastri*, ehkä myös *Pezicula livida*, jotapaitsi *Rhizina inflata* voinee esiintyä sekä männyn että kuusen juuristoloisena. Fakultatiivinen kuusen loinen on *Lophodermium pinastri*, jonka lisäksi *Pseudographis pinicola* ja *Rhabdospora* sp. esiintyvät elävän kuusen kuoressa. Varsinkin *Hypodermella*-lajit ja *Lophodermium pinastri* ovat aiheuttaneet tuhoja.

Pyrenomycetineistä on männyltä tavattu 11 lajia, kuuselta 10 ja katajalta 4. Niistä on *Herpotrichia nigra* männyn loinen, kuusen loisia *Cucurbi*

taria piceae, Herpotrichia nigra ja *Niesslia* sp., katajan *Sphaerella juniperi:* fakultatiivinen loinen lienee männyssä *Nectria cinnabarina* ja kuusessa *N. cucurbitula.*

Imperfecteistä sienimuodoista tiedetään tosin vain osasta mihin ascomycetiin ne kuuluvat, mutta isäntää vaihtava niistä ei mikään liene. Yleensä kuitenkin näyttää siltä, että kuromamuoto kehittyy aikaisemmin, ja siten m. m. lajin parasiittiluonne tulee selvemmin kuromamuodon kuin ascusmuodon esiintymisessä ilmi. Männyltä on todettu 12 imperfectilajia, kuuselta myös 12, katajalta 3. Parasiitteja männyssä ovat *Brunchorstia pinea* ja *Hendersonia acicola*, kuusessa *Coniothyrium conorum* (fakultat.?), katajassa *Exosporium juniperinum:* lisäksi voivat *Lophodermium*-lajien kuromamuodot, jotka luetaan sukuun *Leptostroma* ja *Hypodermina* esiintyä loisina. Fakultatiivinen loinen on *Sclerophoma pityophila* coll., jota on tavattu miltei kaikilta koti- ja ulkomaisilta havupuilta Suomessa, osin pahojen kasvaintuhojen yhteydessä, samoin *Coniothyrium conorum*, joka ahdistaa kuusen kukintoja ja versosilmuja.

Ruostesienistä, jotka tietysti kaikki ovat loisia, tavataan männyllä 9 *Coleosporium*-lajia, *Cronartium peridermii-pini* ja *Melampsora pinitorqua:* kuusella 5 *Chrysomyxa*-lajia ja *Pucciniastrum padi*, katajalla 3 *Gymnosporangium*-lajia. Pahimpia tuholaisia näistä on *Cronartium peridermii-pini*, männyn tervasrososieni, kuusessa tavattavista taas *Chrysomyxa abietis* sekä *C. ledi* neulasissa, kävyissä *Chrysomyxa pirolae* ja *Pucciniastrum padi.*

Aineisto ei yleensä vielä riitä erilajien levinneisyyden määrittelyyn. Kuitenkin voidaan todeta, että m. m. seuravat lajit ovat pohjoisessa yleisempiä kuin etelässä: *Crumenula abietina* (tavataan kuitenkin myös Etelä-Suomessa, ja pyknidimuoto *Brunchorstia pinea* on etelässä yleisempi kuin pohjoisessa), *Dasyscypha fuscosanquinea, Lachnellula chrysophthalma, Phacidium infestans, Chrysomyxa empetri, Chrysomyxa ledin coruscans*-muoto ja *Melampsora pinitorqua.* Suuri joukko lajeista näyttää olevan eteläisiä, niiden joukossa *Dasyscypha Willkommii, Hypodermella sulcigena*?, *Chrysomyxa abietis* ja *Hendersonia acicola.*

Suomessa kasvatettujen ulkomaan puulajien sienistö ansaitsee erikoista huomiota jo sinään pyrittäessä arvioimaan eri puu- ja sienilajien menestymismahdollisuuksia Suomessa sekä myöskin siksi, että niiden avulla päästään arvioimaan sienien leviämismahdollisuuksia yleensä.

Puulajeittain havaintoaineistoa tarkastellen voimme todeta seuraavaa.

Pinus murrayanalla esiintyvät yleensä samat sienilajit kuin kotimaisella männyllä, mutta Muurayn mänty on ilmeisesti alttiimpi sienituhoille kuin kotimainen. Seuraavat lajit esiintyvät sillä loisina: *Crumenula abietina* ja siihen kuuluva *Brunchorstia pinea* (sangen vahingollisena), *C. sororia* (sangen vahingollisena), *Dasyscypha subtilissima* (sangen vahingollinen), *Hypodermella sulcigena, Lophodermium pinastri, Nectria cinnabarina* (yleisempi kuin kotim. männyssä), *Sclerophoma pityophila* (erittäin vahingollisena) — sen sijaan ruostesienet eivät ole sitä ahdistaneet.

Picea-lajeilla (*P. canadensis, P. mariana, P. pungens* ym.) esiintyvät yleensä samat sienilajit kuin kotimaan kuusissa, ja ilmastoon sopimattomat provenienssit ovat yleensä vahvemmin saastuneet kuin sopivat. Varsinkin *Sclerophoma pityophila*-tuhot ovat olleet pahoja, sen sijaan ei ole tiedossani, että käpyruosteita olisi esiintynyt näissä lajeissa Suomessa.

Abies-lajien, joista *A. sibirica* on ylivoimaisesti enin kasvatettu, sienistö on runsas ja erikoislaatuinen. Erityisesti on mainittava seuraavat lajit:

Dasyscypha calyciformis, jota ei ole tavattu Suomesta alkuperäisenä, mutta on erittäin yleinen pihtakuusen kuorella, osittain ehkä parasiittinakin.

Asterina nuda, joka tappaa paljo jalokuusten neulasia ja oksia. Ilmeisesti pihtakuusen mukana Suomeen tullut.

Camarosporium sp. — yleinen saprofyytti *Abiesin* kuorella, ei tavata kotimaan puulajeilla.

Leptothyrium pini — vain *Abiesilta* tavattu.

Toxosporium camptospermum — vain *Abies sibiricalta* löytynyt.

Pucciniastrum goeppertianum on vasta *Abies sibirican* mukana Suomeen levinnyt, ja näyttää Suomessa olevan yleistymässä. Sen ilmestyminen puolukan varsiin väliin aika kauas *Abies*-kulttuureista viittaa siihen, että se kykenee leviämään tuulen avulla pitkiä matkoja.

Pseudotsugan sienilajisto on pääasiassa kotimaista perää, mutta erikoisuutena on mainittava *Phomopsis pseudotsugae*, joka on pari kertaa Suomessakin jo todettu.

Larix-lajeilla on myöskin suuressa määrin erikoinen sienilajistonsa. Pelkästään lehtikuusessa esiintyy *Dasyscypha Willkommii:* toinen suuri-itiöinen laji *D. calycina* on ilmeisesti myöskin lehtikuusen mukana levinnyt Suomeen, mutta sitä tavataan hyvin kehittyneenä muillakin puulajeilla, eikä se lienekään parasiitti. Edelleen on *Mycosphaerella laricina* ja *Lophodermium laricinum* löytänyt jo tiensä Suomeenkin, samoinkuin lehtikuusen neulasruosteet *(Melampsora)*, joita on monta vaikeasti tunnettavissa olevaa lajia.

Lopuksi mainittakoon *Thuya*-lajit, joilla esiintyy ainakin yksi alkuperäiseen lajistoon kuulumaton sieni, *Pestalozzia funerea*, mutta luultavasti useampiakin.

Zitierte Literatur.

Allescher, A. 1901, 1903. Fungi imperfecti: Hyalinsporige Sphaerioideen. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, Erster Bd: Pilze, VI. Abth. 2. Aufl. — Gefärbt-sporige Sphaerioideen sowie Nectrioideen, Leptostromaceen, Excipulaceen und Familien der Ordnung der Melanconieen. Ibidem, VII. Abth. 2. Aufl. Leipzig.

Badoux, H. 1922. Le Cenangium abietis Duby, un nouveau champignon parasitaire de l'épicéa. Journ. forest. suisse 73, p. 101—104.

Biourge, P. 1928. Cycle de Brunchorstia destruens Eriks. Maladie des pousses du Pin d'Atriche. Bull. soc. centr. forest. belg. 35: 2. p. 68—76.

Björkman, E. 1948. Studier över snöskyttesvampens (Phacidium infestans Karst.) biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. Medd. fr. statens skogsforskningsinst. 37: 2.

Borthwick, A. W. 1909. A new disease of Picea. Notes Roy. Bot. Gardens Edinburg 4, p. 259—261.

Boyce, J. S. 1948. Forest Pathology, 2. ed. New-York and London.

Brenner, M. 1908. Mykologiska notiser. Medd. Soc. F. et Fl. Fenn. 34, p. 26.

Brunchorst, J. 1888. Über eine neue, verheerende Krankheit der Schwarzföhre (Pinus austriaca Höss.). Bergens Mus. Aarsberetn. 1887, 6, p. 1—16.

Diedicke, H. 1911 a. Die Gattung Phomopsis. Ann. Mycol. 9, p. 8.

—»— 1911 b. Dothiopsis, Sclerophoma and Sclerotiopsis. Ibid. p. 279.

—»— 1912—1915. Sphaeropsideae, Melanconieae. — Kryptogamenflora der Mark Brandenburg. Bd. IX (Pilze VII). Leipzig.

—»— 1913. Noch einige "Leptostromaceen", die Nectrioideen, Excipulaceen und Melanconieen. Ann.Mycol. XI, n:o 6, p. 528—545.

Elfving, K. O. 1904. Något om förekomsten af Peridermium (Aecidium) coruscans Fr. i Norra Finland. Finska Forstför. Medd. 20, p. 20—24.

Ferdinandsen, C. og Jørgensen, C. A. 1938—1939. Skovtraeernes Sygdomme. København.

Ettlinger, L. 1945. Über die Gattung Crumenula sensu Rehm, mit bes. Berücks. des Crumenula-Tribsterbens bei Pinus-Arten. Diss. Bern.

Fuckel, L. 1869. Beiträge zur Kenntnis der Rheinischen Pilze. Wiesbaden.

Gäumann, E. 1945. Pflanzliche Infektionslehre. Basel.

Haack, 1914. Der Kienzopf (Peridermium pini (Willd.) Kleb.). Seine Übertragung von Kiefer zu Kiefer ohne Zwischenwirt. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 46, p. 3.

—»— 1916. Zur Kienzopfkrankheit. Ein erneuter Infektionserfolg mit Äcidiensporen. Ibid. 48, p. 255.

Hahn, G. G. & Ayers, Th. T. 1934. Dasyscyphae on Conifers in North America I. The large-spored, white-excipled species. Mycologia 26, p. 73—101.

Hansbrough, J. R. 1935. A new cancer disease of red pine caused by *Tympanis pinastri*. Science (n. s.) 81, p. 408—409. (Reprinted in Forestry Chronicle 12, p. 142—143. 1936.)

Hartig, R. 1882. Lehrbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin. — 3. Aufl. 1900.

—»— 1890. Eine Krankheit der Fichtentriebe. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 22, p. 667—670.

—»— 1892. Rhizina inflata, der Wurzelschwamm. Forstl.-naturw. Ztg. p. 591.

—»— 1893. Septoria parasitica m. in älteren Fichtenbeständen. Forstl.-naturw. Zeitschr. 2, p. 357—359.

Heikinheimo, O. 1920. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. Metsätiet. koel. julk. 3.

—»— 1927. Myrskytuhoista Raivolan lehtikuusimetsässä syyskuun 23 päivänä 1924. — Ref.: Über die Sturmschäden in dem Lärchenwalde bei Raivola am 23. September 1924. Ibidem 12.

—»—1939. Männyn karisteen (Lophodermium pinastri) tuhojen riippuvaisuus männyn taimien ja karisteen roduista. Metsät. Aikakausl. n:o 2.

Hintikka, T. J. 1919. Révision des Myxogastres de Finlande. Acta Soc. F. et Fl. Fenn. 46: 9, p. 1—43.

—»— 1930. Metsäpuittemme ja puutavaran tärkeimmistä tuhosienistä. Maa ja metsä IV: 2, p. 572—602. Porvoo.

—»— 1938. Über die Verbänderungen und Hexenbesen der Traubenkirsche. Acta Forest. Fenn. 45: 2, p. 1—153.

Höhnel, F. von, 1909. Fragmente zur Mycologie. VI—IX. Über einige Phoma-Arten auf Nadelhölzern. Sitzungsber. k. Akad. Wiss. Wien, Math. naturw. Kl. Abt. I: 118, p. 1230—1234.

—»— 1903, Mycologische Fragmente. 32. Über Septoria (Rhabdospora) pinea Karst. Ann. Mycol. 1, p. 525—526.

—»— 1918. Fragmente zur Mycologie. XXII. Mitt. Sitzungsber. k. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-naturw. Kl., Abt. I: 127, p. 549—634.

Jaczewski, A. v. 1901. Über eine Pilzkrankheit auf dem Wacholder. Z. f. Pflanzenkrankh. XI, p. 203.

Jamalainen, E. A. 1943. Über die Fusarien Finnlands I. u. II. Die Staatliche landw. Versuchstätigkeit, Veröff. Nr. 122, p. 1—26 u. Nr.123, p. 1—25.

Jørgensen, C. A. 1931. Mycologiske Notiser 6. Crumenula abietina Lagerb. og Brunchorstia destruens Erikss. Bot. Tidsskr. 41, p. 230—233.

Jørstad, I. 1925. Norske skogsykdommer. I. Nåletresykdommer bevirket av rustsopper, ascomyceter og fungi imperfecti. Medd. fra det Norske Skogforsøksvesen, II, h. 6. p. 19—186.

—»— 1928. Nod-Norges skogsykdommer. Tidskr. f. Skogbruk, 36. p. 365—456.

—»— 1929. Furuens knopp- og grentørke. Ibid. 37. Bilag til h. 4, p. 1—35.

Kangas, E. 1937. Tutkimuksia mäntytaimistotuholaisista ja niiden merkityksestä. — Ref. Untersuchungen über die in Kiefernpflanzenbeständen auftretenden Schäden und ihre Bedeutung. Metsätiet. tutkimusl. julk. 24.

—»— 1946. Kuusikoiden kuivumisesta metsätuho- ja metsänhoidollisena kysymyksenä. — Ref. Über die Vertrocknung der Fichtenbestände als Waldkrankheit- und Waldbaufrage. Acta Forest. Fenn. 52, 5.

Kari, L. E. 1936. Micromyceten aus Finnisch-Lappland. Ann. Botanici Soc. Zool.-Bot. Fenn. Vanamo. 8: 3.

Karsten, P. A. 1871. Mycologia fennica. Pars Prima. Discomycetes. Bidrag till känned. af Finlands natur och folk, 19.

—»— 1873. Mycologia fennica. Pars secunda. Pyrenomycetes. Ibid. 23.
—»— 1884. Fragmenta mycologica XIV—XVI. Hedwigia, 23, p. 57—63.
—»— 1885. Revisio monographica atque synopsis Ascomycetum in Fennia hucusgue detectorum. Acta Soc. F. et Fl. Fenn. II, 6.
—»— 1886. Fragmenta mycologica XXI. Hedwigia 25, p. 232.
—»— 1888. Fragmenta mycologica XXIII. Hedwigia 27, p. 259.
—»— 1890. Sphaeropsideae hucusque in Fennia observatae. Acta Soc. F. et Fl. Fenn. 6: 2, p. 1—86.
Klebahn, H. 1904. Die wirtwechselnden Rostpilze. Berlin.
—»— 1905. Untersuchungen über einige Fungi imperfecti und der zugehörigen Ascomycetenformen I. u. II. Jahrb. wiss. Bot. 41. Leipzig.
—»— 1914. Uredineen. — I: Kryptogamenflora der Mark Brandenburg V a, Pilze III. Leipzig.
—»— 1918. Peridermium pini (Willd.) Kleb. und seine Übertragung von Kiefer zu Kiefer. Flora 111—112, p. 194.
—»— 1924. Kulturversuche mit Rostpilzen. XVII Bericht. Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 34, p. 289—303.
Kujala, V. 1930. Über die Krankheiten der Abies sibirica in Finnland. Mitt. d. Deutsch. Dendrol. Ges. 42, p. 380—382.
—»— 1935. Kuusen syöpätaudista Korpikylän hoitoalueella. Metsätal. Aikak. 9.
—»— 1948. Murraynmännyn sienitaudeista. Metsätal. Aikak.
Köck, G. 1918. Ein für Österreich neuer Schädling auf Picea pungens. Österr. Gartenztg. XIII. p. 147.
Lagerberg, T. 1910. Om gråbarrsjukan hos tallen, dess orsak och verkningar. Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 7, p. 127—174.
—»— 1912. Studier över den norrländska tallens sjukdomar, särskildt med hänsyn till dess föryngring. Ibid. 9, p. 135—170.
—»— 1913. Granens topptorka. Skogsvårdsför. Tidskr. p. 173—208.
—»— 1933. Ascochyta parasitica (Hartig), en skadesvamp på granplantor. Ibid. 31, p. 1—10.
Lagerberg, T., Lundberg, G. and Melin, E. 1927. Biological and practical researches into blueining in pine and spruce. Ibid. 1927, 2 och 4, p. 145—691.
Lagerberg, T. och Sylvén, N. 1913. Skogens skadesvampar. Ibid. 1913: 2, p. 113—139.
Liese, J. 1933 a. Brunchorstia destruens Eriks., Erreger des Triebsterbens bei Kiefer. Forstarchiv 10, s. 170—171.
—»— 1933 b. Triebsterben der Kiefer. Mitt. der Deutsch. Dendrol. Ges. p. 420.
Lind, J. 1913. Danish fungi as represented in the herbarium of E. Rostrup. Copenhagen.
Liro (früher Lindroth), J. I., 1903. Kuusen neulasruosteesta. Luonn. Yst., p. 69—73.
—»— 1906, 1907. Kulturversuche mit finnischen Rostpilzen I. u. II. Acta Soc. F. et Fl. Fenn. 29: 6, p. 1—25; 29: 7, p. 1—58.
—»— 1908. Uredineae fennicae. Bidr. till känned. af Finlands natur och folk 65, p. 1—642.
—»— 1924. Tärkeimmät tuhosienet. 2. painos, Helsinki.
Luyk, A. van. 1923. Über einige Sphaeropsideae und Melanconieae auf Nadelhölzern. Ann. Mycol. 21, p. 133—142.
Nannfeldt, J. A. 1932. Studien über die Morphologie und Systematik der nicht-lichenisierten inoperculaten Discomyceten. Nova Acta Soc. Sci Upsal. ser. IV, 8: 2, p. 1—368.

Naoumow, N. A. 1925. Einige neue oder weniger bekannte Arten. Morbi plantarum 14: 4, p. 137—149. Leningrad.

Nazarova, E. S. 1936. Pine disease caused by Sclerophoma pityophila v. H. Bull. Acad. Sci. USSR, ser. biol. 6, p. 1191—1208.

Neger, F. W. 1919. Die Krankheiten unserer Waldbäume und vichtigsten Gartengehölze. Stuttgart.

Petrak, F. 1921. Mycologische Notizen III. Ann. Mycol. 19.

—»— 1923. Mycologische Notizen VI. Über einige Sclerophoma-Arten auf Koniferen. Ibid. 21, p. 252, 264—268.

—»— 1924. Mycologische Notizen VII. 354. Übersicht und kritik der bisher bekannten Sclerophomaceen-Gattungen. Ibid. 22, p. 87—104.

Pohjakallio, O. und Vaartaja, O. 1948. Über Vorkommen und Sporenbildung von Coleosporium melampyri Kleb. auf verschiedenen Standorten und Wirtspflanzen. Acta Forest. Fenn. 55: 8, p. 1—14.

Rainio, A. J. 1926. Uredineae lapponicae. Ann. Soc. Zool.-Bot. Fennicae Vanamo, 3: 7, p. 239—267.

Rainio, Y. E. 1906. Sienien aikaansaamasta havupuiden karistetaudista (Schüttenkrankheit). Suomen Metsänh. yhd. julk. 13: 2 s. 85—151.

Rancken, T. 1925. Lärkträdskräftan (Dasyscypha Willkommii) i Finland. Forstlig Tidskr. 42, p. 91—96.

Rehm, H. 1896. Ascomyceten: Hysteriaceen und Discomyceten. Rabenhorst's Kryptogamenflora, Erster Bd: Pilze, III. Abth., 2 Aufl. Leipzig.

Rostrup, E. 1891. Undersøgelser over Snyltesvampes Angreb paa Skovtraeer i 1883—1888. Tidskr. f. Skovbr. 12, p. 175—238.

—»— 1902. Plantepatologi, Haandbog i Laeren om Plantesygdomme for Landbrugere, Havebrugere og Skovbrugere. København.

—»— 1905. En Sygdom hos Aedelgran, foraarsaget af Sphaerella Abietis. Tidsskr. f. Skovvaes. 17 A, p. 37—41.

Rostrup, O. 1916. Bidrag til Danmarks Svampeflora I. Dansk Botanisk Arkiv 2: 5, p. 15—27. — II. Ibid. 8: 8, p. 1—60, 1935.

Saccardo, P. A. 1882—1928. Sylloge Fungorum omnium hucusque cognitorum. Vol. I—XXV. Patavii.

Schwarz, F. 1895. Die Erkrankung der Kiefern durch Cenangium abietis. Beitrag zur Geschichte einer Pilzepidemie. Jena.

Thesleff, A. 1894. Något om parasitiska och på vedväxter förekommande Basidiomyceter. Finska Forstför. Medd. 11, p. 105—127.

—»— 1920. Studier öfver basidiomycetfloran i Sydöstra Finland med hänsyn till dess sammansättning, fysiognomi och ekologi. Bidr. till känned. af Finlands natur och folk. 79: 1, p. 1—140.

Tigerstedt, A. F. 1926. Mein Heimwald, Arboretum Mustila. Mitt. d. Deutsch. Dendrol. Ges. 36, p. 157—183.

Tikka, P. 1935. Puiden vikanaisuuksista Pohjois-Suomen metsissä. Tilastollis-metsäpatologinen tutkimus. Acta Forest. Fenn. 41.

Tubeuf, K. v. 1895. Pflanzenkrankheiten durch kryptogame Parasiten verursacht. Berlin.

Tulasne, L-R. et C. 1861—1865. Selecta Fungorum Carpologia, I—III. Parisiis.

Velenovsky, J. 1934. Monographia Discomycetum Bohemiae. Prag.

Weir, J. R. 1921. Note on Cenangium abietis (Pers.) Rehm on Pinus ponderosa Laws. Phytopath. 11, p. 166—170.

Wilson, M. 1920. A. new species of Phomopsis parasitic on the Douglas fir. Trans. and Proc. Bot. Soc. Edinburgh 28, p. 47—49.
—»— 1925. The Phomopsis disease of Conifers. Forestry Comm. Bull. 6. London.
Wilson, M. et Hahn, G. G. 1928. The identity of Phoma pitya Sacc., Phoma abietina Hart. and their relation to Phomopsis pseudotsugae Wils., Trans. Brit. Myc. Soc. 13, p. 261—278.
—»— 1929. The history and distribution of Phomopsis pseudotsugae in Europe. Phytopath. 9: 11, p. 979—992.
Winter, G. 1887. Ascomyceten: Gymnoasceen und Pyrenomyceten. Rabenhorst's Kryptogamenflora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz, Erster Bd. Pilze, II. Abth., 2. Aufl. Leipzig.
Wollenweber, H. W. 1928. Hypocreaceae, in Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten, II: 1, p. 541—575. — 1932. Hyphomycetes. Ibidem, III: 2. p. 577—843.
Zeller, S. M. and Goodding, L. N. 1930. Some species of Atropellis and Scleroderris on Conifers in the Pacific Northwest. Phytopath. 20, p. 557—568.

Register der Pilznamen.[1])
Sienien nimiluettelo.[1])

Aecidium columnare Alb. et Schw. 98
A. coruscans Fr. 89, 90, 91, 102
Agyrium rufum (Pers.) Fr. 9
Antennaria pityophila Nees 72
**Ascochyta parasitica* (Hart.) Rostr. *62*; 108
A. piniperda Ldau 62
**Asterina nuda* Peck *52*, 72, 73, 87, 103; 107
Belonium pineti (Batsch) Rehm 48
Bertia moriformis (Tode) De Not. *53*
Biatorella difformis (Fr.) Vain. *9*
B. resinae Fr. *10*
Brunchorstia destruens Erikss. *13*, *14*; 105
B. pinea (Karst.) v. Höhn. 11, 14—18, *63*, 101, 102; 112
Caldesia sabinae (De Not.) Rehm *10*
**Calosphaeria abietina* (Fuck.) Wint. *53*
Calyptospora goeppertiana Kuehn 98
Camarosporium pini (Westend.) Sacc. *63*
**C.* sp. *63*; 113
Cenangium abietis (Pers.) Duby *10*, 14, 50; 105, 109
**C. acicolum* (Fuck.) Rehm *12*; 105
C. ferruginosum Fr. 10
**Ceratostoma* sp. *53*
Chlorosplenium lividum Karst. 45
C. nigrescenti-olivaceum Karst. 45
Chrysomyxa abietis (Wallr.) Unger *88*, 101, 102; 110, 112
C. cassandrae (Gobi) Tranzsch. *89*
C. empetri (DC.) De Bary *89*, 102; 112
C. ledi (Alb. et Schw.) Liro *89*, 101, 102; 110, 112
C. pirolae (DC.) Rostr. *91*, 89, 101; 110, 112
C. ramischiae Lagerb. 91
C. Woronini Tranzsch. 90
Clasterosporium glomerulosum Sacc. 69
**Clithris crispa* (Pers.) Rehm *13*
C. juniperi (Karst.) Rehm *13*
Coccomyces juniperi Karst. 13
C. pini (Alb. et Schw.) Karst. p. p. 49
Coccophacidium Fuckelii Krieger 48
C. pini (Alb. et Schw.) Rehm 49
C. p. var. Fuckelii Rehm 48, 49
Coleosporium cacaliae (DC.) Wagn. *94*
C. campanulae (Pers.) Lév. *93*
C. euphrasiae (Schum.) Wint. p. p. *93*
C. inulae (Kunze) Fuck. *93*
C. melampyri (Rebent.) Kleb. *92*

[1]) Die Zahlen deuten auf die Seiten; die mit * verzeichneten Arten wurden nicht früher aus Finnland gemeldet.

C. pini (Pers.) Jørst. *92:* 110
C. pulsatillae (Strauss) Lév. *92*
C. senecionis (Pers.) Lév. *94*
C. sonchi-arvensis (Pers.) Wint. *94*
C. tussilaginis (Pers.) Lév. *94*
Coniochaeta malacotricha (Auersw.) Trav. 59
**Coniothyrium conorum* Sacc. et Roum. *64*, 81, 101; 108, 112
C. pini Corda 53, 72
Coryneum juniperinum Ellis 69
Cronartium peridermii-pini (Willd.) Liro *94*, 101; 110, 112
C. ribicola J. C. Fischer *95;* 111
**Crumenula abietina* Lagerb. 11, *13*, 39, 100, 102; 105, 111, 112
C. pinea (Karst.) Ferd. et Jørg. 13
C. pinicola (Rebent.) Karst. 14, *19*, 20; 105
C. sororia Karst. 14, 16, *19*, 38, 100, 102; 105, 111, 112
Cucurbidothis pityophila (Fr.) Petr. *54*
**Cucurbitaria piceae* Borthw. *54*, 101; 108, 111
C. pityophila (Fr.) De Not. 54
Cytospora abietis Sacc. *67*
C. cenisia Sacc. 61
C. Mougeotii Lév. *69*
C. pinastri Fr. *69*
C. pini Desm. *61*
C. pinicola Westend. *68*
Darluca filum (Bivon.) Castagne 88
Dasyscypha abietis (Karst.) Sacc. *22*, 30, 39
D. calyciformis (Willd.) Rehm *22*, 30, 101, 102; 111, 112
**D. calycina* Fuck. *24*, 30, 38, 103; 106, 113
D. fuscosanquinea Rehm 17, *26*, 39, 100, 102; 106, 111, 112
D. pulverulenta (Lib.) Sacc. *28*
**D. resinaria* (Cke et Phill.) Ferd. et Jørg. 25, *28*, 100; 106, 111
**D. subtilissima* (Cke) Sacc. 22, 23, *30*, 101, 102; 106, 111, 112
D. Willkommii (Hart.) Rehm 24—26, *31*, 102, 103; 107, 112, 113
Dermatea eucrita (Karst.) Rehm 45
Diaporthe pitya Sacc. 78
Dichaena strobilina Fr. 87
Diplodia parasitica Prill. 62
D. pinea (Desm.) Kickx. *68;* 108
D. p. var. piceana Karst. 68
**D.* (Microdiplodia) sp. *69*
Diplozythia scolecospora Bub. 59
**Discosia strobilina* Lib. *69*
Discula pinicola (Naum.) Petr. 75
Dotichiza ferruginosa Sacc. 11; 109
D. piceana Naum. 85
D. pityophila (Corda) Petr. 85
Dothidea pinastri Fr. 70
**Dothiora pinacea* Velen. 34
Dothiorella pinastri (Fr.) Sacc. 70
**Durella suecica* (Starb.) Nannf. *34*
Encoelia acicola (Fuck.) v. Höhn. 12
E. inculcata Karst. 10
Exosporium deflectens Karst. 69
E. juniperinum (Ellis) Jacz. 41, *69*, 101; 108, 112
Fusarium aquaeductuum Lagerh. 57
Fusicoccum bacillare Sacc. et Penz. 70
F. juniperi Karst. 13
F. pinastri (Fr.) Karst. *70*
F. pityophilum (Sacc.) Karst. 49, *70*
Gloniella curta Karst. *34*
**Godronia pineti* Jørst. *34*
Gymnosporangium clavariaeforme (Jacq.) DC. 96
G. corniferum (O. F. Müll.) Jørst. 96; 111
G. cornutum (Pers.) Arth. 96
G. foliicolum Berk. 96
G. juniperinum (L.) Fr. *96*
G. penicillatum (O. F. Müll.) Liro *96*
Helotium calycinum (Schum.) Karst. 22, 30
**Hendersonia acicola* Tub. 37, 38, 45, *71*, 101, 102; 109, 112
Herpotrichia heterostoma Karst. 55
H. nigra Hart. *55*, 101; 111, 112
Hypodermella macrospora (Hart.) Lagerh. *35*, 44, 45, 100; 107, 111
H. sulcigena (Rostr.) Tub. *36*, 45, 71, 100, 102; 107, 111, 112
Hypodermina abietis (Dearn.) Hil. *71*
H. Hartigii Hil. 35
Hysterinum acuminatum Fr. *38*
H. conigenum Schum. 87
Lachnellula chrysophthalma (Pers.) Karst. 17, 28, *38*, 102; 107, 112
**L. Rehmii* Ferd. et Jørg. *28*, 39, 100; 106, 111

L. resinaria (Cke et Phill.) Rehm 28
L. calycinum Schum. 38
Lasiosphaeria hetrostoma Karst. *55*
**Leptostroma laricinum* Fuck. 42, *72*
L. pinastri Desm. 43, 71, *72*
**Leptothyrium pini* (Corda) Sacc. *72*, 87, 103; 113
Lophium mytilinellum Fr. *41*
L. mytilinum (Pers.) Fr. *40*
Lophodermium filiforme Darker 45
L. juniperinum (Fr.) De Not. *41*, 101
**L. laricinum* Duby *42*, 72, 103; 107, 113
L. piceae (Fuck.) v. Höhn. *42*, 71, 101
L. pinastri (Schrad.) Chev. 42, *43*, 71, 101, 102; 111, 112
Macrophoma excelsa (Karst.) Berl. et Vogl. *73*; 109
M. macrosperma (Karst.) Berl. et Vogl. 68; 108
Melampsora pinitorqua (ABr.) Rostr. *97*, 102; 111, 112
Melampsora spp. 97
Melampsorella elatina (Alb. et Schw.) Arth. 98
Melampsoridium betulae (Schum.) Arth. 97
Melanomma juniperinum (Karst.) Sacc. *56*
Melanospora chionea (Fr.) Corda *56*
Microdiplodia conigena All. 69
Micropera pinastri Sacc. 11, 50
Microsporella pityophila v. Höhn 54
Mycosphaerella abietis (Rostr.) Ldau 53
M. abietis (Rostr. p. p.) O. Rostr. 53
**M. laricina* Hart. *56*, 103; 113
Mytilidion decipiens Karst. *44*
M. laeviusculum (Karst.) Sacc. *44*
**M. rhenanum* Fuck. *44*
Myxosporium abietinum Rostr. 46
**Naevia piniperda* Rehm *44*, 100; 108, 111
Nectria cinnabarina (Tode) Fr. *56*, 102; 112
N. cucurbitula (Tode) Fr. *57*, 59, 101; 112
N. episphaeria (Tode) Fr. *57*
**Niesslia* ? sp. *58*, 101; 107, 112
Ombrophila strobilina (Alb. et Schw.) Rehm *45*
O. strobilina (Fr.) Karst. 47
**Ophionectria cylindrospora* (Sollm.) Berl. et Vogl. 57, *58;* 108
O. scolecospora Bref. et Trav. 58
Patellea suecica (Starb.) Rehm 34
**Pestalozzia funerea* Desm. *73*, 103; 113
Pezicula livida (B. et Br.) Rehm *45*, 101; 107, 111
**Pezizella conorum* Rehm *46*
Phacidium infestans Karst. 27, *46*, 70, 100, 102; 107, 111, 112
P. lacerum Fr. 70
**Phialea strobilina* (Fr.) Sacc. *47*
Phoma abietina Hart. 80, 81
P. abietis Briard 53
P. bohemica Bub. et Kab. 72
P. cembrae Karst. *74;* 109
P. conophila Sacc. 87
P. crassicollis Karst. 74
P. eguttulata Karst. *74;* 109
P. excelsa Karst. 73
P. juniperi (Desm.) Sacc. 59
P. libertiana Speg. et Roum. *75;* 109
P. mediella Karst. *74;* 109
P. pini (Desm.) Sacc. *75;* 109
P. pittospori Cooke et Herkn. var. cembrae Karst. 74
P. pitya Sacc. 78
P. pitya Thüm. 78
Phomopsis abietina (Hart.)Wils. et Hahn 24
P. conorum (Sacc.) Died. 77
P. pseudotsugae Wils. *76*, 79, 81, 103; 109
P. strobi Syd. 77
Phragmotrichum Chailletii Kunze 54, *77*
Pitya cupressina (Batsch) Fuck. 40
P. Malochi Velen. 40
P. microspora Velen. 40
Pragmopora amphibola Mass. *47*
P. bacillifera (Karst.) Rehm 47
Propolis faginea (Schrad.) Karst. *47*
Pseudographis elatina (Ach.) Nyl. 13
P. *pinicola* (Nyl.) Rehm *47*, 101
Pseudohelotium pineti (Batsch et Fr.) Fuck. 48
Pucciniastrum goeppertianum (J. Kuehn) Kleb. *98*, 103; 111, 113
P. padi (Kunze et Schum.) Diet. *99*, 101; 111, 112
P. sparsum (Wint.) Fisch. *99*

Rehmiellopsis abietis (Rostr. p. p.) O. Rostr. 53
R. bohemica Bub. et Kab. 72, 73
Rhabdospora conigena Karst. 87
R. curva Karst. *77*, 103
R. curvula Karst. 77
R. pinea Karst. 13, 81; 105
Rhizina inflata Schaeff. *48*, 101; 107, 111
R. undulata Fr. 48
Rhizosphaera abietis Mang. et Har. 72
Rosellinia abietina Fuck. *59*
**R. malacotricha* Niessl. *59*
Rutstroemia bulgarioides Karst. 45
Sacidium abietis Oud. 72
S. pini Fr. 72
Sclerophoma entoxylina Lagerb., Lundb. et Melin 84
S. libertiana (Speg. et Roum.) v. Luyk 50, 51, 85, 86; 109
*S. magnusiana ? Wils. et Hahn 77
S. pitya (Sacc.) Died. 77
S. pityophila (Corda) v. Höhn. 13, 57, 67, 72, 74, 78, *79*, 101, 102; 109, 112
Septoria parasitica Hart. 62
Sirococcus conorum Sacc. et Roum. *86*
Sphaerella abietis Rostr. 72
**S. juniperi* Fautr. et Roum. *59*, 101; 108, 112
Sphaeronema macrosperma Karst. 68
S. truncatum Fr. *79*
**Sphaeropsis juniperi* Desm. *59*, 87; 108
Sporonema strobilinum (Desm.) Sacc. *87*
**Strickeria pilosella* (Sacc. et Roum.) Wint. *60*
Thecopsora sparsa (Wint.) Magn. 99
**Therrya Fuckelii* (Rehm) *48*
T. pini (Rehm) *49*, 70
Torula sp.
Toxosporium abietinum Vuill. 53, 87
**T. camptospermum* (Peck) Maubl. 72, *87*, 103; 110
Trichoscyphella resinaria (Cke et Phill.) Nannf. 28
T. Willkommii (Hart.) Nannf. 31
Tromera difformis (Fr.) Rehm 9
T. sarcogyrioides Mass. 9
Trybliodiopsis pinastri (Pers.) Karst. 11, 22, *50;* 110
Tyblidiopycnis pinastri v. Höhn. *87*
Tuberculina maxima Rostr. *87*
Tubercularia vulgaris Tode 56
Tympanis amphibola Karst. 47
T. bacillifera Karst. 47
T. pinastri Tul. 11, 34, 50, *51;* 110
T. pithya Karst. 51
Valsa abietis Fr. *61*, 68
V. ambiens (Pers.) Fr. *61*
V. cenisia De Not. *61*
V. clopima Fr. *61*
V. Dubyi Nitshke 61
V. pini (Alb. et Schw.) Fr. 61, *62*, 68
Zythia pinastri Karst. *88*

PUIDEN KASVUN VAIHTELUISTA JA NIIDEN MERKITYKSESTÄ KASVUTUTKIMUKSISSA

PEITSA MIKOLA

ON VARIATIONS IN TREE GROWTH AND THEIR SIGNIFICANCE TO GROWTH STUDIES

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällys.

Sivu

Alkusanat 4

Johdanto 5

Tutkimusmenetelmä 9
Aineiston keräys 9
Mittaus 14
Aineiston matemaattinen käsittely 17

Tutkimusaineisto 23

Puun iän mukainen kasvun kehitys 40

Vaihteluiden suuruus ja alueellisuus 46
Sädekasvun vaihteluiden suuruus 46
Vaihteluiden alueellinen yhtenäisyys 52
Kesäpuuprosentin vaihtelut 61
Pituuskasvun vaihtelut 63

Kasvun riippuvaisuus säätekijöistä 66
Lämpötila ja kasvukauden pituus 66
Kosteus 82
Tuuli 84
Säätekijäin välillinen vaikutus 86

Muut kasvun vaihteluita aiheuttavat ulkoiset tekijät 89

Metsikön sisäisten tekijäin merkitys kasvun vaihteluissa 97

Kasvun jaksollisuus 104

Kasvun vaihteluiden merkitys käytännöllisissä kasvututkimuksissa 109

Suomen metsien kasvu II valtakunnan metsien arvioinnin jälkeisenä aikana 118

Kirjallisuusluettelo 121

Summary 126

Alkusanat.

Puiden kasvun vaihtelu on niin laaja ja monipuolinen kysymys, että perusteellinen syventyminen sen kaikkiin puoliin ei mahdu yhden tutkimuksen puitteisiin. Toisaalta kysymys on käytännöllisen metsätalouden kannalta siksi tärkeä, että yhtenäinen esitys siitä koko laajuudessaan on katsottava tarpeelliseksi. Seuraava esitys onkin koetettu laatia niin, että pääpaino on annettu asian käytännölliselle puolelle. Tällöin on monia mielenkiintoisia, mutta käytännön kannalta vähemmän merkitseviä kysymyksiä jouduttu sivuuttamaan melko lyhyesti ja viittaamalla erikoistutkimuksiin.

Tämä tutkimus on tehty virkatyönä Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa, metsänarvioimisen tutkimusosastolla. Osaston johtaja, Suomen Akatemian jäsen, prof. Yrjö Ilvessalo antoi v. 1945 jo aikaisemmin osaston työohjelmassa olleen tutkimuksen loppuun saattamisen minun tehtäväkseni. Hän on ohjannut minua työn suunnittelussa, seurannut kaiken aikaa kiinteästi sen edistymistä ja lopuksi tarkastanut myös käsikirjoituksen. Olen tästä kaikesta hänelle erittäin kiitollinen.

Erikoiskysymyksissä olen saanut arvokkaita neuvoja alojen erikoistuntijoilta, kuten prof. J. Keräseltä ilmastoa koskevissa kysymyksissä, tri T. K. Kukkamäeltä vuosilustosarjojen matemaattisessa tasoituksessa ja prof. Esko Kankaalta metsätuhojen merkityksen tutkimisessa. Suurta hyötyä minulle on myös ollut dosentti Bo Eklundin (Tukholma) kanssa käydyistä antoisista keskusteluista. Lausun heille kaikille parhaat kiitokseni.

Laajan aineiston keräämisessä ja suuritöisessä mittaus- ja laskentatyössä olen saanut apua hyvin monilta henkilöiltä, joita pyydän kiittää heidän avustaan. Ketään unohtamatta haluan mainita erityisesti maastossa olleet apulaiseni, silloiset metsätieteen ylioppilaat Erkki Eskon ja Olavi Puoskarin, lastujen mittaustyön suorittaneen herra Veikko Makkosen, maisteri Alli Salovaaran, joka on suorittanut mm. korrelatiolaskut, ja neiti Irma Virtasen, joka on piirtänyt tutkimukseen sisältyvät kuvat. Lopuksi kiitän maisteri Hilkka Mäkistä, joka on kääntänyt englanninkielisen referaatin.

Helsingissä, huhtikuussa 1950.

Peitsa Mikola.

Johdanto.

Vanhastaan tunnettu asia on, että puun jokainen vuosilusto ei ole yhtä leveä eikä jokainen vuosikasvain yhtä pitkä. Tämä ilmiö sinänsä on tärkeä tutkimuskohde, ts. pyritään selvittämään, mistä tekijöistä vuosiluston leveys ja latvakasvaimen pituus tiettynä vuonna riippuvat ja miksi puiden kasvu toisina vuosina on parempi tai huonompi kuin toisina. Sädekasvun osalta tällainen tutkimus tapahtuu tavallisesti suorittamalla ns. vuosilustoanalyysi, so. mittaamalla puusta kunkin vuosiluston leveys erikseen, ja vertaamalla tuloksia muihin vuosittain vaihteleviin tekijöihin. Mutta paitsi nimenomaisena metsätieteellisenä tutkimuskohteena vuosilustoanalyyseillä on laaja käytäntö apumenetelmänä monenlaisissa tutkimuksissa metsätieteen ulkopuolellakin. Tarkoituksensa mukaan vuosilustotutkimukset voidaankin jakaa metsätieteellisiin tutkimuksiin ja muiden tieteiden apututkimuksiin, vaikka jyrkkää rajaa niiden välille onkin mahdoton vetää. Metsätieteellisistä lustotutkimuksista on usein hyötyä muillekin tieteille, ja aivan muita tarkoituksia varten tehdyt lustoanalyysit sisältävät tavallisesti paljon metsätieteellekin arvokasta tietoa. Tutkimusmenetelmä on kuitenkin valittava ja aineisto kerättävä tutkimuksen tarkoituksen mukaan. Erilaiset tarkoitusperät asettavat tutkimusaineistolle hyvin erilaisia vaatimuksia.

Niistä eri tutkimusaloista, jotka menetelmänään käyttävät vuosilustoanalyysejä, voidaan lyhyesti mainita seuraavia (vrt. Ording 1941 a, ss. 108—123, Ruden 1945, ss. 187—192):

1. Kokonaan metsätieteen ulkopuolella on vuosilustotutkimuksia käytetty apuna arkeologiassa ja etnologiassa pyrittäessä määrittämään vanhojen rakennusten ikää suorittamalla käytetyistä rakennuspuista vuosilustomittauksia, joita verrataan elävistä vanhoista puista tehtyihin lustoanalyyseihin. Tällaisissa dendrokronologisissa tutkimuksissa on tärkeätä, että on käytettävissä mahdollisimman kauaksi taaksepäin ulottuvia vuosilustosarjoja, ts. puiden, joista vuosilustoanalyysit tehdään, tulee olla vanhoja. Douglass (1929) on määrittänyt Arizonan esihistoriallisten intiaaniasutusten iän *Pinus ponderosa*n vuosilustoanalyysien avulla, ja näihin sekä vielä kauemmas ulottuviin *Sequoia gigantea*sta tehtyihin analyyseihin nojau-

tuen Hult-de Geer (1935, 1938) on yrittänyt määrittää eräiden esihistoriallisten rakennusten ikää Skandinaviassa. Vuosilustoanalyysien, jotka on suoritettu kaukana tutkimuspaikasta ja vieraista puulajeista, käyttöön dendrokronologisissa tutkimuksissa on suhtauduttava erittäin kriitillisesti. Sen sijaan aineiston laajuudelle ei tarvitse asettaa kovin suuria vaatimuksia, vaan jo muutamien harvojen puiden perusteella voidaan joskus suorittaa luotettavia ajanmäärityksiä. Läheisemmästä menneisyydestä on mm. Aandstad (1938) suorittanut tällaisia rakennusten iän tutkimuksia. Selostuksia dendrokronologian menetelmistä ja arvosteluja suoritettujen tutkimusten luotettavuudesta ovat esittäneet mm. Erlandsson (1939), Ording (1941 a ja b), Huber (1943) Høeg (1944) ja Ruden (1945).

Myös metsätutkimuksissa voidaan käyttää vuosilustoanalyysejä kronologisiin ajanmäärityksiin metsien aikaisempia vaiheita selviteltäessä, kuten hakkuu- ja kulovuosien toteamiseen (esim. Tirén 1937).

2. Vuosilustoanalyysejä käytetään korvaamaan puuttuvia meteorologisia havaintosarjoja ja niiden avulla tutkitaan ilmaston kehitystä ja muutoksia aikoina, joilta ilmatieteellisiä havaintoja ei ole käytettävissä. Koska vuosilustojen erilainen leveys eri vuosina johtuu pääasiassa ilmastollisista vaihteluista, voidaan vanhoja puita pitää vuosisatoja, jopa vosituhansia vanhoina meteorologisina todistuskappaleina, joiden jokaisessa vuosilustossa kuvastuvat kyseisen vuoden sääsuhteet. Erityisesti on vuosilustotutkimuksien avulla koetettu löytää säännöllistä jaksollisuutta ilmaston vaihteluissa ja etsiä yhteyttä niiden ja eräiden avaruuden ilmiöiden väliltä.

Tunnetuimpia tässä suhteessa ovat amerikkalaisten Douglassin ja Huntingtonin tutkimukset. Douglass julkaisi ensimmäiset tuloksensa v. 1909 ja myöhemmin hän on selostanut tutkimuksiaan hyvin monissa julkaisuissa, jotka kuitenkin sisältävät osaksi samoja asioita. Hänen tutkimuksensa, joiden päätulokset sisältyvät kolmeen niteeseen »Climatic cycles and tree growth» (Douglass 1919, 1928 ja 1936), ovat erityisesti kohdistuneet jaksollisuuden etsintään, ja hän onkin kehittänyt tämän tutkimushaaran metodiikan sangen pitkälle. Huntington (1914) taas on *Sequoia gigantean* vuosilustoanalyysien perusteella tehnyt johtopäätöksiä maapallon ilmaston kehityksestä 3000 vuoden aikana. Eräät muutkin lustotutkimukset ovat kohdistuneet erityisesti jaksollisuuden etsintään. Boman (1927) on yksittäisten puiden vuosilustoanalyyseissä todennut enemmän tai vähemmän säännöllistä aaltomaista vaihtelua. Aandstad (1934) ja Erlandsson (1936) ovat suuritöisin matemaattisin laskelmin tutkineet eri pituisten jaksojen esiintymistä, ja Ording (1941 a) on kokeillut toisten tutkijain löytämien periodien esiintymistä omassa aineistossaan. Sekä Erlandsson että Ording ovat todetun jak-

sollisuuden perusteella kokeilleet tulevien vuosienkin kasvun ennustamista.

Vuosilustoanalyysit soveltuvat erityisen hyvin avuksi ilmatieteellisiin tutkimuksiin seuduilla, missä jokin ilmastollinen tekijä esiintyy lähellä puiden toimeentulon minimiä. Tällaisen tekijän vaihteluille puiden kasvun on todettu reagoivan hyvin herkästi. Douglassin, Huntingtonin ja muiden amerikkalaisten tutkimukset on tehty yleensä aridisen ilmaston alueella, missä sademäärä on tällainen minimitekijä, joka lisäksi suuresti vaihtelee eri vuosina. Metsänrajaseuduilla, missä lämpötila on minimitekijä, taas on vuosilustoanalyysein koetettu selvittää lämpötilan kehitystä ja siitä aiheutuvia metsänrajan siirtymisiä. Tämän alan tutkimuksista mainittakoon erityisesti Hustichin (1948) julkaisu, johon sisältyy laaja kirjallisuusluettelo ja selostukset muista vastaavista tutkimuksista.

3. Ennenkuin voidaan käydä tutkimaan menneiden aikojen ilmastoa puiden vuosilustojen avulla, on oltava selvillä, mistä ilmastotekijöistä puiden kasvu on riippuvainen ja millä tavalla. Nämä ovat jo puhtaasti metsätieteellisiä kysymyksiä. Tällä alalla on tehty havaintoja ja tutkimuksia hyvin kauan ja monella taholla. Ryhtymättä luettelemaan kaikkia tutkijoita, jotka tästä kysymyksestä ovat kirjoittaneet, viitattakoon vain niihin historiallisiin katsauksiin, joita ovat esittäneet esim. Laitakari (1920), Erlandsson (1936) ja Ording (1941 a). Tutkimukset ovat tähän mennessä selvästi osoittaneet, että aridisen ilmaston alueella sademäärä melkein yksinään on puiden kasvua määräävä tekijä. Suomen ja Skandinavian ilmastossa sen sijaan on kiintein riippuvaisuussuhde löydetty kasvukauden lämpötilan ja puiden sädekasvun väliltä, mutta jo Keski-Europassa näyttää sademäärä olevan vaikuttavampi tekijä (Cieslar 1907, Böhmerle 1907, Douglass 1919). Pituuskasvua koskevia tutkimuksia on paljon vähemmän. Ne osoittavat kuitenkin, että puiden pituuskasvu riippuu sääsuhteista suureksi osaksi toisella tavalla kuin sädekasvu.

4. Sääsuhteiden vaikutus puiden kasvuun on puhtaasti biologinen kysymys, joka kuuluu puiden yleisiä kasvuedellytyksiä koskevien tutkimusten alaan. Taksatorisissa tutkimuksissa ei yleensä kiinnitetä huomiota yhden tietyn vuoden säde- tai pituuskasvuun, vaan puun ja metsikön kasvun määrittäminen tapahtuu useamman, tavallisesti 5 tai 10, vuoden yhteenlasketun sädekasvun ja samoin usean vuoden pituuskasvun perusteella. On siis yleisesti otaksuttu, että kasvun vuosittaiset heilahtelut 5 tai 10 vuoden kuluessa tasoittavat toisensa. Mutta jos puiden kasvussa on todettavissa myös pitkäaikaisia vaihteluita, olivat ne sitten jaksollisia tai ei, on niiden vaikutus otettava vakavasti huomioon myös taksatorisissa kasvututkimuksissa. Mo-

net tutkijat (esim. Kolmodin 1923, Ruden 1935, Ording 1937 ja 1941 a) ovat osoittaneet, että sääsuhteiden aiheuttamien vaihteluiden huomiotta jättäminen voi johtaa jopa taksatoristen kasvunmittausten väärään tulkintaan, ja joissakin tutkimuksissa tämä on otettukin huomioon (esim. Ilvessalo 1937). Eklundin (1944) tutkimus, joka perustuu Suomessa II valtakunnan metsien arvioinnissa 1936—38 kerättyyn aineistoon (Ilvessalo 1942), on ensimmäinen vakava yritys täsmällisesti laskea ilmastollisten vaihteluiden vaikutus suuressa kasvututkimuksessa.

Monet vuosilustoanalyysien tutkijat ovat käsitelleet kysymystä useammalta eri kannalta. Niinpä Ordingin teos (1941 a), joka on tähän mennessä ilmestynyt täydellisin ja monipuolisin vuosilustotutkimus, sisältää kaikki ne näkökohdat, jotka edellä on lueteltu.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on metsätieteellinen. Pyrkimyksenä on ennen kaikkea tutkia kasvun ilmastollisten vaihteluiden suuruutta ja niiden vaikutusta taksatorisissa kasvututkimuksissa. Paitsi ilmastosta johtuvia, käsitellään seuraavassa eräitä muitakin puiden kasvussa todettavia vaihteluita sekä niiden merkitystä.

Vuosilustotutkimusten kohteena on ollut pääasiassa mänty (Euroopassa *Pinus silvestris*, Amerikassa *P. ponderosa)*, mutta myös kuusesta on tehty muutamia tutkimuksia varsinkin Norjassa (Eide 1926, Eidem 1943). Seuraava tutkimus koskee sekä mäntyä *(Pinus silvestris)* että kuusta *(Picea excelsa)*, Suomen tärkeimpiä metsäpuita. Koska useimpien lehtipuiden vuosilustojen ja pituuskasvainten mittaus on sangen työlästä, on koivu täytynyt jättää pois tällaisesta laajaa aineistoa vaativasta tutkimuksesta.

Tutkimuksen aineisto on osittain sama, joka kerättiin II valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä 1936—38 ja johon perustuvia tutkimuksia Ilvessalo (1942 ja 1945) ja Eklund (1944) ovat aikaisemmin julkaisseet. Sen täydennykseksi on myöhemmin kerätty lisäaineisto, joka selostetaan tarkemmin tutkimusaineistoa koskevassa luvussa.

Tutkimusmenetelmä.

Aineiston keräys.

Valtakunnan metsien arvioinnin ohjeissa oli määrätty (Ilvessalo 1936, s. 27), että vähintään 60-vuotiaista mänty- ja kuusivaltaisista metsiköistä, joissa ei ainakaan mainittavassa määrässä ole puita hakattu, vaan jotka näyttävät kehittyneen suurin piirtein luonnon tilassa, otetaan viidestä suurimmasta koepuusta näyte kasvun vaihteluiden tutkimista varten. Tällä tavalla on kertynyt aineisto, johon mm. Eklundin (1944) tutkimus perustuu ja joka muodostaa tämänkin tutkimuksen perusaineiston. Se käsittää koepuita eri metsätyypeiltä sekä kovilta mailta ja soilta jokseenkin samassa suhteessa kuin niitä on Suomen maa-alasta, soilta kuitenkin sopivia metsiköitä on osunut arvioimislinjoille suhteellisesti vähemmän.

Myöhemmin hankittu lisäaineisto on kerätty jokseenkin saman periaatteen mukaan valituista metsiköistä. Lisäksi on koepuita valittaessa pidetty silmällä, että läheisyydessä ei olisi kantoja eikä tuulenkaatoja, ja koepuiksi on otettu mahdollisimman virheettömiä yksilöitä. Rudenin (1945, s. 252) mukaan ei koepuun lähellä saisi olla kantoa tai tuulenkaatoa 8—10 m:n säteellä. Tämä lienee kuitenkin liian ankara vaatimus, sillä kun tutkittavan ajanjakson pitäisi olla vähintään 50 vuotta, tapahtuu jokaisessa metsässä tällaisena aikana melkoisesti luonnollista harvenemista, ja jokainen puun kuoleminen vaikuttanee jollakin tavalla naapuripuiden kasvuun. Kun tutkimuksessa ei käytetä yksittäisten puiden vuosiluston leveyksiä, vaan useiden puiden keskiarvoja, tasoittanevat luonnollisen harvenemisen aiheuttamat poikkeamiset toisiaan. Tähän kysymykseen palataan vielä toisessa yhteydessä.

Jos tutkitaan vain sääsuhteiden vaikutusta puiden kasvuun, on kaikki häiritsevät tekijät pyrittävä eliminoimaan, ja yksi tällainen häiritsevä tekijä on puiden keskinäinen kilpailu. Sen vuoksi Hustich (1948, s. 32) puoltaa tutkimusten suorittamista metsänrajaseudulla, missä puut kasvavat hyvin harvakseen, vailla kilpailua. Mutta jos tutkimuksilla halutaan selvittää kasvun vaihteluiden merkitys käytännöllisessä metsätaloudessa, on ne suoritettava sellaisissa metsissä, missä metsätalouttakin

harjoitetaan. Sen vuoksi on seuraava aineisto kerätty etupäässä täystiheätä lähentelevistä metsiköistä, jollaisia häiriintymättä kehittyneet metsiköt suurimmassa osassa Suomea ovat.

Vaikka tutkimuspaikoiksi koetettiin etsiä hakkuilta säästyneitä ja muutoinkin mahdollisimman häiriintymättä kehittyneitä metsiköitä, aineiston myöhempi tarkastus osoitti erilaisia normaalista poikkeavia ilmiöitä esiintyneen useiden tutkimusmetsiköitten aikaisemmassa kehityksessä. Paikallisilta metsänvartijoilta ym. kyselemällä on voitu varmistautua, että hakkuita ei ole ko. metsiköissä ollut viime vuosikymmeninä, mutta 60—70 vuotta sitten tapahtuneista hakkuista on usein ollut mahdoton saada tietoja. Kun hakkuut viime vuosisadalla olivat valtionmetsissä usein melko lieviä järeimpien puiden poimintahakkuita, on niiden aiheuttama reaktio jäljelle jäävien puiden kasvussa saattanut olla sangen heikko ja jäädä huomaamattakin, mikä aiheuttaa epävarmuutta päätelmien tekemisessä kauemmaksi taaksepäin.

Kulo oli entisinä aikoina tavallisin metsien säännöllistä kehitystä häiritsevä tekijä. Hyvin monilla tutkimusaloilla on ollut näkyvissä kulon merkkejä, esim. hiiltyneitä kantoja, mutta niiden on yleensä voitu todeta olevan peräisin nykyistä puustoa vanhemmalta ajalta. Metsiköitä, missä on ollut palokoroja, ei yleensä ole tutkimuskohdiksi valittu. Mutta vuosilustoanalyysit ovat eräiden tutkimuskohtien puiden kehityksessä osoittaneet epäsäännöllisyyttä, joka ilmeisesti johtuu kulosta. Lisäksi on voinut esiintyä lieviä kuloja, jotka eivät ole jättäneet jälkeensä palokoroja ja joiden aiheuttama reaktio puiden kasvussa on ollut niin heikko, että se on saattanut jäädä huomaamattakin.

Minkäänlaisia takeita siitä, että tutkimusmetsiköt olisivat kehittyneet täysin häiriintymättä ja että kasvussa havaittavat vaihtelut johtuisivat vain ilmastosta, ei siis ole olemassa ainakaan vanhempien metsiköiden kohdalta, mutta siihen on kaiken aikaa pyritty. Vain nuorimpien tutkimusmetsiköiden aikaisemmista vaiheista on voitu saada riittävä selvyys.

Tutkimusmetsiköitä on seuraavassa nimitetty koealoiksi. Niistä on silmävaraisesti arvioitu eräitä taksatorisia tunnuksia sekä tehty muistiinpanot maan laadusta, kasvipeitteestä jne.

Koepuiden lukumäärä kasvun vaihteluita koskevissa tutkimuksissa riippuu suuresti tutkimuksen tarkoituksesta. Dendrokronologisissa tutkimuksissa, missä tärkeintä on määrättyjen merkkivuosien ja -vuosiryhmien toteaminen, riittää yleensä pienikin koepuumäärä. Yksikin huolellisesti valittu puu saattaa antaa vastauksen asetettuun kysymykseen, vaikka varmuus on tietenkin suurempi, jos koepuita on useampia samasta metsiköstä (Douglass 1919, s. 27).

Eri tutkijain tutkimuksissaan käyttämä aineisto on vaihdellut suuresti. Douglassin (1919, s. 25—53) ryhmissä puiden luku vaihtelee 1—17, ja hän pitää 5 puuta riittävänä määränä ainakin niissä oloissa,

missä hän on tutkimuksensa suorittanut (1914, s. 116). Samoin Glockin (1937, s. 2) mukaan 5 tai 10 puuta on sopiva määrä. Erlandssonin (1936) ryhmissä puiden lukumäärä vaihtelee 14—264, kuitenkin niin, että lukumäärä pienenee, mitä kauemmaksi taaksepäin mennään. Niinpä hänen v:een 1464 ulottuva Kuovhonvuopio-sarjansa perustuu vuosien 1464—1712 osalta vain yhteen koepuuhun. Ordingin (1941 a) ryhmissä on puita 10—40. Ordingin (m. t., s. 152) 6 puuta antoi jokseenkin saman tuloksen kuin 20, mistä ei tietenkään voida tehdä sellaista johtopäätöstä, että 6 puuta aina olisi riittävä määrä. Rudenin (1945, s. 253) mukaan pitäisi ilmaston ja puiden kasvun välistä riippuvaisuutta koskevissa tutkimuksissa samasta metsiköstä ottaa 15—20 koepuuta. Bomanin (1927) tutkimuksessa samasta metsiköstä otettujen koepuiden lukumäärä vaihtelee 5—60, mutta keskiarvoja ei ole laskettu, vaan kukin koepuu on käsitelty erillisenä.

Valtakunnan metsien arvioinnin ohjeissa määrättiin kasvun vaihtelua koskevaa tutkimusta varten ottamaan 5 koepuuta koealalta. Saman koealan puista ei kuitenkaan laskettu keskiarvoja, vaan aineisto ryhmiteltiin heti suuremmiksi ryhmiksi.

Kirjoittajan keräämässä aineistossa on koepuita samalta koealalta otettu 15—20. Sekametsiköistä, mistä on otettu sekä mänty- että kuusikoepuita, lukumäärä on ollut vastaavasti isompi, 30—40. Kun puita on tuloksia laskettaessa ryhmitelty iän perusteella ja kun muutamia koepuita on jouduttu erilaisista syistä hylkäämään, on lukumäärä joissakin ryhmissä vain 10 tai allekin siitä. Tällaisten ryhmien antamiin tuloksiin on tietenkin suhtauduttava tietyin varauksin.

Taksatorisissa tutkimuksissa, missä halutaan esim. korjata kasvututkimuksen tulosta »normaali-ilmastoon», vaaditaan tietenkin suurempi aineisto. Eklundin (1944) käytettävissä oli 2 641 koepuuta, mitkä oli ryhmitelty puulajin, maantieteellisen aseman ja kovien maiden ja soiden mukaan, ja vain suurinta ryhmää (mänty Etelä-Suomen kovilla mailla), jossa oli 1 096 puuta, Eklund pitää riittävänä.

Tässä tutkimuksessa käytetyssä aineistossa, joka osaksi on kerätty valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä yli maan, osaksi 15—40 koepuuta käsittävinä ryhminä koealoilta, nämä molemmat ryhmät täydentänevät onnistuneesti toisiaan.

Näytteiden otto vuosilustotutkimuksia varten tapahtuu joko rungosta kiekkoja sahaamalla tai kasvukairalla. Edellistä menetelmää ovat käyttäneet esim. Douglass ym. amerikkalaiset dendrokronologit, Boman (1927), Erlandsson (1936) ja Ording (1941 a). Kairausta ovat käyttäneet mm. Kolmodin (1923 ja 1935), Eide (1926), Näslund (1944), Eklund (1942 ja 1944) ja Hustich (1945 ja 1948, Hustich & Elfving 1944). Laitakari (1920) ym. ovat käyttäneet rinnan molempia menetelmiä.

Kiekkojen käyttö tarjoaa joitakin etuja kairaukseen verrattuna. Mittaus kiekosta voi tapahtua luotettavammin ja mittauksen suunta voidaan valita niin, että tilapäisiä häiriöitä on mahdollisimman vähän. Mutta kovin suuren kiekkomäärän keräys ja käsittely on käytännössä jopa mahdotonta. Se seikka, että kairaamalla saadaan samalla vaivalla kerätyksi monta kertaa laajempi aineisto kuin kiekkoja sahaamalla, korvaa monin verroin kiekkojen tarjoamat edut. Ilvessalo (1942, s. 152) on osoittanut, että kasvukaira ei purista kokoon pintalustoja, joten tällaistakaan virhemahdollisuutta ei sisälly kasvukairan käyttöön.

Douglass, Erlandsson ja Ording (m. t.) ovat mittauksissaan käyttäneet puun tyvestä sahattuja kiekkoja. Osittain lienee tässä ollut tavoitteena päästä mittauksissa mahdollisimman kauaksi taaksepäin, mutta tyvileikkauksen käyttö on voinut johtua puhtaasti teknillisistä tai taloudellisistakin seikoista (vrt. Ording 1941 a, ss. 125—129). Tyvileikkaus on kuitenkin muodoltaan siksi epäsäännöllinen ja usein epäkeskinen, että sen käyttöä ei voida suositella ainakaan taksatorisissa lustotutkimuksissa. Boman (1927) on käyttänyt rinnankorkeudelta sahattuja kiekkoja.

Milloin lustotutkimuksissa on käytetty kasvukairalla otettuja lastuja, on kairaukset suoritettu miltei poikkeuksetta rinnankorkeudelta (1.3 m juurenniskasta). Glockin (1937) ym. mukaan suhteelliset vaihtelut vuosilustojen leveydessä ovat pitkin runkoa hyvin saman suuruiset ja yhtenäiset (»vertical uniformity»), joten pienet vaihtelut näytteenottokorkeudessa eivät sanottavia vaikuttane tulokseen. Lustojen keskimääräinen leveys saattaa olla erilainen rinnankorkeudella ja ylempänä rungossa, ja esim. hakkuun vaikutus saattaa olla suhteellisesti hieman erilainen, mutta mikäli tähän mennessä on tutkimuksia suoritettu, niin ilmaston aiheuttamat lustonleveyden vaihtelut näyttävät ylempänäkin rungossa olevan jokseenkin samanlaiset kuin rinnankorkeudella (Douglass 1928, Glock 1937, Eklund 1942). Rinnankorkeus on yleisin mittauskorkeus, jota käytetään mitä erilaisimmissa metsätutkimuksissa. Tosin rungon tyviosalle ominaiset epäsäännöllisyydet, kuten poikkileikkauksen epäsäännöllinen muoto, ulottuvat usein vielä jossain määrin rinnankorkeudelle, mutta joka tapauksessa epäsäännöllisyydet ovat paljon pienemmät kuin puun tyvessä, ja korkeammalta kairaaminen taas on vaikeata.

Tämä tutkimus perustuu kokonaan rinnankorkeudelta kasvukairalla otettuun aineistoon. Vain parissa tapauksessa, eräiden erikoiskysymysten selvittämiseksi, kairattiin puita rinnankorkeuden lisäksi joltakin muultakin korkeudelta.

Vuosiluston leveys ei ole sama puun joka puolella. Rungon poikkileikkaus poikkeaa usein melkoisesti ympyrästä (vrt. Renvall 1923), jolloin vuosilustojen keskimääräinenkin leveys eri puolilla runkoa on

erilainen. Puun erilainen paksuuskasvu eri puolilla runkoa johtunee pääasiassa tuulesta ja on selvin tuulille alttiilla paikoilla (Eklund 1942, s. 275—282, Douglass 1919, s. 22).

Kun samankin vuosiluston leveys, sekä absoluuttisesti että suhteessa vieraisiin lustoihin, saattaa olla melko erilainen riippuen siitä, miltä puolelta puuta mittaus tapahtuu, ei yhdelle ainoalle mittaukselle voida antaa kovin suurta arvoa. Ording (1941 a) on mitannut kustakin kantoleikkauksesta kaksi sädettä, ja samoin Ruden (1945) suosittelee kahden lastun kairaamista kustakin koepuusta. Erlandsson (1936) puolestaan on tyytynyt mittaamaan vuosilustot vain yhtä sädettä pitkin perustellen tätä sillä, että puiden suuri lukumäärä tasoittaa yksittäisissä puissa esiintyvät epäsäännöllisyydet. Kun pyrkimyksenä on tutkia metsikön eikä yksityisen puun kasvua, saadaankin varmaan luotettavampi aineisto kairaamalla esim. kahdestakymmenestä puusta lastu kustakin kuin kymmenestä puusta kaksi lastua kustakin. Asia on hieman toinen, jos käytetään koko poikkileikkauksia, sillä kahdenkymmenen kiekon sahaaminen on tietenkin kaksi kertaa suurempi vaiva kuin kymmenen kiekon. Jos on nähty kiekkojen sahaamisen vaiva, voi olla aiheellista suorittaa kustakin kiekosta useampia mittauksia, ainakin kaksi. Saman puun esim. etelä- ja pohjoispuolelta kairatut lastut eroavat toisistaan jokseenkin saman verran kuin saman metsikön kahdesta eri puusta otetut lastut.

Sekä Erlandsson että Ording ovat kantoleikkauksistaan valinneet sellaisen mittaussuunnan, jossa puun kehitys on ollut säännöllisin ja lustot selvät. Boman sen sijaan on mitannut aina samassa ilmansuunnassa.

Kun aineisto oli kokonaan kerättävä kairaamalla, oli myös ratkaistava, missä ilmansuunnassa kairaus tapahtuu. Valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä kerätyt lastut on kairattu suuntaa valitsematta. Jos siis sääsuhteet vaikuttavat puun paksuuskasvuun eri ilmansuuntiin eri tavoin, ovat sellaiset erot tasoittuneet tässä aineistossa.

Tuulensuojaisissakin paikoissa, jollaisia täystiheitä lähentelevät metsiköt tasaisessa maastossa ovat, lienevät vuosilustot keskimäärin leveimmät rungon itäpuolella. Sen sijaan suhteelliset vaihtelut ovat eri suunnissa jokseenkin samanlaiset (Eklund 1942). Koska suhteelliset mittausvirheet ovat sitä pienempiä, mitä leveämpiä ovat vuosilustot, on koealoittain kerätty lisäaineisto pyritty kairaamaan puiden itäpuolelta. Poikkeuksiakin tästä on, esim. rinteessä olevat puut on yleensä kairattu yläpuolelta. Koealan kaikki puut on kairattu aina samassa suunnassa, paitsi milloin jossakin puussa on valitulla suunnalla todettu epäsäännöllisyyttä, esim. lylyä, on kairaussuuntaa jonkin verran vaihdettu. Muutamilla koealoilla kaikki koepuut on kairattu useammalta puolelta etupäässä sen seikan tutkimiseksi, voidaanko tuulen vaikutusta todeta vuosiluston leveyden vaihteluissa.

Koepuista, joista lastut on kairattu, on lisäksi mitattu rinnankorkeusläpimitta ja kuoren paksuus sekä pituus. Myös on merkitty muistiin latvuskerros sekä mahdolliset epäsäännöllisyydet rungon tai latvuksen muodossa. Monella koealalla piirrettiin lisäksi kartta, josta ilmenee kunkin koepuun asema naapuripuihin verrattuna sekä kantojen, kelojen ja tuulenkaatojen sijainti.

Mittaus.

Sädekasvun mittausta varten metsässä kairatut lastut talletettiin, ja mittaus tapahtui sisätyönä Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa.

Kuivuessaan kairanlastut jonkin verran kutistuvat. Koska jokainen lusto kutistunee suhteellisesti saman verran ja kysymyksessä on saman lastun eri lustojen keskinäinen vertailu, ei tästä ole tiettävästi haittaa tutkimukselle (Ilvessalo 1942, s. 152). Linja-arvioinnin yhteydessä kerätty lastuaineisto mitattiin kuivana.

Myöhemmin kerätty lastuaineisto liotettiin ennen mittausta noin ½ tuntia vedessä. Tänä aikana lastut laajenivat täysin alkuperäiseen pituuteensa. Lastujen kostuttamisen tarkoitus oli osittain poistaa kuivumisen aiheuttama kutistuminen, osittain tehdä vuosilustojen rajat selvemmin näkyviksi.

Männyn ja kuusen vuosilustot ovat siksi selviä, ettei mitään väriaineita välttämättä tarvita lustojen erottamiseksi toisistaan. Mutta työtä voidaan helpottaa selventämällä erilaisin väriainein lustoja. Milloin kevät- ja kesäpuun leveys on mitattava erikseen, on värjäystä pidettävä tarpeellisena. Lustojen selventämiseen on käytetty mm. alkoholia (Erlandsson 1936, s. 19), kerosiniä (Glock 1937, s. 6), aniliinisulfaattia, floroglusiinia ym. Linja-arvioinnin aineistoa mitattaessa kostutettiin tarpeen vaatiessa epäselvä kohta lastusta tärpätillä. Lastut silotettiin kuivina hiekkapaperilla.

Myöhemmin kerätyn aineiston värjäykseen käytettiin aniliinisulfaattia siten, että ennen mittausta lastut saivat olla puolisen tuntia veden asemesta laimeassa aniliinisulfaatin vesiliuoksessa. Tämä väriaine teki kevät- ja kesäpuun eron hyvin selväksi, milloin nekin tahdottiin mitata erikseen.

Kahden vuosiluston raja männyssä ja kuusessa on selvä ja jyrkkä. Sen sijaan kevät- ja kesäpuun raja lustossa on vyöhykeraja, tumman kesäpuun vaihtuessa vähittäin vaaleaksi kevätpuuksi. Milloin kesä- ja kevätpuu on mitattu erikseen, on rajaksi otettu se kohta, missä tumma kesäpuu alkaa muuttua vaaleammaksi. Tämä raja vastaa likimäärin sitä kohtaa, missä soluontelon läpimitta on yhtä suuri kuin onteloiden välisen seinän paksuus.

Ilvessalon (1942, s. 50—51) teoksessa on selostettu koje, jolla valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä kerätyn lastuaineiston mittaus tapahtui. Samaa kojetta käytettiin suurimmassa osassa myöhempiäkin mittauksia. V. 1947 hankittiin Metsätieteelliseen tutkimuslaitokseen Ruotsista uusi lustonmittauskoje, joka on suunniteltu Statens skogsforskningsinstitutissa ja jossa koneen kiertoakselin liike siirtyy suoraan laskukoneeseen, joka vuorostaan kirjoittaa paperiliuskalle suoraan kunkin vuosiluston leveyden. (Koje on edelleen kehitetty ja parannettu Näslundin 1944, ss. 20—22 selostamasta mallista. Eklund 1946.)

Koska vuosiluston leveys eri puolilla runkoa vaihtelee melkoisesti ja koska lopullisten tulosten tulee perustua melko suuresta koepuuaineistosta suoritettujen mittausten keskiarvoihin, ei kunkin luston mittauksessa ole syytä pyrkiä kovin suureen tarkkuuteen. 1/20 vuosiluston leveydestä lienee tyydyttävä tarkkuus (Ruden 1945, s. 193 ja 250). Tämän mukaan olisi 1 mm:n levyiset lustot mitattava vähintään 0.05 mm:n tarkkuudella ja 0.5 mm:n levyiset 0.02 mm:n tarkkuudella. Jos käytettävä koje kuitenkin sallii ilman lisävaivaa suuremman tarkkuuden, on tarkempaa mittausta suositeltava, koska se samalla pakottaa mittaajan suurempaan huolellisuuteen.

Valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä kerätty aineisto mitattiin 0.1 mm:n tarkkuudella. Koska aineisto käsitti melko runsaasti vanhojakin puita, joissa lustojen leveys oli vain 0.2—0.3 mm, olisi suurempi tarkkuus ollut suotava, mutta aineiston suuruus korvannee mittauksen epätarkkuuden. Koska käytetty koje kuitenkin salli tarkemman mittauksen, mitattiin myöhemmin kerätty lisäaineisto 0.01 mm:n tarkkuudella. Ruotsista 1947 hankkittu koje suoritti mittauksen automaattisesti samalla tarkkuudella.

Mittauksessa on tärkeintä, että jokainen lusto tulee merkityksi oikean vuoden kohdalle. Tämän seikan varmistamiseksi monet tutkijat (Douglass, Glock, Ording) ovat piirtäneet kunkin puun vuosilustoanalyysin paperille ja niitä keskenään vertaamalla varmistautuneet, että huomattavan leveät tai kapeat »tunnuslustot» joka puussa sattuvat samojen vuosien kohdalle. Tällä tavalla todetaankin helposti jonkin puun mittauksessa mahdollisesti tapahtunut virhe, jota tämän jälkeen on ruvettava etsimään. Samaten Ruden (1945, s. 196 ja 250) suosittelee jokaisen koepuun lustoanalyysin piirtämistä erikseen etenkin sellaisissa tapauksissa, jos on aihetta epäillä joidenkin lustojen puuttuvan.

Kun aineisto käsittää tuhansia puita, on täydellisen lustoanalyysin piirtäminen kustakin puusta liian paljon aikaa ja työtä vaativa tehtävä. Tottunut tutkija oppii melko nopeasti lukemaan alkuperäisiä mittauspöytäkirjoja melkein yhtä vaivattomasti kuin graafisia esityksiäkin, joten virheiden etsintä voidaan suorittaa tyydyttävästi mittauspöytä-

kirjojenkin perusteella, ehkä käyttämällä piirtämistä apuna epäilyttävissä kohdissa. Kirjoittaja piirsi työtä aloittaessaan satojen puiden analyysit, mutta aineiston laajentuessa piirtämisen jatkaminen olisi käynyt ylivoimaiseksi.

Mittauksen tarkistaminen ja virheiden etsintä tapahtuu helposti ja luotettavasti poikkeuksellisten vuosien perusteella, jolloin yhtenäisesti laajoilla alueilla syntyy tavallista leveämpi tai kapeampi lusto. Poikkeuksellisen huonot vuodet, siis kapeat lustot (esim. 1931, 1928, 1926, 1902, 1867, 1806) ovat yleensä selvempiä ja silmäänpistävämpiä kuin tavallista suotuisammat kasvuvuodet, mutta myös muutamat leveät lustot (esim. 1934, 1922, 1901, 1882) ovat todettavissa läpi koko aineiston. Myös poikkeuksellisen heikosti tai voimakkaasti kehittynyt kesäpuu on tunnusmerkillistä tietyille vuosille, joita voidaan siis käyttää mittauksessa merkkivuosina.

Mittauksessa aiheuttavat epävarmuutta ja virheitä joidenkin lustojen puuttuminen ja kaksoislustot. Douglassin ym. mukaan syntyy kaksoislustoja melko usein aridissa ilmastossa, missä kosteus on kasvua rajoittava tekijä ja vuodessa on kaksi sadeaikaa. Sen sijaan Pohjois-Europan mänty- ja kuusiaineistossa ei kirjoittaja paremmin kuin muutkaan tutkijat ole tavannut ainoatakaan selvää kaksoislustoa, paitsi joskus aivan ytimen lähellä. Joissakin tapauksissa on jokin lusto tullut mitatuksi aluksi kahtena, mutta tämä on johtunut pihkarakkuloista tai muista epäsäännöllisyyksistä kairanlastussa.

Joissakin tapauksissa oli kesäpuu niin heikosti kehittynyt, että se on mittaajalta jäänyt huomaamatta, jolloin siis kaksi lustoa on mitattu yhdeksi. Tällaiset tapaukset on kuitenkin tarkistuksessa helposti löydetty.

Eniten vaikeutta aiheuttivat puuttuvat lustot. On mahdotonta, että jonakin vuonna puu ei kasvaisi ollenkaan, mutta melko usein sattuu, että joissakin osissa rungon pintaa lustoa ei muodostu tai se jää niin kapeaksi, että käytettävällä suurennuksella sitä on mahdoton todeta (vrt. Erlandsson 1936, s. 17). Jos kairaus on sattunut tällaiseen kohtaan, saattaa lastusta puuttua kokonaan yksi tai useampiakin lustoja. Lustojen puuttuminen lienee tavallisempaa rungon tyviosassa kuin ylempänä (Somerville 1927, s. 75). Lustojen puuttumista esiintyy kuitenkin vain vanhoissa ja hidaskasvuisissa puissa epäsuotuisina vuosina, jolloin ehkä jokin muukin kuin ilmastollinen tekijä on ollut estämässä kasvua. Esim. Lapin männyistä puuttui välistä useita lustoja vv. 1903—10. Jos on ollut useita epäsuotuisia vuosia peräkkäin, kuten Lapissa tämän vuosisadan alussa, on kasvua kyllä saattanut vähän tapahtua joka vuosi, mutta jos uutta puuta on vuosittain syntynyt esim. 1—2 solukerrosta, ei mitään lustoja kevät- ja kesäpuun eroineen ole muodostunut, vaan usean vuoden kasvu on sulautunut yhteen.

»Tunnuslustojen» perusteella on melko helppo todeta, että yksi tai useampia lustoja mittauksesta puuttuu. Melkoisella todennäköisyydellä voidaan useimmiten myös määritellä se vuosi, jolloin lustoa ei ole muodostunut, mutta aivan vuoden tarkkuudella sitä ei aina pystytä ratkaisemaan.

Pituuskasvun mittaukset on suoritettu metsässä kaadetuista puista mittaamalla kunkin kasvaimen pituus cm:n tarkkuudella mahdollisimman kauaksi taaksepäin. Samanlaista menetelmää ovat käyttäneet muutkin, jotka ovat tutkineet pituuskasvun vaihteluita (esim. Laitakari 1920). Samoista puista, joista tutkittiin pituuskasvu, otettiin myös kairanlastut sädekasvun vaihteluiden selvitystä varten.

Aineiston matemaattinen käsittely.

Metsikön puiden kasvu on riippuvainen hyvin monesta tekijästä. Tutkittaessa tietyn tekijän tai tekijäryhmän, esim. sääsuhteiden, vaikutusta kasvuun pyritään toisten tekijäin vaikutus eliminoimaan, mikä tapahtuu aineistoa eri tavoin matemaattisesti korjaamalla. Tärkein korjattava tekijä on vuosilustojen jatkuva kapeneminen puun iän lisääntyessä. Tästä korjauksesta käytetään seuraavassa nimitystä ikäkorjaus. Toinen tavallinen korjaus on hidas- ja nopeakasvuisten puiden ja metsiköiden saattaminen saman vertaisiksi keskiarvolaskuja ja keskinäisiä vertailuja varten, ns. standardisointi. Seuraavassa esitetään lyhyt katsaus eri tutkijain käyttämiin menetelmiin, mistä samalla selviävät syyt tässä tutkimuksessa käytetyn menetelmän valintaan.

Kunkin puun erillistä standardisointia tarvitaan, jotta keskiarvoja laskettaessa jokainen puu saisi samanlaisen merkityksen ja jotta voitaisiin laskea korjattuja vuosilustosarjoja mahdollisimman kauaksi taaksepäin, jolloin — aineistoon sisältyvien puiden ollessa eri-ikäisiä — puiden luku vähenee, mitä kauemmaksi taaksepäin mennään. Douglass (1928, s. 40) on suorittanut standardisoinnin ennen ikäkorjausta jakamalla puun jokaisen luston leveyden niiden keskiarvolla. Ording (1941 a, s. 146—147), joka on suorittanut ikäkorjauksen kullekin puulle erikseen, on suorittanut standardisoinnin ikäkorjauksen jälkeen merkitsemällä vuosilustojen keskiarvon (M) 1:llä ja kertomalla kunkin luston leveyden vastaavalla suhdeluvulla $\frac{1}{M}$. Samanlaista menetelmää on käyttänyt Aandstad (1938). Kolmodin (1923, s. 8) on merkinnyt vv:n 1880—1919 kokonaissädekasvuksi 1000, jolloin siis jokaisessa puussa keskimääräiseksi lustonleveydeksi tulee 25.

Jokaisen puun standardisointi erikseen on sangen suuritöinen tehtävä, josta laajoissa aineistoissa ei liene vastaavaa hyötyä. Niinpä Douglass (1928, s. 41) on jättänyt sen suorittamatta, jos ryhmässä on yli 15

puuta ja ikäerot suhteellisen pieniä. Milloin ikäkorjausta ei ole tehty, ei ole myöskään standardisoitu vuosilustoja samaan tasoon. Näslundin (1944) ja Eklundin (1944) matemaattisissa korjausmenetelmissä standardisointi tapahtuu ryhmittäin laskemalla ns. vuosilustoindeksit, jolloin ikäkorjausviivan mukainen »normaalikasvu» kunakin vuonna merkitään 100:lla. Mikäli jonkinlainen ikäkorjaus suoritetaan, tapahtui se sitten millä tavalla tahansa, on tällaisten indeksien laskenta ehdottomasti käytännöllisin ja yksinkertaisin standardisoimiskeino. Itse asiassa Ordingin standardisoiduilla ja korjatuilla keskiarvoilla ja Näslundin vuosilustoindekseillä ei ole muuta eroa, kuin viimeksi mainitut ovat 100 kertaa suurempia. Sen sijaan Erlandssonin (1936, s. 22) menetelmä, jossa alkuperäisten ja korjattujen lustonleveyksien keskiarvo on sama, on paljon suuritöisempi.

Eliminoitaessa puun vanhenemisen vaikutusta vuosiluston leveyteen pyritään hakemaan jonkinlainen normaaliviiva, jota kasvu seuraisi, jos sääsuhteet olisivat joka vuosi täsmälleen samat eikä mitään muitakaan häiritseviä tekijöitä esiintyisi. Tälle käyrälle on ominaista, että se lähinnä puun ydintä on muutamia vuosia nouseva saavuttaen pian maksimin ja sitten on laskeva, aluksi nopeasti, mutta lähenee puun vanhalla iällä yhä enemmän vaakasuoraa (Ruden 1945, ss. 196—197). Kunkin vuoden suhteellisen sädekasvun ilmaisee todellisen sädekasvun suhde normaaliviivan antamaan arvoon.

Normaaliviivan etsimisessä on käytetty monenlaisia menetelmiä aivan silmävaraisesta tasoituksesta matemaattisiin funktioihin saakka. Douglass, joka ensimmäisenä on käyttänyt ikäkorjausta vuosilustoanalyyseissä, on useimmiten piirtänyt normaaliviivan silmävaraisesti, käyttämällä apuna osakeskiarvoja, jolloin viiva on ollut joko käyrä tai murtoviiva (Douglass 1928, s. 41). Eräässä tapauksessa Douglass (1914, s. 113) esittää myös matemaattisen menetelmän, joka perustuu kokemukseen, että vuosiluston leveys on kääntäen verrannollinen puun iän neliöjuureen. Suoraviivaista ikäkorjausta ovat käyttäneet mm. Wallén (1917) ja Kolmodin (1923). Wallén on laskenut tasoitusviivan pienimmän neliösumman menetelmällä, Kolmodin osakeskiarvojen avulla. Suoraviivaista ikäkorjausta voidaankin pitää tyydyttävänä, jos tutkittava ajanjakso on lyhyt ja sattuu puiden vanhalle iälle. Eide (1926) pitää ikäkorjausta tukimassaan tapauksessa kokonaan tarpeettomana, ts. tutkittavan ajanjakson normaaliviiva on vaakasuora. Eide on tutkinut kasvun vaihteluita 17 vuoden aikana suhteellisen vanhoissa kuusikoissa.

Myös Hustich (1944) on käyttänyt suoraviivaista tasoitusta, mutta hän ei ole pyrkinyt korjaamaan iän aiheuttamaa vuosilustojen kapenemista, vaan määräämään lustonleveyden kehityksen suunnan tutkimanaan ajanjaksona.

Ording (1941 a, ss. 144—149) on selostanut käyttämänsä hyvin suuritöisen menetelmän normaalikäyrän (»livskurve») löytämiseksi. Saman tapaisia menetelmiä ovat aikaisemmin käyttäneet Huntington (1914), Erlandsson (1936) ja Aandstand (1938). Menetelmä perustuu keskiarvojen laskemiseen eri-ikäisistä, mutta samanlaisissa oloissa kasvaneista puista siten, että ensin lasketaan yhteen kunkin puun lähinnä ydintä oleva vuosilusto, sitten toinen lusto ytimestä jne. Koska puut ovat eri-ikäisiä, sattuvat samassa asemassa olevat lustot eri kalenterivuosille, ja näin ilmaston vaihteluista aiheutuvat erot tasoittuvat. Mikäli saadussa käyrässä vielä on epäsäännöllisyyttä, tasoitetaan se ns. liukuvilla keskiarvoilla. Ording on käyttänyt 21 vuoden keskiarvoja, ts. laskenut kunkin vuoden kohdalla sen ja kummaltakin puolelta 10 lähimmän vuoden lustonleveyden keskiarvon. Menetelmä on hyvä, vaikkakin suuritöinen, jos vain voidaan saada riittävä määrä eri-ikäisiä, mutta muutoin täsmälleen samanlaisissa oloissa — kasvupaikan, metsikön syntytavan, tiheyden ym. puolesta — kasvaneita puita. Myös tutkittavien puiden on täytynyt kasvaa häiriintymättä ja samanlaisissa oloissa, kuin normaaliviivan laskemiseen käytetyt ovat kasvaneet. Milloin tutkimus koskee metsiä, missä on tapahtunut hakkuita, metsäpaloja tms., on usein silmävarainen tasoitus ainoa kysymykseen tuleva keino, ehkä osakeskiarvoja apuna käyttäen (Eidem 1943).

Normaaliviiva eli kasvukäyrä muistuttaa — huipun sivuutettuaan — hyperbeliä, joka aluksi laskee melko jyrkästi, mutta puun vanhemmalla iällä yhä enemmän lähestyy vaakasuoraa. Tämä havainto on antanut aiheen pyrkiä ratkaisemaan ikäkorjauskysymyksen matemaattisella hyperbelifunktiolla. Näslund (1944) on käyttänyt kaavaa:

$$y = a + \frac{b}{x}, \qquad (1)$$

jossa y = vuosiluston leveys $\frac{1}{100}$ mm:ssä lausuttuna ja x = vuosiluston järjestysnumero, kun 2 cm ytimestä jätetään pois laskusta. a ja b ovat vakioita, jotka määrätään pienimmän neliösumman menetelmällä. Tämän kaavan käyttäminen edellyttää jokseenkin tasaikäisiä tutkimusmetsiköitä tai aineiston ryhmittämistä hyvin moneen ikäluokkaan. Koska Eklundin (1944) käytettävissä olleessa aineistossa ikäerot olivat suuret, ei hän voinut käyttää ylläolevaa kaavaa, vaan on sen sijaan esittänyt seuraavan:

$$\frac{1}{y} = a + b\ (x - k) \qquad (2)$$

y on tässäkin vuosiluston leveys vuonna x, x on vuosiluku ja k tutkittavan ajanjakson ensimmäisen vuoden edellinen vuosiluku.

Ruden (1945) perustaa matemaattisen tasoituksen olettamukseen, että vuosiluston vuotuinen kapeneminen on prosenteissa jatkuvasti sama. Tällä perusteella hän on esittänyt funktion:

$$y = \frac{a}{1.0p^x} \tag{3}$$

ja edelleen:

$$log\ y = log\ a - x\ .\ log\ 1.0p$$

y on tässäkin vuosiluston leveys ja x vuosiluston järjestysnumero laskettuna tietystä lähtökohdasta kasvukäyrän huipun jälkeen, esim. 2 cm ytimestä. Vakioiden a ja p arvot lasketaan pienimmän neliösumman menetelmällä.

Kaikkia näitä matemaattisia tasoitusmenetelmiä voidaan tietenkin käyttää vain kasvukäyrän laskevalla osalla käännepisteen jälkeen. Etsittäessä normaaliarvoja lähinnä ydintä olevia lustoja vastaaville vuosille on siis käytettävä muita menetelmiä. Ruden (1945, ss. 200—201) huomauttaa myös siitä systemaattisesta virheestä, jonka liukuvien keskiarvojen käyttö aiheuttaa kasvukäyrän maksimikohdan lähettyvillä.

Näslundin funktion (1) mukaan kasvukäyrä on hyperbeli, jonka toisena asymptoottina ($x = 0$, $y = \infty$) on vuosilusto 2 cm ytimestä ja toinen asymptootti on x-akselin suuntainen. Tämä merkitsee sitä, että 2 cm ytimestä sijaitseva vuosilusto olisi äärettömän leveä, ja funktio on siis käyttökelpoinen aikaisintaan noin 4 cm:n päästä ytimestä lähtien. Eklundin funktion (2) pystysuoran asymptootin paikka ei ole kiinteä, mutta vaakasuorana asymptoottina on x-akseli itse. x-akselin määrääminen vaakasuoraksi asymptootiksi perustuu olettamukseen, että 0 on se raja-arvo, jota vuosiluston leveys puun vanhetessa jatkuvasti lähestyy. Menetelmässä on heikkoutena se, että se perustuu lustonleveyksien käänteisarvojen suoraviivaiseen tasoitukseen ja siis suhteellisen kapeat lustot saavat paljon suuremman painon kuin leveät.

Jos halutaan kasvukäyrän etsinnässä käyttää hyperbelitasoitusta, jossa kummankaan asymptootin paikka ei ole kiinteästi määrätty, voidaan käyttää funktiota:

$$y = a + \frac{b}{x - k} \tag{4}$$

y on vuosiluston leveys, x on sen järjestysnumero mielivaltaisesta lähtökohdasta lukien, ja a, b sekä k ovat vakioita, joiden arvo lasketaan pienimmän neliösumman menetelmällä.

Suoritetut koelaskennat osoittivat, että Rudenin funktio (3) antaa kasvukäyrälle yleensä liiaksi suoraa lähentelevän muodon. Näslundin funktio (1) antaa puiden vanhalla iällä hyvän tuloksen, mutta ydintä lähestyttäessä, missä käyrä alkaa yhä enemmän kaartaa

pystysuoran asymptoottinsa suuntaiseksi, puiden kasvu ei noudata tällaista funktiota. Kun kasvukäyrän laskennassa käytettävän ajanjakson tulee olla melko pitkä, mieluimmin yli 50 vuotta, täytyy Näslundin menetelmällä laskettaessa puiden olla vähintään ehkä 80 vuotta vanhoja. Eklundin funktio (2) on vertailevissa laskentakokeissa antanut yleensä parempia tuloksia kuin Näslundin, etenkin puiden nuorella iällä. Menetelmä onkin käyttökelpoinen yleensä kasvukäyrän käännepisteestä lähtien (vrt. ss. 40—45). Funktio (4) on ehdottomasti joustavin ja suorittaa kasvukäyrän tasoituksen parhaiten. Sitä käytettäessä vaakasuora asymptootti lankeaa milloin 0:n ylä-, milloin alapuolelle, mikä biologisesti on mahdottomuus ja on selitettävissä vain havaintoaineiston puutteellisuuden perusteella. Menetelmä on myös tuntuvasti suuritöisempi kuin sekä Näslundin että Eklundin funktioiden käyttö.

Ei voida väittää, että puiden sädekasvun väheneminen iän lisääntyessä noudattaisi tiettyä matemaattista kaavaa. Yritettäessä eliminoida sääsuhteiden aiheuttamia sädekasvun vuotuisia vaihteluita on kuitenkin pyrittävä käyttämään jotakin matemaattista menetelmää silmävaraisen tasoituksen tukena ja subjektiivisuuden välttämiseksi. Tässä työssä tekijä on valinnut käytettäväksi Eklundin menetelmän, koska se on tuntuvasti funktiota (4) yksinkertaisempi ja menetelmän olettamus, että 0 on se raja-arvo, jota luston leveys jatkuvasti lähestyy, pitänee likimain paikkansa.

Kokonaisuudessaan ikäkorjaus ja standardisointi on tapahtunut seuraavasti:

Käsiteltävän puuryhmän, esim. koealan kaikkien puiden, vuosilustosarjoille on ensin laskettu keskiarvosarja laskemalla yhteen saman vuoden luston leveys kaikista puista ja jakamalla summa puiden lukumäärällä. Keskiarvosarja on pyritty laskemaan mahdollisimman kauaksi taaksepäin. Puuryhmän nuorimmat puut määräävät, miten pitkä vuosilustosarja saadaan. Keskiarvosarja on sitten kuvattu millimetripaperille ja sitä tarkastelemalla on voitu likimäärin arvioida käyrän käännepisteen sijainti, ts. miten lähelle ydintä hyperbelitasoituksella voidaan mennä. Käyrän alkuosa ennen käännepistettä, milloin sitäkin on haluttu käyttää hyväksi, on tasoitettu silmävaraisesti tai Ordingin menetelmällä (ilman liukuvia keskiarvoja).

Laskutyön yksinkertaistamiseksi on keskiarvosarjoista laskettu ensin 5 vuoden osakeskiarvot ja nämä on tasoitettu Eklundin menetelmän mukaan. Tasoitettavaan sarjaan on valittu 5-vuotiskausia (pentadeja) pariton luku ja keskimmäiselle niistä on annettu järjestysluku 0. Vuosilukujen asemesta käytetään pentadien järjestyslukuja positiiviseen ja negatiiviseen suuntaan, siis kaavassa

$$\frac{1}{y} = a + bx$$

x on pentadin järjestysluku ja y 5 vuoden vuosiluston keskiarvo; kun pentadeja on pariton luku ja keskimmäinen merkitään 0:ksi, on $\Sigma x = 0$.

Koska menetelmä perustuu vuosilustojen käänteisarvojen suoraviivaiseen tasoittamiseen, saavat kapeat lustot (pentadien keskiarvot) suhteellisesti suuremman painon kuin leveät. Tästä syystä näin laskettu käyrä ei aina tasoitakaan hyvin lustonleveyksiä metsikön nuorella iällä, jolloin lustot ovat suhteellisen leveitä ja kasvukäyrä jyrkästi laskeva, vaan käyrän alkupää lankeaa kokonaan liian alas tai ylös. Tällöin on välttämätöntä korjata matemaattisesti lasketun käyrän alkupäätä joko täysin silmävaraisesti tai Ordingin menetelmällä laskettuun käyrään nojautuen.

Kovin pitkien vuosilustoanalyysien tasoittaminen yhtenä sarjana ei myöskään yleensä onnistu. Pisimpänä tasoitussarjana onkin pidetty 105 vuotta (21 pentadia) ja sitä pitemmät analyysit on tasoitettu useampana osana niin, että eri tasoitussarjat limittäin peittävät toisensa. Esim. v:een 1700 ulottuva analyysi on tasoitettu seuraavina osina: 1700—1804, 1750—1854, 1800—1904 ja 1840—1944. Eri käyrät eivät yleensä lankea aivan yhteen, mutta lopullinen yhtenäinen käyrä on helppo piirtää silmävaraisesti näiden osakäyrien perusteella.

Lopullinen ikäkorjaus on suoritettu tasoituskäyrästä laskemalla Näslundin ja Eklundin tavoin kunkin vuoden vuosilustoindeksi, ts. todellisen lustonleveyden ja käyrän osoittama »normaalileveyden» prosenttinen suhde.

Tutkimusaineisto.

Valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä 1936—38 kerätty koepuuaineisto käsitti kaikkiaan 2 641 puuta ja jakaantui puulajien sekä Etelä- ja Pohjois-Suomen kesken taulukon 1 osoittamalla tavalla (Ilvessalo 1942, s. 151).

Taulukko 1. Vv. 1936—38 kerätty aineisto.

Table 1. Material gathered in 1936—38.

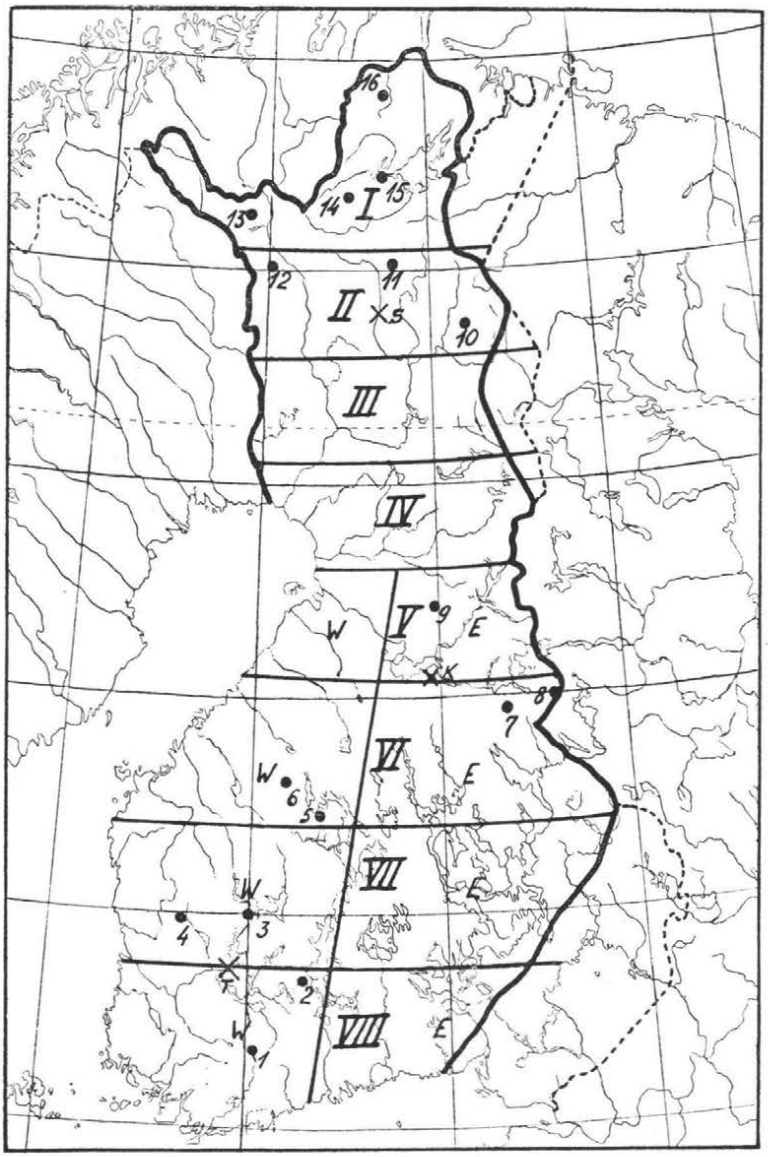
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Yhteensä *Total*
Kovat maat — *Firm forest lands:*			
Etelä-Suomi — *South Finland*	1 096	560	1 656
Pohjois-Suomi — *North Finland*	581	218	799
Suot — *Peat lands:*			
Etelä-Suomi — *South Finland*	67	81	148
Pohjois-Suomi — *North Finland*	13	25	38
Yhteensä — *Total*	1 757	884	2 641

Ilvessalo (1942) ja Eklund (1944) ovat tätä aineistoa käsitellessään taulukossa 1 esiintyvän ryhmittelyn lisäksi jakaneet suurimman ryhmän (mänty, Etelä-Suomi, kovat maat) ikäluokkiin. Tutkimukset ovat kohdistuneet vain ajanjaksoon 1887—1936.

Tutkimusalue käsittää koko Suomen. Kasvun vaihteluiden vertailua varten pienempien alueiden puitteissa maa on jaettu pohjois-eteläsuunnassa 8 vyöhykkeeseen sekä eteläiset vyöhykkeet lisäksi läntiseen ja itäiseen puoliskoon siten, kuin kuva 1 osoittaa.

Kuva 2 esittää männyn vuotuista sädekasvua alueittain vv. 1880—1936 linja-arvioinnin yhteydessä kerätyn aineiston perusteella. Tähän vertailuun on otettu mukaan ainoastaan kovien maiden puut sekä alueissa V—VIII vain ikäluokat [1]) 81—120 v. Pohjoisissa alueissa on myös vanhempia ikäluokkia otettu mukaan. Kuva 3 esittää vastaavalla tavalla kovien maiden kuusen sädekasvua vuosittain yllä mainitun aineiston perusteella.

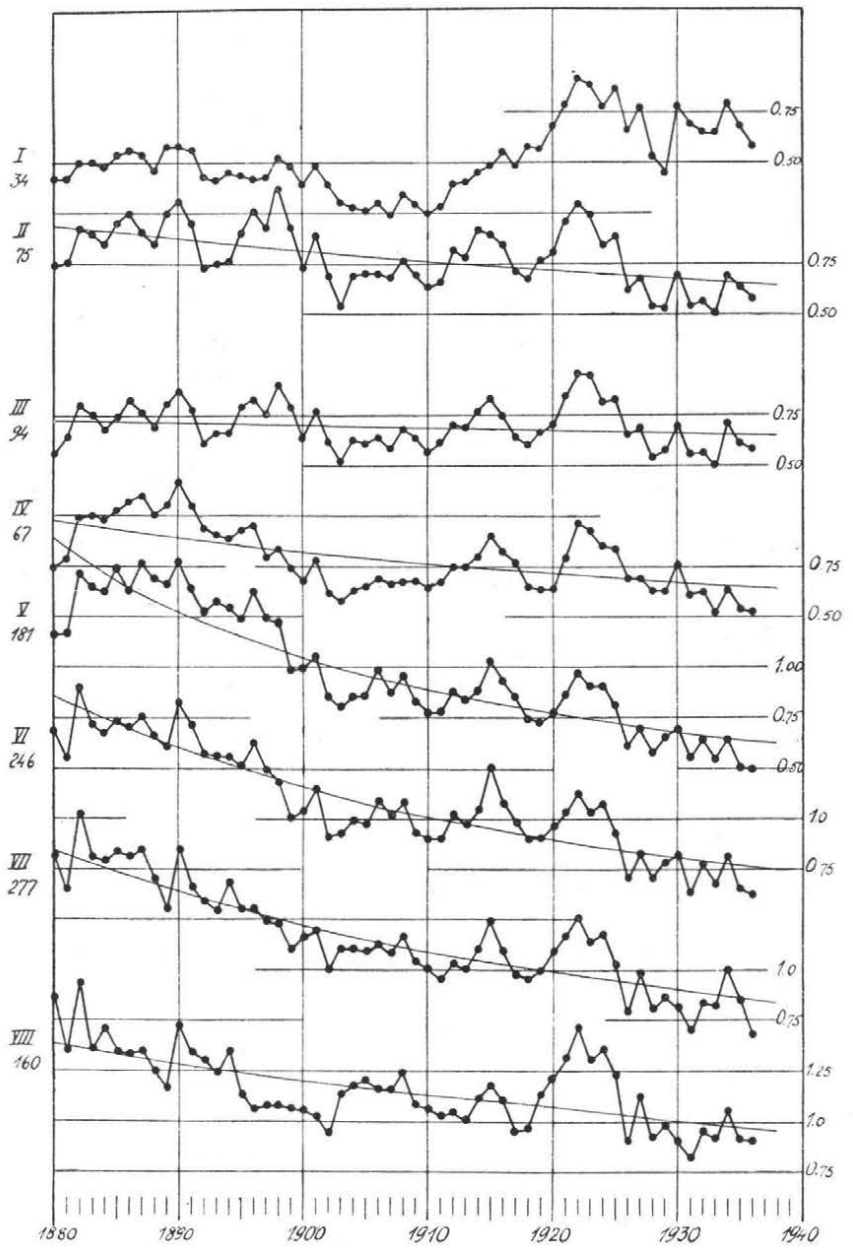
[1]) Milloin tässä tutkimuksessa puhutaan puiden iästä, tarkoitetaan sillä aina rinnankorkeusikää.



Kuva 1. Tutkimusalueet. — *Fig. 1. Localities of research.*

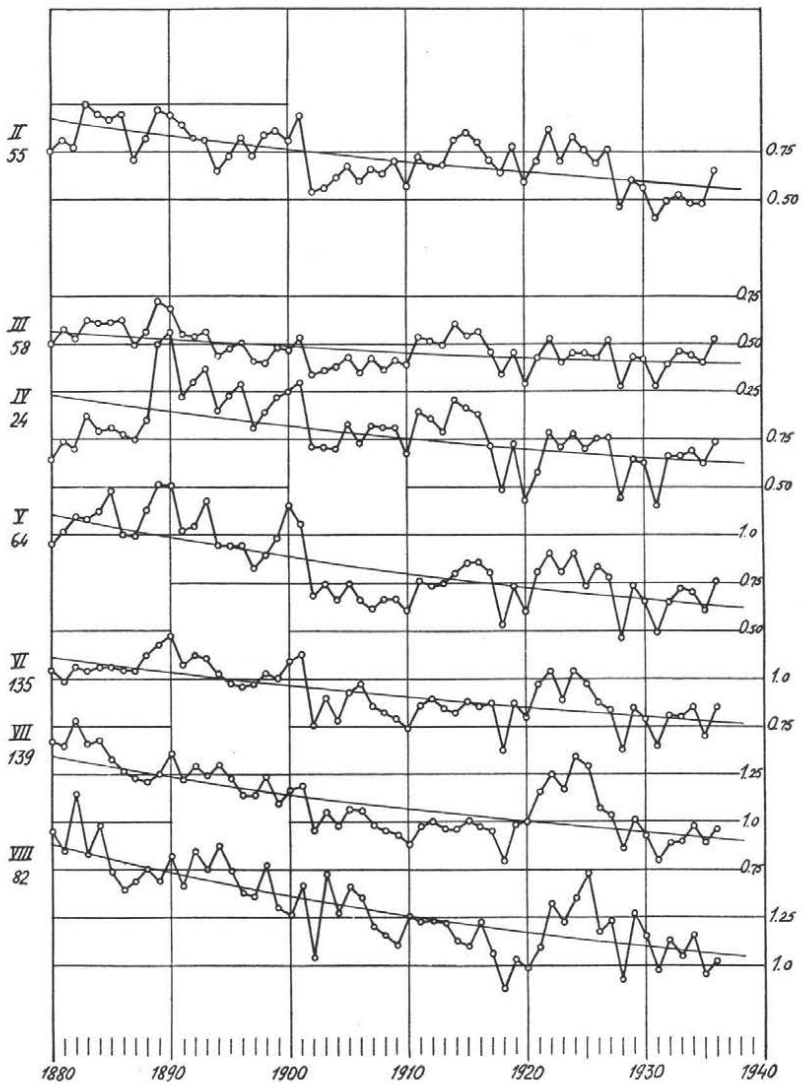
1. Tammela
2. Padasjoki
3. Kuru-Ruovesi
4. Pohjankangas
5. Saarijärvi
6. Kivijärvi
7. Sotkamo
8. Kuhmo
9. Puolanka
10. Savukoski
11. Sompio
12. Pallasjärvi
13. Enontekiö
14. Lemmenjoki
15. Inari
16. Utsjoki

Ilmatieteelliset havaintoasemat — *Meteorological stations:* T = Tampere, K = Kajaani, S = Sodankylä.



Kuva 2. Männyn vuotuisen sädekasvun vaihtelut 1880—1936 vv:n 1936—38 aineiston mukaan. Roomalaiset numerot tarkoittavat alueita (kuva 1) ja arabialaiset numerot koepuiden lukumääriä.

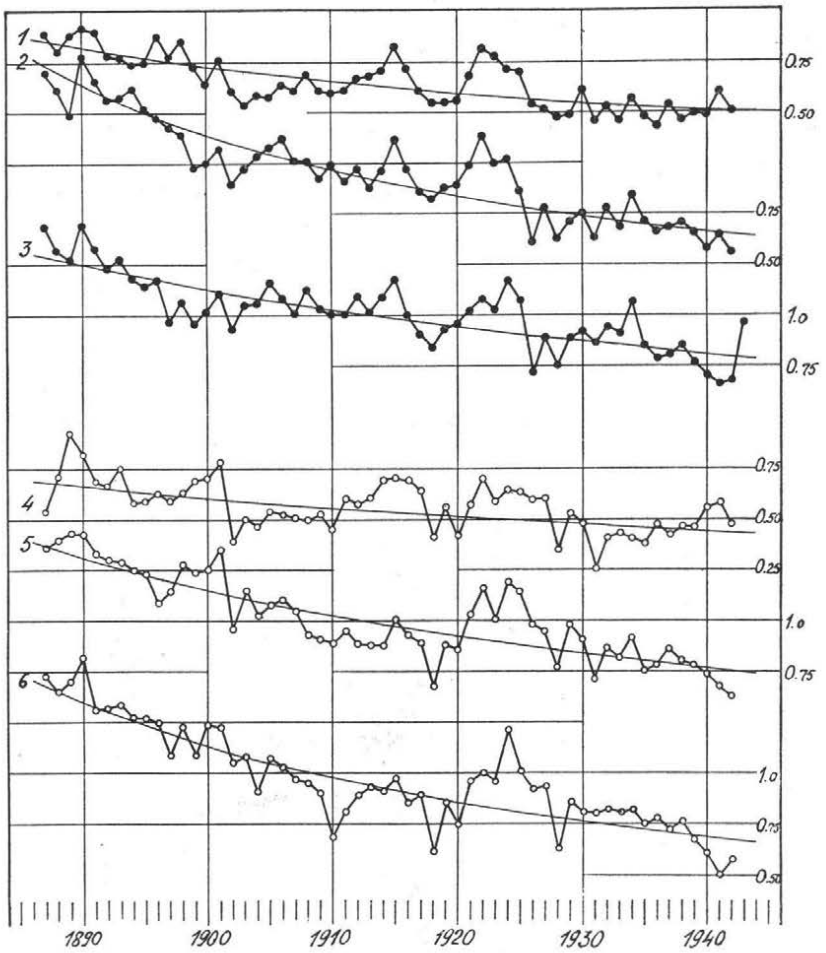
Fig. 2. Variations in the annual radial growth of pine in 1880—1936, according to the material of 1936—38. The Roman figures indicate districts of the country (Fig. 1), the Arabic numbers of sample trees.



Kuva 3. Kuusen vuotuisen sädekasvun vaihtelut 1880—1936 vv:n 1936—38 aineiston mukaan. Kts. selitystä kuvassa 2.

Fig. 3. Variations in the annual radial growth of spruce according to the material of 1936—38. See text to Fig. 2.

Valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä kerätyn aineiston täydennykseksi koottiin Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen arvioimisosaston toimesta vv. 1942—43 lisäaineistoa eri puolilta Suomea ja Itä-Karjalasta. Tämä täydennysaineisto, jonka määrä ja jakaantuminen näkyy taulukosta 2, on kaikki kovilta metsämailta.



Kuva 4. Vuotuisen sädekasvun vaihtelut vv. 1942—43 kerätyn täydennysaineiston mukaan.

Fig. 4. Variations in the annual radial growth according to the supplementary material gathered in 1942—43.

1. Mänty, Pohjois-Suomi—*Pine, North Finland*
2. » Etelä-Suomi — » *South Finland*
3. » Itä-Karjala — » *East Carelia*
4. Kuusi, Pohjois-Suomi—*Spruce, North-Finland*
5. » Etelä-Suomi — » *South Finland*
6. » Itä-Karjala — » *East Carelia*

Taulukko 2. Vv. 1942—43 kerätty aineisto.

Table 2. Material gathered in 1942—43.

	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Yhteensä *Total*
Etelä-Suomi — *South Finland*	214	57	271
Pohjois-Suomi — *North Finland*	213	77	290
Itä-Karjala — *East Carelia*	101	93	194
Yhteensä — *Total*	528	227	755

Eteläsuomalainen aineisto on peräisin pääasiassa Itä-Suomesta, varsinkin Punkaharjun kokeilualueesta ja Nikkarilan hoitoalueesta (alue VII E), mutta jonkin verran myös pohjoisempaa (alueesta VI) sekä Karjalan kannakselta (alue VIII E). Pohjoissuomalainen aineisto taas on pääasiassa Rovaniemen seudulta (alue III), mutta osaksi Oulujärven ympäriltä (alue V) ja Kolarista (alue II). Itäkarjalainen aineisto on kokonaisuudessaan Aunuksesta, Laatokan ja Äänisjärven väliseltä alueelta, joka siis rajoittuu Suomen puoleiseen alueeseen VII E. (Alueen VII E aineisto on hyvin suurelta osalta peräisin Suojärveltä ja Ilomantsista.) Itä-Karjalan aineisto muodostaa hyvin tärkeän lisän tutkittaessa kasvun vaihteluissa länsi-itäsuunnassa tapahtuvia muutoksia.

Vuosien 1942—43 aineistojen tulokset on esitetty kuvassa 4. Vuosilustosarjat on laskettu vain ajanjaksolle 1887—1942.



Kuva 5. Koeala 22, Tammela.
Fig. 5. Sample plot 22, Tammela.
Valok. — *Photo* P. M. 2. 7. 1945.

Vv. 1945—49 kerätty aineisto on myöskin eri puolilta maata siten, että samalta seudulta on yleensä useampia koealoja. Aineisto muodostaa siten ryhmiä, jotka lyhyesti selostetaan seuraavassa. Seudut, mistä aineistoa on kerätty, on merkitty oheiseen karttaan (kuva 1).

1. *Tammelan aineisto* (1945 ja 1948) on koottu pääasiassa Tammelan valtionpuistosta (60° 40′ p. l., 24° i. p.) Liesjärven lähistöltä (koealat 6—22), osaksi Tammelan valtionpuiston koillisosasta (koealat 135—141) ja osaksi Hyrkylän valtionpuistosta Pusulasta (koealat 2—5). Seutu on melko ylävää moreenimaata, ns. Tammelan ylänköä. Tutkimuskohteiksi on saatu sekä vanhoja että nuoria metsiköitä, jotka tutkittavan ajanjakson ovat kasvaneet jokseenkin hakkaamattomina; muutamat koealat ovat vanhoja säästömetsiä. Kaikkiaan Tammelan aineisto käsittää 28 koealaa, joista 24 kovilta mailta ja 4 soilta, ja 517 koepuuta, joista mäntyjä 325 ja kuusia 192.

Taulukko 3. Tammelan aineisto.
Table 3. Material from Tammela.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
2	OMT	Ku [1]	9	119	34.4	Tasaik. kuusikko, säästömetsää
3	OMT	Ku	7	189	43.8	Tasaik. kuusikko, jossa kuusiylispuita
		Ku	7	81	23.8	
4	VT	Mä	18	68	18.2	Tasaik. luonnontilainen männikkö
5	MT	Mä	15	138	36.6	Säästömetsää. Täystiheä mänty-kuusisekametsikkö
		Ku	10	117	24.2	
6	VK	Ku	19	106	22.6	Hieman eri-ik. aukkoinen korpikuusikko
7	MT	Mä	15	140	39.7	Tasaik. harvahko mänty-kuusisekametsä, jossa
		Ku	5	122	41.2	tiheä kuusialikasvos (Kaakkomäen säästö-
		Ku	10	65	17.6	metsä)
8	OMT	Ku	17	70	23.2	Tasaik. täystiheä kuusikko
9	IR	Mä	14	120	15.4	Eri-ik. harva rämemännikkö
10	MT	Mä	15	112	34.1	Varteva rinnemännikkö, seassa ja alikasvoksena vähän kuusta
		Ku	5	72	23.2	
11	MT	Ku	15	84	30.0	Täystiheä puhdas kuusikko
12	MT	Mä	14	15	8.3	Kylvetty männyn taimisto
13	VT	Mä	28	85	16.7	Tasaik. männikkö, hiekkainen kangas
14	VT	Mä	20	99	26.3	Tasaik. puhdas männikkö
15	KR	Mä	13	120	19.6	Eri-ik. tiheä ja hyväkasvuinen rämemetsä
16	HSR	Mä	13	96	16.7	Eri-ik. harva rämemännikkö
17	MT	Mä	5	116	46.5	Tiheä kuusikko, jossa suuria mäntyjä ylispuina
		Ku	15	47	18.5	
18	MT	Ku	15	28	8.3	Luontaisesti syntynyt tasaik. taimisto
19	OMT	Ku	10	113	39.6	Pitkää ja järeää kuusikkoa lehtom. maalla
20	OMT	Mä	15	119	36.1	Säästömetsää. Varteva männikkö
21	MT	Mä	10	125	44.8	Harvahko järeä männikkö, jossa kuusialikasvos.
		Ku	10	36	11.2	Säästömetsää
22	VT	Mä	15	127	35.5	Tasaik. harjumännikkö
135	OMT	Mä	19	92	35.7	Tasaik. männikkö, jossa kuusialikasvos
136	VT	Mä	20	91	23.0	Tasaik. kuusen sek. männikkö
137	VT	Mä	20	99	26.5	Tasaik. männikkö
138	MT	Ku	20	88	26.1	Hieman eri-ik. puhdas kuusikko
139	VT	Mä	20	96	27.6	Tasaik. männikkö
140	MT	Mä	20	152	37.1	Vanha tasaik. mänty-kuusisekametsä
		Ku	18	130	28.4	
141	OMT	Mä	17	67	25.7	Kaskialalle noussut mänty-koivusekametsä

[1] Ku = *Spruce*, Mä = *Pine*, Lhk = *Larch*.

2. *Padasjoen aineisto* (1948) on kokonaisuudessaan Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueesta (61° 20′ p. l., 25° i. p.). Suurin osa koealoista on nuorehkoja metsiköitä, joista monet ovat metsänviljelyllä perustettuja. Maat ovat enimmäkseen kivistä moreenia, tuoreita kangasmaita. Padasjoen aineisto käsittää 17 koealaa, joista vain yksi suolta, ja 351 puuta, joista mäntyjä 232, kuusia 79 ja lehtikuusia 40.

Taulukko 4. Padasjoen aineisto.

Table 4. Material from Padasjoki.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
142	MT	Mä	20	40	22.5	Täystiheä, kylvetty männikkö
143	VT	Mä	20	80	22.5	Kallioinen, aukkoinen, luonnontil. männikkö
144	OMT	Ku	20	44	27.9	Istutettu kuusikko
145	MT	Mä	12	108	38.6	Vanha harva männikkö
146	MT	Mä	20	70	23.9	Tasaik. männikkö, jossa kuusialikasvosta
147	MT	Mä	20	59	24.3	Kylvetty männikkö
148	OMT	Ku	19	115	35.0	Hieman eri-ik. männyn sekainen kuusikko
149	MT	Mä	20	135	34.4	Järeätä männikköä, jossa kuusialikasvos.
		Ku	20	105	23.1	Säästömetsää
150	IR	Mä	20	122	20.9	V. 1909 ojitettu räme. Eri-ik. männikkö
151	OMT	Lhk	20	57	28.8	Istutettu lehtikuusikko
152	MT	Ku	20	48	22.5	Istutettu kuusikko
153	OMT	Mä	20	65	28.8	Kylvetty männikkö
154	OMT	Lhk	20	57	31.1	Istutettu lehtikuusikko
155	OMT	Mä	20	58	27.3	Kylvetty mänty-lehtikuusisekametsä
156	VT	Mä	20	76	29.5	Tasaik. luontaisesti syntynyt männikkö
157	OMT	Mä	20	25	15.0	Kylvetty männikkö
158	VT	Mä	20	107	33.0	Harvahko varteva männikkö

3. *Kurun-Ruoveden aineisto* (1945) on osittain kerätty Kurun hoitoalueesta Kurun ja Ruoveden kunnista (koealat 23—40), osittain n. 30 km idempää Korkeakosken hoitoalueesta (koealat 41—45). Seudun asema on noin 62° p. l. ja 24° i. p. Maat ovat enimmäkseen kivisiä moreenimaita, missä tuoreet kangasmetsätyypit ovat vallitsevia. Aineisto sisältää sekä aivan nuoria metsiköitä että Etelä-Suomen vanhimmat tutkimukseen sisältyvät koemetsiköt. Kaikkiaan Kurun-Ruoveden aineisto käsittää 23 koealaa, joista 19 kovilta mailta ja 4 soilta, sekä 395 puuta, joista mäntyjä 238, kuusia 142 ja lehtikuusia 15.

Taulukko 5. Kurun-Ruoveden aineisto.

Table 5. Material from Kuru-Ruovesi.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
23	MT	Mä	20	46	13.5	Kylvetty harventamaton männikkö
24	VT	Ku	15	136	30.2	Tasaik. puhdas kuusikko
25	VT	Mä	12	167	33.0	Vanha harjumännikkö, jossa hidaskasvuinen
		Ku	5	47	5.0	kuusialikasvos
26	HSR	Mä	12	159	20.3	Eri-ik. rämemännikkö
27	VK	Ku	14	218	29.4	Eri-ik. vanha korpikuusikko

Taulukko 5 jatk. — *Table 5 cont.*

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
28	MT	Mä	10	167	38.4	Säästömetsää. Järeä mänty-kuusisekametsikkö
		Ku	9	127	43.3	
29	KR	Mä	12	164	24.7	Tasaik. melko tiheä rämemännikkö
30	VT	Mä	19	15	9.1	Kylvetty männyn taimisto
31	MT	Ku	17	95	23.4	Tasaik. puhdas kuusikko. Säästömetsää
32	VT	Mä	8	203	47.9	Harva, hyvin vanha männikkö. Säästömetsää
33	MT	Mä	15	17	10.4	Kylvetty männyn taimisto, seassa luontaisesti noussutta kuusta
		Ku	5	18	9.2	
34	VT	Mä	8	166	34.7	Kuusettunut kuiva harjanne, jossa harvakseen vanhoja mäntyjä
		Ku	14	90	15.1	
35	MT	Mä	15	86	21.8	Kaskeamisen jälkeen noussut tiheä mänty-kuusisekametsä, josta lepät jo kuolleet
		Ku	15	68	15.9	
36	VT	Mä	16	97	17.4	Hidaskasvuinen, kallioperäinen männikkö
37	VT	Mä	15	47	14.1	Tiheä nuori männikkö, syntynyt kulon jälkeen
38	OMT	Ku	13	59	31.4	Hyväkasv. järeä rinnekuusikko. Säästömetsää
39	MT	Mä	4	226	51.0	Tasaik. mänty-kuusisekametsä, jossa vanhoja mäntyjä ylispuina. Säästömetsää
		Mä	6	91	23.5	
		Ku	6	76	21.0	
40	IR	Mä	11	157	22.0	Eri-ik. harvahko rämemännikkö
41	MT	Mä	10	239	50.5	Tasaik. tiheä kuusikko, jossa vanhoja mäntyjä ylispuina. Säästömetsää
		Ku	10	93	21.4	
42	OMT	Mä	15	240	59.0	Vanhaa järeätä männikköä, jossa jonkin verran kuusialikasvosta. Säästömetsää
		Ku	6	44	13.3	
43	CT	Mä	20	75	18.0	Tasaik. puhdas männikkö
44	MT	Mä	10	125	39.1	Hieman epätasainen mänty-kuusisekametsikkö, soistuva
		Ku	7	111	29.2	
45	OMT	Lhk	15	61	32.3	Istutettu lehtikuusikko, seassa luontaisesti noussutta kuusta
		Ku	5	46	28.0	

4. *Pohjankankaan aineisto* (1948) käsittää vain 3 koealaa ja 55 puuta, kaikki mäntyjä, kuivalta hiekkakankaalta. Tämän pikku aineiston tarkoituksena on osoittaa kasvun vaihteluiden suuruutta kaikkein kuivimmilla ja karuimmilla metsämailla. Alue sijaitsee edellisestä n. 60 km länteen (61° 50′ p. l., 22° 40′ i. p.).

Taulukko 6. Pohjankankaan aineisto.

Table 6. Material from Pohjankangas.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
159	CT	Mä	15	84	23.3	Tasaik. puhdas männikkö
160	CT	Mä	20	75	23.3	» » »
161	CT	Mä	20	55	17.8	» » »

5. *Saarijärven aineisto* (1945) on kokonaisuudessaan Pyhähäkin luonnonpuistosta (62° 50′ p. l., 25° 30′ i. p.), missä metsät ovat mahdollisimman luonnontilaisia ja hakkuilta säästyneitä. Maa on moreenia ja metsätyypit jonkin verran karumpia kuin eteläisemmillä tutkimusalueilla. Pääosa aineistosta on sangen vanhoja metsiköitä ja puita. Saarijärven aineisto käsittää kaikkiaan 10 koealaa, joista 8 kovilta mailta ja 2 soilta, sekä 199 puuta, joista mäntyjä 132 ja kuusia 67.

Taulukko 7. Saarijärven aineisto.

Table 7. Material from Saarijärvi.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
46	OMT	Mä	13	165	35.1	Hyvin varteva ja järeä, täystiheä mänty-kuusisekametsikkö
		Ku	13	154	30.8	
47	VT	Mä	11	208	39.0	Hieman eri-ik. ja epätasainen männikkö
48	MT	Mä	10	165	27.3	Vanha, tiheä ja hidaskasvuinen mänty-kuusisekametsikkö
		Ku	14	152	26.6	
49	MT	Mä	17	256	49.0	Vanhoja ylispuita kolmea ikäluokkaa, vall. metsä hidaskasvuista ja ylispuiden alla kituvaa
		Mä	10	89	15.1	
		Ku	10	75	13.7	
50	INR	Mä	10	180	20.6	Eri-ik. harva rämemännikkö
51	VT	Mä	18	115	22.4	Tasaik. puhdas männikkö
53	VT	Mä	15	106	22.9	Täystiheä tasaik. männikkö
54	MT	Mä	13	137	40.0	Harvahko järeä männikkö, jossa kuusialikasvosta
		Ku	4	42	13.9	
55	VK	Ku	12	200	23.4	Eri-ik. korpikuusikko
56	MT	Mä	15	79	21.3	Tiheä tasaik. männikkö, jossa tiheä kuusialikasvos
		Ku	14	71	13.9	

6. *Kivijärven aineisto* (1945) on Salamajärven luonnonpuistosta Keski-Suomen järvialueen ja Pohjanmaan väliseltä vedenjakajalta (63° 10′ p. l., 24° 50′ i. p.). Maa on sangen kivistä ja karua, ja kasvillisuudessa on havaittavissa pohjoissuomalaisia piirteitä. Kuivat kangasmetsätyypit ovat kovilla mailla vallitsevia ja metsät suurimmaksi osaksi puhtaita männiköitä. Kivijärven aineisto käsittää 11 kocalaa, joista kovilta mailta 8 ja soilta 3, sekä 192 puuta, joista mäntyjä 133 ja kuusia 59.

Taulukko 8. Kivijärven aineisto.

Table 8. Material from Kivijärvi.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
57	VK	Ku	20	195	25.2	Eri-ik. vanha korpikuusikko
58	VT	Mä	20	72	20.8	Tasaik. puhdas männikkö
59	VT	Ku	15	115	34.0	Hieman eri-ik. harva kuusivalt. sekametsä
60	VT	Mä	13	142	26.4	Tasaik. puhdas männikkö
61	MT	Mä	11	164	28.7	Hieman epätasainen kuusivalt. sekametsä
		Ku	11	126	25.6	
62	VT	Mä	18	248	41.7	Vanha puhdas männikkö
63	VT	Mä	20	70	16.1	Tasaik. tiheä puhdas männikkö
64	VT	Mä	10	220	40.2	Harva vanha männikkö, aukkopaikoissa nuorennosta
		Mä	5	53	10.3	
65	IR	Mä	16	90	17.0	Hyväkasvuinen nuorehko rämemännikkö
66	KgR	Mä	9	221	25.5	Vanha, harva rämemännikkö
67	MT	Mä	11	148	36.3	Varteva ja järeä mänty-kuusisekametsikkö
		Ku	13	117	22.3	

7. *Sotkamon aineisto* (1946) on kerätty Porttijoen latvalta, Pielisen ja Oulujärven väliseltä vedenjakajalta (63° 50′ p. l., 29° i. p.). Maat ovat kivisiä ja karuja; kovilla mailla ovat kuivat kangasmetsätyypit vallitsevia. Metsät ovat suurimmaksi



Kuva 6. Koeala 62, Kivijärvi.
Fig. 6. Sample plot 62, Kivijärvi.
Valok. — *Photo* P. M. 9. 8. 1945.

osaksi puhtaita männiköitä. Sotkamon aineisto käsittää 7 koealaa, joista vain yksi on suolta, sekä 145 puuta, joista mäntyjä 115 ja kuusia 30.

Taulukko 9. Sotkamon aineisto.

Table 9. Material from Sotkamo.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
81	VT	Mä	20	60	20.3	Tasaik. männikkö itään viettävällä rinteellä
82	VT	Mä	20	60	18.1	Tasaik. puhdas männikkö
83	VT	Mä	20	59	16.0	Tasaik. tiheä männikkö kivikkoiselle vaaralla
84	MT	Mä	18	167	35.1	Harva männikkö, jossa sekametsäalikasvos
85	IR	Mä	17	110	16.9	Eri-ik. hyväkasvuinen rämemännikkö
86	MT	Ku	20	66	15.9	Nuori rinnekuusikko
87	MT	Mä	20	120	31.5	Harvahko järeä männikkö, jossa paikoin alikasvoskuusia
		Ku	10	90	18.0	

8. *Kuhmon aineisto* (1946) on Ulvinsalo nimiseltä seudulta valtakunnan itärajan läheltä (64° p. l., 30° 20′ i. p.). Seutu on ylävää vaaramaastoa Pohjanlahden ja Vienanmeren välisellä vedenjakajalla. Tuoreet kangasmetsätyypit ovat vallitsevia ja metsät kuusivaltaisia. Alueen mustikkatyyppi on paksusammaltyyppiä muistuttavaa. Kuhmon aineisto käsittää 6 koealaa, joista 5 kovilta mailta ja 1 suolta, sekä 116 puutə, joista mäntyjä 36 ja kuusia 80.

Taulukko 10. Kuhmon aineisto.

Table 10. Material from Kuhmo.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
88	MT	Mä	20	89	26.3	Tasaik. männikkö, jossa kuusialikasvosta
89	VK	Ku	19	200	24.0	Eri-ik. korpikuusikko
90	MT	Ku	20	138	21.3	Tasaik. tiheä kuusikko, joitakin ylispuumäntyjä
91	MT	Mä	16	90	26.3	Kaskiaholle noussut tasaik. männikkö, jossa
		Ku	10	53	11.3	runsaasti kuusialikasvosta
92	MT	Ku	19	153	24.4	Tiheä HMT:iä muistuttava kuusikko
93	MT	Ku	12	197	27.0	Vanha HMT:iä muistuttava kuusikko

9. *Puolangan aineisto* (1945) käsittää kaksi melko erillistä ryhmää. Toiseen kuuluu 8 koealaa Puolangan kirkonkylän lähistöltä (64° 50′ p. l., 27° 40′ i. p.), missä maat ovat melko tasaisia, hiekkaisia ja karuja ja metsät mäntyvaltaisia. Toisen ryhmän muodostaa neljä koealaa kirkonkylästä n. 20 km kaakkoon, Paljakkavaaralta, missä kasvillisuus on rehevää, maasto epätasaista ja metsät miltei puhtaita kuusikoita. Puolangan aineiston 12 koealasta on 9 kovilta mailta ja 3 soilta, ja aineisto käsittää 226 puuta, joista mäntyjä 150 ja kuusia 76.

Tutkimustulosten esityksessä on Sotkamon, Kuhmon ja Puolangan aineistot useimmiten käsitelty yhtenä ryhmänä, jota nimitetään K a i n u u n aineistoksi.

Taulukko 11. Puolangan aineisto.

Table 11. Material from Puolanka.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
68	VT	Mä	19	124	27.0	Tasaik. puhdas männikkö
69	VT	Mä	20	31	14.3	Smp. alalle luont. noussut tiheä taimisto
70	CT	Mä	17	88	19.5	Tasaik. aukkoinen männikkö
71	ErClT	Mä	20	51	17.9	Tasaik. puhdas männikkö
72	IR	Mä	19	88	18.9	Harvahko hyväkasv. rämemännikkö
73	VT	Mä	20	85	21.5	Tasaik. täystiheä männikkö
74	MT	Mä	20	75	23.0	Tasaik. hyväkasv. puhdas männikkö
75	KgR	Mä	15	193	23.0	Vanha hidaskasv. harva rämemännikkö
76	MT	Ku	20	146	33.3	Järeä hyväkasv. rinnekuusikko
77	MT	Ku	19	148	30.6	Järeä ja hyväkasv. kuusikko
78	MT	Ku	19	136	27.4	Harva lakikuusikko vaaran laella
79	VK	Ku	18	221	35.0	Eri-ik. vanha korpikuusikko

10. *Savukosken aineisto* (1946) on kerätty Hongikkovaaran seudulta n. 15 km Savukosken Martin kylästä kaakkoon (67° 25′ p. l., 28° 40′ i. p.). Koealat ovat pääasiassa tyypillisiltä Etelä-Lapin kangasmailta, mutta pari koealaa (n:ot 101—102) on ylempää tunturin rinteeltä, läheltä metsänrajaa. Perä-Pohjolan tärkeimmät metsätyypit (EMT, ErCIT ja HMT) ovat tutkimusalueella kaikki edustettuina. Savukosken aineisto käsittää kaikkiaan 11 koealaa, jotka kaikki ovat kovilta metsämailta, sekä 212 puuta, joista mäntyjä 140 ja kuusia 72.



Kuva 7. Koeala 68, Puolanka.
Fig. 7. Sample plot 68, Puolanka.
Valok. — *Photo* P. M. 16. 8. 1945.

Taulukko 12. Savukosken aineisto.

Table 12. Material from Savukoski.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
95	ErClT	Mä	20	124	19.4	Tasaik. puhdas männikkö
96	ErClT	Mä	9	282	35.8	Harvahko männikkö, jossa puut kahta ikäluokkaa
		Mä	9	128	28.9	
97	EMT	Mä	18	141	23.9	Tasaik. melko tiheä männikkö
98	EMT	Mä	13	280	33.8	Vanha tasaik. tiheä männikkö
99	EMT	Mä	20	133	28.9	Harva, hyväkasvuinen männikkö
100	ErClT	Mä	20	145	25.6	Tasaik. kivikkoinen harjumännikkö
101	Tunt.	Ku	19	100	18.0	Harvakseen kasvavia kuusia metsänrajalla
102	HMT	Ku	19	180	23.5	Eri-ik. harva paksusammalkuusikko
103	HMT	Ku	20	107	18.0	Nuori eri-ik. harva kuusikko
104	EMT	Mä	11	129	27.3	Harva mänty-kuusisekametsä
		Ku	14	123	26.7	
105	EMT	Mä	20	75	13.7	Tasaik. nuori tiheä männikkö

11. *Sompion aineisto* (1946) on kerätty Sodankylän pohjoisosasta, Nattastunturien pohjoispuolelta (68° 10′ p. l., 27° 30′ i. p.). Osa koealoista on metsäisiltä vaaroilta ja alavilta mailta, osa on laki- ja tunturimetsiä. Sompion aineisto käsittää 7 koealaa, joista yksi suolta, sekä 160 puuta, joista mäntyjä 87 ja kuusia 73.

Taulukko 13. Sompion aineisto.
Table 13. Material from Sompio.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
106	HMT	Ku	16	134	19.9	Harva vaarakuusikko
107	HMT	Ku	20	128	23.9	Harvahko paksusammalkuusikko
108	Tunt.	Mä	30	58	16.1	Harvaa männikköä metsänrajalla
109	Lkm.	Ku	20	94	19.8	Harvaa kuusikkoa vaaran laella
110	ErClT	Mä	17	163	28.2	Vanha harvahko männikkö
111	EMT	Mä	20	60	21.7	Harvakseen susimaisia mäntyjä, välissä hyvä-
		Mä	20	25	8.8	kasv. tiheätä taimistoa
112	KgR	Ku	17	150	19.0	Harvakseen rämeellä kasvavia kuusia

12. *Pallasjärven aineisto* (1949) käsittää neljä koealaa Pallastunturien etelärinteeltä (68° p. l., 24° i. p.). Osa koealoista on suojaisista paikoista metsäseudulta, osa tunturin rinteeltä läheltä puurajaa. Aineisto käsittää 35 mäntyä ja 39 kuusta, yhteensä 74 puuta.

Taulukko 14. Pallasjärven aineisto.
Table 14. Material from Pallasjärvi.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
162	HMT	Ku	20	144	23.7	Harva koivun sek. paksusammalkuusikko
163	EMT	Mä	19	172	26.3	Tasaik. tiheä puhdas männikkö
164	ErClT	Mä	16	168	24.1	Harva männikkö läh. metsänrajaa
165	HMT	Ku	19	111	24.4	Eri-ik. paksusammalkuusikko läh. metsänrajaa

13. *Enontekiön aineisto* (1949) käsittää viisi koealaa, joista neljä on n. 10 km Enontekiön kirkonkylän pohjoispuolelta ja yksi välittömästi Ounasjärven eteläpuolelta. Yksi koeala on yksittäin kasvavia mäntyjä tunturikoivikon seassa, muut ovat pohjoisimmista yhtenäisistä mäntymetsiköistä. Aineisto käsittää yhteensä 95 puuta, jotka kaikki ovat mäntyjä.

Taulukko 15. Enontekiön aineisto.
Table 15. Material from Enontekiö.

Koealan:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
166	Tunt.	Mä	21	146	25.0	Hajallisia eri-ik. mäntyjä tunturikoivikossa
167	ErClT	Mä	17	158	22.9	Vanha harvahko männikkö
168	ErClT	Mä	20	167	20.0	Melko tiheä tasaik. männikkö
169	ErClT	Mä	17	76	20.4	Nuori harva mänty-koivusekametsä
170	ErClT	Mä	20	161	25.2	Vanha harvahko männikkö

14. *Lemmenjoen aineisto* (1946) on kerätty melko suppealta alueelta Lemmenjoen keskijuoksun varrelta Inarin lounaisosasta (68° 40′ p. l., 26° i. p.). Seutu on yhtenäisten mäntymetsien aluetta. Osa koealoista on alhaalta jokivarresta, osa ylempää laakson pohjoisrinteeltä. Aineisto käsittää 10 koealaa ja 173 puuta, kaikki mäntyjä.

Taulukko 16. Lemmenjoen aineisto.

Table 16. Material from Lemmenjoki.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
120	ErClT	Mä	17	164	18.8	Täystiheä tasaik. männikkö laakson pohjalla
121	EMT	Mä	18	161	21.5	Täystiheä tasaik. männikkö laakson pohjalla
122	EMT	Mä	15	260	32.5	Harvahko järeä vanha männikkö, paikoin
		Mä	10	127	12.7	aukkokohdissa nuorennosta
123	EMT	Mä	15	162	22.9	Täystiheä männikkö tunturin rinteellä läh. metsänrajaa
124	ErClT	Mä	4	298	28.4	Nuori tiheä männikkö, jossa harvakseen ylispuita
		Mä	19	78	8.9	
125	ErClT	Mä	10	262	26.3	Vanha harvahko männikkö laakson pohjalla
126	ErClT	Mä	18	157	16.2	Tasaik. männikkö, harvakseen ylispuita
127	ErClT	Mä	16	146	15.2	Hidaskasv. männikkö kivikkoisen vaaran rinteellä
128	ErClT	Mä	15	133	18.1	Harvahko männikkö laakson pohjalla
129	ErClT	Mä	16	159	19.1	Tasaik. tiheä männikkö laakson pohjalla

15. *Inarin aineistoksi* (1949) nimitetään seitsemää melko hajallaan sijaitsevaa koealaa Inarin kirkonkylän ympäristössä (68° 55′ p. l., 27° i. p.). Ne ovat kaikki puhtaita männiköitä, joissa puusto on sangen vanhaa ja jonkin verran eri-ikäistä. Inarin aineisto käsittää 95 puuta, kaikki mäntyjä.

Taulukko 17. Inarin aineisto.

Table 17. Material from Inari.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
171	EVT	Mä	19	222	35.7	Vanha tasaik. männikkö
172	EVT	Mä	12	289	38.0	Vanha tasaik. männikkö
173	ClT	Mä	13	256	31.8	Eri-ik. harva männikkö
174	ClT	Mä	14	189	19.4	Hidaskasv. eri-ik. männikkö
175	ErClT	Mä	8	314	28.5	Vanha eri-ik. männikkö
176	EMT	Mä	15	271	33.3	Vanha tasaik. männikkö
177	EVT	Mä	14	253	31.4	Vanha tasaik. männikkö

16. *Utsjoen aineisto* (1946), johon kuuluu 6 koealaa, käsittää pääasiassa hajallaan kasvavia mäntyjä tunturikoivuvyöhykkeestä varsinaisen havumetsävyöhykkeen pohjoispuolelta. Se on kerätty Kevojoen keskijuoksun varrelta (69° 40′ p. l., 26° 50′ i. p.), osittain kurun pohjalta, osittain rinteeltä ja kurua reunustavalta tunturitasanteelta. Aineisto käsittää 176 puuta, kaikki mäntyjä.

Taulukko 18. Utsjoen aineisto.

Table 18. Material from Utsjoki.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Metsä- tai suotyyppi *Site type*	Koepuut — *Sample trees*				Metsikön selitys
		Puulaji *Tree species*	Lukumäärä *Number*	Ikä *Age*	Läpimitta *Diameter*	
113	ErClT	Mä	7	207	30.5	Eri-ikäisiä harvakseen kasvavia mäntyjä koivikossa laakson pohjalla
		Mä	19	133	27.2	
		Mä	15	110	20.0	
114	Tunt.	Mä	11	251	32.0	Harvakseen kasvavia mäntyjä kurun kallioisella rinteellä
		Mä	16	154	23.9	
116	Tunt.	Mä	16	250	32.6	Yksittäin kasvavia tunturipetäjiä
117	ErClT	Mä	37	165	20.5	Täystiheä tasaik. männikkö laakson pohjalla
118	ErClT	Mä	35	140	23.6	Harva männikkö laakson pohjalla
119	ErClT	Mä	20	29	9.1	Tasaik. harvahkoa taimisto

Taulukko 19. Yhdistelmä vv:n 1945—49 aineistoista.

Table 19. Material groups of 1945—49.

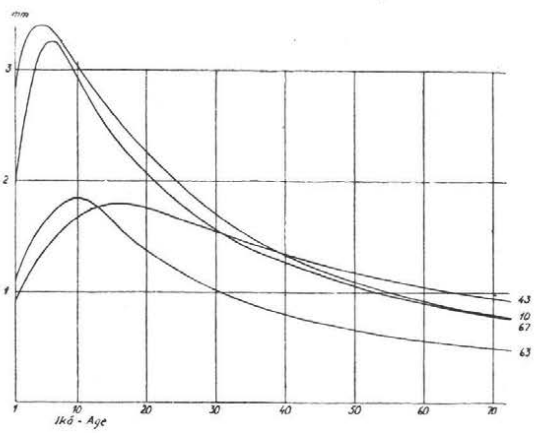
Aineistoryhmä *Material groups*	Koealoja *Sample plots*		Mäntyjä *Pines*		Kuusia *Spruces*		Lehtikuusia *Larches*
	Kovat maat *Firm lands*	Suot *Peat lands*	Kovat maat *Firm lands*	Suot *Peat lands*	Kovat maat *Firm lands*	Suot *Peat lands*	
Etelä-Suomi — *South Finland:*							
Tammela	24	4	285	40	173	19	—
Padasjoki	16	1	212	20	79	—	40
Kuru-Ruovesi	19	4	203	35	128	14	15
Pohjankangas	3	—	55	—	—	—	—
Saarijärvi	8	2	122	10	55	12	—
Kivijärvi	8	3	108	25	39	20	—
	78	14	985	130	474	65	55
Pohjois-Suomi — *North Finland:*							
Sotkamo	6	1	98	17	30	—	—
Kuhmo	5	1	36	—	61	19	—
Puolanka	9	3	116	34	58	18	—
Savukoski	11	—	140	—	72	—	—
Sompio	6	1	87	—	56	17	—
Pallasjärvi	4	—	35	—	39	—	—
Enontekiö	5	—	95	—	—	—	—
Lemmenjoki	10	—	173	—	—	—	—
Inari	7	—	95	—	—	—	—
Utsjoki	6	—	176	—	—	—	—
	69	6	1 051	51	316	54	—

Kuten vv:n 1945—49 aineistoa koskevasta yhdistelmästä näkyy, on tämäkin aineisto kerätty pääosaltaan kovilta metsämailta. Tutkimus kohdistuukin pääasiassa kovilla kasvullisilla metsämailla esiintyviin puiden kasvun vaihteluihin, ja suometsiä käsitellään vain joissakin vertailuissa.

Vv:n 1945—49 aineistosta on melko huomattava osa peräisin Lapista, metsänrajan seudulta tai sen lähettyviltä. Sikäläisissä oloissa kasvun vaihtelut ovat voimakkaampia ja osittain toisenlaisia kuin varsinaisessa havumetsävyöhykkeessä. Sen vuoksi on havumetsien viimeaikaista kehitystä metsänrajaseudulla yllä olevan Lapin aineiston perusteella tarkoitus käsitellä yksityiskohtaisemmin erillisessä tutkimuksessa.

Puun iän mukainen kasvun kehitys.

Edellä (s. 18) on mainittu, että puun normaalista sädekasvua esittävä käyrä on aluksi joitakin vuosia nouseva, mutta saavuttaa pian maksiminsa ja on sen jälkeen jatkuvasti laskeva, aluksi jyrkemmin, mutta puun vanhetessa yhä loivemmin. Käyrän laskeva osa muistuttaa hyperbeliä, joka lähenee raja-arvonaan nollaa. Maksiminsa jälkeen käyrällä on luonnollisesti käännepiste jossakin ennen hyperbelimäisen osan alkamista. Maksimi- ja käännepisteen sijainnilla käyrällä on merkitystä etenkin silloin, kun kasvun ilmastollisia vaihteluita tutkittaessa iän lisääntyessä tapahtuva sädekasvun väheneminen halutaan eliminoida ss. 17—22 selostetuin menetelmin.



Kuva 8. Muutamien Etelä- ja Keski-Suomen männikkökoealojen sädekasvun normaalikäyrät.
Fig. 8. The ideal curves of radial growth of some pine stands in South and Middle Finland.

10. Tammela, MT
43. Ruovesi, CT
63. Kivijärvi, VT
67. Kivijärvi, MT

Aikaisemmissa vuosilustotutkimuksissa on sangen vähän kiinnitetty huomiota kasvukäyrän alkuosan muotoon ja etenkin maksimipisteen sijaintiin. Huntington (1914, s. 125) on esimerkkinä esittänyt *Sequoia gigantean* kasvukäyrän (ideal curve), jossa maksimi on noin 40 v. ja käännepiste noin 70 v. ytimestä. Samassa teoksessa (s. 128) on piirrettynä myös *Pinus ponderosan* kasvukäyrä, jossa vastaavat pisteet ovat 25 ja 35 vuoden iässä. Erlandsson (1936, s. 21) on samoin esimerkkinä esittänyt Kirunasta Pohjois-Ruotsista keräämänsä mäntyaineiston kasvukäyrän, ja tämän käyrän maksimi on noin 80 ja käänne-

piste noin 120 vuoden iässä. Toisessa Erlandssonin esittämässä käyrässä (m. t., s. 23) maksimi on 55 vuoden iässä.

Vv:n 1945—46 aineistosta on kasvun normaali kulku ytimestä lähtien määrätty 51 koealalla samanlaisen menetelmän mukaan, jota mm. Erlandsson ja Ording ovat käyttäneet. Kuvissa 8—10 on muutamia näistä kasvukäyristä. Taulukossa 20 on yhdistelmä maksimi- ja käännepisteiden sijainnista näiden 51 koealan perusteella. Etelä-Suomeen on luettu Tammelan ja Kurun-Ruoveden aineistot ja Keski-Suomeen Saarijärven ja Kivijärven aineistot.

Taulukko 20. Sädekasvun maksimin ja käännepisteen sijainti luonnontilaisissa metsissä.

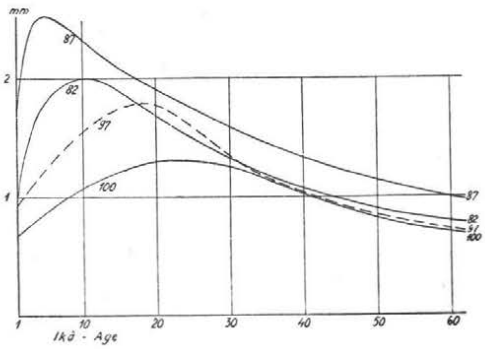
Table 20. The maximum and point of inflexion of the radial growth in natural forests.

	Koealojen luku *No. of sample plots*	Maksimi — *Maximum*		Käännepiste, vuotta ytimestä *Point of inflexion, years from pith*
		vuotta ytimestä *years from pith*	mm	
Mänty — *Pine:*				
Etelä-Suomi — *South Finland*				
OMT + MT	7	6	3.56	10
VT + CT	5	8	2.08	18
Rämeet — *Pine moors*	1	25	0.95	50
Keski-Suomi — *Middle Finland*				
MT	4	5	2.95	9
VT	2	10	1.85	21
Kainuu				
MT	4	9	2.34	20
VT	5	10	2.31	18
Rämeet — *Pine moors*	1	24	1.30	40
Lappi — *Lapland*				
EMT	4	17	1.61	30
ErClT	6	17	1.11	34
Kuusi — *Spruce:*				
Etelä-Suomi — *South Finland*	5	13	2.34	26
Keski-Suomi — *Middle Finland*	3	10	1.70	21
Kainuu	5	11	1.68	24
Lappi — *Lapland*	4	21	1.11	45

Kasvukäyrän huippu on tietenkin hyvällä kasvupaikalla korkeammalla kuin huonolla ja Etelä-Suomessa korkeammalla kuin Pohjois-Suomessa. Mutta sädekasvu näyttää myös saavuttavan maksiminsa tuoreilla kankailla jonkin verran aikaisemmin kuin kuivilla ja etelässä aikaisemmin kuin pohjoisessa. Männyn sädekasvu on maksimissaan aikaisemmin kuin kuusen.

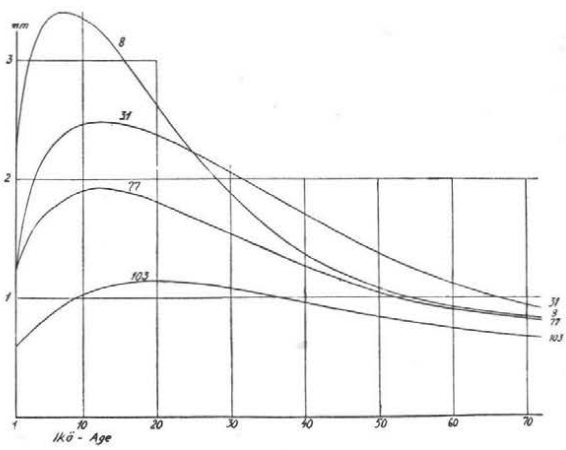
Kasvukäyrän alkuosan muotoon, kuten maksimin sijaintiin ja korkeuteen sekä sitä seuraavan laskun jyrkkyyteen, vaikuttaa suuresti met-

sikön syntytapa. Kuvissa 8—10 olevat koealat olivat kaikki vallitseviin oloihin katsoen jokseenkin täystiheitä ja ainakin useimmat sellaisina syntyneitäkin. Yksittäin tai harvakseen ilman keskinäistä kilpailua kasvavissa puissa sädekasvun maksimi on verrattain myöhään ja kasvun heikkeneminen sen jälkeen melko hidasta. Mitä tiheämpänä metsikkö syntyy, sitä pikemmin puut alkavat haitata toistensa kasvua, ja sitä pikemmin ja nopeammin myös sädekasvu alkaa pienetä. Tuoreilla kankailla puiden kasvuedellytykset ovat hyvät, mutta kilpailu kova, joten sädekasvu saavuttaa nopeasti melko korkean tason, mutta laskee heti sen jälkeen jyrkästi. Kuivilla kankailla ja etenkin Pohjois-Suomessa metsät syntyvät yleensä harvempina, ja nuorella iällä on kasvua haittaamassa monia muitakin tekijöitä kuin keskinäinen kilpailu, joten sädekasvu saavuttaa maksiminsa verrattain myöhään ja laskee sen jälkeen hitaasti.



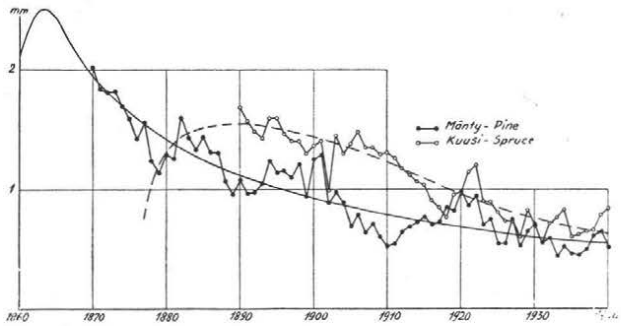
Kuva 9. Muutamien Pohjois-Suomen männikkökoealojen sädekasvun normaalikäyrät.
Fig. 9. The ideal curves of radial growth of some pine stands in North Finland.
82. Sotkamo, VT.
87. Sotkamo, MT.
97. Savukoski, EMT.
100. Savukoski, ErClT.

Jos metsikkö syntyy alikasvoksena tai suojuspuuston alla, kuten kuusikoissa yleisesti on laita, on kasvukäyrän nousu maksimiinsa ja lasku sen jälkeen melko loiva, ja maksimikin jää matalalle. Samaten mänty-kuusisekametsikössä, jossa molemmat puulajit ovat saman ikäisiä, mänty nopeamman kehityksensä ansiosta saavuttaa sellaisen etumatkan, että kuusi helposti jää alikasvokseksi, ja eri puulajien kasvukäyrät muodostuvat melko erilaisiksi. Kuvat 11—12 esittävät paria tällaista metsikköä, jotka molemmat lienevät kaskeamisen jälkeen

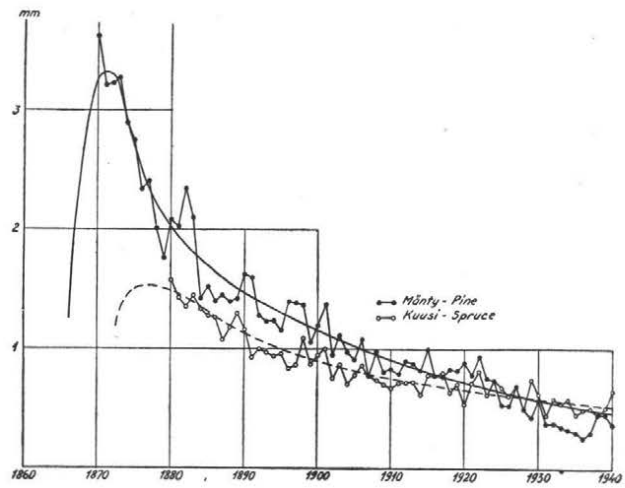


Kuva 10. Muutamien kuusikkokoealojen sädekasvun normaalikäyrät.
Fig. 10. The ideal curves of radial growth of some spruce stands.
8. Tammela, OMT.
31. Kuru, MT.
77. Puolanka, MT.
103. Savukoski, HMT.

syntyneitä. Jos kuusikko sen sijaan syntyy aukealle alalle istuttamalla, ei sen kasvukäyrä poikkea kovin paljoa vastaavissa oloissa syntyneen männikön käyrästä (vrt. esim. koealoja 8 ja 10).



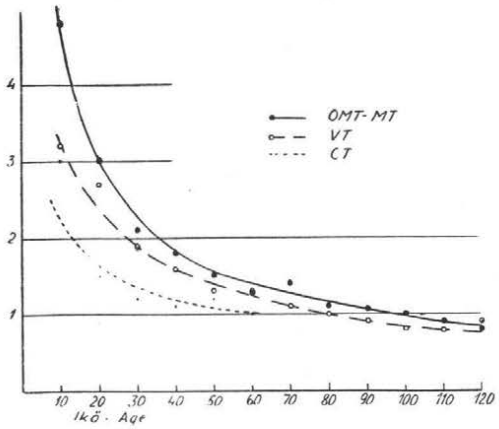
Kuva 11. Männyn ja kuusen sädekasvu sekä sen normaalikäyrät koealalla 35.
Fig. 11. The radial growth and its ideal curves of pine and spruce on Sample plot 35.



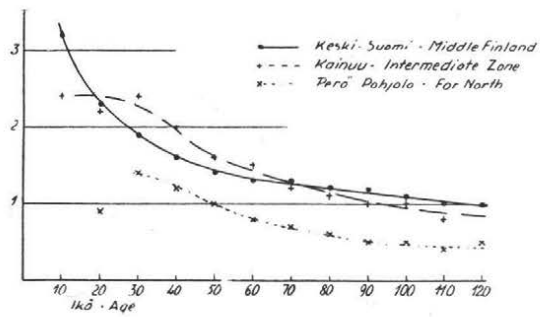
Kuva 12. Männyn ja kuusen sädekasvu sekä sen normaalikäyrät koealalla 56.
Fig. 12. The radial growth and its ideal curves of pine and spruce on Sample plot 56.

Kasvukäyrän käännepiste on melko lähellä huipun jälkeen. Luonnontilaisissa täystiheissä metsissä se sattuu olosuhteista riippuen rinnankorkeusiän ollessa 10—40 vuotta, mutta alikasvoksena tai muutoin poikkeuksellisissa oloissa kasvaneissa metsiköissä paljon myöhemminkin. Tämä seikka rajoittaa hyperbelitasoituksen käytön vuosilustotutkimuksissa melkein kokonaan vanhoihin puihin, sillä se on tietenkin mahdol-

lista vain käännepisteen jälkeisellä kasvukäyrän osalla, ja siihen tarvitaan mieluimmin vähintään 50 vuoden pituinen ajanjakso.



Kuva 13. Männyn vuosilustojen keskimääräinen kaventuminen (prosenttia vuotta kohden) Etelä-Suomessa.
Fig. 13. The average narrowing (per cent annually) of the annual rings of pine in South Finland.



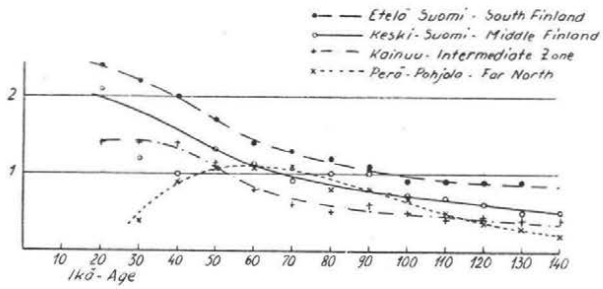
Kuva 14. Männyn vuosilustojen keskimääräinen kaventuminen (prosenttia vuotta kohden) Keski- ja Pohjois-Suomessa.
Fig. 14. The average narrowing (per cent annually) of the annual rings of pine in Middle and North Finland.

Sen jälkeen kuin sädekasvu on sivuuttanut maksiminsa, on jokainen vuosilusto — edellyttäen, ettei kasvun ilmastollisia vaihteluita eikä hakkuita tms. olisi — jonkin verran kapeampi kuin edellisen vuoden lusto. Kuinka suuri tämä vuosiluston vuosittainen kaventuminen keskimäärin on, sen osoittavat kuvat 13—15. Kaikilta vv:n 1945—48 koealoilta on laskettu vuosiluston kaventuminen kymmenvuosittain, koealat on ryhmitelty puulajin, sijainnin ja osittain myös metsätyypin mukaan, ja ryhmittäin lasketut keskiarvot on tasoitettu graafisesti. Kuvat 13—14 osoittavat, että männyllä etenkin Etelä-Suomen tuoreilla kankailla vuosiluston kaventuminen nuorella iällä on sangen suuri, jopa 4—5 % vuotta kohden, mutta tasaantuu vähitellen. Vielä 50 vuoden iässä Etelä- ja Keski-Suomen männyn jokainen uusi lusto on keskimäärin 1.5 % kapeampi kuin edellinen.

Männyn vuosiluston suhteellinen kaventuminen on tuoreilla kankailla suurempi kuin kuivilla ja Etelä-Suomessa suurempi kuin pohjoisessa. Yleensä mitä suurempi on sädekasvu, sitä suurempi on myös vuosiluston suhteellinen kaventuminen vuotta kohden.

Kuusen vuosiluston kaventuminen on pienempi kuin männyn. Varsinkin Pohjois-Suomen paksusammalkuusikoissa, missä kasvukäyrän nousu ja lasku ovat sangen loivia ja huippu matalalla, on vuosiluston kaventuminen puiden iän lisääntyessä sangen vähäistä (vrt. Näslund 1944, s. 28).

Edellä kuvattu vuosiluston leveyden kehitys iän mukana pitää paikkansa vain jokseenkin luonnontilaisissa metsiköissä. Hakkuun vaiku-



Kuva 15. Kuusen vuosilustojen keskimääräinen kaventuminen (prosenttia vuotta kohden) Suomen eri osissa.
Fig. 15. The average narrowing (per cent annually) of the annual rings of spruce in the different parts of Finland.

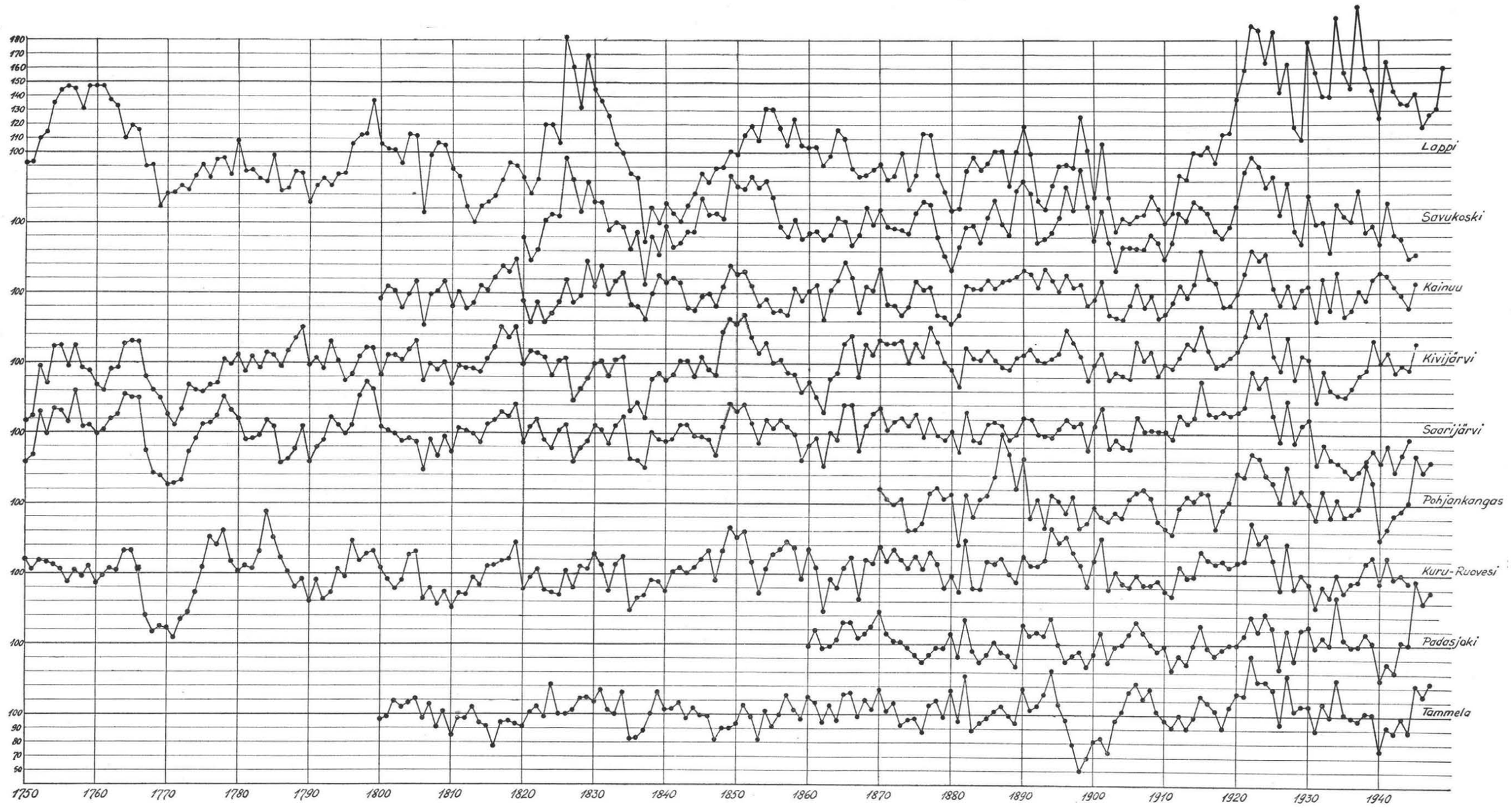
tuksesta sädekasvu yleensä paranee, mutta saavuttaa pian taas maksimin, jonka jälkeen vuosiluston vuotuinen kaventuminen jonkin aikaa on melkoista suurempi kuin luonnontilaisissa metsiköissä vastaavassa iässä. Nuorta metsää säännöllisesti harventamalla voidaan normaalia vuosiluston kaventumista huomattavasti hidastaa.

Vaihteluiden suuruus ja alueellisuus.

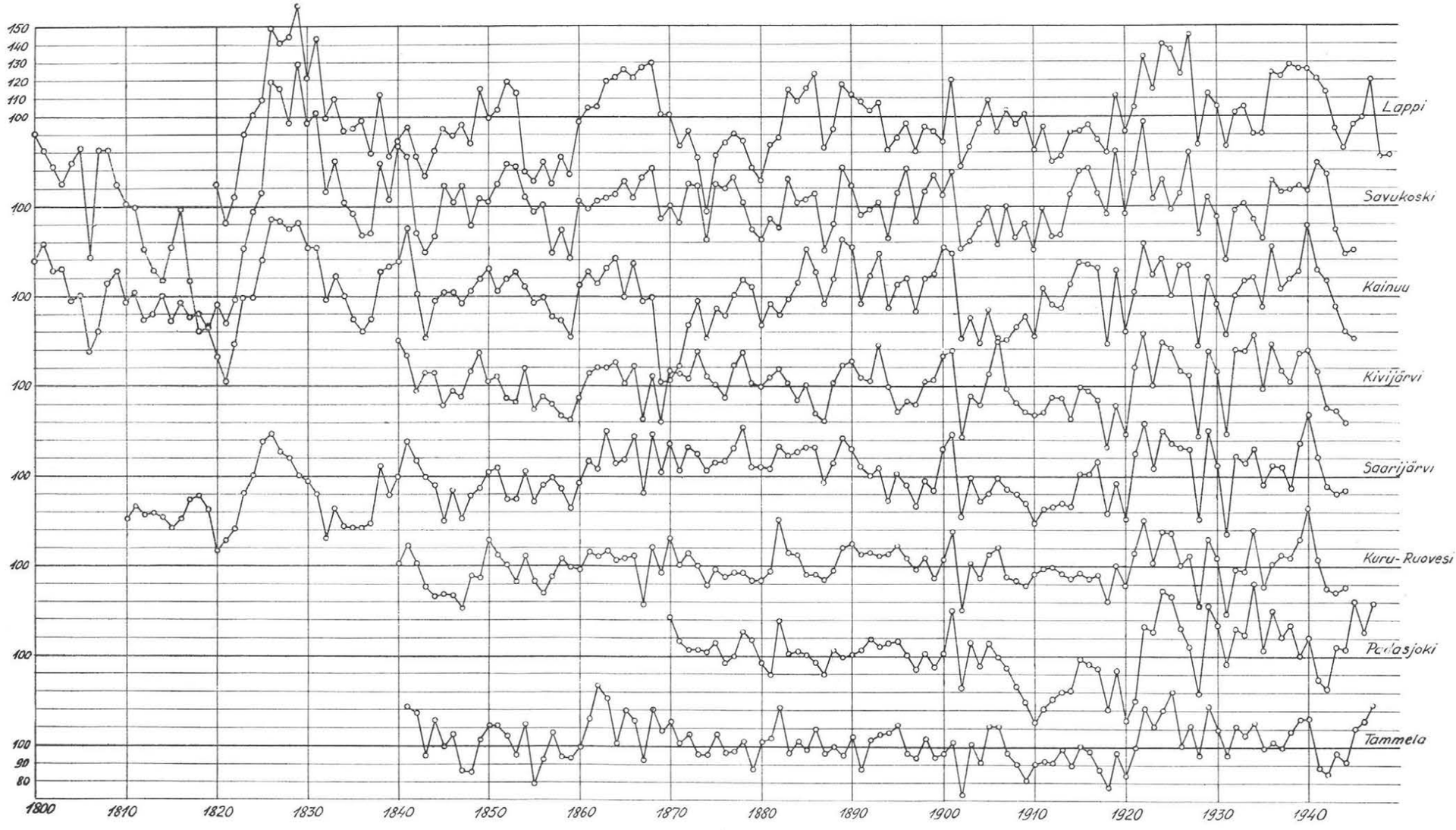
Sädekasvun vaihteluiden suuruus.

Kuvat 2 ja 3 esittävät sädekasvun vaihteluita eri osissa Suomea vv:n 1936—38 aineiston perusteella, ja vastaavat vuosilustoindeksit ovat taulukossa 21. Kuten taulukosta näkyy, ovat vuosiluston leveyden poikkeamiset »normaaliarvosta» (100) eräinä vuosina sangen suuria; esim. männyn vuosilustoindeksi vaihtelee v. 1922 eri alueissa 128—182 (Etelä-Suomen keskiarvo 133 ja Pohjois-Suomen 138) ja kuusen samana vuonna 113—137 (keskiarvo Etelä-Suomessa 122 ja Pohjois-Suomessa 125). Äärimmäisarvoja 100:n alapuolella edustavat männyllä Etelä-Suomessa v:n 1902 80—84 ja Pohjois-Suomessa v:n 1903 60—82 sekä kuusella Etelä-Suomessa v:n 1918 73—78 ja Pohjois-Suomessa v:n 1931 62—75. Selvän käsityksen vaihteluiden suuruudesta saa myös taulukosta 22, joka osoittaa vuosilustoindeksien jakaantumista 100:n molemmin puolin vv. 1880—1936. 57 vuodesta on eri alueissa 7—23 (12—40 %) ollut sellaisia, jolloin männyn sädekasvu on ollut jokseenkin normaali (poikkeaminen normaaliarvosta alle 5 %). Samaten on kuusen sädekasvu ollut jokseenkin normaali 9—23 vuonna. Yli 25 %:n poikkeamiset normaaliarvosta ovat Etelä-Suomessa olleet harvinaisia, mutta Pohjois-Suomessa yleisempiä; alueessa I on jopa 18:na vuonna 57:stä (32 %) männyn sädekasvu poikennut normaaliarvosta vähintään 35 %.

Tila ei salli vv:n 1945—49 kunkin koealan vuosilustoindeksien esittämistä, mutta käsityksen sädekasvun vaihteluiden suuruudesta saa myös yhdistelmistä, joihin on laskettu alueittain koealojen kunkin vuoden vuosilustoindeksien keskiarvot (kuvat 16, 17 ja 28. Painolukuna on aina käytetty koealan koepuiden lukumäärää). Tämä aineisto antaa jokseenkin samanlaisen kuvan vaihteluiden suuruudesta kuin vv:n 1936—38 aineistokin. Esim. männyn vuosilustoindeksi on v. 1922 Etelä-Suomessa 120 (Padasjoki) — 144 (Saarijärvi) ja Pohjois-Suomessa 130—190 sekä kuusen Etelä-Suomessa 116 (Padasjoki) — 129 (Saarijärvi ja Kivijärvi) ja Pohjois-Suomessa 129—147. Samaten taulukko 23, johon on laskettu vuosien lukumäärä, jolloin vuosilustoindeksi sattuu tiettyjen arvojen väliin vv. 1880—1944, vain vahvistaa taulukon 22 antamaa käsitystä



Kuva 16. Männyn vuosilustoindeksit kovilla mailla vv:n 1945—49 aineistoryhmissä. — *Fig. 16. The annual ring indices of pine on firm forest lands in the material groups of 1945—49.*



Kuva 17. Kuusen vuosilustoindeksit kovilla mailla vv:n 1945—49 aineistoryhmissä. — *Fig. 17. The annual ring indices of spruce on firm forest lands in the material groups of 1945—49.*

havupuiden vuotuisen sädekasvun vaihteluiden suuruudesta. »Normaalivuosia» on tarkastelluista 65 vuodesta männyllä ollut Etelä-Suomessa 10—20 ja Pohjois-Suomessa 9—15 sekä kuusella Etelä-Suomessa 12—24 ja Pohjois-Suomessa 6—13. Vuosia, jolloin sädekasvu on poikennut normaalista vähintään 25 %, on samana aikana männyllä ollut Etelä-Suomessa 2—9 ja Pohjois-Suomessa 3—39, sekä kuusella Etelä-Suomessa 2—12 ja Pohjois-Suomessa 6—12.

Kuvien 16 ja 17 esittämät indeksisarjat soveltuvat käytettäviksi peruskaavoina dendrokronologisissa ajanmäärityksissä.

Vaikka taulukoissa 22 ja 23 on eri alueiden kesken melkoisia aineiston puutteellisuudesta ja satunnaisista tekijöistä johtuvia eroja, voidaan päätellä, että sädekasvun vaihtelut suurenevat etelästä pohjoiseen siirryttäessä. Sama näkyy myös kuvista 16 ja 17 eri alueiden indeksisarjoja keskenään verrattaessa. Erityisen selvästi tämä tulee esille pohjoisella metsänrajaseudulla, missä vaihteluiden suuruus saavuttaa huippuarvonsa. Tämän seikan on Hustich (1949, s. 92) osoittanut kertoimilla, joista käytetään nimitystä »climatic hazard coefficient». Kolmodin (1935, s. 331) on tosin tullut päinvastaiseen tulokseen, että kasvun vaihtelut etelään päin siirryttäessä suurenisivat, mutta hänen aineistonsa on liian suppea (419 puuta) näin pitkälle meneviin johtopäätöksiin. Paikallis- ja mikroilmastolliset tekijät vaikuttavat lisäksi tuntuvasti vaihtelujen suuruuteen.

Douglass (1928, s. 29; Glock 1937, ss. 71—72) on käyttänyt erityistä herkkyyslukua (mean sensitivity) osoittamaan sädekasvun vaihteluiden suuruutta sekä samalla kasvua määräävien ilmastollisten tekijäin vaihtelua. Herkkyysluku lasketaan siten, että otetaan kahden perättäisen vuosiluston leveyksien erotuksen suhde niiden keskiarvoon, ja kymmenen perättäisen tällaisen suhteen keskiarvo on »mean sensitivity». Ilmastosta ja puulajista riippuen Douglass ja Glock erottavat neljä eri vaihtelutyyppiä:

heikko (complacent),	mean sensitivity	0	—0.20
keskinkertainen (medium),	»	0.20	—0.40
voimakas (sensitive),	»	0.40	—0.70
erittäin voimakas (hypersensitive),	»	>	0.70

Vertauksen vuoksi on seuraavassa laskettu vv:n 1936—38 ja 1945—49 aineistojen vaihteluherkkyyslukuja. Laskentaa on yksinkertaistettu jonkin verran Douglassin menetelmästä, mutta tulokset lienevät silti vertauskelpoisia. Taulukoissa 24 ja 25 olevat vaihteluherkkyysluvut on laskettu siten, että on ensin laskettu 2 perättäisen vuosilustoindeksin erotus, sitten 10 perättäisen erotuksen keskiarvo sekä lopuksi tämän keskiarvon suhde vastaavien vuosilustoindeksien keskiarvoon. Taulukoissa esitetään vaihteluherkkyysluvut 10-vuosittain. 1936—38 aineiston herk-

Taulukko 21. Vuosilustoindeksit Suomen eri

Table 21. Annual ring indices in the different parts

Vuosi *Year*	Mänty — *Pine*											
	Pohjois-Suomi — *North Finland*							Etelä-Suomi — *South Finland*				
	I	II	III	IV	V	Keskiarvo II—V	*Eklundin* mukaan	VI	VII	VIII	Keskiarvo VI—VIII	*Eklundin* mukaan
1936	116	89	89	83	78	84.8	95	82	80	93	85.0	90
1935	136	97	94	83	78	88.0	97	84	99	94	92.3	93
1934	158	105	108	97	98	102.0	113	104	115	107	108.7	110
1933	130	76	76	80	83	78.8	86	87	94	91	90.7	91
1932	130	84	85	94	97	90.0	97	97	95	96	96.0	97
1931	138	81	83	92	82	84.5	91	79	79	82	80.0	80
1930	156	101	105	113	101	105.0	111	100	90	90	93.3	96
1929	90	78	86	94	96	88.5	91	96	95	97	96.0	98
1928	106	78	82	93	83	84.0	86	85	87	91	87.7	89
1927	154	97	101	101	99	99.5	105	99	107	110	105.3	107
1926	130	90	97	101	86	93.5	96	83	85	87	85.0	88
1925	172	126	122	124	113	121.2	125	110	109	118	112.3	114
1924	154	120	121	123	123	121.8	124	126	123	130	126.3	128
1923	176	141	140	133	122	134.0	136	120	119	124	121.0	123
1922	182	146	142	137	128	138.2	139	129	130	139	132.7	133
1921	156	134	124	113	113	121.0	121	117	120	124	120.3	122
1920	134	113	103	91	100	101.7	102	108	111	115	111.3	111
1919	112	106	97	89	92	96.0	95	100	100	106	102.0	103
1918	114	93	88	92	94	91.8	93	99	96	90	95.0	97
1917	94	97	94	107	106	101.0	101	107	96	89	97.3	100
1916	110	115	109	114	115	113.2	111	116	107	101	108.0	112
1915	96	120	122	123	126	122.8	119	132	120	107	119.7	123
1914	90	123	113	108	106	112.5	108	108	106	101	105.0	107
1913	80	104	100	100	100	101.0	98	100	95	91	95.3	98
1912	78	108	101	99	104	103.0	98	104	96	94	98.0	100
1911	56	88	88	89	90	88.8	84	91	89	91	90.3	91
1910	48	83	83	85	88	84.8	79	90	93	95	92.7	93
1909	58	91	93	88	92	91.0	89	92	95	96	94.3	94
1908	68	99	99	88	108	97.5	95	106	105	109	106.7	106
1907	48	88	86	86	95	88.8	86	98	96	102	98.7	97
1906	60	90	93	90	105	94.5	93	104	99	101	101.3	101
1905	52	90	87	83	91	87.8	85	91	95	104	96.7	96
1904	56	87	90	81	88	86.5	83	92	95	101	96.0	94
1903	60	68	74	73	82	74.2	73	85	93	97	91.7	91
1902	78	86	89	78	85	84.5	84	81	84	80	81.7	83
1901	96	111	110	98	103	105.5	105	101	98	86	95.0	97
1900	78	90	91	84	95	90.0	92	90	95	88	91.0	93
1899	96	113	113	90	92	102.0	101	85	89	88	87.3	87
1898	104	137	129	102	122	122.5	118	99	98	89	95.3	97
1897	86	112	109	96	113	107.5	107	102	98	88	96.0	99
1896	84	120	117	113	122	118.0	117	111	101	87	99.7	103
1895	88	107	111	111	108	109.2	107	102	100	92	98.0	99
1894	90	89	93	105	110	99.2	102	103	108	109	106.7	107
1893	82	88	93	106	111	99.5	100	102	97	100	99.7	100
1892	86	85	86	109	104	96.0	95	102	99	104	101.7	100
1891	112	110	110	121	111	113.0	112	111	103	106	106.7	105
1890	116	122	123	133	120	124.5	120	117	114	116	115.7	113
1889	116	114	121	120	108	115.8	112	99	92	91	94.0	94
1888	92	97	96	113	108	103.5	104	102	101	96	99.7	99
1887	108	102	106	122	111	110.2	111	106	110	103	106.3	107
1886	112	111	114	119	99	110.8		101	106	102	103.0	
1885	108	106	103	113	103	106.2		101	106	102	103.0	
1884	96	93	94	107	93	96.8		95	102	109	102.0	
1883	100	99	104	108	92	100.8		97	102	101	100.0	
1882	100	100	110	105	94	102.2		106	113	124	114.3	
1881	84	82	88	81	73	81.0		83	89	99	90.3	
1880	84	80	77	78	71	76.5		90	98	118	102.0	

osissa 1936—38 kerätyn aineiston perusteella.
of Finland according to the material of 1936—38.

Kuusi — *Spruce*											Vuosi *Year*
Pohjois-Suomi — *North Finland*						Etelä-Suomi — *South Finland*					
II	III	IV	V	Keskiarvo II—V	*Eklundin* mukaan	VI	VII	VIII	Keskiarvo VI—VIII	*Eklundin* mukaan	
112	130	116	119	119.2	121	110	104	96	103.3	98	1936
83	100	97	95	93.8	94	91	97	91	93.0	92	1935
83	110	106	109	102.0	103	109	105	108	107.3	107	1934
88	115	102	113	104.5	106	103	97	97	99.0	97	1933
83	98	102	100	95.8	96	103	95	105	101.0	101	1932
67	70	62	75	68.5	72	82	85	89	85.3	85	1931
93	105	95	98	97.8	98	98	98	105	100.3	102	1930
100	108	97	111	104.0	106	106	106	115	109.0	109	1929
75	68	67	69	69.8	72	78	90	84	84.0	84	1928
125	127	112	113	119.2	121	104	107	111	107.3	106	1927
113	105	112	122	113.0	117	107	110	105	107.3	106	1926
123	110	103	113	112.2	117	118	132	131	127.0	127	1925
134	110	115	130	122.2	128	125	137	118	126.7	128	1924
111	98	101	114	106.0	109	107	118	108	111.0	111	1923
137	124	113	127	125.2	129	124	126	115	121.7	121	1922
111	100	81	113	101.2	105	115	116	94	108.3	107	1921
92	69	61	82	76.0	80	94	99	85	92.7	95	1920
120	107	101	107	108.8	112	102	98	88	96.0	98	1919
98	79	68	71	79.0	82	73	78	75	75.3	78	1918
108	107	99	108	105.5	106	101	93	89	94.3	94	1917
121	130	121	113	121.2	119	98	94	102	98.0	99	1916
129	126	125	113	123.2	121	101	97	91	96.3	97	1915
121	136	130	104	122.8	117	93	92	93	92.7	94	1914
100	111	105	96	103.0	103	95	94	100	96.3	99	1913
99	116	113	94	105.5	102	100	95	100	98.3	101	1912
104	118	119	97	109.5	105	96	92	98	95.3	99	1911
83	87	88	75	83.2	82	82	82	101	88.3	95	1910
100	91	107	83	95.2	92	87	87	88	87.3	93	1909
91	80	105	81	89.2	88	90	88	91	89.7	93	1908
93	91	105	74	90.8	87	92	90	94	92.0	95	1907
82	76	94	80	83.0	83	105	97	105	102.3	106	1906
93	93	105	88	94.8	94	100	96	108	101.3	106	1905
87	81	88	78	83.5	83	83	88	97	89.3	93	1904
76	77	89	87	82.2	82	96	95	111	100.7	104	1903
73	69	88	79	77.2	77	80	86	78	81.3	85	1902
125	110	128	122	121.2	122	118	105	106	109.7	110	1901
107	98	122	131	114.5	116	114	103	93	103.3	104	1900
113	98	117	110	109.5	108	103	95	96	98.0	97	1899
109	82	106	99	99.0	101	106	108	111	108.3	108	1898
94	82	95	90	90.2	93	99	98	98	98.3	101	1897
105	100	122	102	107.2	107	97	97	99	97.7	98	1896
92	94	114	101	100.2	98	99	103	105	102.3	103	1895
81	92	105	100	94.5	92	103	109	113	108.3	108	1894
100	110	129	123	115.5	113	110	103	104	105.7	105	1893
100	104	119	108	107.8	108	111	107	110	109.3	106	1892
109	106	109	105	107.2	105	105	100	96	100.3	95	1891
112	131	147	126	129.0	126	118	111	106	111.7	110	1890
115	136	139	126	129.0	123	115	101	96	104.0	100	1889
96	106	93	112	101.8	105	108	98	99	101.7	96	1888
84	91	82	97	88.5	90	99	98	95	97.3	94	1887
110	115	84	97	101.5		99	100	90	96.3		1886
106	113	86	117	105.5		100	104	96	100.0		1885
108	111	83	106	102.0		99	110	110	106.3		1884
112	113	91	101	104.2		96	108	100	101.3		1883
87	93	73	101	88.5		97	116	119	110.7		1882
89	102	76	92	89.8		90	105	99	98.0		1881
83	88	65	86	80.5		95	106	104	101.7		1880

Taulukko 22. Vuosilustoindeksien esiintyminen alueittain vv. 1880—1936.

Table 22. Occurrence of annual ring indices in different districts in 1880—1936.

Vuosilusto-indeksi *Annual ring index*	Mänty — *Pine*								Kuusi — Spruce						
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
135+	10	3	2	1	—	—	—	1	1	2	2	—	—	1	—
125—134	4	2	1	2	2	3	1	1	4	5	4	5	1	2	1
115—124	3	7	7	7	6	4	5	7	5	5	8	5	6	3	4
105—114	8	11	12	15	13	9	12	8	15	16	14	16	12	13	16
96—104	7	10	10	8	13	23	19	18	9	9	8	13	23	20	19
86—95	8	14	18	13	14	9	16	20	11	9	10	7	9	15	12
76—85	8	9	6	10	7	9	4	2	9	7	5	6	5	3	3
66—75	1	1	1	1	2	—	—	—	3	4	3	5	1	—	2
—65	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—

Taulukko 23. Vuosilustoindeksien esiintyminen vv:n 1945—49 aineistossa vv. 1880—1944.

Table 23. Occurrence of annual ring indices in 1880—1944 in the material groups of 1945—49.

Vuosilusto-indeksi *Annual ring index*	Mänty — *Pine*									Kuusi — *Spruce*							
	Tammela	Padasjoki	Kuru-Ruovesi	Pohjan-kangas	Saarijärvi	Kivijärvi	Kalmuu	Savukoski	Lappi	Tammela	Padasjoki	Kuru-Ruovesi	Saarijärvi	Kivijärvi	Kalmuu	Savukoski	Lappi
135+	1	—	3	1	3	2	—	4	21	—	2	—	—	—	1	1	3
125—134	4	1	4	4	1	2	3	5	3	1	4	3	4	3	6	2	4
115—124	9	5	6	6	6	6	3	6	2	6	6	6	12	11	8	11	9
105—114	12	17	13	20	19	15	22	13	4	14	12	14	13	10	18	14	12
96—104	20	19	15	10	12	19	15	9	9	24	17	20	12	16	6	13	6
86—95	12	16	16	21	14	15	13	16	7	15	11	17	12	12	14	10	17
76—85	3	6	6	3	6	5	9	8	4	4	7	3	10	8	7	11	11
66—75	3	1	2	—	4	1	—	4	4	1	4	2	2	5	5	3	2
—65	1	—	—	—	—	—	—	—	11	—	2	—	—	—	—	—	1

kyysluvut on laskettu suoraan taulukossa 21 olevien indeksien perusteella. 1945—49 aineistossa on kullekin koealalle laskettu herkkyysluvut 1900—1939 ja taulukossa 25 esitetään koealojen keskiarvot aineistoryhmittäin. Koealoittain laskettuja herkkyyslukuja tullaan myöhemmin käyttämään tutkittaessa metsikön sisäisten tekijäin vaikutusta vaihteluihin.

Vaihteluherkkyyslukujen suuruus riippuu paljon siitä, kuinka suuria ilmastollisia vaihteluita on sattunut ko. 10-vuotiskautena. 1920- ja 1930-luvuilla on yleensä esiintynyt suurempia vaihteluita kuin kahdella edellisellä vuosikymmenellä. Taulukoissa 24 ja 25 herkkyysluvut ovat yleensä pienempiä kuin 0.20, vaihtelut siis ovat vähäisiä Douglassin asteikon mukaan. Itse asiassa Douglass ja Glock mainitsevatkin, että kostean ilmaston alueella, johon Suomikin kuuluu, säde-

Taulukko 24. Männyn ja kuusen sädekasvun vaihteluherkkyys eri osissa Suomea vv:n 1936—38 aineiston perusteella.

Table 24. The mean sensitivity of the radial growth of pine and spruce in different parts of Finland. Material of 1936—38.

	Mänty — *Pine*										Kuusi — *Spruce*								
	Pohjois-Suomi — *North Finland*						Etelä-Suomi — *South Finland*				Pohjois-Suomi — *North Finland*					Etelä-Suomi — *South Finland*			
	I	II	III	IV	V	Keskiarvo *Average*	VI	VII	VIII	Keskiarvo *Average*	II	III	IV	V	Keskiarvo *Average*	VI	VII	VIII	Keskiarvo *Average*
1930—36	0.17	0.16	0.17	0.14	0.14	0.16	0.14	0.13	0.10	0.12	0.14	0.16	0.16	0.16	0.16	0.13	0.08	0.12	0.11
1920—29	0.17	0.12	0.11	0.09	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	0.21	0.25	0.23	0.20	0.22	0.14	0.11	0.14	0.13
1910—19	0.12	0.10	0.09	0.07	0.08	0.09	0.08	0.07	0.06	0.07	0.13	0.14	0.17	0.13	0.14	0.11	0.07	0.08	0.09
1900—09	0.20	0.14	0.14	0.08	0.09	0.13	0.09	0.06	0.06	0.07	0.14	0.14	0.10	0.14	0.13	0.13	0.07	0.13	0.11
1890—99	0.08	0.13	0.11	0.07	0.09	0.10	0.07	0.07	0.08	0.07	0.09	0.10	0.13	0.09	0.10	0.05	0.07	0.09	0.07
1880—89	0.09	0.09	0.12	0.06	0.06	0.08	0.07	0.08	0.10	0.08	0.11	0.12	0.13	0.09	0.11	0.04	0.04	0.09	0.06
Keskiarvo — *Average*	0.14	0.12	0.12	0.08	0.10	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.14	0.15	0.15	0.14	0.14	0.10	0.07	0.11	0.10

Taulukko 25. Männyn ja kuusen sädekasvun vaihteluherkkyys vv:n 1945—49 aineistoryhmissä.

Table 25. The mean sensitivity of the radial growth of pine and spruce in the material groups of 1945—49.

	Mänty — *Pine*													Kuusi — *Spruce*							
	Tammela	Padasjoki	Kuru—Ruovesi	Pohjankangas	Saarijärvi	Kivijärvi	Kainuu	Savukoski	Pallasjärvi	Enontekiö	Lemmenjoki	Inari	Utsjoki	Tammela	Padasjoki	Kuru—Ruovesi	Saarijärvi	Kivijärvi	Kainuu	Savukoski	Pallasjärvi
1930—39	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.15	0.19	0.18	0.24	0.23	0.22	0.19	0.23	0.11	0.16	0.19	0.19	0.20	0.16	0.14	0.16
1920—29	0.14	0.16	0.16	0.12	0.16	0.16	0.13	0.15	0.15	0.16	0.17	0.18	0.17	0.16	0.20	0.18	0.22	0.21	0.22	0.22	0.21
1910—19	0.11	0.14	0.11	0.11	0.10	0.10	0.12	0.12	0.19	0.18	0.13	0.14	0.15	0.11	0.13	0.10	0.12	0.14	0.17	0.16	0.12
1900—09	0.14	0.11	0.12	0.08	0.14	0.14	0.13	0.16	0.24	0.41	0.26	0.24	0.35	0.15	0.15	0.16	0.15	0.18	0.18	0.18	0.18
Keskiarvo — *Average*	0.13	0.14	0.13	0.11	0.13	0.14	0.14	0.15	0.20	0.25	0.20	0.19	0.22	0.13	0.16	0.16	0.17	0.18	0.18	0.18	0.17

kasvun vaihtelut ovat pieniä (complacent ring type), joten Suomi ei erityisen hyvin sovellukaan teoreettisiin kasvun ja säätekijäin vaihtelun välisiin tutkimuksiin (Douglass 1928, ss. 94—112). Kun kosteutta on käytännöllisesti katsoen riittävästi joka vuosi, jää lämpötila tärkeimmäksi kasvua määrääväksi tekijäksi, ja lämpötilan vaihtelut eri vuosina ovat pienempiä kuin sademäärän vaihtelut. Vaihtelut ovat kuitenkin niin suuria, että varmasti niillä on käytännöllistä merkitystä mm. metsätieteellisissä kasvututkimuksissa (Kolmodin 1923, s. 18).

Vaikka kasvun vaihtelut keskimäärin ovat verrattain pieniä ja eri vuodet sääsuhteiltaan melko samanlaisia, esiintyy joinakin vuosina hyvinkin suuria kasvun heilahteluita. Niinpä kahden perättäisen vuoden vuosilustoindeksien erotus on kuvissa 16 ja 17 useasti yli 30, joskus jopa 50, ja yksittäisillä koealoilla esiintyy vieläkin suurempia vaihteluita.

Mitä tulee sädekasvun vaihteluiden keskimääräiseen suuruuteen, ei männyn ja kuusen välillä ole siinä suhteessa kovin suuria eroja. Kasvun heilahtelut vuodesta vuoteen ovat kuusella suurempia (taulukot 24—25), kun taas männyn kasvussa esiintyy voimakkaampia pitkäaikaisia vaihteluita (taulukoissa 22 ja 23 männyn kohdalla hajonta suurempi). Etenkin pistävät silmään kuvassa 17 kuusen kasvulle epäedulliset vuodet (1902, 1918, 1920, 1928, 1931), jollaisia ei niin selvinä esiinny männyn kasvua esittävässä kuvassa 16.

Vaihteluiden alueellinen yhtenäisyys.

Koska Suomen oloissa kaikkien tähänastisten tutkimusten mukaan lämpötila on puiden kasvun kannalta rajoittava säätekijä ja lämpötilan vaihtelut ovat laajoilla alueilla melko yhtenäiset ja kun vielä korkeuserot Suomessa ovat pienet, ei ole mitenkään hammästyttävää, että puiden kasvun vaihtelut ovat eri osissa maata saman suuntaisia. Esimerkkinä lämpötilan vaihtelun yhtenäisyydestä esitetään taulukossa 26 Tampereen heinäkuun, joka puiden kasvun kannalta on tärkein kuukausi (esim. Kolmodin 1923, s. 24; Erlandsson 1936, s. 46), keskilämmön ja kolmen muun meteorologisen havaintoaseman vastaavan lämpötilan väliset korrelatiokertoimet. [1])

[1]) Tässä tutkimuksessa käytetyt säätiedot on otettu seuraavista säätilastoista:
Observations météorologiques publiées par la Société des Sciences de Finlande. 1873—1879. Helsinki 1875—1882.
Observations météorologiques publiées par l'Institut Meteorologique Central de la Société des Sciences de Finlande. 1881—1900. Helsinki 1892—1909.
Meteorologisches Jahrbuch für Finland, I—XV. 1901—1915. Helsinki 1908—1923.
Suomen Meteorologinen Vuosikirja — Meteorologisches Jahrbuch für Finnland. XVI—XXXVII. 1916—1937. Helsinki 1924—1940.
Kuukausikatsaus Suomen sääoloihin — Månadsöversikt av väderleken i Finland. Helsinki 1938—1949.

Taulukko 26. Tampereen sekä Jyväskylän, Kajaanin ja Sodankylän heinäkuun keskilämpöjen välinen korrelatio 1910—1944.

Table 26. The correlation beween mean July temperature in Tampere and three other meteorological stations in Finland.

	Välimatka, km *Distance in km.*	Korrelatiokerroin *Correlation coefficient*
Tampere—Jyväskylä	130	0.93 ± 0.02
Tampere—Kajaani	360	0.86 ± 0.05
Tampere—Sodankylä	680	0.70 ± 0.08

Jo pikainen silmäys kuviin 2 ja 3 sekä 16 ja 17 riittää osoittamaan, miten saman suuntaisia kasvun vaihtelut ovat kaukanakin toisistaan sijaitsevilla alueilla. Saman seikan osoittamiseksi on taulukkoon 27 laskettu muutamia taulukossa 21 olevien vuosilustoindeksisarjojen välisiä korrelatiokertoimia.

Taulukko 27. Alueittaisten vuosilustoindeksien väliset korrelatiokertoimet 1880—1936. (Kovat metsämaat, vv:n 1936—38 aineiston perusteella.)

Table 27. Correlation coefficients between annual ring indices of 1880—1936 from different districts. (Firm forest lands, material of 1936—38).

Alueet *Districts*	Mänty—*Pine*			Kuusi—*Spruce*		
	II	VII	VIII	II	VII	VIII
I	0.50 ± 0.10	0.44 ± 0.11	0.42 ± 0.11			
II		0.67 ± 0.07	0.46 ± 0.10		0.50 ± 0.10	0.22 ± 0.13
III	0.96 ± 0.01	0.68 ± 0.07	0.44 ± 0.11	0.72 ± 0.06	0.34 ± 0.12	0.24 ± 0.12
IV	0.73 ± 0.06	0.65 ± 0.08	0.46 ± 0.10	0.58 ± 0.09	0.16 ± 0.13	0.25 ± 0.12
V	0.78 ± 0.05	0.70 ± 0.07	0.39 ± 0.11	0.71 ± 0.07	0.66 ± 0.07	0.42 ± 0.11
VI	0.77 ± 0.05	0.86 ± 0.03	0.64 ± 0.08	0.60 ± 0.10	0.76 ± 0.06	0.59 ± 0.09
VII	0.67 ± 0.07		0.82 ± 0.04	0.50 ± 0.10		0.72 ± 0.06
VIII	0.46 ± 0.10	0.82 ± 0.04		0.22 ± 0.13	0.72 ± 0.06	

Taulukko osoittaa, että mitä suurempi on alueiden keskinäinen välimatka, sitä heikompi on vuosilustoindeksien välinen korrelatio. Korrelatio ei ole yhtä hyvä kuin heinäkuun keskilämpöjen välinen korrelatio, mikä johtuu aineistossa olevien satunnaisten häiriöiden lisäksi mm. siitä, että kasvuun vaikuttavat muutkin vaihtelevat tekijät kuin heinäkuun lämpötila, ja lisäksi tiettyjen säätekijäin vaikutus puiden kasvuun on Pohjois-Suomessa jonkin verran toisenlainen kuin Etelä-Suomessa.

Eklund (1944, s. 214) on myös melkein saman aineiston perusteella laskenut Etelä- ja Pohjois-Suomen väliset korrelatiokertoimet ja saanut sangen korkeat arvot, männylle 0.78 ja kuuselle 0.61. Tämä johtuu kuitenkin siitä, että aineistosta hyvin huomattava osa on Etelä-

Suomen pohjoisosasta ja Pohjois-Suomen eteläosasta (alueista V ja VI) joten varsinaisen Etelä-Suomen ja Perä-Pohjolan välinen yhtäläisyys on heikompi.

Vuosilustoindeksien välinen korrelatiokerroin ei aina anna oikeata kuvaa vaihteluiden yhtenäisyydestä, varsinkin jos aineisto on pieni ja siinä esiintyy satunnaisia häiriöitä. Ruden (1945, s. 229) esittää tästä esimerkkinä Eidemin (1943) tutkimuksesta kaksi indeksisarjaa, jotka sangen hyvin seuraavat toisiaan, mutta korrelatiokerroin silti on vain 0.16. Samanlainen tapaus on taulukossa 27 kuusi alueella IV, joka käsittää vain 24 puuta. Alueissa IV ja VII kuusen vuosilustoindeksien välinen korrelatiokerroin on 0.16 ± 0.13, siis sen mukaan näillä lukusarjoilla ei olisi mitään riippuvaisuutta keskenään, mutta kuvasta 3 voidaan päätellä, että kasvun vaihtelut näissä alueissa sittenkin ovat melko samanlaiset.

Tällaisten tapausten varalle Ruden ehdottaa, että korrelatiokerrointa ei laskettaisi indeksien välille, vaan ns. toisen asteen erotusten kesken. Jos tietyn indeksisarjan indeksejä merkitään a_1, a_2, a_3, a_4 — —, ovat ensimmäisen asteen erotukset

$a_1 - a_2$, $a_2 - a_3$, $a_3 - a_4$, jne.

ja toisen asteen erotukset

$(a_1 - a_2) - (a_2 - a_3) = a_1 + a_3 - 2a_2$, $(a_2 - a_3) - (a_3 - a_4) = a_2 + a_4 - 2a_3$ jne.

Ruden laskee siis kummastakin tutkittavasta indeksisarjasta toisen asteen erotukset sekä määrää niiden välisen korrelatiokertoimen. Tällä tavalla hän saa esim. edellä mainittujen Eidemin indeksisarjojen väliseksi korrelatioksi 0.71.

Mutta myös ensimmäisen asteen erotuksia voidaan käyttää eri seuduilta olevien indeksisarjain yhtäläisyyden tutkimiseen, jolloin satunnaiset tekijät eivät pääse niin paljon vaikuttamaan kuin itse indeksisarjain välisiä korrelatiokertoimia laskettaessa. Näin on menetellyt esim. Kolmodin (1923). Työmäärä sen sijaan on paljon pienempi kuin siinä tapauksessa, että ensin on laskettava toisen asteen erotukset. Taulukko 28 esittää ensimmäisen asteen erotusten välisiä korrelatiokertoimia samoista indeksisarjoista, joiden itse indeksisarjojen väliset kertoimet ovat taulukossa 27. Näiden kahden taulukon vertailu osoittaa, että kuusella, jonka aineisto on verrattain pieni ja missä siis satunnaiset häiriöt vaikuttavat melko paljon, erotusten väliset korrelatiokertoimet ovat järjestään korkeampia kuin itse indeksien väliset. Männyn kohdalla taas voidaan panna merkille, että lähekkäin sijaitsevilla alueilla erotusten välinen korrelatio on suurempi, kun taas kaukana toisistaan sijaitsevilla alueilla on itse indeksien välillä parempi korrelatio kuin erotusten välillä. Tämä johtuu aikaisemmin mainitusta seikasta, että männyllä esiintyy

Taulukko 28. Alueittain laskettujen vuosilustoindeksien erotusten väliset korrealatiokertoimet vv. 1880—1936. (Kovat metsämaat, vv:n 1936—38 aineiston perusteella.).

Table 28. Correlation coefficients between differences of annual ring indices of 1880 —1936. (Firm forest lands, material of 1936—38.)

Alueet *Districts*	Mänty—*Pine*			Kuusi—*Spruce*		
	II	VII	VIII	II	VII	VIII
I	0.76 ± 0.06	0.43 ± 0.11	0.36 ± 0.12			
II		0.48 ± 0.10	0.39 ± 0.11		0.54 ± 0.10	0.38 ± 0.12
III	0.93 ± 0.02	0.49 ± 0.10	0.35 ± 0.17	0.89 ± 0.03	0.51 ± 0.10	0.41 ± 0.11
IV	0.76 ± 0.06	0.59 ± 0.09	0.43 ± 0.11	0.83 ± 0.04	0.55 ± 0.09	0.37 ± 0.12
V	0.69 ± 0.07	0.77 ± 0.05	0.58 ± 0.09	0.76 ± 0.06	0.68 ± 0.07	0.48 ± 0.10
VI	0.58 ± 0.05	0.87 ± 0.03	0.73 ± 0.06	0.68 ± 0.07	0.86 ± 0.03	0.69 ± 0.07
VII	0.43 ± 0.11		0.85 ± 0.04	0.54 ± 0.10		0.75 ± 0.06
VIII	0.36 ± 0.12	0.85 ± 0.04		0.38 ± 0.12	0.75 ± 0.06	

voimakkaampia pitkäaikaisia vaihteluita, jotka laajoilla alueilla ovat sangen yhtenäisiä, kun taas vuosittain tapahtuvat vaihtelut voivat kaukana toisistaan sijaitsevilla alueilla olla sekä suunnaltaan että suuruudeltaan erilaisia.

Kuvien 2 ja 3 sekä 16 ja 17 yksityiskohtainen tarkastelu osoittaa, että muutamat vuodet ovat yli koko Suomen olleet puiden kasvun kannalta edullisia, muutamat kaikkialla epäedullisia, kun taas muutamina vuosina on Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä havaittavissa selvä ero. Myös voidaan panna merkille, että männyn ja kuusen kasvun kuvaajissa monet huiput ja »laaksot» ovat yhteisiä, kun taas eräinä vuosina mänty ja kuusi ovat suhtautuneet ilmastoon eri tavoin. Rajoittumalla aikaan vuoden 1880 jälkeen esitetään seuraavassa katsaus männyn ja kuusen kasvuun eri vuosina sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa.

1880 Männylle Etelä-Suomessa suotuisa, kuuselle keskinkertainen vuosi, Pohjois-Suomessa molemmille puulajeille epäsuotuisa.

1881 Selvä ero Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä. Etelässä on männyn kasvussa edelliseen vuoteen verrattuna lasku, Pohjois-Suomessa nousu. Kuusella vuosi on Etelä-Suomessa jokseenkin edellisen veroinen, Pohjois-Suomessa on nousu.

1882 Harvinaisen suotuisa vuosi sekä männylle että kuuselle Etelä-Suomessa. Myös Pohjois-Suomessa männyn kasvu osoittaa nousua, mutta kuusen lievää laskua.

1883 Etelä-Suomessa on sekä männyn että kuusen kasvussa huippuvuoden jälkeen jyrkkä lasku, mutta pohjoisessa männyn kasvu on edellisen vuoden tasolla ja kuusen kasvu osoittaa nousua.

1884—89 Melko pieniä vaihteluita, kunnes kuusen kasvussa esiintyy 1887 lasku, joka Pohjois-Suomessa on voimakkaampi. Männyn kasvussa on 1888 Pohjois-Suomessa epäedullisin vuosi, Etelä-Suomessa taas 1889.

1890 Sekä männylle että kuuselle edullinen vuosi koko maassa.

1891 Huippuvuoden jälkeen lasku, jonka voimakkuus jonkin verran vaihtelee.

1892 Männyn kasvussa Pohjois-Suomessa jyrkkä lasku, Etelä-Suomessa paikoin nousuakin. Kuusen kasvussa Etelä-Suomessa selvä nousu, pohjoisempana heikkoa laskua.

1894 Männylle Etelä-Suomessa erittäin edullinen vuosi, Pohjois-Suomessa kasvu jokseenkin normaalitasolla. Kuusen kasvussa Pohjois-Suomessa selvä lasku.

1890- luvun lopulla esiintyy männyllä poikkeuksellisia kasvuhäiriöitä suuressa osassa Etelä-Suomea. Pohjoisessa ovat männyn kasvun huippuvuosia 1896 ja -98. Heikko vuosi on suurimmassa osassa maata 1899, mutta pohjoisempana lasku jatkuu vielä seuraavana vuonna. Kuuselle on 1897 epäedullisin vuosi koko maassa.

1901 Sekä männylle että kuuselle sangen edullinen vuosi koko maassa.

1902 Kaikkialla voimakas lasku sekä männyn että kuusen kasvussa.

1903 Edellisen epäedullisen vuoden jälkeen männyn kasvu nousee Etelä-Suomessa jokseenkin normaalitasolle, mutta pohjoisessa lasku jatkuu. Kuusen kasvussa tapahtuu myös Pohjois-Suomessa nousu, mutta se on paljon heikompi kuin Etelä-Suomessa.

1904—10 Melko pieniä vaihteluita. 1908 on männyllä yleensä hieman toisia edullisempi vuosi, samoin 1906. Kuusen kasvu osoittaa tänä aikana miltei jatkuvaa laskua; epäedullisia vuosia ovat varsinkin 1910 sekä Pohjois-Suomessa männyn kasvulle edulliset vuodet 1906 ja -08.

1911—22 Yleinen suunta sekä männyn että kuusen kasvussa on selvä nousu. Männyllä ovat 1911 ja 1918 epäedullisimpia vuosia ja niiden välissä on 1915 voimakas huippu. Kasvun kulku on sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa hyvin yhtenäinen. Kuusen kasvussa pistävät eniten silmään huonot vuodet 1918 ja 1920, kun taas v:t 1915—17 ovat kaikki hyvin samanlaisia.

1922 Sekä männyn että kuusen kasvun huippuvuosi kaikkialla.

1923 Edelliseen vuoteen verrattuna männyllä heikko, kuusella melko voimakas lasku koko maassa.

1924 Männyn kasvussa Etelä-Suomessa lievä nousu, Pohjois-Suomessa taas lasku. Kuusen kasvussa nousua kaikkialla.

1925 Männyn kasvussa Etelä-Suomessa lasku, Pohjois-Suomessa nousu. Kuusen kasvussa muualla heikkoa laskua, mutta eteläisimmässä osassa maata selvä nousu.

1926 Männyn kasvussa kaikkialla jyrkkä lasku. Kuusen kasvussa tapahtuu nousua Pohjois-Suomen eteläosassa, Lapissa ja Etelä-Suomessa sen sijaan on laskua.

1927 Männyn kasvussa voimakas nousu koko maassa. Kuusen kasvussa on myös nousu Etelä-Suomessa ja Lapissa, mutta Keski-Suomessa kasvu on jokseenkin edellisen vuoden tasolla.

1928 Sekä männylle että kuuselle erittäin huono vuosi, kuuselle vielä epäedullisempi kuin männylle.

1929 Edellisen huonon vuoden jälkeen sekä männyn että kuusen kasvu on noussut muualla, paitsi pohjoisimmassa osassa maata männyllä lasku jatkuu. Kuusella nousu on suurempi kuin männyllä.

1930 Männyn kasvu on Etelä-Suomessa jokseenkin edellisen vuoden tasolla, mutta Pohjois-Suomessa, missä edellinen vuosi oli hyvin huono, on voimakas nousu. Kuusen kasvu on kaikkialla hieman laskenut edellisestä vuodesta.

1931 Sangen epäedullinen vuosi sekä männylle että kuuselle koko maassa.

1932 Huonon vuoden jälkeen männyllä lievä, kuusella voimakkaampi kasvun nousu.

1933 Männyn kasvu laskee edellisestä vuodesta Etelä-Suomessa lievästi, Pohjois-Suomessa voimakkaammin. Kuusen kohdalla taas Etelä-Suomessa on selvä lasku, Pohjois-Suomessa lievä nousu.

1934 Männyn kasvun huippuvuosi koko maassa. Kuusen kasvu on Etelä-Suomessa noussut edellisestä vuodesta, mutta pysyttelee Pohjois-Suomessa samalla tasolla ja Lapissa jopa laskee.

1935 Huippuvuoden jälkeen sekä männyn että kuusen kasvussa melko voimakas lasku koko maassa.

1936 Männyn kasvu on edellisen vuoden tasolla, mutta kuusella on voimakas nousu koko maassa.

1937 Männyn kasvu on Etelä-Suomessa jokseenkin edellisen vuoden tasolla, mutta pohjoisessa on voimakas nousu, jopa Lapissa 1937 edustaa yhtä parhaista huippuvuosista. Kuusen kasvussa esiintyy heikko lasku koko maassa.

1938 Männyllä on Etelä-Suomessa nousu, Pohjois-Suomessa taas huippua seuraava lasku. Kuusella esiintyy myös nousua Etelä-Suomessa ja Lapissa, mutta Keski-Suomessa on heikon laskun alue.

1939 Männyn kasvussa esiintyy yleensä heikkoa nousua; myös kuusen kasvu on useimmissa alueissa noussut edellisestä vuodesta.

1940 Männylle erittäin epäedullinen, kuuselle taas edullinen vuosi. Ainoastaan Kainuussa on männyn kasvu noussut edellisestä vuodesta, ja Lapissa on kuusen kasvu pysynyt edellisten vuosien suhteellisen korkealla tasolla.

1941 Männyn kasvussa nousu edellisen huonon vuoden jälkeen. Kuusen kasvussa sen sijaan on jyrkkä lasku suurimmassa osassa maata, vain aivan pohjoisessa kasvu on noussut edellisestä vuodesta tai pysynyt samalla tasolla.

1942 Sekä männyn että kuusen kasvussa lasku edellisestä vuodesta.

1943 Männyn kasvussa nousu Etelä-Suomessa, Pohjois-Suomessa sen sijaan pientä laskua. Kuusen kasvu on Etelä-Suomessa noussut ja Keski-Suomessa pysynyt jokseenkin edellisen vuoden (alhaisella) tasolla, mutta Pohjois-Suomessa jo pari vuotta kestänyt lasku on edelleen jatkunut.

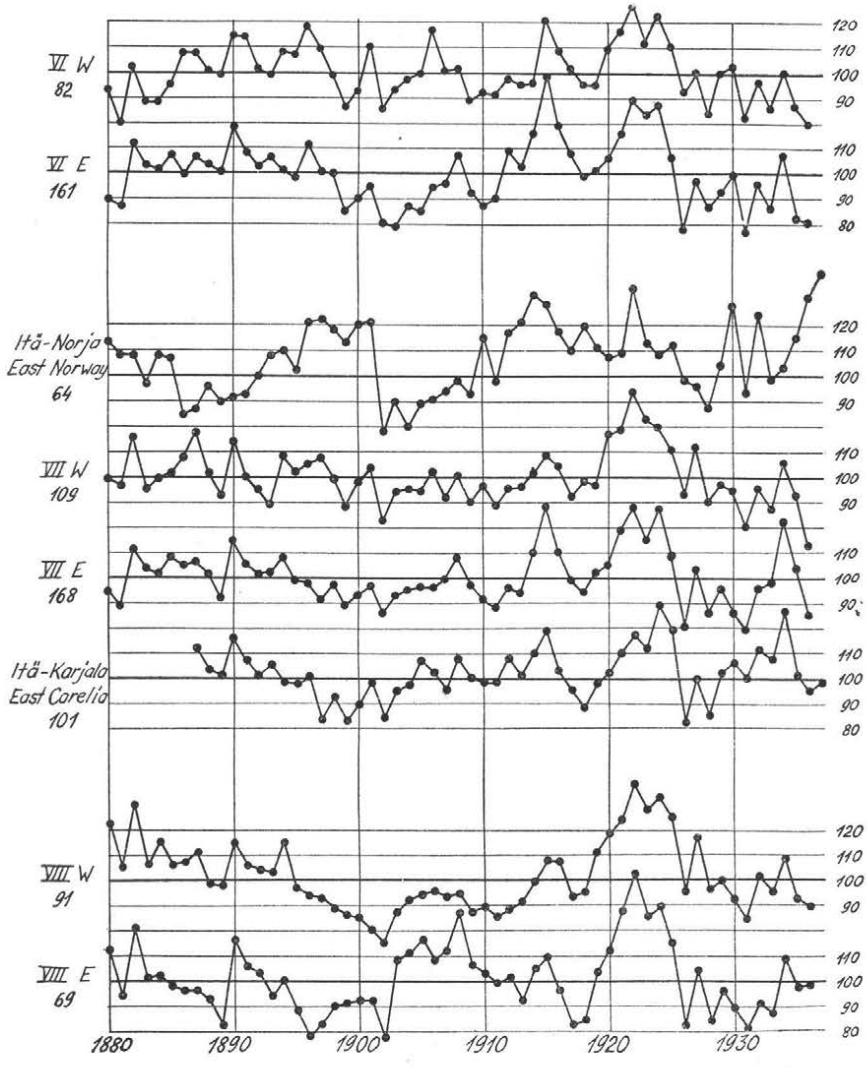
1944 Männyn kasvussa on yleensä tapahtunut pientä laskua. Kuusen kasvu on Etelä- ja Keski-Suomessa edellisen vuoden tasolla, mutta pohjoisessa lasku jatkuu edelleen.

1945 Aineistoa on vain muutamista osista maata. Näyttää kuitenkin siltä, että sekä männyn että kuusen kasvussa on kaikkialla maassa tapahtunut melko voimakas nousu.

1946 Edellisen huippuvuoden jälkeen on tapahtunut hieman laskua.

1947 Kasvu on jälleen noussut jokseenkin v:n 1945 tasolle.

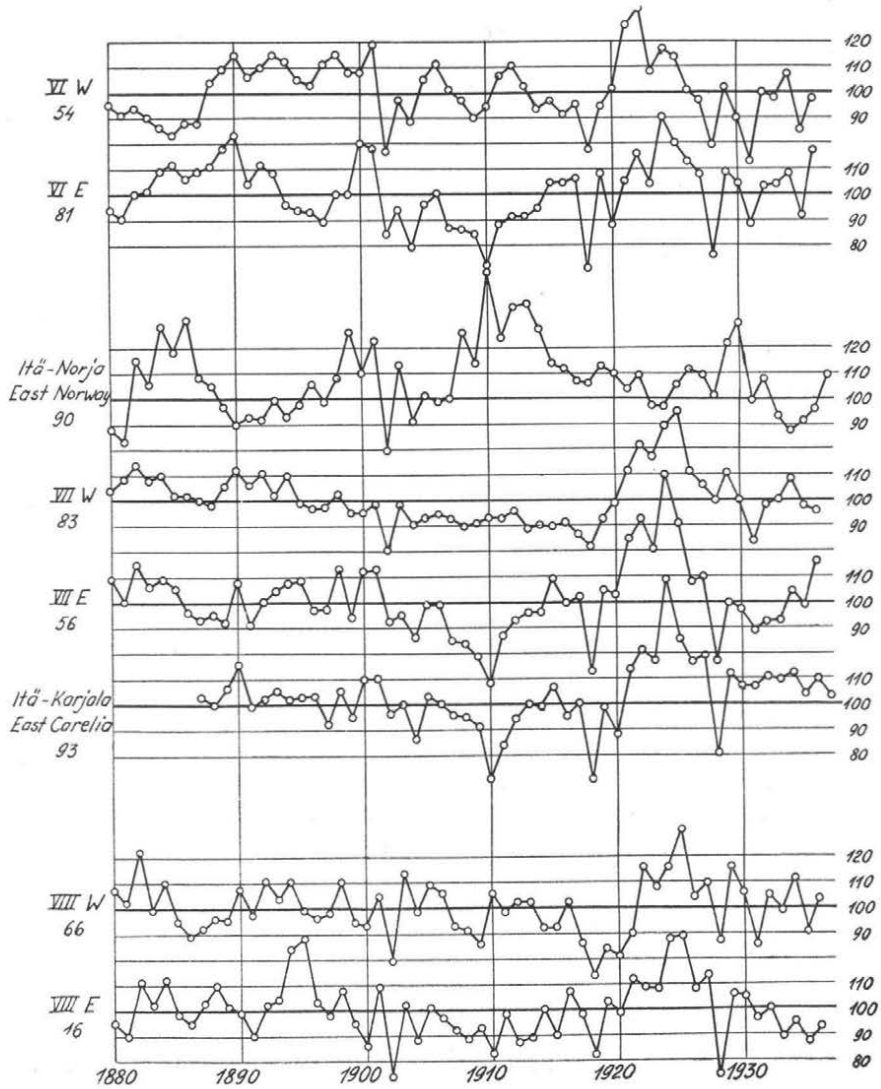
Tarkasteltakoon vielä kysymystä, millaisia muutoksia kasvun vaihteluissa mahdollisesti tapahtuu lännestä itään siirryttäessä. Suomessa etäisyydet ovat tässä suunnassa pienempiä kuin etelästä pohjoiseen, mutta täydennyksenä on käytettävissä Itä-Karjalasta kerätty aineisto, joka on jokseenkin VII alueen leveydeltä. Siksi sitä seuraavassa verrataan VII alueen erikseen länsi- ja itäpuoliskon aineistoihin.



Kuva 18. Männyn vuosilustoindeksit.
VI—VIII 1936—38 aineiston mukaan.
Itä-Karjala 1942—43 » »
Itä-Norja *Ordingin* (1941 a) mukaan.

Fig. 18. Annual ring indices of pine.
VI—VIII. Material of 1936—38, East Carelia. Material of 1942—43, East Norway. After Ording (1941 a).

Kuvissa 18 ja 19 esitetään kaikkien Etelä-Suomen alueiden länsi- ja itäpuoliskon vuosilustoindeksit. VII alueen rinnalla ovat Itä-Karjalan aineiston indeksit. Vielä on otettu mukaan Ordingin (1941 a,



Kuva 19. Kuusen vuosilustoindeksit. Selitys kuvassa 18.
Fig. 19. Annual ring indices of spruce. See text to Fig. 18.

ss. 307—311) Itä-Norjan peruskaavat. Itä-Norjan alue, josta Ordingin aineisto on peräisin, sijaitsee VIII alueen leveydellä, mutta noin 800 km lännempänä ja huomattavasti merellisemmässä ilmastossa. Tätäkin aluetta verrataan Suomen VII alueeseen ja Itä-Karjalaan.

Useimpina vuosina kasvun vaihtelut Länsi- ja Itä-Suomessa ovat olleet hyvin yhtenäiset. Vain joinakin vuosina voidaan huomata todellista erilaisuutta, joka johtuu ilmaston erilaisuudesta. Selvin tällainen tapaus on vuosi 1910, joka kuusen kasvulle on Länsi-Suomessa melko

suotuisa, mutta Itä-Suomessa ja Itä-Karjalassa hyvin epäsuotuisa. Kauempana lännessä, Itä-Norjassa, sama vuosi on kuuselle ollut ennätyksellisen edullinen. Samanlaista suuntausta v:n 1910 kohdalla voidaan huomata männylläkin, mutta ei niin voimakkaana kuin kuusella. Toinen melko selvästi erilainen vuosi on 1895, joka Itä-Suomessa on ollut kuusen kasvulle suotuisampi kuin Länsi-Suomessa. Edelleen on vuosi 1924 ilmeisesti männyn kasvulle idässä suhteellisesti suotuisampi kuin lännessä, ja vuosi 1925 taas on kuusen kasvulle lännessä edellistä vuotta suotuisampi, idässä päinvastoin. Samanlaisia tapauksia löytyy ehkä muitakin, mutta sittenkin erilaisuudet ovat sangen pieniä.

Itä-Karjalan indeksisarjoissa on eräitä yhtäläisyyksiä Suomen huomattavasti pohjoisempien alueiden, esim. alueen VI ja Kainuun, indeksisarjojen kanssa. Tällaisina pohjoisina piirteinä on pidettävä esim. männyn kasvun nousua 1930 ja kuusen erittäin syviä laaksonpohjia vv. 1918, -20 ja -28. Eräät muutkin ekologiset tutkimukset (esim. Kalliola 1943) osoittavat Itä-Karjalan ilmaston olevan rinnastettavissa Suomessa paria leveysastetta pohjoisempien seutujen ilmastoon.

Itä-Norjassa ja vastaavalla leveydellä Suomessa on kasvun vaihteluilla sangen vähän yhtäläisyyksiä. Muutamina »merkkivuosina» on vaihteluiden suunta sama, esim. 1902, 1922, 1928 ja 1931, mutta runsaasti on aivan vastakkaisiakin tapauksia, esim. 1890, 1924 ja 1934.

Taulukkoon 29 on laskettu muutamia korrelatiokertoimia osoittamaan vaihteluiden yhtenäisyyttä Itä-Norjassa, Länsi- ja Itä-Suomessa sekä Itä-Karjalassa. Siitäkin nähdään, että vaihtelut ovat Suomessa ja Itä-Karjalassa laajalla alueella hyvin yhtenäiset. Länsi-Suomen ja Itä-Karjalan indeksien välinen korrelatio on jonkin verran parempi kuin kahdella alueella, joiden keskinäinen etäisyys pohjois-eteläsuunnassa on jokseenkin sama. Sen sijaan Etelä-Suomen ja Itä-Norjan välillä on niin suuria ilmastollisia eroja, että vuosilustoindeksienkään välillä ei ole minkäänlaista korrelatiota. Erot välimatkoissa eivät kuitenkaan ole kovin

Taulukko 29. Itä-Norjan, Länsi- ja Itä-Suomen sekä Itä-Karjalan

Table 29. Correlation coefficients between annual ring indices o

		Mänty — *Pine*			
		Itä-Norja *East Norway*	VII W	VII E	Itä-Karjala *East Carelia*
Mänty *Pine*	Itä-Norja ...		0.26 ± 0.13		0.22 ± 0.14
	VII W	0.26 ± 0.13		0.77 ± 0.06	0.53 ± 0.10
	VII E		0.77 ± 0.06		0.77 ± 0.06
	Itä-Karjala .	0.22 ± 0.14	0.53 ± 0.16	0.77 ± 0.06	
Kuusi *Spruce*	Itä-Norja ...				
	VII W			0.46 ± 0.11	
	VII E		0.60 ± 0.09	0.56 ± 0.10	0.45 ± 0.11
	Itä-Karjala .			0.46 ± 0.11	

suuria. Niinpä alueiden VII W ja Itä-Karjalan (korrelatio männyllä 0.53 ja kuusella 0.70) välimatka on noin 500 km ja Itä-Norjan ja alueen VII W (korrelatio männyllä 0.26 ± 0.13 ja kuusella -0.13 ± 0.14) välimatka noin 700 km. Jos verrataan Suomessa kahta aluetta, joiden välimatka pohjois-eteläsuunnassa on 700 km, on korrelatio huomattavasti parempi kuin Etelä-Suomen ja Itä-Norjan välillä. Norjassa, missä korkeuserot ovat suuria ja ilmasto vuoristojen eri puolilla erilainen, saattaa kasvun vaihteluissakin olla sangen suuria eroja suhteellisen lähellä toisiaan sijaitsevilla seuduilla (Ording 1941 a, ss. 202—203).

Tämä Etelä-Suomen ja Itä-Norjan vuosilustoindeksien vertailu osoittaa selvästi, miten varovaisesti täytyy suhtautua yrityksiin käyttää toiselta seudulta olevia vuosilustotutkimuksia apuna dendrokronologisissa ajanmäärityksissä.

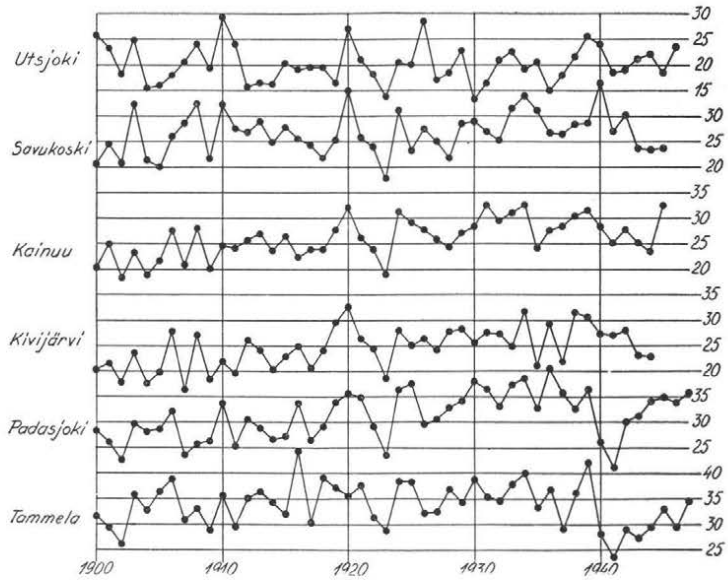
Taulukossa 29 on myös muutamia männyn ja kuusen välisiä korrelatiokertoimia. Ne osoittavat, että männyn ja kuusen kasvun vaihteluiden välinen korrelatio on melko heikko, ts. mänty ja kuusi suhtautuvat ilmastollisiin vaihteluihin eri tavoin. Tähän kysymykseen palataan myöhemmin.

Kesäpuuprosentin vaihtelut.

Mutta ei ainoastaan vuosiluston suhteellinen leveys eri vuosina osoita hyvää yhdenmukaisuutta eri seuduilla, vaan myös vuosiluston osien, kevät- ja kesäpuun, leveys noudattaa samanlaista säännöllisyyttä. Tämä käy selville kuvasta 20, joka esittää männyn kesäpuun keskimääräistä osuutta luston leveydestä muutamilla tutkimusalueilla. Tässä tarkastelussa rajoitutaan aikaan v:n 1900 jälkeen. Kesäpuu on mitattu pääasiassa sellaisilta koealoilta, joissa vuosilustot ovat verrattain leveitä ja niiden osien erikseen mittaaminen siis mahdollista ilman suuria suhteellisia virheitä. Kuvassa 20 ovat mukana seuraavat männikkökoealat:

vuosilustoindeksien väliset korrelatiokertoimet vv. 1887—1936.
1887—1936 in East Norway, West and East Finland, and East Carelia.

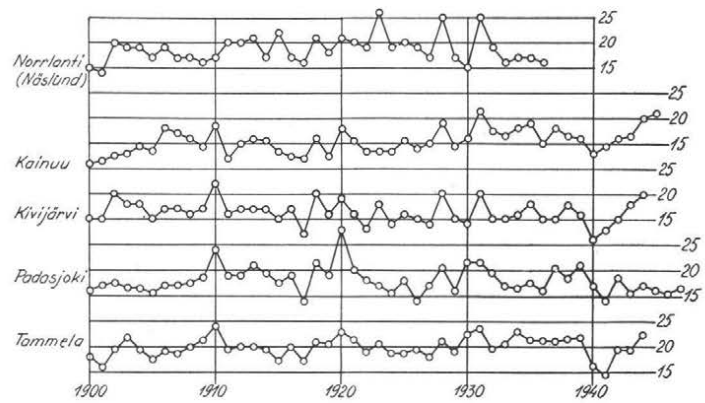
Kuusi—*Spruce*			
Itä-Norja *East Norway*	VII W	VII E	Itä-Karjala *East Carelia*
	0.46 ± 0.11	0.60 ± 0.09 0.56 ± 0.10 0.45 ± 0.11	0.46 ± 0.11
-0.13 ± 0.14	-0.13 ± 0.14	0.70 ± 0.07	-0.23 ± 0.13 0.70 ± 0.07
-0.23 ± 0.13	0.70 ± 0.07 0.70 ± 0.07	0.86 ± 0.04	0.86 ± 0.04



Kuva 20. Männyn kesäpuuprosentin vaihtelut muutamissa tutkimusalueissa.
Fig. 20. Variations in the percentage of summer wood of pine in some research localities.

Tammela: 14, 20, 136 ja 137, Padasjoki: 143, 146, 147, 153 ja 156, Kivijärvi: 58 ja 63, Kainuu: 70, 73, 74 ja 81, Savukoski: 95, Utsjoki: 118.

Kesäpuun osuus männyn vuosiluston leveydestä näyttää vaihtelevan eri vuosina melko paljon, esim. Tammelassa 23.5—44 %, Padasjoella 21—40.5 %, Kivijärvellä 16.5—32.5 %, Kainuussa 18.5—32.5 %, Savukoskella 17.5—36.5 % ja Utsjoella 13.5—29 %. Suhteellisen vähän kesäpuuta on esim. vuosina 1902, -09, -23 ja -41, runsaasti kesäpuuta taas mm. seuraavina vuosina: 1906, -08, -10, -20, -24, -34 ja -39.



Kuva 21. Kuusen kesäpuuprosentin vaihtelut muutamissa tutkimusalueissa.
Fig. 21. Variations in the percentage of summer wood of spruce in some research localities.

Kuva 21 esittää vastaavasti kuusen kesäpuun osuutta luston leveydestä. Mukana ovat seuraavat koealat:

Tammela: 5, 7, 8, 19 ja 138, Padasjoki: 148, Kivijärvi: 67, Kainuu: 86 ja 92.

Lisäksi on vertauksen vuoksi otettu mukaan yksi koeala Ruotsin Norrlannista (koeala 27, N ä s l u n d 1944). Kuusenkin kesäpuuprosentti näyttää vaihtelevan sangen yhtenäisesti laajoilla alueilla, mutta usein kokonaan toisella tavalla kuin männyn (vrt. esim. vuosia 1902 ja 1923). Kesäpuuprosentin vaihtelut ovat kuusella jonkin verran pienempiä kuin männyllä.

Pituuskasvun vaihtelut.

Pituuskasvun vaihteluita osoittava aineisto on melko pieni ja käsittää melkein pelkkiä männiköitä. Kuitenkin männyn pituuskasvussa esiintyy satunnaisia häiriöitä — etupäässä hyönteisten aiheuttamia — paljon yleisemmin ja voimakkaampina kuin sädekasvussa, joten käyttökelpoisten tulosten saavuttamiseen tarvitaan sangen paljon koepuita. Jotta pituuskasvu voitaisiin mitata riittävän monesta puusta kohtuullisella vaivalla ja kustannuksin, täytyy tutkimus rajoittaa melko nuoriin metsikköihin ja lyhyeen ajanjaksoon, jolloin ainakin männyn jokainen vuosikasvain on vielä puun pinnalla erotettavissa.

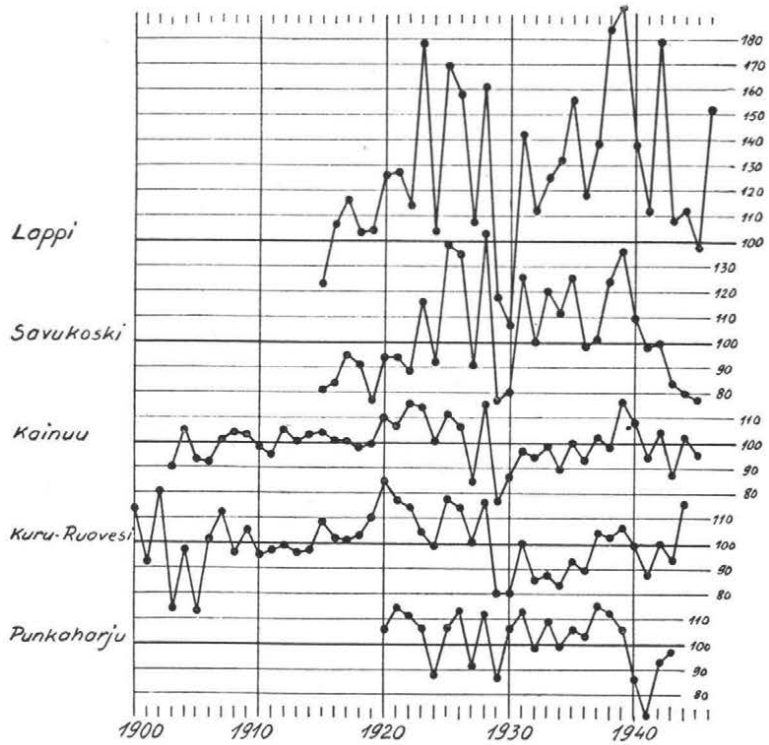
Kun pituuskasvuhavainnot rajoittuvat vain muutamiin vuosikymmeniin puun nuorella iällä, ei kasvun »normaaliviivan» laskeminen hyperbelitai muilla funktioilla ole mahdollista, niinkuin sädekasvumittausten tasoitus tapahtui. Aineiston pienuudesta johtuen ei myöskään ole empiirisesti pyritty määrittämään pituuskasvun normaalia kulkua puun iän lisääntyessä. Pituuskasvun ja sädekasvun vaihteluiden vertailua varten on kuitenkin laskettava jonkinlaiset pituuskasvuindeksit, jotka olisivat vuosilustoindeksien kanssa vertauskelpoisia. Pituuskasvuindeksit onkin laskettu kullekin koealalle, jolta pituusmittauksia on olemassa, piirtämällä tasoitusviiva silmävaraisesti käyttäen apuna samojen koealojen vuosilustoindeksejä sekä sitä tietämystä, mitä ennestään on olemassa sädekasvun ja pituuskasvun keskinäisestä riippuvaisuudesta.

Pituuskasvun mittauksia on suoritettu seuraavilla koealoilla:

Tammela: 12 ja 18; Kuru-Ruovesi: 23, 26, 30, 33 ja 37; Kainuu: 69, 82 ja 85; Savukoski: 105; Lappi: 108, 111, 113, 119 ja 124.

Lisäksi on käytettävissä pituuskasvun mittauksia Punkaharjun kokeilualueesta, 4 koealaa, yhteensä 28 puuta.

Männyn pituuskasvuindeksien keskiarvot, samalla tavalla laskettuina ja alueittain yhdistettyinä kuin edellä meneteltiin sädekasvuindeksien kanssa, ovat kuvassa 22. Vaikka käytetty aineisto on melko suppea,



Kuva 22. Männyn pituuskasvuindeksit.
Fig. 22. Height growth indices of pine.

voidaan sen perusteella tehdä seuraavia päätelmia männyn pituuskasvun vaihteluiden suuruudesta ja alueellisesta esiintymisestä.

Pituuskasvu osoittaa yli koko Suomen samanlaista alueellista yhdenmukaisuutta kuin sädekasvukin. Niinpä Kurun-Ruoveden ja Kainuun pituuskasvuindeksien välinen korrelatiokerroin on 0.66 ± 0.09.

Pituuskasvun vaihtelut ovat Pohjois-Suomessa suurempia kuin Etelä-Suomessa ja suurimmat metsänrajan läheisyydessä, aivan samoin kuin sädekasvunkin vaihtelut.

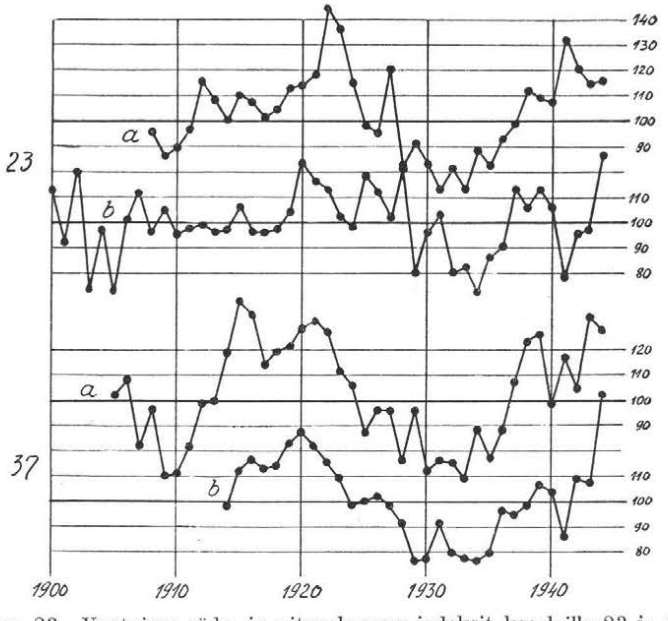
Pituuskasvun vaihtelut ovat jokseenkin samaa suuruusluokkaa kuin sädekasvunkin vaihtelut. Tämä näkyy esim. taulukosta 30, johon on laskettu muutamilta koealoilta sekä säde- että pituuskasvun vaihteluherkkyys siv. 47 esitetyllä tavalla. Näyttää siltä, kuin Etelä-Suomessa sädekasvun vaihtelut olisivat jonkin verran suurempia kuin pituuskasvun, Lapissa taas päinvastoin, mutta varmuudella sitä ei vielä tämän perusteella voida päätellä. Erityisesti pistää silmään pituuskasvun voimakas vaihtelu Lapissa 1920-luvulla, mikä johtuu muutamista tänä aikana sattuneista poikkeuksellisista vuosista.

Taulukko 30. Männyn sädekasvun ja pituuskasvun vaihteluherkkyys eräissä koemetsiköissä.

Table 30. The mean sensitivity of radial and height growth of pine on some sample plots.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Sijainti — *Locality*	Metsätyyppi *Site type*	1930—39		1920—29		1910—19	
			Sädekasvu *Radial growth*	Pituuskasvu *Height growth*	Sädekasvu *Radial growth*	Pituuskasvu *Height growth*	Sädekasvu *Radial growth*	Pituuskasvu *Height growth*
12	Tammela	MT	0.10	0.08				
23	Kuru	MT	0.10	0.12	0.14	0.13	0.07	0.05
30	Kuru	MT	0.14	0.08				
33	Kuru	MT	0.10	0.09				
37	Ruovesi	VT	0.13	0.07	0.10	0.06		
69	Puolanka	VT	0.13	0.12	0.11	0.15		
82	Sotkamo	VT	0.19	0.07	0.11	0.12	0.10	0.04
105	Savukoski	ErClT	0.21	0.16	0.12	0.27		
108	Sompio	Tunt.	0.20	0.19	0.14	0.39		
111	Sompio	ErClT	0.12	0.22				
119	Utsjoki	ErClT	0.12	0.22				
124	Lemmenjoki	ErClT	0.18	0.21	0.13	0.31		

Vaikka pituuskasvu ja sädekasvu riippuvat säätekijöistä eri tavoin ja niiden vuotuisten vaihteluiden välillä on tuskin mitään korrelatiota, seuraavat pitkäaikaiset vaihtelut melko kiinteästi toisiaan (kuva 23). Tällä seikalla on tärkeä merkitys arvioitaessa kasvun vaihteluiden merkitystä kasvututkimuksissa.



Kuva 23. Vuotuisen säde- ja pituuskasvun indeksit koealoilla 23 ja 37.
Fig. 23. Indices of annual radial and height growth on Sample plots 23 and 37.
a. Sädekasvuindeksi — *Annual ring index.*
b. Pituuskasvuindeksi — *Height growth index.*

Kasvun riippuvaisuus säätekijöistä.

Lämpötila ja kasvukauden pituus.

»Puun kasvu on riippuvainen hyvin monista tekijöistä, jotka joko vahvistavat tai heikentävät toistensa vaikutusta. Näiden positiivisten ja negatiivisten vaikutusten summa ilmenee puun tilavuuden lisääntymisessä, josta vuosiluston leveys on vain yksi ilmaus. Yritykset mitata erikseen kunkin tekijän vaikutus kasvuun kohtaavat ylivoimaisia vaikeuksia, joten on tyydyttävä suhteellisiin vertailuihin» (Pearson 1937, suomennos).

Säätekijäin ja puiden kasvun välisiä suhteita on tutkittu kahdessa eri tarkoituksessa. Toinen suunta pyrkii selvittämään kasvun vaiheita yhden kasvukauden kuluessa ja eri säätekijäin vaikutusta niihin, toinen taas vuoden koko kasvumäärän riippuvaisuutta vallinneista olosuhteista. Edellisen suunnan tutkimuksista, jotka siis käsittelevät sellaisia kysymyksiä kuin kasvukauden alkamis- ja päättymishetkeä sekä kasvunopeuden vuorokautisia ja viikottaisia vaihteluita, mainittakoon esimerkkeinä vain Friedrichin (1897), Hileyn ja Cunliffen (1922), Nakashiman (1924 ja 1929), Romellin (1925), Hertzin (1929), MacDougalin (1938), Morkin (1941) ym. Vaikka näillä selvityksillä ei olekaan merkitystä tutkittaessa kasvun vaihteluiden vaikutusta taksatorisissa kasvututkimuksissa, auttavat ne ymmärtämään puiden kasvun mekanismia ja löytämään mahdollisia syitä pitempiaikaisillekin vaihteluille.

Kaikki Pohjois-Europassa suoritetut vuosiluston leveyden ja vallinneiden sääsuhteiden välistä riippuvaisuutta koskevat tutkimukset ovat jokseenkin yhtäpitävästi osoittaneet, että ratkaisevin säätekijä on kasvukauden lämpötila. Jo Hesselman (1904 b), joka ensimmäisenä Suomen ilmastoon rinnastettavissa olosuhteissa suoritti tätä koskevan tutkimuksen — ilmaston vaihtelun kannalta mielenkiintoisena ja tutkimukselle edullisena aikana — päätyi sellaiseen tulokseen, että lämpötila on tärkein tekijä ja kosteuden vaikutus tulee näkyviin vain poikkeuksellisen kuivuuden sattuessa. Wallén (1917) on suorittanut suuren joukon korrelatiolaskuja männyn ja kuusen vuotuisen pituus- ja säde-

kasvun sekä eri kuukausien keskilämmön ja sademäärän välisen riippuvaisuuden selvittämiseksi. Paras korrelatio oli kuusella sädekasvun ja saman vuoden touko-kesäkuun lämpötilan välillä (0.55), männyllä taas sädekasvun ja kesä-heinäkuun lämpötilan välillä (0.36). Samoin oli havaittavissa selvä korrelatio sädekasvun ja alkukesän (touko-kesäkuun) sademäärän välillä (kuusella 0.33, männyllä 0.39). Pituuskasvu taas näytti olevan jokseenkin riippumaton kasvukauden sääsuhteista ja selvästi riippuvainen edellisen vuoden kesäkauden lämpötilasta (korrelatiokerroin kuusen pituuskasvun ja edellisen vuoden elo-syyskuun lämpötilan välillä 0.51, männyn pituuskasvun ja edellisen vuoden kesä-heinäkuun lämpötilan välillä 0.70). Saman seikan pituuskasvun ja edellisen kesän sääsuhteiden välillä totesi jo Hesselman (1904 a) ja myöhemmin Laitakari (1920).

Kolmodin (1923) totesi männyn sädekasvun riippuvan ennen kaikkea varsinaisen kasvukauden (10/6—25/7 välisen ajan) lämpötilasta. Samaten Eide (1926) löysi kuusen sädekasvun ja kesä-heinäkuun lämpötilan väliltä melko kiinteän riippuvaisuuden. Männyn ja kuusen sädekasvun vaihteluiden erilaisuutta onOrding (1941 a, ss. 206—227) tutkinut sekä huomannut, että kuusen sädekasvu riippuu jonkin verran enemmän alkukesän, männyn taas loppukesän lämpimyydestä. Pohjoisella metsänrajaseudulla suoritetut tutkimukset (Erlandsson 1936, Hustich 1948 ym.) ovat selvästi osoittaneet heinäkuun lämpötilan ratkaisevan merkityksen männyn paksuuskasvulle.

Kysymys sääsuhteiden vaikutuksesta männyn ja kuusen kasvuun Pohjois-Euroopan ilmastossa on siis pääpiirteissään selvä. Edellä lueteltuihin tutkimuksiin sisältyy kaikkiin korrelatiolaskelmia, jotka osoittavat kasvun ja lämpötilan välisen riippuvaisuuden. Pituuskasvun ja edellisen kesän lämpötilan väliset korrelatiokertoimet ovat yleensä suhteellisen korkeita osoittaen, että muiden säätekijäin vaikutus on lämpötilan rinnalla verrattain pieni. Sädekasvun ja lämpötilan välinen korrelatio ei ole yhtä hyvä. Tämä johtuu ensiksikin siitä, että sädekasvu kestää pitemmän ajan, jonka kuluessa sääsuhteet ennättävät muuttua; alkukesä voi olla normaalia lämpimämpi ja loppukesä taas kylmempi tai päinvastoin. Mutta ilmeisesti myös muillakin säätekijöillä kuin kasvukauden lämpötilalla on vaikutusta puiden paksuuskasvuun. Tällaista riippuvaisuutta on kuitenkin vaikea löytää korrelatiolaskelmilla, koska samaan aikaan on vaikuttamassa hyvin monia tekijöitä, jotka vaikuttavat osittain eri suuntiin. Näiden muiden tekijäin vaikutuksen löytämiseksi on tutkittava erityisesti sellaisten vuosien sääsuhteita, jolloin lämpötilan ja kasvun välinen riippuvaisuus näyttää puuttuvan, erityisen edullisia tai epäedullisia vuosia sekä vuosia, jolloin mänty ja kuusi näyttävät suhtautuvan sääsuhteisiin eri tavoin. Kun seuraavassa tarkastellaan sääsuhteiden vaikutusta puiden kasvuun käsiteltävänä olevan aineiston poh-

jalla, pyritään nimenomaan tällaisin keinoin täydentämään sitä tietoa, mitä ennestään on olemassa tästä asiasta.

Taulukko 31 esittää pituuskasvun sekä saman ja edellisen vuoden sädekasvun välisiä korrelatiokertoimia muutamissa tutkimuskohteissa. Pituuskasvun ja saman vuoden sädekasvun välillä ei useimmissa tapauksissa ole minkäänlaista korrelatiota. Jonkinlainen korrelatio on kuitenkin sellaisissa metsiköissä, missä on havaittavissa kasvun pitempiaikaisia vaihteluita (koealat 37 ja 82), sillä pitkäaikaiset vaihtelut esiintyvät sekä säde- että pituuskasvussa saman suuntaisina (vrt. kuva 23). Männyn pituuskasvun ja edellisen vuoden sädekasvun välinen korrelatio sen sijaan on yleensä selvä. Kuusella sitä vastoin ei käytettävissä olevassa sangen pienessä aineistossa (15 puuta) näytä olevan minkäänlaista riippuvaisuutta paremmin saman kuin edellisenkään vuoden sädekasvun ja pituuskasvun välillä.

Taulukko 31. Pituuskasvun sekä saman ja edellisen vuoden sädekasvun väliset korrelatiokertoimet muutamilla koealoilla.

Table 31. Correlation between height growth and radial growth of the same and previous year on some sample plots.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Sijainti *Locality*	Puulaji *Tree species*	Ajanjakso *Period*	Korrelatiokertoimet *Correlation coefficients*	
				Pituuskasvu Saman v:n sädekasvu *Height growth Radial growth of the same year*	Pituuskasvu Ed. v:n sädekasvu *Height growth Radial growth of the previous year*
18	Tammela	Kuusi	1927—44	0.26 ± 0.22	0.04 ± 0.24
12	Tammela	Mänty	1933—44	0.50 ± 0.21	0.89 ± 0.06
23	Kuru	»	1911—44	0.32 ± 0.15	0.52 ± 0.13
30	»	»	1933—44	—0.08 ± 0.29	0.48 ± 0.22
33	»	»	1931—44	0.32 ± 0.24	0.69 ± 0.14
37	Ruovesi	»	1915—44	0.73 ± 0.08	0.82 ± 0.06
69	Puolanka	»	1918—45	0.01 ± 0.19	0.21 ± 0.18
82	Sotkamo	»	1910—45	0.58 ± 0.11	0.54 ± 0.12
105	Savukoski	»	1915—45	0.25 ± 0.17	0.63 ± 0.11
108	Sompio	»	1918—45	—0.02 ± 0.19	0.55 ± 0.13
111	»	»	1928—45	0.41 ± 0.20	0.88 ± 0.05
119	Utsjoki	»	1921—46	0.23 ± 0.19	0.55 ± 0.14
124	Lemmenjoki	»	1915—46	0.35 ± 0.16	0.62 ± 0.11

Taulukko 32 esittää muutamien tutkimusalueiden pituuskasvuindeksien sekä edellisen vuoden eri kesäkuukausien keskilämpöjen välisiä korrelatiokertoimia. Se osoittaa, että kesäkuun lämpötila on seuraavan vuoden pituuskasvun kannalta jokseenkin merkityksetön. Sen sijaan heinäkuun lämpötila näyttää olevan tärkein tekijä, sitä tärkeämpi, mitä pohjoisemmaksi tullaan. Myös elokuulla näyttää olevan jonkin verran merkitystä.

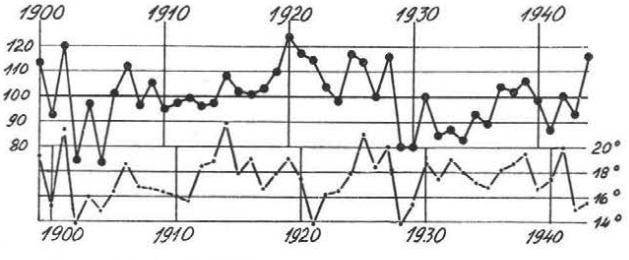
Taulukko 32. Männyn pituuskasvuindeksien ja edellisen vuoden kesäkuukausien keskilämpöjen väliset korrelatiokertoimet.

Table 32. Correlation coefficients of height growth of pine and mean temperatures of summer months of the previous year.

Tutkimusalue *Locality*	Säähavaintoasema *Meteorological station*	Ajanjakso *Period*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*	Kesä-Heinäkuu *June—July*	Heinä-Elokuu *July-August*	Kesä-Elokuu *June-August*
Tammela	Tampere	1929-44	0.34±0.22	0.42±0.20	0.40±0.21	0.49±0.19	0.53±0.18	0.50±0.19
Kuru	Tampere	1921-44	0.20±0.20	0.24±0.19	0.19±0.20	0.28±0.19	0.25±0.19	0.30±0.19
Kainuu	Kajaani	1921-45	0.18±0.19	0.55±0.14	0.35±0.18	0.52±0.15	0.58±0.13	0.54±0.14
Savukoski	Sodankylä	1921-45	0.14±0.20	0.78±0.08	0.59±0.13	0.64±0.12	0.82±0.06	0.73±0.09

Kuusen pituuskasvun (koeala 18) ja edellisen kesän lämpötilan välillä ei ollut minkäänlaista korrelatiota. Wallén sen sijaan totesi heikon korrelation kuusen pituuskasvun ja edellisen vuoden syyskesän lämpimyyden välillä.

Männyn pituuskasvuindeksien ja edellisen kesän lämpötilan väliset korrelatiokertoimet ovat Kurussa pohjoisempiin alueisiin verrattuna hämmästyttävän alhaisia (taulukko 32). Riippuvaisuus on kuitenkin suurempi kuin korrelatiokertoimen perusteella voisi luulla, kuten näkyy kuvasta 24, johon alakkain on kuvattu männyn pituuskasvuindeksit Kurussa ja edellisen vuoden heinäkuun keskilämmöt Tampereella. Männyn sekä säde- että pituuskasvussa esiintyy pitkäaikaisia — mahdollisesti ilmastollisista vaihteluista kokonaan riippumattomia — vaihteluita (kuva 23), joiden vuoksi korrelatiokerroin ei paljasta todellista riippuvaisuutta, samoin kuin kahden yhteen kuuluvan indeksisarjankin keskinäinen riippuvaisuus voi näennäisesti hävitä (siv. 54). Etelä-Suo-



Kuva 24. Yllä: Männyn pituuskasvuindeksi Kurussa.
Alla: Heinäkuun keskilämpö Tampereella.

Fig. 24. Above: Height growth index of pine in Kuru.
Below: Mean July temperature in Tampere.

messakin on heinäkuu merkityksellisin kuukausi; pituuskasvu ei noudata minkään muun kuukauden lämpötilain vaihtelua läheskään yhtä hyvin. Mutta myös elokuun lämpimyydellä on merkitystä seuraavan vuoden

pituuskasvulle. Monet kuvassa 24 esiintyvät »kauneusvirheet» voidaan selittää elokuun sääsuhteiden avulla. Niinpä elokuu 1908 oli hyvin lämmin ja sen johdosta seuraavan vuoden pituuskasvu hyvä. Elokuu 1916 taas oli sangen kylmä ja 1917 lämmin, joten pituuskasvu ei 1917—18 noudata heinäkuun lämpötilan vaihteluita. Edelleen elokuu oli tuntuvasti normaalia lämpimämpi 1934 ja kylmempi 1940, ja tämäkin näkyy seuraavan vuoden pituuskasvussa. Vuosien 1921—23 erikoisiin sääsuhteisiin palataan myöhemmin.

Männyn pituuskasvun riippuvaisuus edellisen vuoden keski- ja loppukesän lämpötilasta on sangen hyvin ymmärrettävissä. Pituuskasvaimen silmuhan on muodostunut jo edellisenä kesänä, ja silmussa ovat valmiina jo kaikkien kääpiöversojen (neulasten) aiheet (Hesselman 1904 a, s. 83). Kääpiöversojen aiheiden lukumäärästä latvasilmussa pääasiassa riippuu, kuinka pitkäksi vuosikasvain seuraavana kesänä muodostuu. Vararavinto, jonka voimalla pituuskasvu tapahtuu, lienee myös pääasiassa muodostunut jo edellisenä kesänä, ja mitä lämpimämpi kesä on, sitä runsaammin puu pystyy keräämään vararavintoa seuraavaa kasvukautta varten. Poikkeuksellisen kuivana kesänä voi kuitenkin sattua, että puut eivät pysty muodostamaan niin paljon vararavintoa kuin lämpimyys edellyttäisi, jolloin pituuskasvu seuraavana vuonna jää tavallista pienemmäksi (Hesselman 1904 a, s. 86—87). Vararavinnon muodostuminen vaatii myös riittävästi kosteutta. Wallénin mukaan tosin pituuskasvun ja edellisen kesän sademäärän välillä on negatiivinen korrelatio, mutta tämä johtunee siitä, että tavallista sateisempi kesä yleensä on myös tavallista kylmempi.

Mutta kuten Hesselman (1904 a, s. 88) huomauttaa, latvakasvaimen pituus ei riipu pelkästään kääpiöverson aiheiden lukumäärästä silmussa. Toisina vuosina neulaset ovat latvakasvaimessa tiheämmässä kuin toisina, ts. neulasten lukumäärä cm:iä kohden vaihtelee eri vuosina jonkin verran. Hesselmanin mukaan neulasten tiheys riippuu pituuskasvun aikana vallitsevista sääsuhteista siten, että kuivuuden ja korkean lämpötilan vallitessa syntyy verrattain lyhyitä kasvaimia, joissa neulaset ovat tiheässä. Pituuskasvun aikana vallitsevien sääsuhteiden merkitys on kuitenkin sangen pieni edellisen kesän lämpötilaan verrattuna.

Edellä on jo useassa yhteydessä tullut mainituksi, että männyn ja kuusen sädekasvu suhtautuu ilmastotekijöihin hieman eri tavoin ja tästä syystä samalta paikkakunnalta olevien molempien puulajien indeksisarjojen välinen korrelatio on melko heikko. Tämän ilmiön syitä tutkiessaan Ording (1941 a, s. 211) on erottanut seuraavat neljä vaihtoehtoa:

1. Molempien puulajien kasvu parempi kuin edellisenä vuonna.
2. Molempien puulajien kasvu huonompi kuin edellisenä vuonna.

3. Kuusen kasvu parempi, männyn huonompi kuin edellisenä vuonna.
4. Männyn kasvu parempi, kuusen huonompi kuin edellisenä vuonna.

Samanlaisen tarkastelun alaiseksi otetaan seuraavassa Kurun-Ruoveden aineisto. 1. ja 2. vaihtoehtoa edustaa kumpaakin 10 vuotta, 3. ja 4. vaihtoehtoa 9 vuotta. Taulukossa 33 esitetään kunkin tarkasteltavan vuoden (»reaktiovuoden») männyn ja kuusen vuosilustoindeksit ja kesäkuukausien keskilämmöt sekä kaikki vastaavat tiedot myös edelliseltä vuodelta.

Tämä tarkastelu vahvistaa täydelleen Ordingin tutkimuksen tuloksen. Niissä tapauksissa, joissa sekä männyn että kuusen sädekasvu on lisääntynyt edellisestä vuodesta (1. vaihtoehto), ovat kaikki kesäkuukaudet keskimäärin lämpimämpiä kuin edellisenä vuonna. Vastakkaisessa tapauksessa (2. vaihtoehto) taas koko kesä on ollut huomattavasti kylmempi kuin edellinen. 3. vaihtoehdossa on kesäkuu ollut lämpimämpi ja kuusen kasvu parempi, heinäkuu taas kylmempi ja männyn kasvu huonompi kuin edellisenä vuonna. Ja vihdoin 4. vaihtoehto on päinvastainen tapaus; kesäkuu on edelliseen vuoteen verrattuna kylmempi ja kuusen kasvu huonompi, heinäkuu taas lämpimämpi ja sen seurauksena männyn kasvu parempi. Taulukossa esiintyvien yksittäisten vuosien kohdalla tästä säännöstä on kuitenkin useita poikkeuksia samoin kuin Ordinginkin aineistossa. Kesä- ja heinäkuun lämpöolot eivät yksinään selitä männyn ja kuusen sädekasvun vaihteluiden erilaisuutta.

Vastaavanlainen vertailu tehtiin Kainuun aineiston ja Kajaanin lämpötilojen välillä, ja tulos oli samanlainen.

Männyn ja kuusen sädekasvun sekä kesän lämpötilan välisen riippuvaisuuden lisävalaistukseksi tarkastellaan seuraavassa vuosiluston osien, kevät- ja kesäpuun, leveyden vaihteluita eri vuosina. Kuten edellä (siv. 62) jo ilmeni, vaihtelee kevät- ja kesäpuun keskinäinen suhde suuresti eri vuosina, ja toisaalta nämä vaihtelut ovat hyvin yhdenmukaisia yli koko maan. Kuvassa 25 on männyn vuosilustoindeksit muutamissa tutkimusalueissa jaettu erikseen kevät- ja kesäpuun osalle kuvassa 20 olevien prosenttilukujen mukaisesti. Vastaavanlainen jako kuusen kohdalta on esitettynä kuvassa 26. Männyn ja kuusen välillä huomataan selvä ero. Kuusella ovat vaihtelut kesäpuun leveydessä verrattain pieniä, ts. kesäpuuta on muodostunut joka vuosi jokseenkin saman verran, ja vuosiluston leveyden vaihtelut johtuvat ennen kaikkea kevätpuun määrän suurista vaihteluista. Tästä on myös seurauksena, että kuusella vuosiluston leveys ja kesäpuuprosentti ovat yleensä kääntäen verrannollisia, siis mitä leveämpi on vuosilusto, sitä pienempi prosentti siitä on kesäpuuta. Männyllä taas vaihtelut kesäpuun määrässä ovat sangen suuria, suhteellisesti suurempia kuin kevätpuun määrässä. Tavallista leveämpi vuosilusto johtuu monessa tapauksessa juuri kesäpuun voimakkaasta kehittymisestä (esim. 1924 ja -34), ja huo-

Taulukko 33. Puiden vuosilustoindeksi (Kuru-

Table 33. Annual ring indices of trees (Kuru-Ruovesi)

1. vaihtoehto: Sekä männyn että kuusen kasvu parempi kuin edellisenä vuonna.

Alternative 1: The growth of pine and spruce better than in the previous year.

Edellinen vuosi — *Previous year*							Reaktiovuosi — *Year of reaction*						
Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*				Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*			
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*
1881	87	97	6.9	15.2	15.4	13.6	1882	124	126	10.1	14.9	18.0	18.1
1900	109	103	7.0	14.7	15.3	15.6	1901	125	119	9.8	16.9	21.4	17.5
1902	89	75	7.1	11.9	13.8	12.8	1903	101	101	9.9	15.2	16.0	14.0
1914	98	93	8.9	15.4	21.9	13.5	1915	116	96	7.0	11.5	17.8	14.0
1921	109	107	12.7	14.1	13.8	14.8	1922	136	125	9.0	13.9	16.2	13.7
1923	122	101	6.9	9.2	16.4	12.9	1924	127	119	9.0	13.0	17.8	16.6
1926	88	100	8.7	15.6	18.4	15.5	1927	121	105	6.1	13.1	20.2	17.5
1928	89	78	8.3	10.7	13.8	13.9	1929	99	115	9.8	13.1	15.5	14.0
1931	76	73	11.1	10.9	17.6	15.4	1932	91	98	9.3	12.2	19.1	15.6
1933	84	97	8.1	16.0	18.0	14.5	1934	100	120	11.4	14.4	17.2	16.9
Keskiarvo *Average* ..	95.1	92.4	8.6	13.4	16.4	14.2		114.0	112.4	9.1	13.8	17.9	15.8
Muutos *Difference*								+20.0%	+21.6%	+0.5	+0.4	+1.5	+1.6

2. vaihtoehto: Sekä männyn että kuusen kasvu huonompi kuin edellisenä vuonna.

Alternative 2: The growth of pine and spruce less than in the previous year.

Edellinen vuosi — *Previous year*							Reaktiovuosi — *Year of reaction*						
Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*				Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*			
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*
1882	124	126	10.1	14.9	18.0	18.1	1883	90	107	9.2	17.5	16.4	14.4
1890	112	112	11.7	14.6	15.1	14.6	1891	106	106	9.4	12.9	18.2	13.8
1898	106	104	9.6	15.7	16.1	15.2	1899	91	93	5.7	11.7	19.3	12.4
1901	125	119	9.8	16.9	21.4	17.5	1902	89	75	7.1	11.9	13.8	12.8
1906	99	110	12.8	16.0	18.6	13.3	1907	92	94	6.8	14.2	16.7	12.4
1922	136	125	9.0	13.9	16.2	13.7	1923	122	101	6.9	9.2	16.4	12.9
1925	110	118	10.7	14.3	21.1	15.1	1926	88	100	8.7	15.6	18.4	15.5
1927	121	105	6.1	13.1	20.2	17.5	1928	89	78	8.3	10.7	13.8	13.9
1930	96	104	11.9	15.6	18.7	15.9	1931	76	73	11.1	10.9	17.6	15.4
1934	100	120	11.4	14.4	17.2	16.9	1935	87	88	6.4	15.2	16.8	14.7
Keskiarvo *Average* ..	112.9	114.3	10.3	14.9	18.3	15.8		93.0	91.5	8.0	13.0	16.7	13.8
Muutos *Difference*								−17.6%	−19.9%	−2.3	−1.9	−1.6	−2.0

Ruovesi) ja kesäkuukausien lämpötila (Tampere).
and mean temperatures of summer months (Tampere).

3. vaihtoehto: Kuusen kasvu parempi, männyn huonompi kuin edellisenä vuonna.

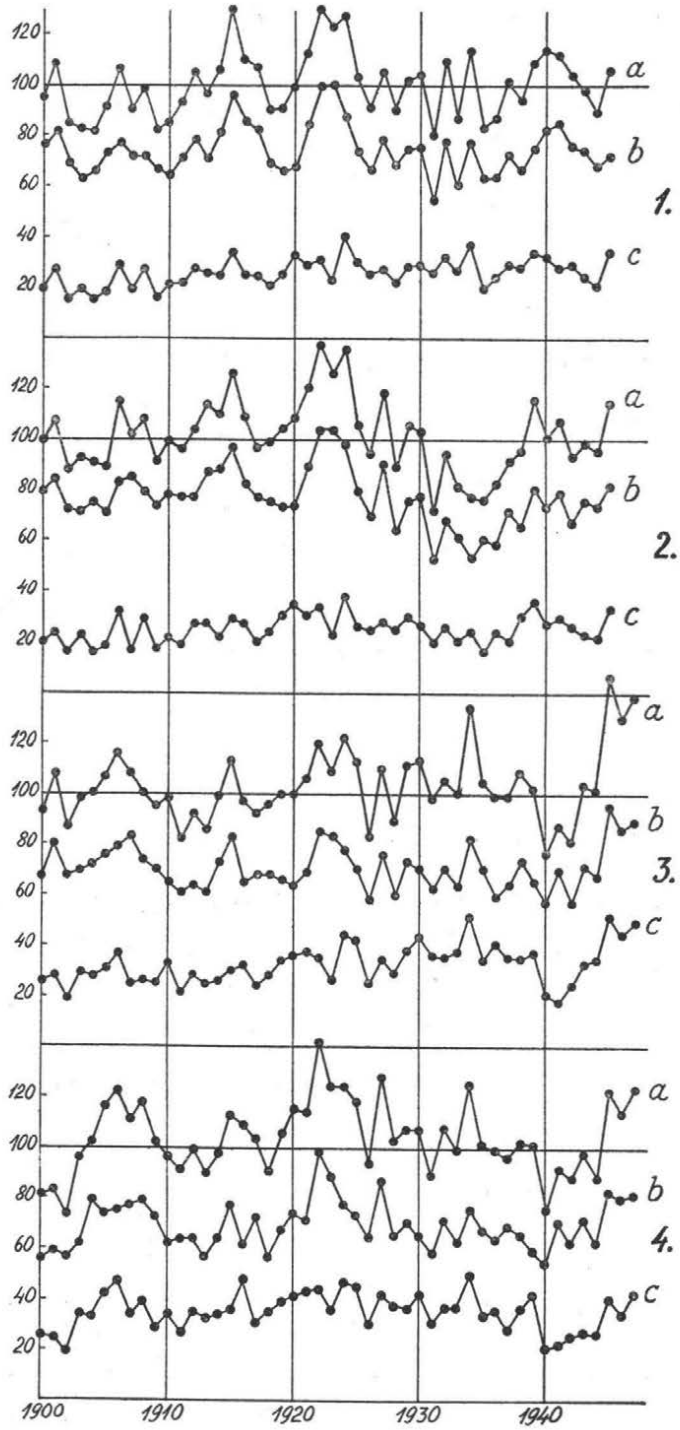
Alternative 3: The growth of spruce better, that of pine less than in the previous year.

Edellinen vuosi — *Previous year*							Reaktiovuosi — *Year of reaction*						
Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*				Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*			
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*
1887	111	92	9.5	13.3	17.0	14.1	1888	100	97	6.7	13.3	15.9	14.1
1888	100	97	6.7	13.3	15.9	14.1	1889	94	110	11.9	17.8	15.7	14.1
1894	132	106	10.2	15.2	17.2	15.2	1895	122	111	12.4	16.2	15.7	15.2
1897	115	98	13.9	14.9	18.0	16.4	1898	106	104	9.6	15.7	16.1	15.2
1904	93	93	6.8	12.7	14.8	13.6	1905	91	106	10.4	17.2	16.4	13.6
1910	88	95	10.6	14.2	16.0	13.9	1911	84	98	10.8	13.5	15.6	16.6
1916	110	93	7.4	13.1	18.9	12.7	1917	107	95	7.2	18.0	16.7	18.4
1918	109	80	8.0	12.4	17.8	13.0	1919	105	100	10.7	14.2	19.0	13.0
1939	112	115	8.1	13.8	16.6	17.3	1940	94	132	10.5	14.9	17.5	13.8
Keskiarvo *Average* ..	107.8	96.6	9.0	13.6	16.9	14.5		100.3	105.9	10.0	15.6	16.5	14.9
Muutos *Difference*								— 7.0%	+ 9.6%	+1.0	+2.0	—0.4	+0.4

4. vaihtoehto: Männyn kasvu parempi, kuusen huonompi kuin edellisenä vuonna.

Alternative 4: The growth of pine better, that of spruce less than in the previous year.

Edellinen vuosi — *Previous year*							Reaktiovuosi — *Year of reaction*						
Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*				Vuosi *Year*	Sädekasvu *Radial growth*		Keskilämpö *Mean temperature*			
	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*		Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Toukokuu *May*	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*
1884	89	106	6.5	14.0	17.6	14.2	1885	109	95	7.2	12.9	18.6	14.7
1886	107	95	9.6	16.3	17.6	16.0	1887	111	92	9.5	13.3	17.0	14.1
1892	106	107	6.9	12.3	15.1	14.2	1893	110	105	8.2	14.4	16.6	14.6
1895	122	111	12.4	16.2	15.7	15.2	1896	126	104	8.8	18.8	19.4	14.6
1908	92	92	7.9	14.0	16.6	15.8	1909	95	89	5.3	14.5	16.4	14.3
1917	107	95	7.2	18.0	16.7	18.4	1918	109	80	8.0	12.4	17.8	13.0
1919	105	100	10.7	14.2	19.0	13.0	1920	108	89	10.8	13.6	17.8	14.2
1940	94	132	10.5	14.9	17.5	13.8	1941	112	103	7.1	12.9	20.2	14.3
1942	97	87	7.5	12.6	15.0	14.6	1943	100	85	9.7	14.6	15.6	13.7
Keskiarvo *Average* ..	102.1	102.8	8.8	14.7	16.8	15.0		108.9	93.6	8.3	14.2	17.7	14.2
Muutos *Difference*								+ 6.7%	— 9.0%	—0.5	—0.5	+0.9	—0.8

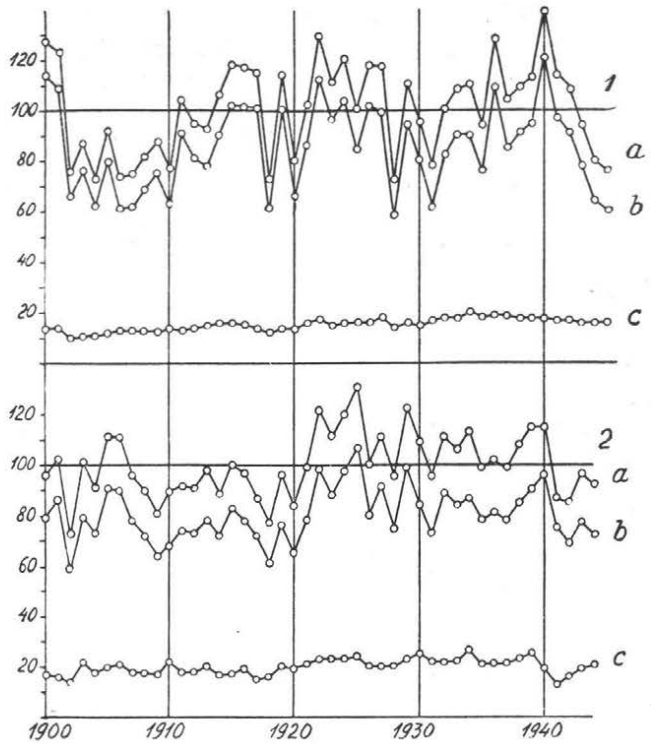


Kuva 25. Männyn vuosilustoindeksi sekä kevätpuun ja kesäpuun indeksit muutamissa aineistoryhmissä.

Fig. 25. Annual ring index of pine and indices of spring wood and summer wood in some material groups.

a. Vuosilustoindeksi — *Annual ring index.*
b. Kevätpuuindeksi — *Index of spring wood.*
c. Kesäpuuindeksi — *Index of summer wood.*

1. Kainuu
2. Kivijärvi
3. Padasjoki
4. Tammela



Kuva 26. Kuusen vuosilustoindeksi sekä kevätpuun ja kesäpuun indeksit Kainuun (1) ja Tammelan (2) aineistoryhmissä. Katso selitystä kuvassa 25.

Fig. 26. Annual ring index of spruce and indices of spring wood and summer wood in material groups of Kainuu (1) and Tammela (2). See text to Fig. 25.

noina kasvuvuosina kesäpuu on jäänyt melkein kokonaan muodostumatta (esim. 1902), vaikka poikkeuksiakin tästä säännöstä esiintyy.

Taulukko 34 esittää toiselta puolen erikseen kevät- ja kesäpuun sekä kesäpuuprosentin ja koko luston leveyden ja toiselta puolen kesäkuukausien keskilämpöjen välisiä korrelatiokertoimia muutamissa tutkimusalueissa. Tämäkin taulukko osoittaa, että mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä kiinteämpi on puiden sädekasvun ja kasvukauden lämpötilan välinen riippuvaisuus. Etelä-Suomessa korrelatiokertoimet ovat jo niin alhaisia, että ne tuskin yksin kykenevät osoittamaan minkäänlaisen riippuvaisuuden olemassaoloa, mutta kun toisaalta kasvun vaihtelut Etelä- ja Pohjois-Suomessa ovat melko samanlaiset, samaten kuin kasvukauden lämpötilankin vaihtelut, täytynee lämpötilaa pitää Etelä-Suomessakin hyvin monista säätekijöistä tärkeimpänä.

Kuten odottaa sopiikin, kevätpuun leveys riippuu alkukesän, kesäpuun enemmän keski- ja loppukesän lämpötilasta. Männyn kevätpuun

Taulukko 34. Kevät- ja kesäpuun, koko luston ja kesäpuuprosentin sekä kesäkuukausien keskilämpöjen väliset korrelatiokertoimet.

Table 34. Correlation coefficients found by comparing width of spring and summer wood and annual ring and percentage of summer wood with mean temperatures of summer months.

	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*	Kesä—Heinäkuu *June—July*	Heinä—Elokuu *July—August*	Kesä—Elokuu *June—August*
Savukoski — Sodankylä 1908—45						
Mänty — *Pine:*						
Kevätpuu — *Spring wood*	0.14±0.16	0.40±0.14	0.0±0.16	0.39±0.14	0.26±0.15	0.29±0.15
Kesäpuu — *Summer wood* ..	0.16±0.16	0.34±0.14	0.22±0.16	0.36±0.14	0.38±0.14	0.38±0.14
Koko lusto — *Annual ring* ...	0.16±0.16	0.44±0.13	0.10±0.16	0.43±0.13	0.35±0.14	0.28±0.15
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ...	0.06±0.16	—0.05±0.16	0.17±0.16			
Kuusi — *Spruce:*						
Kevätpuu — *Spring wood* ...	0.40±0.14	0.32±0.15	0.03±0.16	0.52±0.12	0.22±0.15	0.39±0.14
Kesäpuu — *Summer wood* ..	0.49±0.12	0.32±0.15	—0.05±0.16	0.58±0.11	0.18±0.16	0.46±0.13
Koko lusto — *Annual ring*	0.44±0.13	0.33±0.14	0.04±0.16	0.54±0.11	0.24±0.15	0.43±0.13
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ...	—0.01±0.16	0.02±0.16	—0.04±0.16			
Kainuu — Kajaani 1900—45						
Mänty — *Pine:*						
Kevätpuu — *Spring wood*	0.03±0.15	0.25±0.14	—0.08±0.15	0.15±0.15	0.11±0.15	0.09±0.15
Kesäpuu — *Summer wood* ..	0.08±0.15	0.54±0.10	0.47±0.12	0.39±0.13	0.65±0.09	0.53±0.11
Koko lusto — *Annual ring*	0.05±0.15	0.42±0.12	0.16±0.14	0.25±0.14	0.38±0.13	0.30±0.14
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ...	0.06±0.15	0.44±0.12	0.50±0.11			
Kuusi — *Spruce:*						
Kevätpuu — *Spring wood* ...	0.36±0.13	0.24±0.14	0.29±0.14	0.38±0.13	0.33±0.13	0.43±0.12
Kesäpuu — *Summer wood* ..	0.20±0.14	0.47±0.12	0.43±0.12	0.46±0.12	0.58±0.10	0.53±0.11
Koko lusto — *Annual ring*	0.36±0.13	0.31±0.14	0.32±0.13	0.42±0.12	0.39±0.13	0.48±0.12
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ...	—0.18±0.14	0.14±0.15	0.07±0.15			

Taulukko 33 jatk. — *Table 33 cont.*

	Kesäkuu *June*	Heinäkuu *July*	Elokuu *August*	Kesä—Heinäkuu *June—July*	Heinä—Elokuu *July — August*	Kesä—Elokuu *June — August*
Padasjoki—Tampere 1900—45						
Mänty — *Pine:*						
Kevätpuu — *Spring wood* ...	−0.08±0.15	0.13±0.15	−0.12±0.15	0.07±0.15	0.01±0.15	−0.01±0.15
Kesäpuu — *Summer wood* ..	0.13±0.15	0.15±0.15	0.25±0.14	0.18±0.14	0.29±0.14	0.24±0.14
Koko lusto — *Annual ring* ...	0.01±0.15	0.16±0.14	0.07±0.15	0.14±0.15	0.18±0.14	0.12±0.15
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ...	0.17±0.14	0.12±0.15	0.26±0.14			
Kuusi — *Spruce:*						
Kevätpuu — *Spring wood* ...	0.08±0.15	0.23±0.14	0.12±0.15	0.21±0.14	0.24±0.14	0.22±0.14
Kesäpuu — *Summer wood* ..	−0.01±0.15	0.03±0.15	0.18±0.14	0.03±0.15	0.15±0.15	0.09±0.15
Koko lusto — *Annual ring* ...	0.09±0.15	0.24±0.14	0.18±0.14	0.22±0.14	0.28±0.14	0.25±0.14
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood* ..	−0.17±0.14	−0.19±0.14	0.04±0.15			

leveyden ja kesäkuun lämpötilan välillä ei kuitenkaan ole minkäänlaista riippuvaisuutta, kun taas kesäpuun ja heinä—elokuun lämpötilan välinen korrelatio on melko hyvä. Myös männyn kesäpuuprosentti on sitä suurempi, mitä lämpimämpi on loppukesä.

Kysymykseen kesän lämpimyydestä liittyy kesän pituus. Puiden kasvun kannalta lienee suurempi merkitys sillä, miten varhainen kesä on ja milloin siis kasvu pääsee alkuun, sillä sekä pituus- että sädekasvu lakkaavat muista syistä jo paljon ennen kuin se lämpötilan alhaisuuden takia olisi välttämätöntä. Kasvun alkamisen taas määrää kokonaan puun rungon lämpötila, jopa niin, että sädekasvu saattaa alkaa eri aikoina eri puolilla runkoa ja yläosassa runkoa aikaisemmin kuin alempana (A m i l o n 1910).

R o m e l l (1925) on suorittanut tutkimuksia havupuiden pituus- ja sädekasvun alkamisajasta ja kasvukauden pituudesta (vrt. myös I l v e s s a l o 1932 ja 1949). Taulukko 35 esittää yhteenvedon männyn sädekasvumittauksista, jotka on suoritettu Hotingissa Pohjois-Ruotsissa (64°) kairaamalla 20 puusta viikon väliajoin näytteet, joista mikroskoopin avulla on luettu uusien solujen lukumäärä. Vaikka tutkimus perustuu vain kolmen vuoden mittauksiin, se osoittaa, miten paljon sekä kasvukauden alkamishetki että pituus saattavat vaihdella. Tutkimus-

Taulukko 35. Männyn sädekasvun alkaminen ja päättyminen Hotingissa 1921—23 (Romell 1925).

Table 35. Date of beginning and end of the radial growth of pine at Hoting, North Sweden, in 1921—23. (After Romell 1925.)

	1921	1922	1923	Keskimäärin *Average*
Sädekasvu alkoi — *Growth begun*	21. V.	6. VI.	26. VI.	8. VI.
Sädekasvu päättyi — *Growth ended*	1. IX.	24. VIII.	17. VIII.	25. VIII.
Kasvukauden pituus, vrk. — *Duration of growing season, days*	103	79	52	78

aika sattui sikäli edullinen, että v. 1921 kevät oli poikkeuksellisen aikainen, 1923 taas hyvin myöhäinen ja vuosi 1922 edustaa jokseenkin keskimääräistä.

Männyn sädekasvun alkamishetki vaihtelee siis noin kuukauden rajoissa kevään tulosta riippuen. Sädekasvu kestää kesän sääsuhteista riippuen 50—100 vrk. Kuusen sädekasvun ajasta ei ole yhtä tarkkoja tietoja, mutta Rongen (1928) mukaan se ainakin 1922 alkoi ja päättyi hyvin samaan aikaan kuin männynkin. Männyn pituuskasvu taas alkaa noin viikkoa aikaisemmin kuin sädekasvu, mutta kestää vain 40—50 vrk. Kuusen pituuskasvu alkaa noin 10 vrk. myöhemmin kuin männyn, mutta päättyy samoihin aikoihin, joten pituuskasvuun kuluva aika kuusella on lyhyempi kuin männyllä.

Sädekasvu on eri vuosina jakaantunut kesäkuukausien osalle seuraavasti (solukerrosten lukumäärän mukaan arvioituna):

	1921	1922	1923
Toukokuu	15 %	—	—
Kesäkuu	45 %	40 %	15 %
Heinäkuu	30 %	45 %	70 %
Elokuu	10 %	15 %	15 %

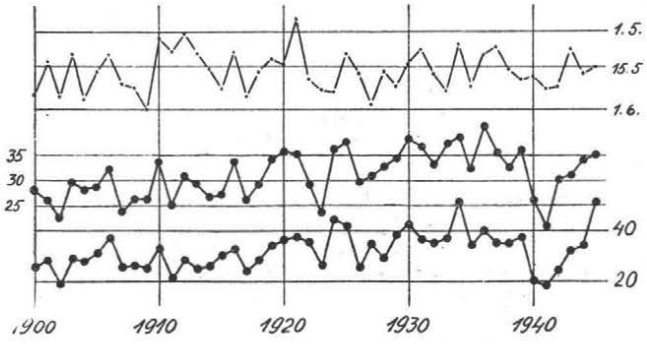
Kun kasvun jakaantumisessa eri kuukausien osalle sattuu näin suuria vaihteluita, on selvää, että jokin tietty kuukausi, esim. heinäkuu, ei voi aina määrätä vuotuisen kasvun suuruutta, vaan tämä ratkaisevin ajanjakso vaihtelee jonkin verran kasvun alkamishetken mukaan.

Romellin mittausten perusteella voidaan vielä arvioida, milloin kevätpuun muodostus lakkaa ja kesäpuun muodostus alkaa. Tämä ajankohta sattuu, eri vuosina jonkin verran vaihdellen, heinäkuun puolivälin tienoille.

Kysymys, miten kesän aikaisuus ja kasvukauden pituus vaikuttaa puiden kasvuun, on vaikeasti tutkittavissa, koska puuttuu jatkuva tilasto siitä, milloin kasvu minäkin vuonna on alkanut. Romellin tutkimat vuodet 1921—23 olivat kaikki kasvulle tavallista edullisempia, paras

niistä 1922, vaikka vuodet 1921 ja -23 edustavat kesän tulon kannalta aivan vastakkaisia tapauksia.

Kesän aikaisuutta osoittamaan voidaan valita koivun lehden puhkeamisaika, josta on yhtäjaksoinen tilasto olemassa melko pitkältä ajalta. [1]) Rongen (1928, s. 324) mukaan männyn pituuskasvun alku ja koivun lehden puhkeaminen tapahtuvat hyvin samanaikaisesti. Kuvassa 27 on



Kuva 27. Ylinnä: Koivun lehden puhkeamispäivä Tampereella.
Keskellä: Männyn kesäpuuprosentti Padasjoella.
Alinna: Männyn kesäpuuindeksi Padasjoella.

Fig. 27. Above: Date of leafing by birch in Tampere.
Middle: Percentage of summer wood of pine in Padasjoki.
Below: Index of summer wood of pine in Padasjoki.

esitettynä alakkain koivun lehden puhkeamisaika Tampereen seudulla 1900—45 sekä männyn kesäpuuindeksi ja kesäpuuprosentti Padasjoen aineistossa samoina vuosina. Diagrammeissa voidaan huomata melkoista yhtäläisyyttä, ts. milloin kevät on tullut tavallista aikaisemmin, silloin on myös muodostunut tavallista runsaammin kesäpuuta, vaikka melkoisia poikkeuksiakin tästä esiintyy. Samaten taulukko 36 osoittaa, että kevään aikaisuuden ja sekä männyn että kuusen kesäpuun määrän välillä vallitsee tietty riippuvaisuus. Männyn kevätpuun leveyden ja kevään aikaisuuden välillä taas on mahdollisesti olemassa negatiivinen korrelatio, mikä voitaneen selittää siten, että mitä myöhemmin kasvu pääsee alkuun, sitä lämpimämpi on kevätpuun muodostumiseen kuluva aika (vrt. myös ss. 80—81).

Kaiken edellä esitetyn perusteella voidaan päätellä, että ainakin Etelä-Suomessa männyn kevätpuun muodostumiseen kuluva aika on pituudeltaan jokseenkin vakio ja kevätpuun määrä melko riippumaton tänä aikana vallitsevasta lämpötilasta. Sen sijaan kesäpuun määrä riippuu sekä siitä, miten varhain

[1]) Lähteenä on käytetty Suomen Tiedeseuran julkaisemia kasvifenologisia havaintoja (V. F. Brotherus ja Märta Reuter (Pipping): Pflanzenphänologische Beobactungen in Finnland. Bidrag till kännedom af Finlands natur och folk, 64—92. 1906—48.)

Taulukko 36. Koivun lehden puhkeamispäivän (Tampereen seudulla, laskettuna päivinä ennen 1/6) ja puiden kevät- ja kesäpuun välinen korrelatio 1900—45.

Table 36. Correlation between time of leafing by birch (Tampere, calculated in days before June 1) and spring and summer wood of trees in 1900—45.

	Korrelatiokerroin *Correlation coefficient*
Mänty — *Pine*, Padasjoki:	
Kevätpuuindeksi — *Spring wood index*	—0.22±0.14
Kesäpuuindeksi — *Summer wood index*	0.34±0.13
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood*	0.43±0.12
Kuusi — *Spruce*, Tammela:	
Kevätpuuindeksi — *Spring wood index*	0.02±0.15
Kesäpuuindeksi — *Summer wood index*	0.32±0.13
Kesäpuuprosentti — *Percentage of summer wood*	0.40±0.12

sen muodostus pääsee alkuun, että lämpötilasta kesäpuun muodostumisen aikana. Kuusella taas sekä kevät- että kesäpuun määrä riippuu kasvukauden lämpötilasta.

Koska männyn kevätpuun kasvu näyttää olevan riippumaton kasvukauden sääsuhteista, täytyy sen tapahtua pääasiassa vararavinnon voimalla, ja syyt kevätpuun määrän vaihteluihin on haettava siis sen ajan sääsuhteista, jolloin vararavintoa syntyy. Edellisen kesän sääsuhteiden ja kevätpuun määrän välillä ei kuitenkaan voida osoittaa selvää korrelatiota, vaikka muutamissa tapauksissa voidaankin leveän kevätpuun syyksi selittää edellisen kesän pituus. Esim. vuonna 1922, joka yleensä edustaa männyn sädekasvun huippuvuotta, on vaikea löytää muuta erikoisen suotuisaa säätekijää — heinäkuu oli jopa melkoisesti normaalia kylmempi — kuin edellisen vuoden harvinaisen pitkä kasvukausi. Vararavintoa muodostuu kuitenkin myös samana keväänä, jopa kevättalvella ennen kasvukauden alkua. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että havupuiden yhteyttämistoiminta jatkuu pitkin talvea sellaisessa määrässä, että kasvukauden alkaessa puussa on vararavintoa huomattavasti enemmän kuin keskitalvella (MacDougal 1938, ss. 221—223). Wallén (1917) on todennut heikon korrelation huhti—toukokuun lämpötilan ja saman vuoden sädekasvun välillä, Laitakari (1920) pitää huhtikuuta sädekasvun kannalta tärkeimpänä kuukautena, ja Somerville (1927) nimenomaan huomauttaa, että lämpimän kevättalven seurauksena syntyy suhteellisen runsaasti kevätpuuta. Merkille pantavaa myös on, että muutamina vuosina, jolloin männyn sädekasvu on erittäin hyvä (esim. 1915 ja 1927), kevät on ollut poikkeuksellisen

myöhäinen, joten aika, jonka puut ovat voineet käyttää vararavinnon keräämiseen ennen kasvun alkua, on muodostunut tavallista pitemmäksi. Toisaalta, mitä kylmempi ilmasto on, sitä täydellisempi on puiden talvilepo ja sitä enemmän puiden kasvu on riippuvainen varsinaisen kasvukauden lämpötilasta. Siksi Pohjois-Suomessa sädekasvun — sekä kevät- että kesäpuun — ja kesän lämpötilan välillä vallitsee sangen kiinteä riippuvaisuus, mutta etelämpänä muiden tekijäin vaikutus lisääntyy. Etelä-Suomessa on tuskin ainoatakaan kuukautta, jonka lämpötila ei jollakin tavalla vaikuttaisi puiden kasvuun (vrt. Ålvik 1939).

Mutta talven pakkanen ei vaikuta ainoastaan heikkoa yhteyttämistoimintaa ja vararavinnon keräämistä vähentävästi, vaan sen seurauksena muodostuu maahan routaa, jonka vaikutus voi tuntua kasvukauden alkamisessa ja pitkälle kesäänkin maan lämpötilaa alentavasti. Roudan määrä riippuu, paitsi talven kylmyydestä, myös syyskauden muista säätekijöistä ja talven lumisuhteista. Roudan määrän ja sulamisajan vaihteluista eri vuosina puuttuu kuitenkin yhtenäinen tilasto riittävän pitkältä ajalta. Eräitä päätelmiä roudan vaikutuksesta puiden kasvuun voidaan kuitenkin tehdä Romellin (1925) ja Rongen (1928) tutkimusten nojalla.

Ronge on tutkinut puiden kasvua ylitiheissä kuusikoissa, joissa routaa on paljon ja se säilyy maassa kauan, sekä harvennetuissa metsiköissä, missä routakerros on ohuempi ja sulaa nopeasti. Molemmissa metsissä kuitenkin puiden paksuuskasvu alkoi aivan samanaikaisesti. Tämän Ronge selittää niin, että osa puiden juurista on niin lähellä maan pintaa, että puut voivat niiden turvin aloittaa elontoimintansa, vaikka maa syvemmältä olisi jäässä. Roudan vaikutusta kasvun kokonaismäärään taas ei voida tutkia erilaisia metsiköitä keskenään vertaamalla.

Myös Romellin tutkimissa tapauksissa kasvu alkoi harvennetuissa ja harventamattomissa metsiköissä samanaikaisesti. Mutta voitiin panna merkille, että harvennetussa metsässä, missä routa suli maasta nopeammin, suhteellisesti suurempi osa kasvusta tuli kasvukauden alkupuolen osalle. Tätä ei kuitenkaan voida selittää erilaisista routasuhteista johtuvaksi, sillä myös harventamattomassa metsässä päävaltapuiden kasvu tapahtui samaan tapaan kuin harvennetussa, ja viimeksi mainitussa taas alempien latvuskerrosten puiden kasvusta suurempi osa tuli kasvukauden loppupuolen osalle. Romell selittääkin erot kokonaan ilman lämpötilasta johtuviksi. Amilonin (1910) mukaan on kuitenkin otettava huomioon sekin seikka, että vesi, joka routaisesta maasta nousee runkoon, on kylmempää kuin lämpimästä maasta nouseva vesi. Kaikesta päättäen routa on siis otettava huomioon yhtenä puiden kasvuun vaikuttavana säätekijänä, vaikka sen vaikutusta on toistaiseksi mahdotonta suuruudeltaan määrittää tai edes selvästi osoittaa.

Kosteus.

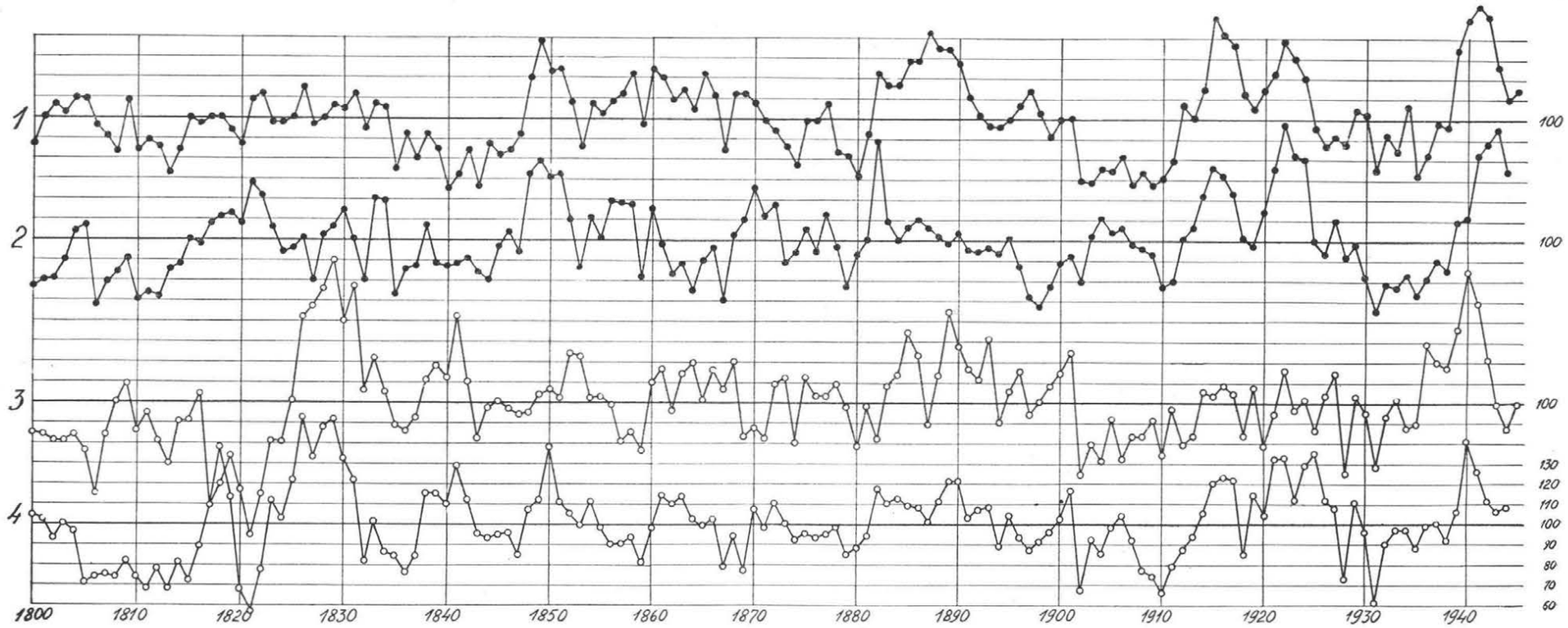
Puiden käytettäväksi tulevaa kosteutta ei määrää ainoastaan sademäärä, vaan sademäärän ja haihdunnan välinen suhde. Lämpötilasta, josta haihdunnan suuruus riippuu, riippuu myös, kuinka tehokkaasti puut pystyvät käyttämään niille tarjolla olevan kosteuden.

Pohjois-Europan ilmastossa on melko vaikea löytää sademäärän ja puiden sädekasvun väliltä riippuvaisuutta. Näyttää siltä, että kosteutta sademäärän suurista vuotuisista vaihteluista huolimatta on joka vuosi jokseenkin riittävästi käytettävissä, mutta kasvukauden lämpötilan, joka on paljon lähempänä puiden toimeentulominimiä, pienetkin vaihtelut tuntuvat herkästi puiden kasvussa. Siksi korrelatiokertoimet, joita on laskettu eri kuukausien sademäärän ja puiden sädekasvun välille (esim. Wallén), ovat sangen alhaisia. Kun kasvua ja eri kuukausien sademääriä esittävien diagrammainkaan välillä ei todettu mitään yhtäläisyyttä, ei suuritöisten korrelatiolaskujen toistamista pidetty tässä työssä aiheellisena. Sademäärän ajalliset ja paikalliset vaihtelut ovat lisäksi niin suuret, että näiden seikkain tarkkaa tutkimista varten pitäisi säähavaintoaseman ja tutkimusmetsikön olla aivan lähekkäin. Seuraavassa siis tarkastellaan vain, missä tapauksissa voidaan todeta poikkeuksellisen runsaan sateisuuden tai kuivuuden heikentävän tai vahvistavan lämpötilan vaihteluiden aiheuttamia kasvun vaihteluita.

Talven sademäärä tulee pääasiassa lumena ja joutuu vasta lumen sulaessa maahan. Talven sateista kasvien käyttöön tulevan veden määrä ei riipu niinkään paljon lumen paljoudesta kuin siitä, millaiset sääsuhteet vallitsevat lumen sulamisen aikoina ja sen jälkeen. Siksi voitaneen talvikuukausina tuleva sade jättää huomioon ottamatta. Samaten syyskuukausina tulee sadetta joka vuosi puiden kannalta ainakin riittävästi. Puiden kasvun kannalta lienee suurin merkitys sillä sateella, joka tulee keväällä ja varsinaisena kasvukautena, siis suunnilleen lumen sulamisesta heinäkuun loppuun.

Sademäärän vaikutus lienee erilainen erilaisilla mailla. Kallioilla ja helposti vettä läpäisevillä mailla puut helpommin joutuvat kärsimään kosteuden puutetta. Soilla sitävastoin tuskin koskaan on puutetta vedestä, kun sen sijaan liiallinen kosteus voi olla haitaksi. Alueittaisissa yhdistelmissä Pohjankangas edustaa aineistoryhmää, jonka kaikki puut ovat kuivalta hiekkakankaalta, ja tämän vastakohdaksi otettakoon suokoealoilta koottu aineisto (kuva 28). Pohjankankaan koealojen lisäksi edustavat kasvupaikkoja, missä veden puute helpoimmin tuntuu, kallioiset koemetsiköt 143 (Padasjoki) ja 80 (kalliometsä, Vihti). Myös useimmat Kivijärven koealoista ovat karkearakeisia ja helposti vettä läpäiseviä maita.

Jo valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä kerätty aineisto osoitti,



Kuva 28. Suometsien vuosilustoindeksit. — *Fig. 28. Annual ring indices of forests on peat lands.*

1. Mänty, Pohjois-Suomi — *Pine, North Finland*
2. Mänty, Etelä-Suomi — *Pine, South Finland.*
3. Kuusi, Pohjois-Suomi — *Spruce, North Finland.*
4. Kuusi, Etelä-Suomi — *Spruce, South Finland.*

että kasvun vaihtelut kovilla mailla ja soilla ovat hämmästyttävän samanlaiset, ja pienet eroavaisuudet johtuvat pikemmin soilta olevan aineiston pienuudesta kuin sademäärän tai jonkin muun säätekijän todella erilaisesta vaikutuksesta (Ilvessalo 1942, Eklund 1944). Jos todellisia eroja on olemassa, voidaan niitä etsiä ennen kaikkea tavallista kuivempina tai sateisempina vuosina. Tällaisina vuosina, jolloin kasvun erilaisuus kuivilla kankailla ja soilla ainakin osittain johtunee kosteustekijästä, voidaan panna merkille seuraavat:

1901: Erittäin lämmin ja yleensä puiden kasvulle suotuisa kesä, mutta samalla kuiva. Männyn kasvu on yleensä edellisestä vuodesta parantunut, mutta Pohjankankaalla sekä eräillä muillakin kuivimpien paikkojen koealoilla selvästi huonontunut.

1907: Sangen sateinen kesä. Männyn kasvu on yleensä laskenut edellisestä vuodesta, mutta Pohjankankaalla noussut.

1914: Hyvin lämmin ja kuiva kesä. Männyn kasvu on yleensä, mutta varsinkin soilla, noussut edellisestä vuodesta, Pohjankankaalla sen sijaan laskenut. Samaten Etelä-Suomessa on kovilla mailla kuusen kasvu edellisestä vuodesta laskenut, mutta soilla noussut.

1916: Sateinen kesä. Männyn kasvu on edellisestä vuodesta yleensä laskenut, mutta Pohjankankaalla noussut.

1917: Hyvin kuiva kesä. Kasvu on yleensä edellisestä vuodesta laskenut, vähiten soilla ja voimakkaimmin Pohjankankaalla.

1939: Hyvin kuiva kesä. Männyn kasvu on yleensä jonkin verran laskenut edellisestä vuodesta, voimakkaimmin Pohjankankaalla, mutta soilla voimakkaasti noussut.

1940: Edelleen kuiva kesä. Kaikkialla Etelä-Suomessa männyn kasvu on voimakkaasti laskenut, mutta soilla se on jokseenkin edellisen vuoden tasossa.

1944: Sateinen ja melko kylmä kesä. Puiden kasvu on yleensä laskenut muualla, mutta noussut Pohjankankaalla ja eräillä muilla kuivilla paikoilla.

Liiallisen sademäärän haitallista vaikutusta ei yleensä voida todeta puiden kasvussa. Joskin eräinä hyvin sateisina vuosina (esim. 1902 ja 1928) kasvu on ollut poikkeuksellisen huono, niin sen selittää näiden kesien kylmyys. Toisaalta on tapauksia, jolloin hyvinkin sateisina kesinä kasvu on ollut normaalia parempi, jos vain lämpöä on ollut riittävästi (esim. 1927 ja -34). Sademäärän niukkuus, etenkin alkukesän, esiintyy kasvua haittaavana tekijänä varsinkin Etelä-Suomen kuivimmilla kankailla ja kalliometsissä. Soilla sen sijaan pieni sädemäärä yhdessä korkean lämpötilan kanssa selvästi edistää puiden kasvua.

Kuivuuden vaikutus suometsien kasvua edistävänä tekijänä ilmenee varsinkin silloin, jos useampia vähäsateisia vuosia sattuu peräkkäin. Niinpä rämemänniköiden kasvun valtava nousu 1939—1941, jolla ei ole lainkaan vastinetta kovilla mailla, voitaneen selittää sillä, että kaikkina näinä vuosina varsinkin alkukesän sademäärä oli hyvin pieni. Kun keskilämpö samaan aikaan on ollut hieman normaalin yläpuolella, on haihdunta ollut suuri ja suot ehkä yleensä kehittyneet kuivempaan suun-

taan. Vastakkaista kehitystä voinee esiintyä, jos useita kylmiä ja sateisia kesiä sattuu peräkkäin. Tästä ilmiöstä osittain johtunee, että kasvun pitkäaikaiset vaihtelut soilla ovat suurempia kuin kovilla mailla (vrt. E i d e 1926, ss. 97—98). Kuinka suuria ja miten säännöllisiä jaksollisia vaihteluja sademäärän suuruudessa ja ilmaston humiditeetissa esiintyy, se ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin, mutta ainakin suometsien kasvussa esiintyy sangen suuria vaihteluita.

Tuuli.

Tuulen vaikutusta sädekasvuun on tutkittu seuraavilla, eksposition toltaan erilaisilla männikkökoealoilla:

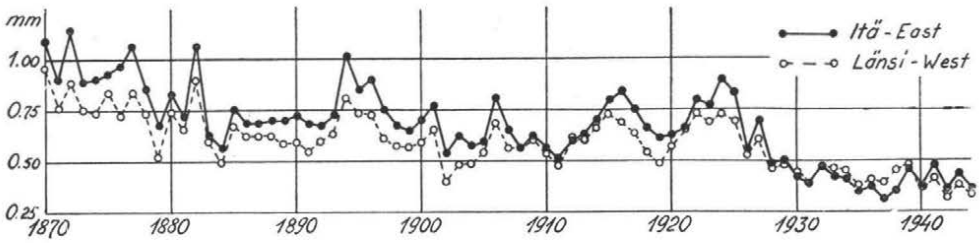
25. Kuru, VT. Pohjois-eteläsuuntainen harju, hyvin altis sekä länsi- että itätuulille.
51. Saarijärvi, VT. Tasainen kangas, jokseenkin yhtä suojassa kaikilta tuulilta.
81. Sotkamo, VT. Jyrkästi itään viettävä rinne, suojassa länsituulilta, mutta altis itätuulille.
120. Lemmenjoki, ErClT. Lounaasta koilliseen kulkevan syvän laakson luo-
129. teisrinne, altis pitkin laaksoa puhaltaville tuulille, mutta luoteistuulelta hyvin suojattu.

Taulukko 37 esittää vuosiluston leveyttä eri puolilla runkoa 10-vuosittain. Koealalla 25 lusto on selvästi kapeampi vallitsevan tuulen puolella (kuva 29) ja koealalla 81 tuulille alttiilla puolella. Samaten koealoilla 120 ja 129, missä yleisin tuuli puhaltaa lounaasta pitkin laaksoa, on kapein lusto lounaispuolella runkoa ja levein parhaiten tuulilta suojatulla luoteispuolella. Myös koealalla 51 vallitsevien puiden vuosilusto

Taulukko 37. 10 vuosiluston

Table 37. The width of ten annual rings

	Koeala *Sample plot* 25		Koeala — *Sample plot* 51					
			I latvuskerros *I crown layer*				III latvuskerros *III crown layer*	
	E	W	N	E	S	W	E	W
1930—39	3.2	3.4	3.3	4.2	4.1	3.6	2.9	3.2
1920—29	5.6	4.9	5.6	6.5	6.6	6.5	5.0	5.9
1910—19	5.4	4.8	6.0	6.2	6.4	6.2	4.9	5.7
1900—09	5.2	4.4	6.8	6.7	6.9	6.2	5.1	5.6
1890—99	6.1	5.2	9.0	8.8	8.4	8.4	5.8	7.0
1880—89	5.8	5.2	9.6	9.4	9.9	9.3	6.9	7.7
1870—79	7.5	6.2	10.4	10.7	11.2	10.3	7.8	8.7
1860—69	—	—	12.0	12.3	12.7	12.6	9.0	10.4
1850—59	—	—	14.4	16.0	16.4	14.6	11.8	11.4
1840—49	—	—	—	—	—	—	—	—
1830—39	—	—	—	—	—	—	—	—
1820—29	—	—	—	—	—	—	—	—



Kuva 29. Männyn sädekasvu rungon itä- ja länsipuolella. Koeala 25, Kuru.
Fig. 29. Radial growth of pine on the east and west side of the stem. Sample plot 25, Kuru.

on länsipuolella runkoa kapeampi kuin itäpuolella, mutta vallituissa latvuskerroksissa päinvastoin. Tämä on selitettävissä ehkä niin, että tuulen vaikutus tuntuu valtapuissa, mutta alemmat latvuskerrokset ovat niin suojassa tuulilta, että muut tekijät määräävät kasvun jakaantumisen eri puolille runkoa. Voidaan ajatella, että puun länsipuoli saa sekä lämpöä että kosteutta enemmän kuin itäpuoli ja siksi länsipuolella on vuosilusto leveämpi, mikäli tuulen vaikutus ei pääse tuntumaan.

Kysymystä tuulen vaikutuksesta vuosiluston leveyteen rungon eri puolilla ovat käsitelleet mm. Renvall (1923), Tirén (1929) ja Eklund (1942). Kaikissa näissä tutkimuksissa annetaan tuulelle ratkaiseva merkitys siten, että sillä puolella, mistä yleisin tuuli kasvukaudella puhaltaa, jää lusto kapeammaksi kuin vastakkaisella puolella. Kuten esimerkki koealalta 51 osoittaa, on kuitenkin muitakin tekijöitä otettava huomioon. Niinpä koska nesteiden virtausta puussa tapahtuu tangentin suuntaan hyvin vähän, runko saa enemmän ravintoa sillä puo-

leveys (mm) eri puolilla runkoa.
(mm) on different sides of the stem.

Koeala *Sample plot* 81		Koeala *Sample plot* 120				Koeala *Sample plot* 129			
E	W	NE	SE	SW	NW	NE	SE	SW	NW
7.9	8.4	6.0	5.4	4.8	6.0	5.8	6.0	5.5	6.1
12.3	13.0	6.6	5.9	4.9	5.8	5.8	5.8	5.5	6.4
15.4	15.8	2.8	2.7	2.3	3.0	3.0	2.8	2.7	2.8
18.2	17.8	2.0	1.8	1.6	2.4	2.2	1.9	1.8	2.2
22.6	22.7	2.4	2.4	2.0	2.6	2.2	2.1	2.1	2.4
—	—	2.4	2.4	2.2	2.8	2.4	2.4	2.4	2.8
—	—	2.8	3.0	2.6	3.2	2.6	2.4	2.5	2.6
—	—	3.6	3.7	3.0	3.8	3.2	3.2	3.2	3.4
—	—	4.9	4.8	4.2	5.1	4.7	4.9	4.5	5.0
—	—	3.4	3.6	3.4	4.0	3.6	4.2	3.9	4.0
—	—	4.8	4.6	4.3	5.2	6.4	6.1	6.3	6.4
—	—	6.4	6.4	6.0	6.4	9.6	9.1	10.0	9.8

lella, missä latvus on paremmin kehittynyt tai juuret saavat enemmän vettä ja ravintoa (MacDougal 1938).

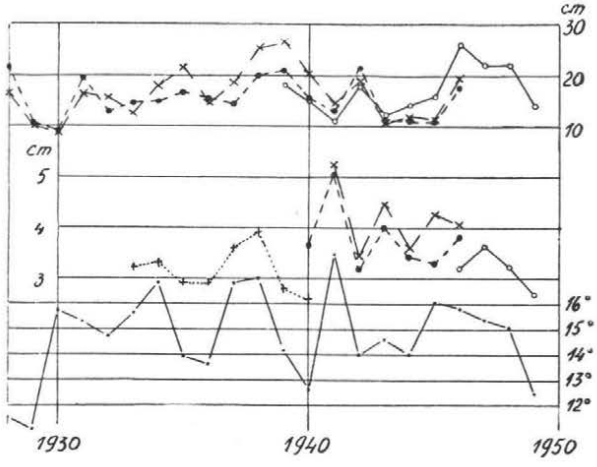
Näillä muilla tekijöillä on kuitenkin tuulen rinnalla vähäisempi merkitys, varsinkin kasvun vaihteluiden kannalta. Jos sitä vastoin tuulen voimassa ja yleisimmässä suunnassa on eri vuosina vaihteluja, ovat sen seurauksena kasvun vaihtelut eri puolilla runkoa erilaiset. Sellaista ei ole kuitenkaan ilmennyt tutkituissa tapauksissa, vaan pienet erot eri puolilta runkoa suoritetuissa lustonmittauksissa täytyy panna satunnaisten tekijäin tilille. Eklundin (1942, s. 277) mukaan kasvun vaihtelut ovat suurimpia sillä puolella runkoa, missä lusto on keskimäärin levein. Yllä mainituille koealoille on siv. 47 esitetyllä tavalla laskettu vaihteluherkkyys eri puolilla runkoa, mutta mitään eroa ei ainakaan näissä tapauksissa esiintynyt. Tuulen vaikutus ilmenee tietenkin parhaiten hyvin sille alttiilla paikoilla, kuten vuorilla ja saarissa.

Säätekijäin välillinen vaikutus.

Edellä tarkasteltujen säätekijäin, etenkin lämpötilan, välittömän vaikutuksen lisäksi on otettava huomioon vielä niiden välillinen vaikutus, joka saattaa kestää useita vuosia. Jos tarkastellaan kasvutapahtumaa koko laajuudessaan, niin kasvua määräävinä ulkonaisina tekijöinä esiintyvät käytettävänä oleva energia, ilman hiilidioksidi, vesi siihen liuenneine ravintoaineineen, kasvin yhteyttävän pinnan suuruus ja yhteyttämisen riippuvaisuus vallitsevista olosuhteista, joista tärkein on lämpötila. Edellä on käsitelty etupäässä viimeksi mainittua. Auringon energia ja ilman hiilidioksidipitoisuus ovat siksi muuttumattomia, ettei niitä tarvinne ottaa huomioon, myös vettä puille on kasvua varten riittävästi tarjolla, joten nämä tekijät voidaan sivuuttaa, mutta yhteyttävän pinnan laajuudessa tapahtuu ilmastollisten vaihteluiden seurauksena melkoisia vaihteluita.

Havupuiden yhteyttävän pinnan laajuuden määräävät neulasten lukumäärä ja niiden pituus. Molemmat ovat melko suurien vaihtelujen alaisia. Kasvukautena muodostuvien uusien neulasten lukumäärä riippuu edellisen kesän lämpimyydestä, mutta niiden pituus saman kasvukauden lämpimyydestä, kuten mm. Hesselman (1904 a), Kolmodin (1935) ja Hustich (1948) ovat osoittaneet. Sama ilmenee myös kuvasta 30, josta samalla näkyy, kuinka suuria vaihteluita neulasten keskipituudessa saattaa esiintyä. Etelämpänä vaihtelut tosin lienevät vähän pienempiä kuin pohjoisella metsänrajalla. Kolmodinin mukaan vaihtelut kuusen neulasten keskipituudessa ovat suhteellisesti samaa suuruusluokkaa kuin männyn. Neulasten pituuden ja lukumäärän vaihteluiden aiheuttamat vaihtelut yhteyttävän pinnan laajuudessa ovat siis sangen tuntuvia, varsinkin sellaisissa tapauksissa, että useita suo-

tuisia tai epäsuotuisia kasvukausia sattuu peräkkäin. Jos esim. jonakin vuonna uusia männyn neulasia syntyy vain 75 % normaalivuoden määrästä ja niiden pituus on myös vain 75 % normaalista, niin sen vuosikerran neulasiston pinta on vain 56 % keskimääräisestä (edellyttäen, että neulasten paksuus on joka vuosi sama, mutta sekin voi aiheuttaa lisävaihtelua).



——o Pallastunturi.
- - -• Lemmenjoki. Koeala 124 — *Sample plot 124.*
— —× Utsjoki. Koeala 119 — *Sample plot 119.*
·····+ Utsjoki. (Hustich 1948).

Kuva 30. Ylinnä. Männyn vuotuinen pituuskasvu. Keskellä: Latvakasvaimen neulasten keskimääräinen pituus. Alinna: Heinäkuun keskilämpö Sodankylässä.
Fig. 30. Above: Annual height growth of pine. Middle: The average length of needles of top shoot. Below: Mean July temperature in Sodankylä.

Uusien neulasten yhteyttämistoiminta ei ennätä vaikuttaa vielä saman kesän paksuuskasvuun. Stålfeltin (1924) tutkimusten mukaan männyn neulaset yhteyttävät tehokkaimmin kolmantena kasvukautenaan ja kuusen neulaset vasta kuudentena kasvukautenaan. Kun siis kylmänä kesänä männyn neulaset jäävät tavallista lyhemmiksi, niin yhteyttävän pinnan pieneneminen tuntuu sädekasvussa vasta seuraavana ja voimakkaimmin sitä seuraavana vuonna. Vielä vuotta kauemmaksi siirtyy se yhteyttävän pinnan muutoksesta johtuva vaikutus, jonka neulasten lukumäärän vaihtelu saa aikaan. Männyn kasvuun on siis vaikuttamassa kasvukesän lisäksi ainakin kolmen edellisen kesän sääsuhteet ja kuusen kasvuun vielä useamman.

Kun männyllä on vähemmän neulasvuosikertoja kerrallaan toiminnassa kuin kuusella, niin myös yhteyttävän pinnan suuruuden vaihtelut ovat männyllä suurempia. Mahdollisesti tästä osittain johtuu, että männyllä pitkäaikaiset vaihtelut ovat suurempia ja kuusen kasvu paremmin seuraa vuosittaisia ilmaston vaihteluita. Suurimpia yhteyttävän pinnan laajuuden vaihteluita luultavasti tapahtuu puilla, joilla vain yksi vuosikerta lehtiä on kerrallaan toiminnassa — lehtipuilla ja lehtikuusilla — mutta niillä ei ilmaston vaihteluiden vaikutus myöskään tunnu niin monia vuosia eteenpäin kuin esim. männyllä ja kuusella.

Yhteenvetona säätekijäin ja kasvun vaihtelun välisestä riippuvaisuudesta voidaan todeta, että p u i d e n k a s v u o n r i i p p u v a i n e n

hyvin monista sekä kasvukauden että sitä edeltävän ajan, jopa aikaisempien vuosien säätekijöistä. Mitä pohjoisemmaksi tullaan, sitä ratkaisevampi merkitys on kasvukauden lämpötilalla. Mutta toisaalta myös edellisen kasvukauden lämpötilan vaikutus on ainakin männyn kasvussa pohjoisen metsänrajan lähellä selvempi kuin etelämpänä. Tämä näkyy selvästi tarkasteltaessa esim. heikkoja kasvuvuosia 1902 ja 1928. Molempina mainittuina vuosina männyn kasvu on Etelä-Suomessa alimmillaan, mutta Lapissa lasku jatkuu vielä seuraavana vuonna. Samaten edellisen vuoden ansiosta monilla Lapin koealoilla kasvu on huipussaan sangen kylmänä kesänä 1923 — jolloin kuitenkin kesäpuu on sangen heikosti kehittynyt — laskeakseen taas seuraavana lämpimänä kesänä, kun taas etelämpänä asia on päinvastoin.

Etelä-Suomessa ei mikään säätekijä ole niin lähellä puiden toimeentulominimiä, että yksinään pääsisi määräämään vuotuisen kasvun suuruuden. Kun kasvuun vaikuttavat säätekijät osittain ovat keskenäänkin tietyssä riippuvaisuussuhteessa, on kunkin tekijän vaikutusta mahdotonta suuruudeltaan määrittää tai aina edes todeta. Nykyisen tietämyksen perusteella on mahdollista yleensä selittää, minkä vuoksi männyn tai kuusen tai molempien kasvu jonakin vuonna on parempi tai huonompi kuin edellisenä. Ellei kasvukauden lämpötila riitä selitykseksi, voidaan syitä hakea sademäärästä ja kasvua edeltävän ajan sekä edellisten vuosien sääsuhteista. Mutta vaikka jonkin vuoden sääsuhteet tunnetaan tarkoin, voidaan vain melkoisella todennäköisyydellä päätellä, millainen puiden kasvu on ollut sinä vuonna. Tästä seuraavassa vielä muutamia esimerkkejä.

Tällä vuosisadalla on huonoina kasvuvuosina 1902, -28, -31, -35 ja -42 kesä ollut harvinaisen kylmä. Mutta kylmiä ovat kesät olleet myös hyvinä kasvuvuosina 1915, -21 ja -23, jolloin siis hyvään kasvuun täytyy etsiä muita syitä. Vv. 1915 ja -23 voitaneen syyksi ainakin osittain selittää edellisen vuoden edullisuus, 1921 taas se, että kasvu alkoi lähes kuukautta tavallista aikaisemmin ja ratkaisevin kuukausi olikin tällä kertaa kesäkuu, joka oli melko lämmin. Kuusen kasvun heikkouteen on vaikea löytää syytä 1918 ja 1920. Monina hyvinä kasvuvuosina kesä on ollut tavallista lämpimämpi, esim. 1901, -24, -25, -27 ja -34. Mutta erittäin lämpimän kesän 1914 vaikutus ei näy ainakaan saman vuoden kasvussa, ja v. 1922, joka puiden kasvun kannalta oli kaikkein parhaita, kesä oli jonkin verran normaalia kylmempi. Eräinä selityksinä voidaan esittää, että v. 1914 puiden kasvu on kärsinyt kuivuudesta ja 1922 taas hyvän kasvun ainakin osittain selittäisi edellisen vuoden pitkä kasvukausi.

Muut kasvun vaihteluita aiheuttavat ulkoiset tekijät.

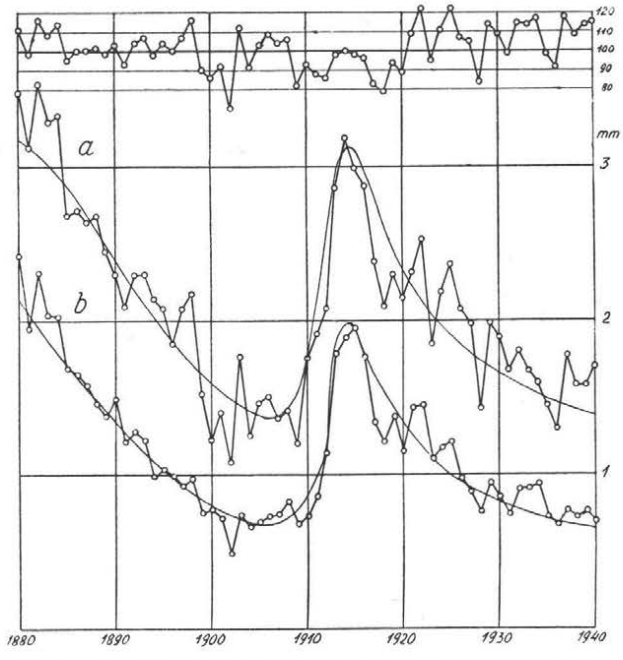
Tavallisin metsän kasvun vaihteluita aiheuttava ulkoinen tekijä ilmastollisten vaihteluiden lisäksi on h a k k u u. Millä tavalla erilaiset hakkuut vaikuttavat jäljelle jäävän puuston kasvuun, ei kuulu varsinaisesti tämän tutkimuksen piiriin, mutta hakkuiden vaikutus on tällaisissa töissä aina otettava huomioon, etupäässä häiritsevänä tekijänä (vrt. ss. 9—10). Kuva 31 esittää sangen tyypillistä hakkuureaktiota.

M y r s k y n tuho vaikuttaa voimakkaan hakkuun tavoin. Usein sekä hakkuun että myrskyn tuhon jälkeen esiintyy jäljelle jääneessä puustossa ohimenevästi kasvun heikkenemistä, mutta paljon selvempi ja voimakkaampi vaikutus molemmista on kasvun äkillinen elpyminen.

Kolmas tavallinen metsän normaalia kehitystä häiritsevä tekijä on m e t s ä p a l o. Entisinä aikoina metsäpalot olivat hyvin laajoja ja yleisiä, joten varsinkin kuivilta kankailta on vaikea löytää vanhoja metsiköitä, joissa ei olisi kulon merkkejä havaittavissa (s. 10). Kulon vaikutus puuston kasvuun saattaa olla hyvin erilainen kulon ankaruudesta ja metsikön kehitysvaiheesta riippuva. Kuva 32 esittää erästä tapausta, jossa kulo on käynyt kuivan kankaan männikössä melko nuorella iällä. Kulon välitön vaikutus on yleensä vahingollinen, puut kärsivät palosta monin tavoin. Mutta kulosta elossa selviytyneet puut toipuvat vähitellen, ja jos osa puista on palossa kuollut, niin vaikutus on harvennushakkuun kaltainen, ts. puiden kasvu on jonkin aikaa kulon jälkeen parempi kuin se oli ennen kuloa. Myös kulo saattaa vähentää puiden kilpailua pintakasvillisuuden kanssa ja muuttaa kasvinravintoaineita helpommin käyttökelpoiseen muotoon, jotka molemmat seikat niinikään ovat eduksi kulosta selviytyneen puuston kasvulle (vrt. C r a i g h e a d 1927).

Mutta kasvun vaihteluita — pitempi- tai lyhempiaikaisia — saattavat aiheuttaa monet muutkin, osaksi ehkä tuntemattomatkin tekijät, jotka puolestaan lienevät säätekijöistä riippuvaisia, mutta voinevat esiintyä niistä kokonaan riippumattakin. Nämä tekijät ovat yleensä metsätuhon luontoisia, ts. niiden ensimmäinen vaikutus on kasvua vähentävä, mutta myöhemmin, samaten kuin hakkuun, myrskyn tai kulon jälkeen, usein seuraa ajanjakso, jolloin kasvu on normaalitason

yläpuolella. Tämä johtuu siitä, että tuhon sattuessa puita kuolee metsästä tavallista runsaammin, joten elossa selviytyneillä puilla on jonkin aikaa entistä väljempi kasvutila käytettävänään. Mutta myös ilmaston

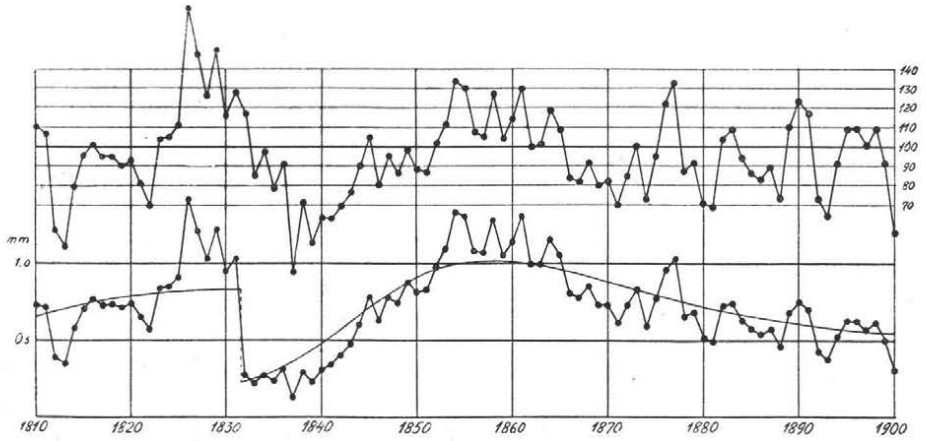


Kuva 31. Tyypillinen hakkuureaktio. Kuusi-koivusekametsästä on kaikki koivut hakattu noin v. 1906. Koeala 11, Tammela.
a. Puut, joiden D1.3 > 30 cm (7 kpl).
b. Puut, joiden D1.3 < 30 cm (8 kpl).
Ylinnä molempien ryhmien vuosilustoindeksien keskiarvot. Normaaliviivain piirtämisessä on käytetty apuna Tammelan hakkaamattomien kuusikoiden vuosilustoindeksejä.

Fig. 31. A typical reaction caused by cutting. All the birches were removed from a mixed stand of spruce and birch about 1906. Sample plot 11, Tammela.
a. Trees with D1.3 > 30 cm (7 trees).
b. Trees with D1.3 < 30 cm (8 trees).
Above average annual ring indices of both groups. The normal curves have been based on annual ring indices of spruce in uncut stands of Tammela.

vaihtelu yksinään aiheuttanee jonkinlaista aaltoliikettä metsikön luontaisessa harventumisessa. On hyvin todennäköistä, että ilmastollisesti epäsuotuisana vuonna tai vuosijaksona kuolleisuus metsässä on tavallista suurempi, ja seuraavana edullisena kautena puilla on siis käytettävänään sekä jonkin verran väljempi kasvutila että suotuisammat muut kasvuedellytykset, joten kuolleisuus niinä vuosina jää normaalia pienemmäksi. Niinpä Pearson (1937, s. 67) mainitsee metsikön kehityksessä

voimakkaan kasvun ja kiihkeän kilpailun kausien säännöllisesti vuorottelevan. Samaten R e n v a l l (1919, s. 31) on todennut, että puiden keloutuminen on tavallista runsaampaa ilmastollisesti epäsuotuisina vuosina.



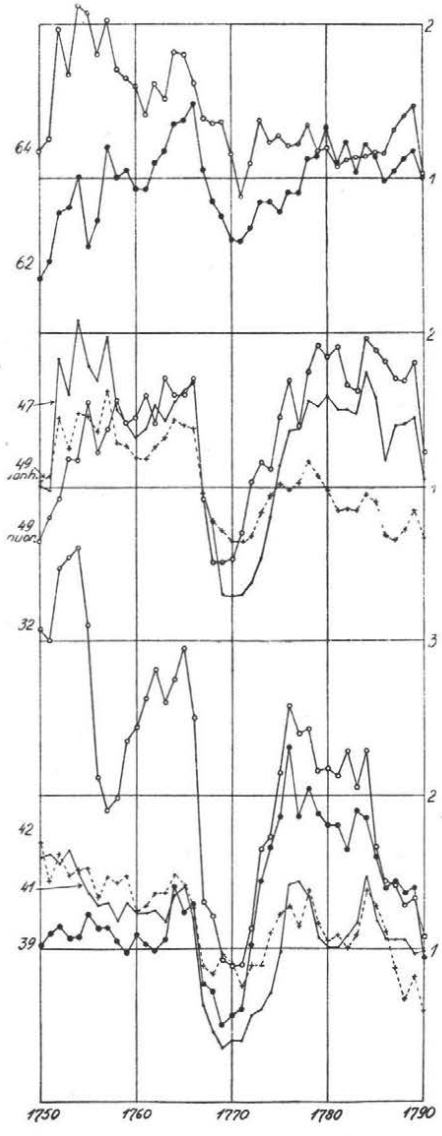
Kuva 32. Esimerkki metsäpalon (1832) vaikutuksesta männikön sädekasvuun. Koeala 167, Enontekiö.
Alla: Vuosiluston leveyden vaihtelut.
Yllä: Vuosilustoindeksin vaihtelut.

Fig. 32. An example showing the effect of forest fire (1832) on the radial growth of pine stand. Sample plot 167, Enontekiö.
Below: Variations of the width of annual ring.
Above: Variations of the annual ring index.

Tällaisia metsätuhojen aiheuttamia kasvun häiriöitä ei voida aina erottaa ilmastollisista vaihteluista, varsinkin jos häiriöt ovat verrattain pieniä ja säätiedot ko. ajalta puuttuvat. Usein kuitenkin kasvun muutos on niin suuri, että on vaikeata selittää se pelkästään sääsuhteista johtuvaksi. Ilmastolliset vaihtelut esiintyvät myös hyvin yhtenäisinä yli koko maan, kun taas muiden ulkoisten tekijäin vaikutus on enemmän paikallinen. Ilmaston, samoin kuin hakkuun, myrskyn tai kulon mahdollisuuden eliminoi usein se seikka, että kasvun häiriö esiintyy sekametsässäkin vain männyssä tai kuusessa, kun taas toisen puulajin kehitys on tapahtunut häiriintymättä.

Äkillisen kasvun häiriön syyksi voidaan usein epäillä h y ö n t e i s t u h o a. Tuhohyönteisten joukkoesiintymiset ovat yleisesti tunnettuja, ja tuho on joukkoesiintymän sattuessa vain yhteen puulajiin kohdistuva. Hyönteistuho alentaa tunnetusti myös sen alaisiksi joutuneiden puiden ja metsien kuntoa ja kasvua, vaikka tarkkoja tutkimuksia kasvun vähenemisen suuruudesta onkin melko vähän (esim. H a r t i g 1893, 1896, M i c k e 1902, M a t t s o n M å r n 1921, H e r t z 1933). Todennäköisesti kasvussa tuntuu voimakkaimpana sellaisten hyönteisten

vaikutus, jotka syövät puiden lehdet tai neulaset. Puuthan menettävät tällöin yhteyttämiskoneistonsa osaksi tai kokonaan, ja havupuilla tämä vaikutus tuntuu useita vuosia.



Kuva 33. Männyn vuosilustojen leveys vv. 1750—1790.

Fig. 33. The width of annual rings of pine in 1750—1790.

Ylinnä — *Above:* Kivijärvi
Keskellä — *Middle:* Saarijärvi
Alinna — *Below:* Kuru-Ruovesi.

Myös tuhosienillä, jotka hävittävät puiden neulasiston, saattaa joinakin vuosina esiintyä poikkeuksellista runsautta. Ainakin kuusen »ruostevuosista» on mainintoja.

Tällaisten tuhojen joukkoon on luettava myös ilmastollisista syistä tapahtuvat tuhot, joita sattuu ainakin pohjoisen metsänrajan lähistöllä ja joiden vaikutus on toisenlainen kuin tavallisten ilmastonvaihteluiden (Andersson 1906).

Seuraavassa tarkastellaan muutamia selvimpiä tällaisia poikkeuksellisia tapauksia, joita esiintyy käytetyssä tutkimusaineistossa.

Varhaisin tapaus, josta on suhteellisen runsaasti aineistoa käytettävissä, on männyn kasvun voimakas depressio v:n 1770 tienoilla. Kaikilla aineistoon sisältyvillä männikkökoealoilla Kurun—Ruoveden (4 koealaa), Saarijärven (2 koealaa) ja Kivijärven (2 koealaa) aineistoissa tapahtuu jyrkkä kasvun lasku v. 1767 (kuva 33). Taulukko 38 esittää vuosiluston keskimääräistä leveyttä näillä koealoilla välittömästi ennen mainittua vuotta sekä sen jälkeen. Depression jälkeen kasvu on noussut normaalitason yläpuolelle, mikä osoittaa, että tapahtuneella tuholla, millainen se sitten lienee ollutkin, on ollut myös aikaisemmin mainittu harvennushakkuun kaltainen vaikutus. Mutta sama jyrkkä männyn kasvun lasku esiintyy myös Inarissa (kuva 16) ja edelleen sangen voimakkaana Erlandssonin (1936, s. 23) tutkimissa puissa Ruotsin Lapissa. Ilmiön syitä on vaikea päätellä. Kun tällainen tapaus tutkimuk-

Taulukko 38. Männyn vuosiluston keskimääräinen leveys ennen vuotta 1767 ja sen jälkeen.

Table 38. The average annual ring width of pine before and after 1767.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Sijainti — *Locality*	Metsikön ikä v. 1767 *Age of stand in 1767*	Vuosiluston keskim. leveys, 0.01 mm. *Average ring width in 0.01 mm*		Vähennys % *Decrease %*
			1762—66	1768—72	
32	Kuru	25	272	101	63
39	Ruovesi	48	109	68	38
41	Ruovesi, Musturinjärvi	61	128	44	66
42	Ruovesi, Siikaneva	62	138	87	37
47	Saarijärvi	30	156	40	74
49 [1])	»	108	136	69	49
49 [2])	»	24	160	66	59
62	Kivijärvi	70	130	69	47
64	»	42	167	117	30

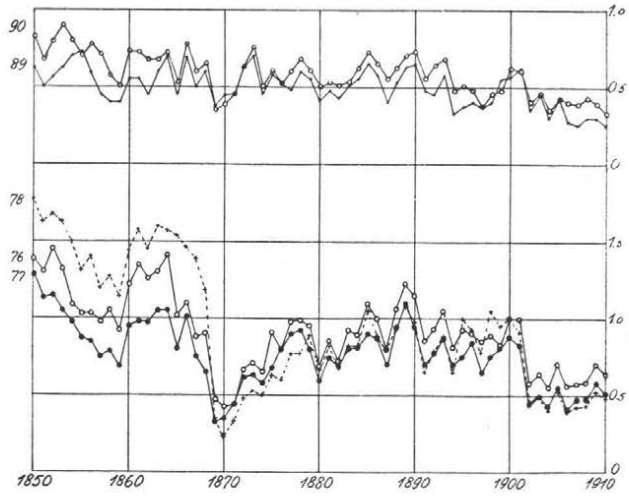
[1]) Vanhempi ikäluokka — *Older trees.*
[2]) Nuorempi ikäluokka — *Younger trees.*

sessa osuu vastaan, tulee ensiksi tietenkin mieleen metsäpalo, mutta on sangen epätodennäköistä, että Kurun, Ruoveden, Saarijärven ja Kivijärven sekä Suomen ja Ruotsin Lapin mäntymetsät olisivat kaikki palaneet samana vuonna. Mainittakoon vielä, että niissä parissa kuusen vuosilustosarjassa, mitä on noin kaukaiselta ajalta (koealat 57, 79 ja 89) esiintyy pieni kasvun depressio 1770:n paikkeilla, mutta ei läheskään sitä suuruusluokkaa kuin männyllä.

Myöhemminkin esiintyy suppeammilla tai laajemmilla alueilla silmiin pistäviä kasvun heilahteluja, ei kuitenkaan aivan niin suuria kuin äsken mainittu. 1800-luvun alkupuolella Pohjois-Suomessa havaittavat laskukaudet (n. 1813 ja 1821) lienevät ilmastollisista syistä johtuvia, mutta niihin voi liittyä muitakin tekijöitä. Huomattakoon, että nämä voimakkaat vaihtelut esiintyvät sekä männyllä että kuusella. 1820-luvulla tapahtuva molempien puulajien kasvun nousu lienee myös ilmastollisten vaihteluiden aiheuttama, mutta varmaan sitä on jyrkentämässä myös edellä mainittu »harvennusvaikutus». 1830-luvulla pohjoisessa tapahtuva männyn kasvun lasku, joka päättyy v. 1837, johtunee myös ilmastosta, joskin hyvin todennäköisesti silloin on tapahtunut jokin ilmastollinen tuho kuten v. 1902.

Saarijärvellä ja Kivijärvellä esiintyy männyn kasvussa melko yhtäjaksoinen lasku vv. 1851—62. Ilmastollisten seikkain lisäksi tähän lienee vaikuttamassa hyönteistuho tai jokin muu vastaavanlainen seikka. Ilmiö on heikompana havaittavissa ehkä myös Kurun—Ruoveden aineistossa, kun taas kuusen kasvussa tänä aikana voidaan todeta vain tavallista hyvien ja huonojen vuosien vuorottelua.

Kuusen kasvu on hyvin jyrkästi laskenut Puolangan kaikissa koemetsiköissä v. 1869, voimakkaimmin Paljakkavaaran laella olevalla koealalla 78 (kuva 34). Todennäköisimpänä syynä tähän on pidettävä ehkä



Kuva 34. Kuusen vuosilustojen leveys vv. 1850—1910 Puolangan (76—78) ja eräillä Kuhmon (89—90) koealoilla.
Fig. 34. The width of annual rings of spruce in 1850—1910 on sample plots of Puolanka (76—78) and Kuhmo (89—90).

sienituhoa, sillä kuusen neulasia tuhoavien hyönteisten joukkoesiintymisiä meillä ei tunneta, kun taas kuusen »ruostevuosista» on mainintoja. Kasvun vähennys on tässäkin tapauksessa ollut melkoinen, vuosiluston leveys vv. 1869—71 on vain 22—47 % siitä, mitä se oli vv. 1866—68. Ilmiö on todettavissa heikompana myös Kuhmon kuusikoissa, mutta männyn kasvu on näinä vuosina Kainuussa niinkuin muuallakin ollut normaalinen.

Seuraava, jo läheisemmässä menneisyydessä oleva ja sangen laajalla alueella esiintyvä häiriö on männyn kasvun jyrkkä lasku 1890-luvulla, josta on sangen runsas havaintoaineisto käytettävissä. Tuhon — kysymys on joka tapauksessa metsätuhosta — keskus lienee ollut Tammelan seudulla, sillä koko Tammelan mäntyaineistossa kasvun lasku v:sta 1894 v:een 1898 on ollut keskimäärin yli 50 % (vrt. kuva 16. Koska Etelä-Suomen seitsemästä rämekoealasta kolme on Tammelasta, niin myös Etelä-Suomen rämemäntyjen kehitystä osoittavassa diagrammassa, kuva 28, havaitaan selvänä sama ilmiö.) Ko. metsätuhon esiintymisalueen laajuudesta voidaan myös tehdä joitakin päätelmiä. Tammelan aineisto on melko laajalta alalta, sillä kaksi mäntykoealaa on Hyrkylän valtionpuistosta, 11 koealaa 12 km pohjoisempaa, Liesjärven länsipuolelta, ja edelleen kuusi koealaa tästä 10 km koilliseen, Tammelan valtionpuiston

itäosasta. Kaikissa näissä esiintyy sama kasvun jyrkkä lasku, kuitenkin siten, että neljässä tuoreen kankaan metsikössä minimi on vuonna 1899, muilla koealoilla 1898. Mutta myös sekä Padasjoen että Kurun—Ruoveden ja Pohjankankaan aineistoissa esiintyy sama kasvun lasku muutamilla koealoilla, selvimpänä kallioisessa metsässä 143 (minimi 1897), kanervatyypin kankailla 43 (minimi 1899) ja Pohjankankaan koealoilla sekä rämekoealoilla 26, 29 ja 150 (minimi kaikissa 1898). Edelleen melkoinen lasku on samaan aikaan (minimi 1896) Vihdissä tutkitussa kalliomänniköss̈ä 80. Mutta vv:n 1936—38 aineiston perusteella voidaan todeta saman ilmiön ulottuneen yli koko Etelä-Suomen. Kuvasta 18 nähdään, että tuho on Itä-Suomessa esiintynyt jonkin verran aikaisemmin minimivuoden ollessa 1896, kun taas Länsi-Suomessa keskimäärin esiintyy laskua v:een 1902 saakka.

Syynä tähän suureen kasvun menetykseen on melko varmasti ollut hyönteistuho. Sekametsiköissä, joita aineistoon sisältyy useita, kuusen kasvu on jatkunut täysin häiriintymättä, samalla kuin männyn sädekasvu on pudonnut noin puoleen entisestään. Monessa tapauksessa v:n 1898 lusto puuttuu kokonaan. — Säätietojen ja kuusen kasvun perusteella vuosi 1898 on ilmastollisesti ollut hieman keskimääräistä suotuisampi. — 1890-luvulta on lukuisasti tietoja mänty-yökön *(Panolis flammea)* joukkoesiintymisistä eri puolilla Etelä-Suomea (Saalas 1949, s. 101). Tuho on ilmeisesti alkanut idästä, missä Karjalan kannakselta on tietoja v:lta 1891, ja kulkenut länteen yli koko Etelä-Suomen. Eniten ovat kärsineet kallioiset ja kuivien kankaiden metsät, ja tuoreiden kankaiden männiköt ovat selviytyneet parhaiten. Melkoista puiden kuolemista lienee myös tapahtunut, mistä on osoituksena »harvennusreaktio» Tammelan aineistossa 1903—06. — Tämä tapaus osoittaa, että hyönteistuhot saattavat esiintyä hyvin laajoilla alueilla ja aiheuttaa metsille tuntuvia kasvunmenetyksiä. Kun viiden vuoden 1897—1901 indeksien keskiarvo Tammelan aineistossa on 74, niin se tuhoalueen ulkopuolella sijaitsevilla Saarijärven ja Kivijärven tutkimusalueilla on vastaavasti 105 ja 103. Samalta ajalta on, 1936—38 aineiston mukaan, koko eteläisimmän Suomen (alue VIII) keski-indeksi 88 ja Keski-Suomen (alue VII), joka pääasiassa lienee ollut tuhoalueen ulkopuolella, 96.

Vuosi 1902 oli sääsuhteiltaan sangen epäsuotuisa, kuten edellä on monessa yhteydessä mainittu. Lapissa on tällöin säätekijäin seurauksena mäntymetsiä kohdannut tuho (Andersson 1906), jonka laajuuteen, syihin ja seurauksiin tekijällä on tarkoitus palata toisessa yhteydessä.

Mutta vieläkin myöhemmältä ajalta on olemassa esimerkki melko voimakkaasta ja pitkäaikaisesta männyn kasvun depressiosta, jota ei voida ainakaan kokonaan selittää ilmastosta johtuvaksi. Kysymys on v:n 1930 paikkeilla tapahtuneesta kasvun laskusta Keski-Suomessa. Ilmiö on voimakkain Saarijärven aineistossa, mutta erittäin selvä myös

Kivijärvellä ja havaittavissa edelleen sekä Kurussa että Ruovedellä. Kasvu on ollut heikoimmillaan 1930-luvun keskipaikkeilla, ts. samaan aikaan jolloin vuosikymmeniä jatkunut ilmaston lämpeneminen saavutti huippunsa (Keränen 1943). Kasvua haittaavan tekijän vaikutus oli niin voimakas, että sekä Saarijärvellä että Kivijärvellä v. 1934 männyn kasvu on vain laskenut edellisestä vuodesta, vaikka sama vuosi muualla maassa on ollut erittäin edullinen huippuvuosi. Kuusen kasvussa ei ole mitään häiriötä todettavissa (vrt. kuva 12). Sen sijaan rämemänniköiden kasvussa 1930-luvun »lamakausi» näkyy hyvin laajalla alueella.

Tähänkin 1930-luvun metsätuhoon lienevät syynä hyönteiset. 1930-luvun alkuvuosilta on runsaasti tietoja mäntypistiäisten *(Lophyrus sertifer* ja *L. pini)* joukkoesiintymisistä ja suurtuhoista eri puolilta Keski-Suomea Salpausselältä aina Kainuuseen ja Perä-Pohjolaan saakka (Kangas 1933 ja 1934). Mäntypistiäisten joukkoesiintyminen on samoilla seuduilla jatkunut useita vuosia, ja niiden heikontamat puut ovat joutuneet monien seuraustuhojen alaisiksi. Tuhoalue on ollut sangen laaja käsittäen ehkä useita erillisiä keskuksia, joissa, kuten Saarijärvellä, männyn kasvu on vuosikausiksi painunut 20—30 % normaalitason alapuolelle, kun taas välillä olevilla alueilla tuho on jäänyt lievemmäksi. (Kasvun menetys Saarijärvellä lienee todellisuudessa ollut suurempikin, sillä 1930-luvun lamakausi on vetänyt myös »normaalitason» todellista alemmaksi, jolloin 1910- ja 1920-lukujen vuosilustoindeksit taas ovat todellista korkeampia. Niinpä männyn vuosilustoindeksi Saarijärvellä on 1920—29 keskimäärin 118 ja 1930—39 vain 82, vähennys siis 36, kun Kurun—Ruoveden ryhmässä, joka sekin on tuhoaluetta, vastaavien aikojen keskimääräiset indeksit ovat 111 ja 94 ja vähennys vain 17.) Tuho on kohdannut kaikenlaisia metsiä, myös mäntyä sekametsissä, mutta erityisen ankara se on ollut rämeillä ja niiden laitamilla.

Edellä luetellut esimerkit riittänevät osoittamaan, miten laajoilla alueilla metsätuhot voivat esiintyä ja millaisia kasvunmenetyksiä ne metsille merkitsevät. Kasvututkimuksissa ne esiintyvät yleensä häiritsevinä ja toisten tekijäin vaikutuksen peittävinä tekijöinä — esim. männyn kasvun depressiot 1890- ja 1930-luvuilla vaikeuttavat suuresti säätekijäin ja kasvun välisen riippuvaisuuden tutkimista — mutta ne on otettava vakavasti huomioon myös metsien tuoton alentajina. Niinpä 1930-luvulla sattunut mäntypistiäistuho lienee suurelta osalta syynä siihen, että II valtakunnan metsien arviointia edeltävinä vuosina männyn kasvu oli melkoisesti normaalitason alapuolella. Voimakkaista ja laajalla alueella esiintyneistä tapauksista (esim. v. 1767) voi olla hyötyä myös dendrokronologisissa ajanmäärityksissä.

Metsikön sisäisten tekijäin merkitys kasvun vaihteluissa.

Edellä on useassa yhteydessä tullut esille männyn ja kuusen erilainen suhtautuminen säätekijöihin ja ilmaston vaihteluihin. Kysymyksessä on näiden p u u l a j i e n todellinen ekologinen erilaisuus. Sen osoittaa seuraava vertailu, johon on otettu kolmelta paikkakunnalta puhdas männikkö, puhdas kuusikko ja näiden puulajien muodostama sekametsikkö, ts. seuraavat koealat:

	Männikkö	Kuusikko	Sekametsikkö
Kuru	25	24	28
Kivijärvi	60	59	61
Sotkamo	81	86	87

Taulukko 39 esittää alueittain eri puulajien ja eri koealoilta saman puulajin vuosilustoindeksien välisiä korrelatiokertoimia. Männyn ja kuusen vuosilustoindeksien välinen korrelatio on jokseenkin sama riippumatta siitä, kasvavatko molemmat puulajit samassa metsikössä vai onko kysymyksessä kaksi puhdasta metsikköä. Tosin mikroilmasto on männikössä ja kuusikossa erilainen, ja sillä on tietenkin myös merkitystä puiden kasvussa, mutta erilaisuus on siksi vähäinen, ettei sen vaikutus ole käsiteltävässä aineistossa tullut selvästi esille.

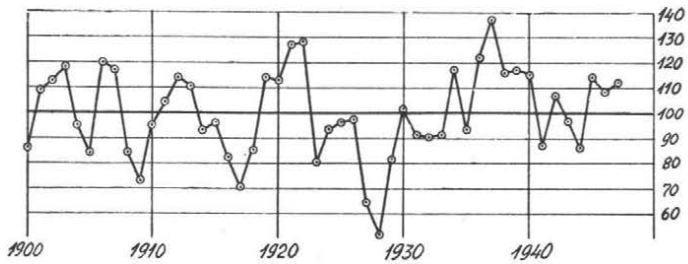
Täydennykseksi näihin eri puulajien erilaisuutta osoittaviin havaintoihin esitetään kuvassa 35 lehtikuusen vuosilustoindeksit. Käytettävissä

Taulukko 39. Männyn ja kuusen vuosilustoindeksien väliset korrelatiokertoimet puhtaissa ja sekametsiköissä.

Table 39. Correlation between radial growth of pine and spruce in pure and mixed stands.

	Kuru 1880—1944	Kivijärvi 1881—1944	Sotkamo 1901—1945
Mänty, sekametsikkö — Mänty, puhdas metsikkö *Pine, mixed stand — Pine, pure stand*	0.65 ± 0.07	0.61 ± 0.08	0.76 ± 0.06
Kuusi, sekametsikkö — Kuusi, puhdas metsikkö *Spruce, mixed stand — Spruce, pure stand*	0.82 ± 0.04	0.84 ± 0.04	0.86 ± 0.04
Mänty, sekametsikkö — Kuusi, sekametsikkö *Pine, mixed stand — Spruce, mixed stand*	0.42 ± 0.10	0.48 ± 0.10	0.46 ± 0.12
Mänty, puhdas metsikkö—Kuusi, puhdas metsikkö *Pine, pure stand — Spruce, pure stand*	0.39 ± 0.10	0.42 ± 0.10	0.40 ± 0.12

oleva aineisto tosin on sangen suppea, vain 55 puuta ja 3 koealaa, joista kaksi on Padasjoelta ja yksi Ruovedeltä, ja eri koealojen välillä on melkoisia eroavaisuuksia varsinkin metsien nuoremmalla iällä, mutta sel-



Kuva 35. Lehtikuusen vuosilustoindeksit (keskiarvot koealoista 45, 151 ja 154).

Fig. 35. Annual ring indices of larch (averages of Sample plots 45, 151 and 154).

västi voidaan silti todeta lehtikuusen suhtautuvan säätekijöihin toisella tavoin kuin sekä männyn että kuusen. Käymättä yksityiskohtaisemmin tutkimaan, miten eri säätekijät vaikuttavat lehtikuusen paksuuskasvuun, voidaan panna merkille ainakin kasvukauden pituuden selvä vaikutus (esim. vv. 1909, 1917 ja 1927. Vrt. kuva 27).

Metsikön tiheyden merkityksen tutkimiseksi on otettu tarkasteltavaksi kolme koealaparia, joissa kussakin koealat sijaitsevat aivan lähekkäin ja muutoin samanlaisissa olosuhteissa, mutta toisen metsikkö on jokseenkin täystiheä, kun taas toisessa puut kasvavat miltei ilman keskinäistä kilpailua. Koealat ovat kaikki Pohjois-Suomesta ja männiköitä; etelämpää ei ole käytettävissä täysin vertauskelpoisia koealoja, missä tiheyserot olisivat yhtä suuria. Tarkastelun tulokset on yhdistetty taulukkoon 40, jossa kultakin koealalta on laskettu keskimääräinen vuosilustoindeksi 10-vuosittain sekä vaihteluherkkyys.

Metsikön tiheydellä ei tämän mukaan näytä olevan sanottavaa merkitystä vuotuisten vaihteluiden suhteelliseen suuruuteen paremmin kuin

Taulukko 40. Metsikön tiheyden vaikutus sädekasvun ilmastollisiin vaihteluihin.

Table 40. The influence of density of stand on the climatic variations of growth.

Koeala n:o *Sample plot no.*	Sijainti *Locality*	Tiheys *Density*	Keskim. vuosilustoindeksi *Average annual ring index*				Vaihteluherkkyys *Mean sensitivity*			
			1930—39	1920—29	1910—19	1900—09	1930—39	1920—29	1910—19	1900—09
99	Savukoski	0.5	97	112	102	91	0.20	0.13	0.14	0.13
97	»	0.9	105	121	96	89	0.19	0.12	0.12	0.16
118	Utsjoki	0.5	144	140	96	74	0.23	0.14	0.14	0.30
117	»	1.0	200	196	96	60	0.23	0.17	0.15	0.32
166	Enontekiö	0.2	155	144	57	36	0.25	0.17	0.17	0.44
168	»	0.7	234	173	67	37	0.26	0.18	0.25	0.43

suuntaankaan. Vaihteluherkkyys on harvoissa ja täystiheissä metsissä jokseenkin yhtä suuri. Samaan tulokseen päätyi Eide (1926, s. 96) kuusen sädekasvun vaihteluita tutkiessaan. Sen sijaan pitkäaikaiset vaihtelut esiintyvät tiheissä metsissä paljon voimakkaampina kuin harvoissa. Selvimmin tämä huomataan pohjoisella metsänrajalla, missä esim. Utsjoella sädekasvu on harvassa metsässä noussut 1900-luvulta 1930-luvulle noin kaksinkertaiseksi, mutta tiheässä metsässä yli kolminkertaiseksi. Enontekiöllä vastaavana aikana sädekasvu on harvassa metsässä lisääntynyt noin 4-kertaiseksi ja tiheässä metsässä yli 6-kertaiseksi. Mutta myös Savukoskella harvan metsän sädekasvu on 1920-luvulla 23 % ja tiheän metsän 36 % suurempi kuin 1900-luvulla. Syynä tällaiseen erilaisuuteen on ilmeisesti puiden keskinäinen kilpailu, joka jyrkentää ilmastollisten vaihteluiden vaikutusta, ja siitä johtuva ilmastollisesti epäedullisen kauden harvennusvaikutus. Kun useita huonoja vuosia sattuu peräkkäin, niin puiden kunto alenee ja samalla heikoimmat yksilöt kuolevat, joten hyvän ajan koittaessa puiden välinen kilpailu on heikompi ja ne voivat paremmin käyttää hyväkseen ilmaston suomat kasvuedellytykset.

Kysymykseen metsikön tiheydestä liittyy läheisesti kysymys, miten eri latvuskerrosten puut reagoivat ilmaston vaihteluihin. Tämän seikan tutkimiseksi on muutamilla koealoilla laskettu vuosilustoindeksit erikseen vallitsevalle (I latvuskerros) ja vallitulle (III latvuskerros) puustolle. Yhdistelmä näistä tutkimuksista esitetään taulukossa 41. Tarkastelussa ovat mukana seuraavat koealat:

Mänty: 51, 53, 58.
Kuusi: 7, 8, 31.

Taulukko 41. Kasvun vaihteluiden suuruus metsikön eri latvuskerroksissa.

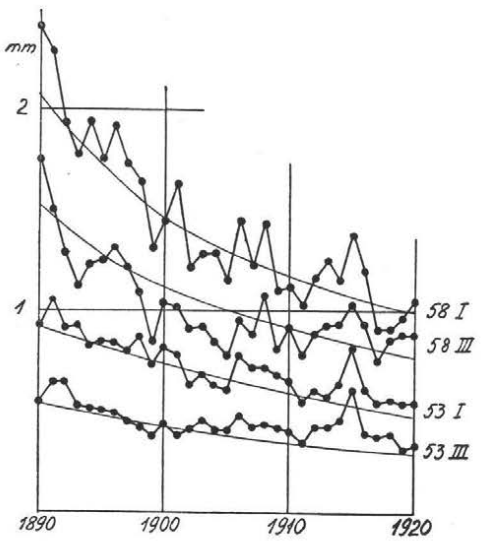
Table 41. The extent of variations of growth in different crown layers.

Puulaji — *Tree species*	Latvuskerros *Crown layer*	Keskim. vuosilustoindeksi *Average annual ring index*				Vaihteluherkkyys *Mean sensitivity*			
		1930—39	1920—29	1910—19	1900—09	1930—39	1920—29	1910—19	1900—09
Mänty — *Pine*	I	88	119	108	103	0.14	0.14	0.11	0.10
» — »	III	86	128	116	101	0.16	0.14	0.12	0.09
Kuusi — *Spruce*	I	103	111	93	97	0.12	0.11	0.10	0.07
» — »	III	103	114	94	94	0.13	0.15	0.10	0.07

Koska vallituissa latvuskerroksissa vuosilustot ovat keskimäärin kapeampia kuin vallituissa (männyllä III latvuskerroksen luston leveys on noin 70 % ja kuusella noin 60 % valtapuiden lustosta), niin myös lustonleveyden vaihtelut ovat vallituissa latvuskerroksissa absoluuttisesti pie-

nempiä. Mutta suhteellisesti kasvun vaihtelut ovat vallituissa latvuskerroksissa jonkin verran suurempia kuin vallitsevissa. Erot vaihteluherkkyydessä eivät ole suuret, mutta pitempiaikaiset vaihtelut ovat vallituissa latvuskerroksissa selvästi suhteellisesti voimakkaampia. Tämäkin on selitettävissä puiden keskinäisen kilpailun perusteella. Epäedullisesta aikakaudesta metsikön vallitut latvuskerrokset kärsivät enemmän, mutta — heikompien yksilöiden kuoltua — ne pystyvät myös paremman ajan koittaessa lisäämään kasvuaan suhteellisesti enemmän.

Metsikön vallitsevat ja vallitut puut suhtautuvat säätekijöihin hieman eri tavoin. Kilpailussa heikompina vallitut puut alkavat pikemmin kärsiä kosteuden puutteesta, kun valtapuille kosteutta vielä on näköjään riittävästi. Tämä voidaan panna merkille esim. lämpimänä ja kuivana kesänä 1901 yllä mainituilla männikkökoealoilla, jotka kaikki sijaitsivat puolukkatyypillä melko kuivalla ja karkearakeisella maalla (kuva 36).



Kuva 36. Vuosiluston leveyden vaihtelut I ja III latvuskerroksessa koealoilla 53 ja 58.

Fig. 36. Variations in the width of annual rings in 1st and 3rd crown layer on Sample plots 53 and 58.

Tässä yhteydessä on syytä mainita myös Topcuoglun (1940) havainto, että Keski-Europassa metsikön vallittujen puiden kasvu keskittyy kuivina vuosina rungon alaosaan ja kosteina vuosina jakaantuu tasaisesti pitkin runkoa, kun taas metsikön valtapuissa ei tällaista eroa huomata.

Toistaiseksi ei ole olemassa luotettavaa selvitystä siitä, miten kasvu luonnontilaisessa metsässä jakaantuu eri latvuskerrosten osalle. Suoritetut tutkimukset viittaavat kuitenkin siihen, että vallittujen latvuskerrosten osuus kasvussa on sangen vähäinen. Jos siis halutaan ottaa huomioon ilmastolliset vaihtelut kasvututkimuksissa, riittää, kun selvitetään vaihteluiden merkitys valtapuiden kasvussa.

Edellä (ss. 82—83) on todettu, että kasvun vaihtelut ovat melko samanlaisia kovilla mailla ja soilla, siis sangen erilaisilla kasvupaikoilla (vrt. myös Eklund 1944, s. 213—215), sekä käsitelty niitä pieniä eroja, mitä voidaan huomata nimenomaan sademäärän vaikutuksessa soilla sekä kuivimmilla kankailla. Eide (1926, s. 97) ei huomannut mitään eroa kuusen sädekasvun vaihteluissa kuivilla kankailla, tuoreilla kankailla ja soilla.

Sekä 1936—38 että myöhemmin kerätty mäntyaineisto ryhmiteltiin kuivien ja tuoreiden kankaiden kesken kasvupaikan merkityksen osoittamiseksi, mutta mitään selvää eroa ei voitu löytää näiden ryhmien väliltä. Vaihtelut ovat sekä suunnaltaan että suuruudeltaan samanlaiset. Sen sijaan on kasvupaikan vaikutusta jonkin verran todettavissa hyvin epäsuotuisilla kasvupaikoilla, missä vaihtelut ovat suurempia kuin tavallisilla kasvullisilla metsämailla. Niinpä vaihteluherkkyys on jonkin verran keskimääräistä suurempi kallioisissa metsissä (koeala 143) ja vaarojen laella. Samaten metsätuhojen vaikutus tuntuu voimakkaimpana epäsuotuisilla kasvupaikoilla (vrt. koeala 78, kuva 34). Suot ovat myös epäsuotuisia kasvupaikkoja, missä vaihteluherkkyys on suurempi kuin kovilla metsämailla (taulukko 42) ja myös pitkäaikaiset vaihtelut ovat suurempia (vrt. ss. 83—84).

Taulukko 42. Suometsien vaihteluherkkyys. (Aineisto 1945—46.)
Table 42. Mean sensitivity of swamp forests. (Material of 1945—46.) Cf. Table 25.

	1930—39	1920—29	1910—19	1900—09	Keskim. *Average*
Mänty — *Pine:*					
Etelä-Suomi — *South Finland*	0.16	0.15	0.14	0.13	0.14
Pohjois-Suomi — *North Finland* ..	0.21	0.11	0.16	0.14	0.16
Kuusi — *Spruce:*					
Etelä-Suomi — *South Finland*	0.17	0.18	0.15	0.19	0.17
Pohjois-Suomi — *North Finland* ..	0.17	0.26	0.20	0.24	0.22

Metsikön sisäisenä tekijänä, jolla saattaa olla merkitystä kasvun vaihteluiden suuruudessa, tarkastellaan seuraavassa metsikön ikää. Glockin (1937, s. 2) mukaan kasvun ja ilmaston vaihteluiden välisiin tutkimuksiin soveltuvat parhaiten keski-ikäiset puut. Samaten Mac Dougalin (s. 83) mukaan puu on herkin ilmaston vaihteluille keski-iällä, jolloin elontoiminta on vilkkaimmillaan. Jos halutaan tarkastella kasvun vaihteluita metsätalouden kannalta, on päähuomio kiinnitettävä keski-ikäisiin metsiin, koska metsien kasvukin keskittyy pääasiassa niihin. Sekä dendrokronologit että kasvun ja ilmaston jaksollisuuden tutkijat ovat omia tarpeitaan varten etsineet yleensä mahdollisimman vanhoja puita, joten heidän tuloksiaan ei varauksitta voida sellaisinaan soveltaa käytännöllisessä metsätaloudessa.

Koska nuorissa puissa vuosilustot ovat leveämpiä kuin vanhoissa, on hyvin luonnollista, että myös vuosiluston leveyden vaihtelut ovat nuorissa puissa absoluuttisesti suurempia. Suhteellisesti vaihtelut sen sijaan näyttävät olevan sitä suurempia, mitä vanhempia puut ovat. Tähän viittaa jo seuraava taulukko 43, johon on Eklundin (1944) laskemasta taulukosta poimittu männyn eri ikäluokkien vuosilustoindeksejä muutamina normaalista huomattavasti poikkeavina vuosina.

Taulukko 43. Männyn eri ikäluokkien vuosilustoindeksit eräinä hyvinä ja huonoina vuosina (Eklund 1944, s. 203)

Table 43. Annual ring indices of different age classes of pine in some favourable and unfavourable years (Eklund 1944, p 203).

Vuosi *Year*	Ikäluokat — *Age classes*			
	—60	61—80	81—120	121 +
1910....	99	95	92	91
1915....	113	116	126	132
1924....	123	125	132	127
1926....	95	92	86	84
1928....	91	90	88	86
1934....	103	109	111	106

Tämä seikka on tullut melko selvästi ilmi myös eri koealoilla esiintyviä vaihteluita vertailemalla, vaikka runsaasti poikkeuksiakin esiintyy. Samaten on suoritettu vertailuja eri ikäluokkien kesken sellaisilla koealoilla, missä puusto on ollut kahta eri ikäluokkaa. Esimerkkinä esitetään tässä männyn vaihteluherkkyyslukujen keskiarvot Kainuussa eri ikäluokkien koealoilla (taulukko 44).

Taulukko 44. Männyn vaihteluherkkyys eri ikäluokkien koealoilla Kainuun aineistossa.

Table 44. Mean sensitivity of pine on sample plots of different age classes in the material from Kainuu.

Ikäluokka *Age class*	Koealojen lukumäärä *No. of sample plots*	1930—39	1920—29	1910—19	1900—09	Keskim. *Average*
—40	1	0.131	0.112	—	—	—
41—60	4	0.194	0.116	0.106	0.140	0.139
61—100	5	0.180	0.131	0.127	0.123	0.140
101+	3	0.201	0.150	0.136	0.128	0.154

Metsikön iällä on siis ilmeinen, joskaan ei suuri vaikutus kasvun vaihtelujen suuruuteen. Näyttää myös siltä, että nuoret puut reagoivat selvemmin kunkin kasvukauden sääsuhteisiin, kun taas vanhoissa puissa edellisten vuosien jälkivaikutus on voimakkaampi. Tämän johdosta kasvun pitkäaikaiset vaihtelut ovat vanhoissa metsissä jonkin verran suurempia kuin nuorissa. — Edellä mainittu seikka, että pitkäaikaiset vaihtelut ovat rämemänniköissä erityisen voimakkaat, voitaneen osittain selittää sillä, että aineistoon sisältyvät rämekoealat ovat keskimäärin huomattavasti vanhempia kuin kovan maan männiköt, mutta varmaan myös kasvupaikalla on tässä osuutensa. — Toisaalta metsätuhojen, kuten kulojen, vaikutus on nuoreen puustoon voimakkaampi.

Sellaiset tekijät kuin kasvupaikka sekä metsikön ikä, tiheys ja sisäinen rakenne vaikuttavat siis kaikki jollakin tavalla myös kasvun vaihteluihin.

Näiden vaikutusten täsmällistä toteamista vaikeuttaa erityisesti se, että tietyn seikan tutkimista varten on vaikea löytää riittävästi metsiköitä, joissa kaikki muut tekijät, paikallinen mikroilmasto mukaan luettuna, olisivat täsmälleen samanlaiset. Vaikea on myös saada niin suurta aineistoa, että aineiston suuruus korvaisi sen muut puutteellisuudet.

Vielä on otettava huomioon puiden muiden elontoimintojen, siis kukkimisen ja siementuotannon, vaikutus kasvuun. Kuten tunnettua, ei puiden kukinta ole joka vuosi yhtä runsasta, ja hyviä siemenvuosia sattuu vain tietyin väliajoin. Siemenvuosien kertautumista koskevista suomalaisista tutkimuksista mainittakoon tässä vain Lakarin (1915 ja 1921), L. Ilvessalon (1917) ja Heikinheimon (1932, 1937, 1948) suorittamat. Millä tavalla puiden kukkiminen ja siemenvuodet ovat riippuvaisia säätekijöistä, sitä on käsitelty edellä mainituissa julkaisuissa ja erityisesti Tirénin (1935) laajassa tutkimuksessa, joten siihen seikkaan ei ole tässä syytä puuttua. Mutta sen sijaan on otettava huomioon, että puiden kukinta sekä erityisesti käpyjen ja siementen tuotanto vaatii runsaasti ravintoa, ja siksi on odotettavissa, että runsaana käpyvuonna (siemenvuotta edeltävänä kesänä) kasvu jäisi tavallista pienemmäksi. Näin onkin todettu olevan, ja useissa kasvun vaihteluita koskevissa tutkimuksissa on siitä mainintoja (esim. Eide 1926, Hustich 1940 ja Ruden 1945). Täsmällisiä tutkimuksia siitä, kuinka paljon runsas käpysato alentaa kasvua, ei ole, mutta esim. Mork (1942) on osoittanut, että kuusen käpysato saattaa sisältää kuiva-ainetta melkein saman verran kuin vuotuinen kuutiokasvu, joten vaikutuksen täytyy olla sangen tuntuva.

Tiedot männyn ja kuusen kukinnan ja siemensadon runsaudesta ovat varhaisemmilta ajoilta melko epämääräisiä, ja jatkuvia täsmällisiä mittauksia on meillä suoritettu vasta v:sta 1927 lähtien. Näidenkin tietojen valossa voidaan kuitenkin selvästi todeta sama seikka, että runsasta siemenvuotta edeltävänä kesänä kasvu on normaalia alhaisempi. Käpysadon runsaus selittää joitakin tapauksia, jolloin sääsuhteiltaan keskinkertaisena tai jopa suotuisana vuonna lusto on jäänyt yllättävän kapeaksi (esim. männyllä 1926). Toisaalta kasvu ei kuitenkaan aina ole runsaana käpyvuonna jäänyt normaalia pienemmäksi, esim. vuosi 1935 oli hyvä männyn siemenvuosi, mutta v:n 1934 sädekasvu oli silti erityisen hyvä. Kuusella vaihtelut käpysadon suuruudessa ovat paljon suurempia kuin männyllä, ja sitä paitsi kuusen käpy kasvaa täyteen kokoonsa jo kukintakesänä, joten kuusella käpyvuoden vaikutus kasvuun on myös selvempi kuin männyllä. Niinpä voidaan panna merkille, että hyviä siemenvuosia 1919, 1929, 1932 ja 1942 edeltävinä vuosina kuusen vuosilusto on sangen kapea, vaikka onkin myönnettävä, että monet näistä vuosista olivat myös ilmastollisesti sangen epäsuotuisia.

Kasvun jaksollisuus.

Kuten esim. kuvista 16 ja 17 selvästi nähdään, on puiden kasvussa havaittavissa tiettyä aaltomaisuutta, ts. kasvu saattaa useita vuosia peräkkäin olla keskimääräistä alempana noustakseen sen jälkeen taas lyhemmäksi tai pitemmäksi ajaksi normaalitason yläpuolelle. Kokonaan toinen asia on, voidaanko puiden kasvussa todeta tiettyjen, samanpituisten jaksojen kertautumista. Tällaisia eripituisia jaksoja ovat monet tutkijat (esim. Douglass, Boman, Aandstad ja Erlandsson) pitkälle kehitetyin menetelmin etsineet ja löytäneet, ja niitä on käytetty apuna ilmaston vaihteluiden ja eräiden avaruuden ilmiöiden mahdollista jaksollisuutta tutkittaessa.

Vaikka tämän tutkimuksen varsinaisena tarkoituksena ei ole tällaisten jaksojen etsiminen paremmin kuin ilmaston tai kosmillisten ilmiöiden tutkiminenkaan, tarkastellaan seuraavassa lyhyesti, voidaanko käytetyssä laajassa aineistossa todeta eräiden tunnetuimpien jaksojen esiintymistä. Koska kasvun määrittämiseen yleensä käytetään 5 tai 10 vuoden yhteenlaskettua sädekasvua, on käytännön kannalta merkitystä etupäässä sellaisilla jaksoilla, jotka ovat tätä pitempiä. Niinpä $2\,^{3}/_{4}$ vuoden jaksolla, joka Erlandssonin (1936, s. 62) mukaan on melko selvä, ei ole käytännöllisissä kasvun mittauksissa sanottavaa merkitystä, koska jo 5 vuoteen mahtuu noin kaksi tällaista jaksoa.

Tunnetuin ja eniten tutkittu lienee 11 vuoden jakso, joka on todettu mm. auringonpilkkujen esiintymisessä ja sekä lämpötilan että sademäärän vaihteluissa ja jota useiden tutkijain (mm. Douglass 1919, Boman 1927, Erlandsson 1936) mukaan myös puiden kasvu noudattaa. Erlandssonin mukaan selvin jakso männyn kasvussa Pohjois-Skandinaviassa on 23 vuotta. Myös Douglass ja Boman ovat todenneet tällaisen jakson (21—24 vuotta). Seuraava pitempi jakso on 35 vuotta (32—35 v.), jonka myös kaikki kolme em. tutkijaa mainitsevat. Vielä pitemmistäkin jaksoista on mainintoja, mutta ne ovat epävarmempia, koska mahdollinen 70 tai 105 vuoden jakso ennättää pitkässäkin vuosilustoanalyysissä toistua vain muutamia kertoja. Ording (1941 a) pitää lisäksi 17 vuoden jaksoa melko selvänä.

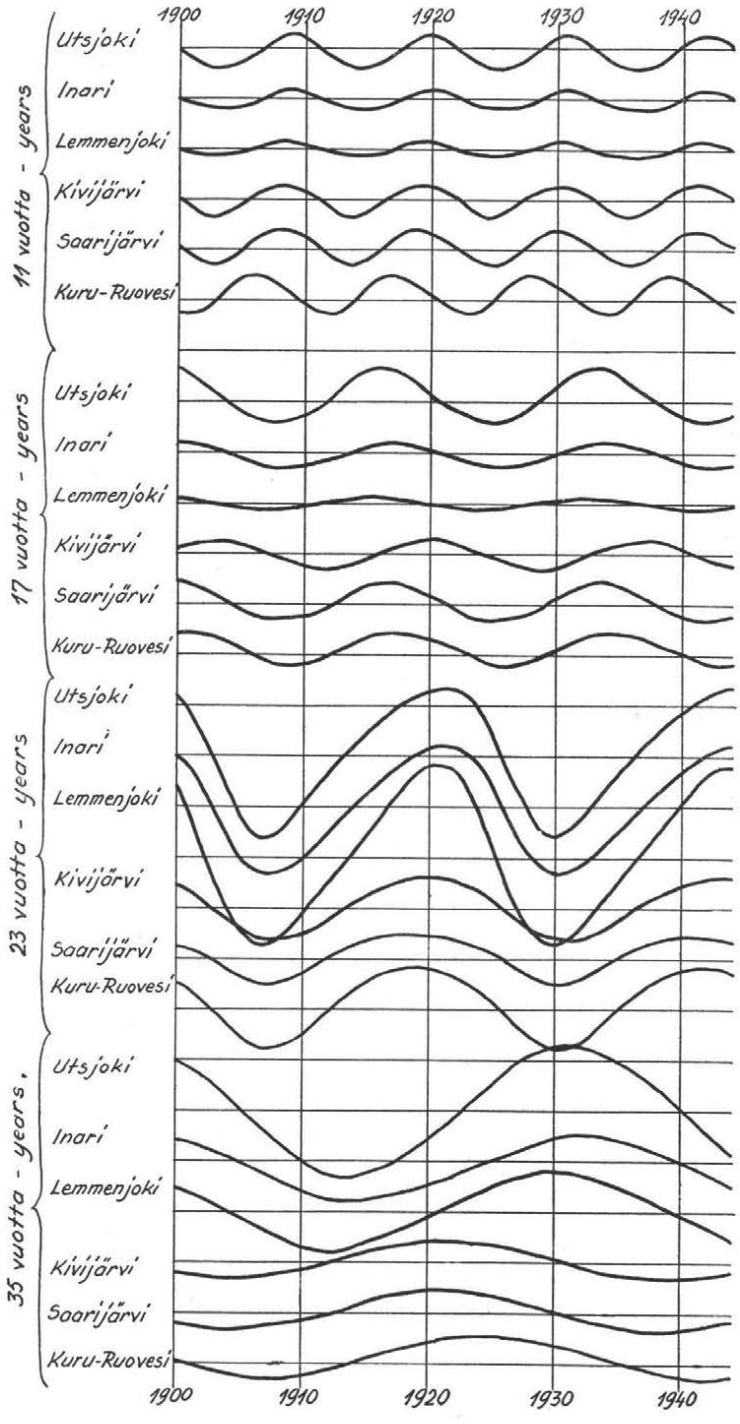
Seuraavassa rajoitutaan tarkastelemaan, voidaanko 11, 17, 23 ja 35 vuoden jaksoja todeta muutamissa aineistoryhmissä. Menetelmä on sama kuin O r d i n g i n käyttämä, ts. 11 peräkkäistä vuosilustoindeksiä kirjoitetaan rinnakkain, niiden alle 11 seuraavaa jne. Kun koko indeksisarja on järjestetty näin, lasketaan pystysuorassa suunnassa keskiarvo kustakin rivistä. Näin saadaan 11 keskiarvoa, jotka voidaan vielä tasoittaa liukuvin keskiarvoin, ja jos ne muodostavat säännöllisen aallon, on 11 vuoden jakso ilmeisesti olemassa. Esimerkki laskentatavasta on taulukossa 45. Koska 23 vuotta on suunnilleen kaksi 11 vuoden jaksoa ja 35 vuotta on noin kolme 11 vuoden ja kaksi 17 vuoden jaksoa, on pitempien jaksojen etsinnässä 11 tai 17 vuoden liukuvien keskiarvojen käyttäminen välttämätöntä lyhempien jaksojen eliminoimiseksi. Toisaalta liukuvien keskiarvojen käyttö tietenkin lähentää jakson ääriarvoja toisiinsa, joten todettu jakso itse asiassa lienee laajempi, kuin laskennan tulos tällä tavalla osoittaa.

Tällainen tutkimus on suoritettu seuraavissa aineistoissa, jotka ulottuvat taaksepäin vähintään vuoteen 1750: Kurun-Ruoveden, Saarijärven, Kivijärven, Lemmenjoen, Inarin ja Utsjoen mänty sekä Kainuun kuusi. Tutkimuksen tulokset ovat lyhyesti seuraavat:

Taulukko 45. Esimerkki kasvun 11-vuotisen jakson laskennasta. Mänty, Kivijärvi.

Table 45. An example showing the estimation of the 11 years cycle. Pine, Kivijärvi.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	114	95	98	93	107	100	116	95	91	82	76
	77	81	94	72	103	105	89	118	94	105	135
	126	137	120	108	104	99	97	109	126	110	114
	104	96	99	91	108	102	115	89	91	93	88
	107	99	88	105	115	124	107	104	101	103	110
	106	104	95	97	102	109	102	104	111	83	95
	101	115	126	104	114	100	116	114	114	116	106
	113	90	119	114	93	89	65	76	86	79	92
	93	102	100	114	107	118	134	128	131	122	91
	95	104	90	101	101	91	87	92	88	61	71
	66	104	102	90	101	99	89	81	73	103	101
	91	104	107	108	99	126	118	126	111	103	94
	96	96	98	85	100	95	99	87	115	109	102
	105	105	91	110	110	104	91	88	101	115	96
	103	98	125	117	108	97	105	107	96	104	93
	105	98	102	85	84	79	80	84	66	55	63
	75	80	90	115	115	113	96	95	80	84	94
Yhteensä — *Total*	1 677	1 708	1 744	1 709	1 771	1 750	1 706	1 697	1 675	1 627	1 621
Keskiarvo — *Average*	98.6	100.5	102.6	100.5	104.2	102.9	100.4	99.8	98.5	95.7	95.4
Liukuva keskiarvo *Moving average* (3 v. — *3 years*)	98.2	100.6	101.2	102.4	102.5	102.5	101.0	99.6	98.0	96.5	96.6

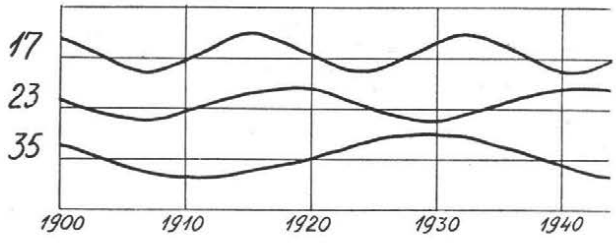


Kuva 37. Männyn kasvussa todettujen jaksojen suhteellinen laajuus ja keskinäinen asema. Vaakasuorien viivojen väli on 10 %.

Fig. 37. The relative amplitude and reciprocal position of the cycles found in the growth of pine. The interval between horizontal lines is 10 per cent.

Kaikki neljä etsittyä jaksoa ovat esiintyneet männyn kasvussa kaikissa tutkituissa aineistoissa. Jaksojen amplituudit ovat taulukossa 46 ja jaksojen keskinäinen sijainti sekä amplituudi näkyy kuvassa 37. 11 vuoden jakso on Etelä-Suomessa voimakkaampi kuin pohjoisessa, niinpä Lemmenjoen ja Inarin aineistoissa se on melko epäselvä. 17 vuoden jakso on kaikkialla heikoin puuttuen Lemmenjoen aineistosta melkein kokonaan. Kaikkein voimakkaimpana esiintyvä jakso on 23 vuotta, joka Pohjois-Suomessa on voimakkaampi kuin Etelä-Suomessa. Myös 35 vuoden jakso on Pohjois-Suomessa selvempi.

Jaksojen maksimit ja minimit esiintyvät Pohjois-Suomessa jonkin verran, esim. 11 ja 23 vuoden jakson noin 2 vuotta ja 35 vuoden jakson noin 8 vuotta, myöhemmin kuin Etelä-Suomessa.



Kuva 38. Kuusen kasvussa Kainuussa todettujen jaksojen suhteellinen laajuus ja keskinäinen asema. Vaakasuorien viivojen väli on 10 %.

Fig. 38. The relative amplitude and reciprocal position of the cycles found in the growth of spruce in Kainuu. The interval between horizontal lines is 10 per cent.

Kuusen kasvussa Kainuussa ei voida todeta 11-vuotista jaksoa. Sen sijaan 17, 23 ja 35 vuoden jaksot ovat todettavissa, joskin heikompina

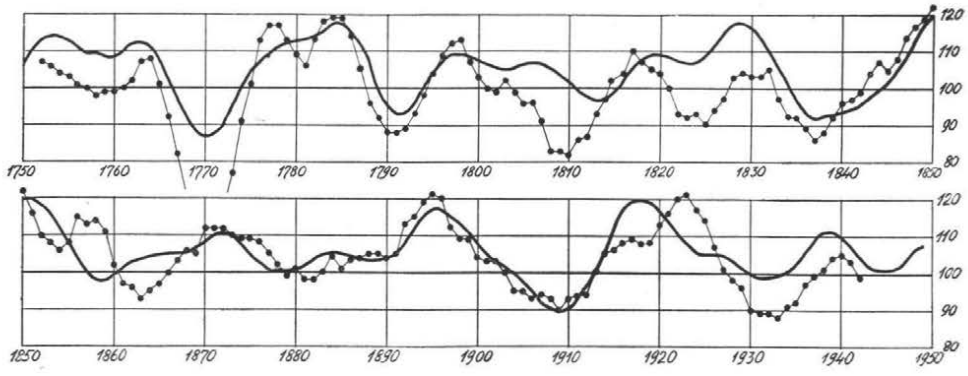
Taulukko 46. Todettujen jaksojen amplituudit.

Table 46. Amplitudes of the cycles found.

Aineisto — *Material group*	Jakson pituus, v. — *Length of the cycle, years*			
	11	17	23	35
	Jakson amplituudi, % *Amplitude of the cycle, %*			
Mänty — *Pine:*				
Kuru—Ruovesi	7.5	6.6	16.2	8.5
Saarijärvi	6.8	7.5	9.6	8.1
Kivijärvi	6.3	6.1	12.7	7.5
Lemmenjoki	3.1	2.4	35.0	16.0
Inari	4.0	5.0	25.1	13.1
Utsjoki	6.9	10.7	29.3	26.1
Kuusi — *Spruce:*				
Kainuu	—	7.3	6.6	8.5

kuin männyn kasvussa (kuva 38). Kasvujaksojen maksimit ja minimit sattuvat kuusella ja männyllä jokseenkin samoihin aikoihin.

On vaikea silmämääräisesti todeta minkään tietyn jakson kertautumista tehdyissä vuosilustoanalyyseissä. Ehdottomasti selvin on 23 vuoden jakson kertautuminen Lapin männyn kasvussa (vrt. kuva 16), mikä osoittaa vain ko. jakson ylivoimaisuutta toisiin verrattuna. Mutta



Kuva 39. 11, 17, 32 ja 35 vuoden jaksojen yhteisvaikutus (paksu viiva) sekä todellinen vuosilustoindeksi (laskettuna 5 vuoden liukuvana keskiarvona) Kurun—Ruoveden mänty-aineistossa.

Fig. 39. The joint effect of cycles of 11, 17, 23, and 35 years (solid line) and actual annual ring indexes (moving averages of 5 years) in the pine material of Kuru—Ruovesi.

jos lasketaan kaikki jaksot yhteen, niin saadaan aaltoviiva, joka melkoisesti muistuttaa kasvun todellista kulkua (kuva 39). Tällä tavalla voidaan ennustaa myös vastaisia kasvun vaihteluita, mutta tietenkin tällaisiin ennustuksiin on suhtauduttava melkoisin varauksin.

Kasvun vaihteluiden merkitys käytännöllisissä kasvututkimuksissa.

Edellä on käsitelty etupäässä puiden sädekasvua ja jonkin verran myös pituuskasvua sekä niiden vaihteluiden suuruutta. Käytännöllisessä metsätaloudessa päähuomio kiinnitetään kuitenkin puiden kuutiokasvuun, ja olisi siis tarkasteltava kuutiokasvun vaihteluiden suuruutta.

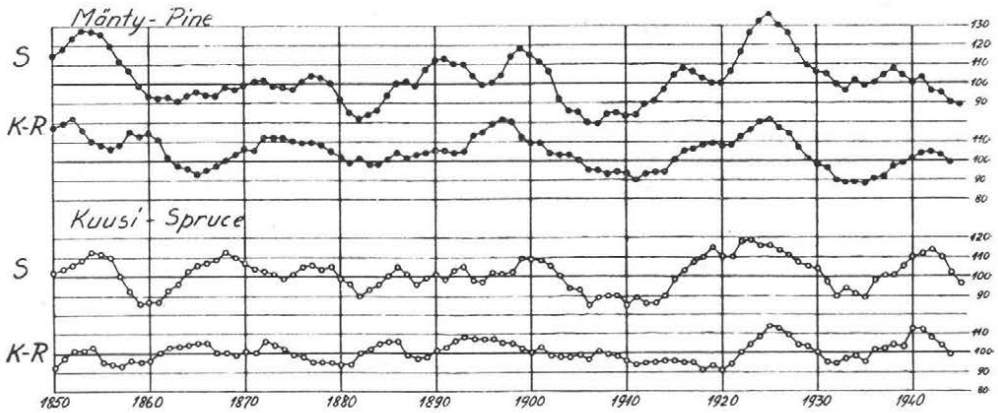
Vuosiluston leveyden vaihtelut aiheuttavat jokseenkin saman suuruisia vaihteluita puun poikkileikkauspinnan kasvussa ja samalla myös pintakasvuprosentissa (Eklund 1942, ss. 272—274). Jos siis vuosilusto tiettynä vuonna on esim. 20 % leveämpi kuin edellisenä, niin pintakasvun ja pintakasvuprosentin lisäys on myös noin 20 %.

Hustich (1945, ss. 27—28) lienee ensimmäinen, joka itse keräämänsä aineiston perusteella on pyrkinyt selvittämään kuutiokasvun ilmastollisten vaihteluiden suuruutta. Koska sädekasvu Suomen ilmastossa riippuu saman kesän ja pituuskasvu edellisen kesän lämpötilasta ja kuutiokasvu on näiden molempien yhteisvaikutuksen tulos, niin Hustichin mukaan vuotuisen kuutiokasvun vaihtelut ovat jonkin verran pienempiä kuin sekä säde- että pituuskasvun vaihtelut. Kuivassa ilmastossa taas sekä säde- että pituuskasvu ovat riippuvaisia samasta säätekijästä, ja sen johdosta myös kuutiokasvun vaihtelut muodostuvat yhtä suuriksi (Hustich 1949, s. 96).

Käytännössä kuutiokasvua ei kuitenkaan koskaan määritetä yksityisen vuoden, vaan 5 tai 10 vuoden keskimääräisen sädekasvun ja samoin usean vuoden pituuskasvun perusteella. Yleisin menetelmä on laskea kuutiokasvuprosentti pintakasvuprosentin ja muotokorkeuden kasvuprosentin summana. Muotokorkeuden kasvuprosentti on lukuarvoltaan yleensä noin $\frac{1}{3}$ pintakasvuprosentin lukuarvosta, joten siis sädekasvun merkitys kuutiokasvussa on paljon suurempi kuin pituuskasvun. Edellä (siv. 65) on osoitettu, että sädekasvun ja pituuskasvun pitkäaikaiset vaihtelut seuraavat melko tarkoin toisiaan ja ovat jokseenkin saman suuruisiakin, joten myös kuutiokasvun vaihtelut muodostuvat suhteellisesti yhtä suuriksi. Jos siis halutaan ottaa huomioon ilmastollisten vaihteluiden vaikutus kuutiokasvua koskevissa tutkimuk-

sissa, saadaan riittävät perusteet tutkimalla vain sädekasvun vaihteluita. Toisaalta ne tutkimukset, mitä on olemassa sädekasvun vaihteluiden suuruudesta (esim. Eklund 1944), voidaan ulottaa koskemaan myös kuutiokasvua.

Kasvun vaihteluiden käytännöllistä merkitystä tarkasteltaessa on siis päähuomio kiinnitettävä siihen, kuinka paljon 5 tai 10 vuosiluston yhteenlaskettu leveys (tai keskiarvo) poikkeaa normaalina pidettävästä tasosta. Tähän seikkaan ovatkin monet tutkijat kiinnittäneet huomiota. Niinpä Kolmodin (1923, s. 24) mainitsee, että kahden perättäisen vuosijakson lustojen yhteenlasketut leveydet saattavat poiketa toisistaan jopa 50 %. Ruden (1935) on laskenut Aandstadin (1934) aineiston perusteella, että Pohjois-Norjassa männyn 10 viimeisen vuosiluston leveys on vv. 1911—22 lisääntynyt keskimäärin 41 %:lla, ja Rudenin itse keräämässä aineistossa 10 viimeisen vuoden sädekasvu oli v. 1934 18.4 % suurempi kuin 1919. Samaten Ording (1937) on laskenut 10 vuoden sädekasvun vaihtelut Erlandssonin (1936) aineistosta ja omista (1941 a) aineistoryhmistään ja osoittanut, että 30 %:n ja sitä suuremmat erot eri periodien välillä eivät ole harvinaisia. Samaa suuruusluokkaa on 10 luston leveyden vaihtelu ollut Zachaun (1929) tutkimissa tapauksissa Keski-Ruotsissa.

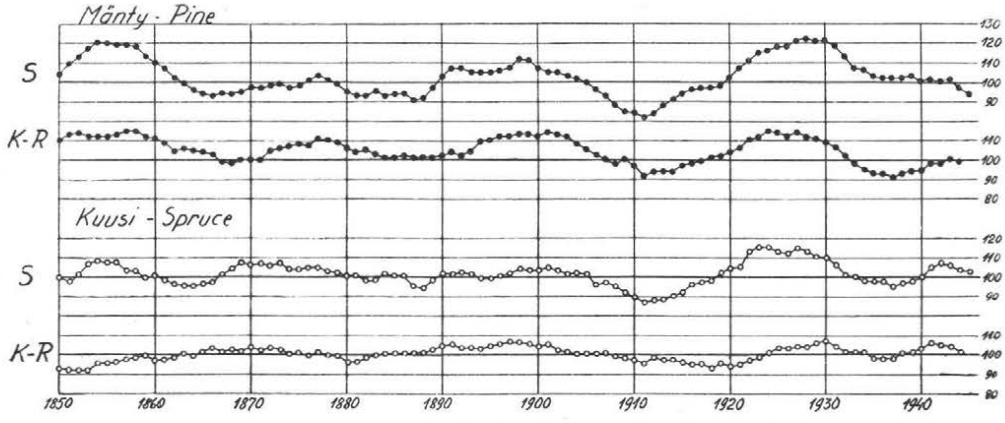


Kuva 40. Viiden vuoden sädekasvun indeksit Savukosken (S) ja Kurun—Ruoveden (K-R) aineistoissa.

Fig. 40. Indices of five years' radial growth in the material groups of Savukoski (S) and Kuru—Ruovesi (K-R).

Tämän tutkimuksen aineistossa on 5 ja 10 vuoden vuosilustoindeksien keskiarvot laskettu sekä kullekin koealalle että aineistoryhmittäin. Taulukkoihin 47—48 on poimittu muutamia 10-vuotisindeksejä. Esimerkkinä vaihteluiden suuruudesta esitetään kuvassa 40 5-vuotisindeksit ja kuvassa 41 10-vuotisindeksit Kurun-Ruoveden ja Savukosken aineisto-

ryhmissä. (Indeksien keskiarvo on kuvissa merkitty viimeisen vuoden kohdalla, siis 5 ja 10 »viimeisessä vuodessa» on asianomainen tutkimusvuosi mukana.) Nämä tulokset käyvät täysin yhteen edellä mainittujen kirjallisuustietojen kanssa. Niinpä männyn 10 viimeisen vuoden sädekasvu on v:sta 1911 v:een 1924 noussut Savukoskella 41 % (82—116) ja



Kuva 41. 10 vuoden sädekasvun indeksit Savukosken (S) ja Kuru—Ruoveden (K-R) aineistoissa.

Fig. 41. Indices of 10 years' radial growth in the material groups of Savukoski (S) and Kuru—Ruovesi (K-R).

Kurussa ja Ruovedellä 25 % (92—115). Yksittäisillä koealoilla saattaa esiintyä suurempiakin vaihteluita. Käyttämällä vain 5 vuoden kasvua vaihtelut ovat huomattavasti suurempia, esim. männyn kasvun nousu Savukoskella 1911—24 on 57 %. Vaihtelut suurenevat pohjoiseen päin siirryttäessä ja ovat männyllä suurempia kuin kuusella. Voidaanpa sanoa, että 10 vuoden sädekasvun mittaaminen antaa Etelä-Suomessa jo melko luotettavan kuvan kuusen kasvun keskimääräisestä tasosta. Soilla vaihtelut ovat suurempia kuin kovilla mailla.

Mikäli näiden ilmastollisten vaihteluiden lisäksi tulee metsätuhojen aiheuttamia kasvun muutoksia, ovat erot eri 10-vuotiskausien välillä vielä suurempia. Äärimmäistapauksena mainittakoon Lapin mänty-aineisto (yli 600 puuta), missä 10 viimeisen vuoden kasvu on v:sta 1911 (58) v:een 1930 (162) noussut 180 %. Saarijärvellä taas on ilmaston vaihteluiden ja hyönteistuhon yhteisvaikutuksen seurauksena männyn 10 vuoden kasvu v:sta 1924 (124) v:een 1940 (79) laskenut 36 %.

On tarpeetonta pitemmältä luetella esimerkkejä 5- ja 10-vuotisten vaihteluiden suuruudesta. Tosin tämän vuosisadan alusta 1920-luvulle tapahtunut kasvun lisääntyminen on niin voimakas, että vastaavan suuruisia kasvun muutoksia on sattunut hyvin harvoin. Mutta esim. kuusen kasvussa on noin 100 vuotta aikaisemmin esiintynyt vieläkin suurempia vaihteluita.

Taulukko 47. 10 viimeisen vuosiluston suhteellinen leveys (aineisto 1936—38).

Table 47. The relative width of last 10 annual rings. (Material of 1936—38.)

Alue — *District*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*				
	1900	1910	1920	1930	1936	1900	1910	1920	1930	1936
I	91	62	96	148	131	—	—	—	—	—
II	105	89	107	111	89	101	90	109	112	91
III	105	90	102	112	91	97	89	110	106	103
IV	104	85	101	113	93	114	100	104	100	96
V	109	93	103	106	90	107	85	98	111	100
VI	101	94	106	106	91	105	93	95	108	98
VII	99	95	102	106	94	102	91	93	114	98
VIII	95	97	98	111	95	102	98	92	109	100

Taulukko 48. 10 viimeisen vuosiluston suhteellinen leveys (aineisto 1945—49).

Table 48. The relative width of last 10 annual rings. (Material of 1945—49.)

Aineistoryhmä *Material group*	Mänty — *Pine*					Kuusi — *Spruce*				
	1900	1910	1920	1930	1940	1900	1910	1920	1930	1940
Tammela	95	102	102	116	100	100	95	91	112	106
Padasjoki	99	102	96	108	103	102	93	82	112	113
Kuru—Ruovesi ...	112	97	104	109	94	104	97	94	107	103
Pohjankangas	95	95	100	116	99	—	—	—	—	—
Saarijärvi	102	100	113	117	79	98	92	89	113	105
Kivijärvi	106	98	107	113	88	101	96	87	110	111
Kainuu	105	91	103	109	98	100	85	102	107	108
Savukoski	107	84	102	121	100	103	89	104	110	100
Lappi	89	63	100	162	157	93	95	90	120	110

Tämän tarkastelun perusteella voidaan täysin yhtyä Ordingin (1941 a, s. 262) päätelmään kasvun vaihteluiden merkityksestä käytännöllisissä kasvututkimuksissa: »Koska 10 viimeisen vuosiluston leveys ilmastosta riippuen voi vaihdella yli 30 % tutkimuskaudesta lähinnä seuraavaan siirryttäessä, on selvää, että monet metsätieteellisistä kasvunlaskelmista ovat miltei arvottomia, ellei samalla tunneta ilmastollisia vaihteluita tutkittuina ajanjaksoina» (suom.).

Kasvun ilmastolliset vaihtelut on siis ehdottomasti otettava huomioon esim. erilaisten hakkuiden tai muiden metsässä suorittujen toimenpiteiden vaikutuksia tutkittaessa. Muutoin saatetaan joutua jopa virheellisiin päätelmiin. Hyvänä esimerkkinä tästä Kolmodin (1923, ss. 14—15) on esittänyt Schotten (1917) tutkimuksen harvennushakkuun vaikutuksesta. Schotte esittää graafisesti vuosiluston leveyden lisääntyvän harvennushakkuiden jälkeen suuresti, mutta Kolmodin osoittaa, että samaan aikaan kasvu on

lisääntynyt myös harventamattomissa metsissä ja että hyvin huomattava osa siitä kasvun lisääntymisestä, jonka Schotte lukee harvennuksen ansioksi, johtuukin siis ilmastollisista syistä.

Myös ojituksen vaikutuksen tutkimisessa voidaan tehdä kohtalokkaita erehdyksiä, jos tarkataan vain vuosiluston leveyttä ennen ojitusta ja sen jälkeen, ottamatta huomioon kasvun vaihteluita ojittamattomillakin soilla (Malmgård & Jansson 1937, Ording 1941 a, ss. 263—264). Esim. sitä kasvun lisääntymistä, mikä 1930-luvulla ojitetuilla soilla varmaan on tapahtunut vuosikymmenen lopulla, ei voida kokonaan lukea ojituksen ansioksi (ks. kuva 28).

Millä tavalla kasvun vaihtelut voidaan ottaa ja on otettava huomioon metsänhoidollisissa ja taksatorisissa tutkimuksissa, riippuu tutkimuksen tarkoituksesta ja työtavasta. Jos vain halutaan tietää, paljonko metsä on tiettynä ajanjaksona, esim. viimeisinä 10 vuotena, kasvanut, riittää kasvun määrittäminen sellaisenaan sitä millään tavoin korjaamatta. Mutta jos tutkitaan tietyn toimenpiteen vaikutusta määrittämällä kasvu ennen tätä toimenpidettä ja sen jälkeen, on muiden kasvuun vaikuttavien tekijäin, siis myös ilmaston muutosten, vaikutus eliminoitava. Kasvun mittauksen tarkoituksena on usein myös hankkia pohjaa metsien käytön vastaiselle suunnittelulle, siis edellytetään, että kasvu tulee lähivuosina olemaan yhtä suuri kuin viimeksi kuluneina vuosina. Jos tällaisessa tapauksessa tutkimusvuotta edeltänyt aika on ollut kasvun kannalta poikkeuksellisen suotuisaa tai epäsuotuisaa, niin on todennäköisempää, että lähivuosina kasvu tulee olemaan lähempänä normaalitasoa, kuin että vallinnut poikkeuksellinen aika tulee jatkumaan, joten tietty korjaus mitattuun kasvuun on sekä oikeutettu että tarpeellinen.

Vaikka Kolmodin osoitti jo v. 1923, miten suuri merkitys kasvun aikakautisilla vaihteluilla on Pohjois-Europan ilmastossa ja millaisiin virhepäätelmiin niiden huomiotta jättäminen saattaa johtaa, on toistaiseksi suoritettu melko vähän kasvututkimuksia, joissa tämä ilmastollisten vaihteluiden vaikutus on korjattu. Esimerkkinä tällaisesta mainittakoon Ilvessalon (1937) tutkimus Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvusta ja kehityksestä, jota varten koealat mitattiin vv. 1925—30, siis aikana, jolloin 10 viimeisen vuoden kasvu oli suurimmillaan. Kun mainitun tutkimuksen yhteydessä todettiin, että männyn viimeisen 10-vuotiskauden kasvu oli noin 18 % ja kuusen sekä koivun 10—12 % suurempi kuin edellisten 10-vuotiskausien, tehtiin vastaava korjaus lopullisiin tutkimustuloksiin (m.t., s. 83.) Seuraava taulukko 49 osoittaa, että suoritetut korjaukset olivat suuruudeltaan hyvin oikeaan osuneita.

Näslund (1944) on laajassa hakkuiden vaikutusta koskevassa työssään ottanut myös ilmastolliset vaihtelut huomioon ja suorittanut niiden selville saamiseksi perusteellisia erikoistutkimuksia.

Taulukko 49. Männyn ja kuusen 10-vuotisindeksit Perä-Pohjolassa 1927, 1917, 1907 ja 1897.

Table 49. The indices of 10 years' radial growth of pine and spruce in the Far North in 1927, 1917, 1907, and 1897.

Alue — *Locality*	Mänty — *Pine*				Kuusi — *Spruce*			
	1927	1917	1907	1897	1927	1917	1907	1897
II	117	103	96	104	116	106	96	100
III	114	100	96	106	103	110	88	106
Savukoski	121	97	93	107	114	97	97	102

Kuten jo useassa yhteydessä on mainittu, sisällytettiin II valtakunnan metsien arvioinnin ohjelmaan myös kasvun aikakautisten vaihteluiden tutkimus, joka antoi arvokkaita tietoja tästä kysymyksestä (Ilvessalo 1942, ss. 150—170, Eklund 1944). Arvioinnin tulokset on kuitenkin esitetty ilmastollisten vaihteluiden vaikutusta korjaamatta. Tämä oli perusteltua monestakin syystä. Ensiksikin todettiin täsmällisesti, kuinka suuri kasvu oli ollut arviointia edeltävänä aikana, toiseksi ennen näin merkityksellistä ratkaisua haluttiin kysymystä vielä selvittää erikoistutkimuksin, ja kolmanneksi arviointia edeltäneen 10-vuotiskauden kasvu ei kovin paljoa poikennut normaalista ollen vain joitakin prosentteja normaalitason alapuolella. Mutta kun edellistä arviointia edeltäneen ajan kasvu oli tuntuvasti normaalitason yläpuolella, on molempien arviointien kasvulukujen vertailussa ainakin männyn kohdalla syytä ottaa tämä huomioon. I valtakunnan metsien arvioinnin antama männyn kasvu on noin 10 % normaalia suurempi (Eklund 1944, s. 318), mutta vielä suurempi olisi poikkeaminen normaalista ollut, jos arviointi olisi suoritettu paria vuotta myöhemmin (vrt. kuva 41).

Kun metsän kasvun tutkimuksessa halutaan poistaa ilmastollisten vaihteluiden vaikutus, on suurimpana vaikeutena yleensä sellaisen »normaalitason» löytäminen, johon tulokset olisi korjattava. Jos on kysymyksessä vain kasvun suhteellinen vertailu kahtena peräkkäisenä ajanjaksona, esim. ennen harvennusta tai ojitusta sekä sen jälkeen, on kysymyksen ratkaisu melko helppo. Sellaisessa tapauksessa on vain tutkittava kasvua metsiköissä, jotka muutoin vastaavat tutkittavaa metsikköä, mutta ovat pitkähkön ajan kasvaneet koskemattomina. Esim. jos harventamattomassa metsässä 10 vuosiluston leveys harvennusvuoden jälkeen on 20 % suurempi kuin 10 edellisen luston, on harvennetussa metsässä vastaava vähennys tehtävä harvennusvuoden jälkeisen 10-vuotiskauden sädekasvuun, jolloin nähdään harvennuksen todellinen vaikutus kasvuun. Usein joudutaan tutkimaan hakkuun tai ojituksen vaikutusta, ennenkuin 10 tai edes 5 vuotta toimenpiteestä on kulunut, jolloin ilmastollisten vaihteluiden korjaaminen on vielä tärkeämpää.

Mutta kasvun vertaustason löytäminen on paljon vaikeampaa, jos suuressa kasvututkimuksessa, kuten valtakunnan metsien arvioinnissa, halutaan täsmällisesti tietää, kuinka paljon tutkitun ajanjakson kasvu on poikennut siitä normaalitasosta, jota on pidettävä ohjeena kasvun kehitystä eteenpäin arvioitaessa. Kysymystä on edellä laajasti käsitelty ss. 17—22, ja Eklund (1944) on koettanut tällaisen suuren kysymyksen ratkaisua. Edellä on tutkittu kasvun vaihteluita sekä Eklundin käyttämän että sen täydennykseksi hankitun aineiston perusteella ja, kuten esim. taulukot 21 ja 47—48 osoittavat, sekä yksityisten vuosien että vuosijaksojen kohdalla on eri alueiden välillä melkoisia eroja. Osa näistä eroista on todellisia, maantieteellisestä asemasta johtuvia, mutta osa on varmaan vain näennäisiä, aineiston puutteellisuudesta ja tilapäisistä häiriöistä johtuvia. Kysymyksen tärkeyden vuoksi on syytä tarkemmin tutkia Eklundin esittämien korjaustekijäin luotettavuutta. Tarkastelun alaisiksi otetaan vain kovat metsämaat.

Taulukko 50. Männyn kasvun 10-vuotisindeksit I ja II valtakunnan metsien arvioinnin aikaan eri lähteiden mukaan.

Table 50. The indices of 10 years' growth of pine during the First and Second National Forest Survey, after various references.

Alue — *Locality*	1921	1922	Keskiarvo *Average*	1935	1936	Keskiarvo *Average*
II	111	115	113	89	89	89
III	105	109	107	92	91	91.5
IV	104	107	105.5	95	93	94
V	106	108	107	90	90	90
Keskiarvo—*Average* II—V	106.5	109.8	108.2	91.5	90.8	91.2
Pohjois-Suomi — *North Finland* (Eklund)[1]	104.8	108.8	106.8	97.3	97.2	97.2
VI	109	113	111	91	91	91
VII	105	108	106.5	95	94	94.5
VIII	102	106	104	95	95	95
Keskiarvo — *Average* VI—VIII	105.3	109.0	107.2	93.7	93.3	93.5
Etelä-Suomi — *South Finland* (Eklund)	107.3	110.6	109.0	94.8	95.0	94.9
Savukoski	107	111	109	103	102	102.5
Kainuu	105	107	106	97	96	96.5
Keskiarvo — *Average*	106	109	107.5	100	99	99.5
Kivijärvi	109	112	110.5	91	90	90.5
Saarijärvi	116	119	117.5	93	90	91.5
Pohjankangas	104	108	106	102	101	101.5
Kuru-Ruovesi	106	110	108	93	93	93
Padasjoki	98	101	99.5	105	106	105.5
Tammela	104	108	106	106	107	106.5
Keskiarvo — *Average*	106.2	109.7	107.9	98.3	97.8	98.1

[1]) Alue I mukaan luettuna.

Viimeisenä vuotena, johon kasvun laskenta perustuu, oli ensimmäisessä valtakunnan metsien arvioinnissa 1921 tai 1922 ja toisessa 1935 tai 1936. Taulukoissa 50—51 esitetään näiden vuosien 10-vuotisindeksit eri alueilla ja eri aineistoryhmissä sekä niiden perusteella laskettuja keskiarvoja. (Kasvun vaihteluiden kannalta erikoinen, mutta metsätaloudellisesti vähämerkityksinen pohjoisin alue I on jätetty pois tästä tarkastelusta).

Taulukko 50 osoittaa, että vaikka eri alueiden välillä on melkoisia eroavaisuuksia, niin vv:n 1936—38 ja 1945—49 aineistot antavat melko yhtäpitävän kuvan männyn kasvun suhteellisesta tasosta kumpaakin arviointia edeltävänä aikana. Männyn kasvu oli arviointien välisenä aikana laskenut Eklundin mukaan Pohjois-Suomessa 9 % ja Etelä-Suomessa 13 %, mutta myöhemmin kerätyn aineiston perusteella lasku on ollut jonkin verran pienempi, Pohjois-Suomessa 7.5 % ja Etelä-Suomessa 9 %.

Taulukko 51. Kuusen kasvun 10-vuotisindeksit I ja II valtakunnan metsien arvioinnin aikaan eri lähteiden mukaan.

Table 51. The indices of 10 years' growth of spruce during the First and Second National Forest Survey, after various references.

Alue — *Locality*	1921	1922	Keskiarvo *Average*	1935	1936	Keskiarvo *Average*
II	110	114	112	91	91	91
III	108	109	108.5	101	103	102
IV	100	100	100	95	96	95.5
V	100	103	101.5	100	100	100
Keskiarvo—*Average* II—V	104.5	106.5	105.5	96.8	97.5	97.1
Pohjois-Suomi — *North Finland* (Eklund)	104.9	107.6	106.2	98.4	98.8	98.6
VI	97	100	98.5	98	98	98
VII	96	99	97.5	99	98	98.5
VIII	92	93	92.5	101	100	100.5
Keskiarvo — *Average* VI—VIII	95.0	97.3	96.2	99.3	98.7	99.0
Etelä-Suomi — *South Finland* (Eklund)	96.2	98.3	97.2	99.1	98.2	98.6
Savukoski	106	113	109.5	97	97	97
Kainuu	101	105	103	100	101	100.5
Keskiarvo — *Average*	103.5	109	106.2	98.5	99	98.8
Kivijärvi	89	93	91	105	107	106
Saarijärvi	92	97	94.5	103	102	102.5
Kuru—Ruovesi	95	97	96	98	98	98
Padasjoki	90	91	90.5	111	112	111.5
Tammela	92	95	93.5	106	106	106
Keskiarvo — *Average*	91.6	94.6	93.1	104.6	105.0	104.8

Myös kuusen kasvun kehityksestä molemmat aineistot antavat Pohjois-Suomen osalta yhtäpitävän kuvan; molempien mukaan arviointien

välisenä aikana kasvu on laskenut 7 %. Etelä-Suomen osalta eri aineistot antavat melko erilaisen kuvan. Kun Eklundin mukaan kuusen kasvu on ollut molemmissa arvioinneissa jokseenkin samalla tasolla (lisäystä 2 %), niin myöhemmin kerätyn aineiston perusteella kuusen kasvun lisäys on kokonaista 12.5 %. Eklund pitää kuusta koskevaa aineistoa (Etelä-Suomesta 560 puuta) liian pienenä, ja samaa voidaan sanoa vv:n 1945—49 aineistosta (Etelä-Suomesta 474 puuta), mutta silti voitaneen pitää todennäkoisenä, että jokin osa siitä kuusen kasvun lisääntymisestä, mitä arviointien välisenä aikana on tapahtunut, johtuu ilmastollisista syistä.

Suomen metsien kasvu II valtakunnan metsien arvioinnin jälkeisenä aikana.

II valtakunnan metsien arvioinnista on jo kulunut yli 10 vuotta. Sinä aikana on metsissä tapahtunut suuria muutoksia, joiden vaikutuksia kasvuun on vaikea arvioida. Puuttumatta ollenkaan näihin tekijöihin tarkastellaan seuraavassa lyhyesti, millainen tämä aika keskimäärin on ilmastollisesti ollut puiden kasvulle. Tarkastelussa rajoitutaan havupuihin, koska tiedot lehtipuiden kasvun vaihteluista puuttuvat.

Nyky-Suomen metsien vuotuinen kasvu vv. 1927—36 on esitettynä taulukossa 52 (Ilvessalo 1948, s. 40).

Taulukko 52. Nyky-Suomen metsien vuotuinen kasvu (milj. m^3).

Table 52. Annual growth of forests of present-day Finland (mill. cu. m.).

	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*	Yhteensä *Total*
Suomen eteläpuolisko — *Southern part of Finland*	12.95	11.08	24.03
Suomen pohjoispuolisko — *Northern part of Finland*	4.14	2.35	6.49
Koko Suomi — *Whole of Finland*	17.09	13.43	30.52

Taulukko 53. Nyky-Suomen metsien vuotuinen kasvu (milj. m^3) »normaali-ilmastoon» korjattuna.

Table 53. Annual growth of forests of present-day Finland (mill. cu. m.) corrected to the »normal climate».

	Mänty — *Pine*	Kuusi — *Spruce*	Yhteensä *Total*
Suomen eteläpuolisko — *Southern part of Finland*	13.20	10.58	23.78
Suomen pohjoispuolisko — *Northern part of Finland*	4.16	2.40	6.56
Koko Suomi — *Whole of Finland*	17.36	12.98	30.34

Taulukko 53 esittää samoja kasvulukuja korjattuina »normaali-ilmastoon» vv:n 1945—49 aineiston keskimääräisten indeksilukujen perusteella.

Näitä indeksilukuja on käytetty siksi, että vv:n 1936—38 aineistoon vertauskelpoisia indeksejä ei ole käytettävissä myöhemmältä ajalta.

Jo kuva 16 osoittaa, että männyn 10 viimeisen vuoden kasvu on v:n 1936 jälkeen edelleen laskenut. (Huomattakoon, että II arviointia edeltäneeseen 10-vuotiskauteen sisältyy vielä kasvulle edullinen vuosi 1927.) Varsinkin eteläisimmässä osassa maata 1940-luvun alkuvuodet olivat epäsuotuisia. Kuusen kasvu sen sijaan on pysytellyt jokseenkin entisellä, suhteellisen korkealla tasolla, vieläpä v:een 1940 mennessä vähän noussutkin (kuva 17). Taulukko 54 esittää 10-vuotisindeksejä vuosittain eri tutkimusalueissa v:een 1944 saakka, joka on viimeinen vuosi, jolta on aineistoa kaikista tutkimusalueista.

Taulukko 54. Kasvun 10-vuotisindeksit v:n 1936 jälkeen.

Table 54. Indices of 10 years' growth after 1936.

Vuosi *Year*	Mänty — *Pine*										Kuusi — *Spruce*								
	Tammela	Padasjoki	Kuru-Ruovesi	Pohjankangas	Saarijärvi	Kivijärvi	Etelä-Suomi, keskiarvo *Southern Finland, average*	Kainuu	Savukoski	Pohjois-Suomi, keskiarvo *Northern Finland, average*	Tammela	Padasjoki	Kuru-Ruovesi	Saarijärvi	Kivijärvi	Etelä-Suomi, keskiarvo *Southern Finland, average*	Kainuu	Savukoski	Pohjois-Suomi, keskiarvo *Northern Finland, average*
1937	103	105	91	98	85	87	94.8	96	102	99	105	112	98	101	107	104.8	100	95	97.5
1938	103	107	93	101	84	88	96.0	96	102	99	106	116	101	103	110	107.2	104	97	100.5
1939	103	106	94	102	82	89	96.0	97	103	100	106	113	101	102	110	106.4	104	98	101
1940	100	103	94	99	79	88	93.8	98	100	99	106	113	103	105	111	107.6	108	100	104
1941	100	101	98	99	81	92	95.2	101	101	101	106	112	106	109	114	109.4	112	105	108.5
1942	98	99	98	97	79	92	93.8	101	100	100.5	103	109	105	108	111	107.2	113	107	110
1943	98	99	100	97	79	94	94.5	102	101	101.5	102	108	104	106	108	105.6	111	106	108.5
1944	94	96	99	97	81	95	93.7	99	97	98	100	104	101	104	103	102.4	108	104	106
1945	96	100	—	102	—	99	(99.2)	101	94	97.5	101	107	—	—	—	(104.0)	107	103	105
1946	98	103	—	105	—	—	(103.0)	—	—	—	102	106	—	—	—	(104.0)	—	—	—
1947	100	107	—	108	—	—	(105.0)	—	—	—	105	108	—	—	—	(106.5)	—	—	—

Taulukkoon 55 on laskettu metsien vuotuinen kasvu vuotta 1945 edeltävällä 10-vuotiskaudella vuosilustotutkimuksiin ja valtakunnan metsien arvioinnin tuloksiin nojautuen. Näyttää siis siltä, että

Taulukko 55. Suomen metsien vuotuinen kasvu vv. 1935—1944 (milj. m^3).

Table 55. The annual growth of Finnish forests in 1935—1944 (mill. cu. m.).

	Mänty *Pine*	Kuusi *Spruce*	Yhteensä *Total*
Suomen eteläpuolisko — *Southern part of Finland*	12.10	10.83	22.93
Suomen pohjoispuolisko — *Northern part of Finland*	4.08	2.54	6.62
Koko Suomi — *Whole of Finland*	16.18	13.37	29.55

ilmastollisten vaihteluiden vuoksi Suomen metsien vuotuinen kasvu on vv. 1935—44 ollut havupuiden osalta noin 1 milj. m^3 pienempi kuin 1927—36.

V:n 1944 jälkeen on sekä männyn että kuusen kasvussa tapahtunut melko voimakas nousu, joten myös 10 viimeisen vuoden keskimääräinen kasvu on nousemaan päin. Samoin osoittaa jaksollisuuden perusteella suoritettu ennustus, että 1940-luvun lopulla kasvu on nousemaan päin (kuva 39).

Kirjallisuusluettelo.

Aandstad, S. 1934. Untersuchungen über das Dickenwachstum der Kiefer in Solør. — Nyt Mag. f. Naturv. 74.

—»— 1938. Die Jahresringbreiten der Kiefer und die Zeitbestimmung älterer Gebäude in Solør im östlichen Norwegen. — Ibid. 78.

Amilon, J. A. 1910. Om tiden för diametertillväxtens början hos barrträden och orsakerna härtill. — Skogsvårdsför. tidskr.

Andersson, G. 1906. Om talltorkan i öfra Sverige våren 1903. *(Referat:* Verdorrungserscheinungen bei der Kiefer in Nordschweden 1903.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 2.

Boman, A. 1927. Tutkimuksia männyn paksuuskasvun monivuotisista vaihteluista Suomen eri osista kerätyn aineiston perusteella. *(Referat:* Über vieljährige Schwankungen im Dickenwachstum der Kiefer *(Pinus silvestris).*) — Acta forest. fenn. 32.

Böhmerle, K. 1907. Die Dürreperiode 1904 und unsere Versuchsbestände. — Centralbl. f. d. ges. Forstwes. 33.

Cieslar, A. 1907. Einige Beziehungen zwischen Holzzuwachs und Witterung. — Centralbl. f. d. ges. Forstwes. 33.

Craighead, F. C. 1927. Abnormalities in annual rings resulting from fires. — Journal of Forestry, 15.

Douglass, A. E. 1909. Weather cycles in the growth of big trees. — Month. Weath. Rev. 37.

—»— 1914. A method of estimating rainfall by the growth of trees. — Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 192.

—»— 1919. Climatic cycles and tree growth. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. — Ibid. 289.

—»— 1928. Climatic cycles and tree growth. II. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. — Ibid. 289, II.

—»— 1929. The secret of the Southwest solved by talkative tree rings. — Nat. Geogr. Mag. 56.

—»— 1936. Climatic cycles and tree growth. III. A study of cycles. — Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 289, III.

Eide, E. 1926. Om sommarvarmens inflydelse på årringbredden. *(Referat:* Über Sommertemperatur und Dickenwachstum im Fichtenwald.) — Medd. fr. d. Norske skogforsøksvaes. 2.

Eidem, P. 1943. Über Schwankungen im Dickenwachstum der Fichte *(Picea abies)* in Selbu, Norwegen. — Nyt Mag. f. Naturv. 83.

Eklund, B. 1942. Studier över årsringsvariationerna å Malingsbo fasta provyta N:r I. — Skogsvårdsför. tidskr.

Eklund, B. 1944. Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna. — Norrl. skogsvårdsf. tidskr.

—»— 1946. Beskrivning över skogsforskningsinstitutets borrspånsmätningsmaskiner. — Käsikirj.

Erlandsson, S. 1936. Dendro-chronological studies. — Data, 23 fr. Stockholms högsk. geokron. inst.

—»— 1939. Trädens årsringar och gångna tiders klimat. — Naturen och vi.

Friedrich, J. 1897. Ueber den Einfluss der Witterung auf den Baumzuwachs. — Mitt. a. d. forstl. Versuchswes. Österr. 22.

Glock, W. S. 1937. Principles and methods of tree-ring analysis. — Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 486.

Hartig, R. 1892. Ueberblick über die Folgen des Nonnenfrasses für die Gesundheit der Fichte. — Forstl.-naturw. Zeitschr. 2.

—»— 1896. Ueber das Verhalten der vom Spanner entnadelten Kiefern im Sommer des Jahres 1895. — Ibid. 5.

Heikinheimo, O. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. *(Referat:* Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume.) — Metsätiet. tutkimusl. julk. 17.

—»— 1937. Metsäpuiden siementämiskyvystä. II. *(Referat:* Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. II.) — Ibid. 24.

—»— 1948. Metsäpuiden siementämiskyvystä. III. *(Summary:* On the seeding capacity of forest trees. III.) — Ibid. 35.

Hertz, M. 1929. Huomioita männyn ja kuusen pituuskehityksen »vuotuisesta» ja vuorokautisesta jaksosta. *(Referat:* Beobachtungen über die »jährlichen» und täglichen Perioden im Längenwachstum der Kiefer und Fichte.) — Acta forest. fenn. 34.

—»— 1933. Tutkimuksia tavallisesta männynneulaspistiäisestä *(Lophyrus pini L.)* ja sen metsätaloudellisesta merkityksestä. *(Referat:* Die gewöhnliche Kiefernbuschhornblattwespe *(Lophyrus pini* L.) und ihre forstwirtschaftliche Bedeutung.) — Metsätiet. tutkimusl. julk. 18.

Hesselman, H. 1904 a. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarne 1900—1903. *(Referat:* Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 1.

—»— 1904 b. Om tallens diametertillväxt under de sista tio åren. *(Referat:* Über den Durchmesserzuwachs der Kiefer in den letzten zehn Jahren.) — Ibid. 1.

Hiley, W. E. & Cunliffe, N. 1922. An investigation of the relation between height growth of trees and meteorological conditions. — Oxford Forestry Memoirs, 1.

Huber, B. 1943. Über die Sicherheit jahrringchronologischer Datierung. — Holz als Roh- und Werkstoff, 6.

Hult-de Geer, E. 1935. Prehistoric bulwark in Gotland biochronologically dated. — Data, 26 fr. Stockholms högsk. geokron. inst.

—»— 1938. Raknehaugen. — Universitetets Oldsakssamlings Årbok, 1937. Oslo.

Huntington, E. 1914. The climatic factor as illustrated in arid America. — Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 192.

Hustich, I. 1940. Tallstudier sommaren 1939 i Enare och Utsjoki. — Acta Soc. pro f. fl. fenn. 62.

—»— 1945. The radial growth of the pine at the forest limit and its dependence on the climate. — Soc. scient. fenn. Comm. biol. IX, 11.

—»— 1948. The Scotch pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. — Acta bot. fenn. 42.

Hustich, I. 1949. On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation. — Geografiska annaler.

Hustich, I & Elfving, G. 1944. Die Radialzuwachsvariationen der Waldgrenzkiefer. — Soc. scient. fenn. Comm. biol. IX, 8.

Ilvessalo, L. 1917. Tutkimuksia mäntymetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. *(Referat:* Studien über die Verjüngungsjahre der Kiefernwälder in Süd- und Mittelfinnland.) — Acta forest. fenn. 6.

Ilvessalo, Y. 1932. The establishment and measurement of permanent sample plots in Suomi (Finland). *(Selostus:* Pysyvien koealojen perustaminen ja mittaus Suomessa.) — Metsätiet. tutkimusl. julk. 17.

—»— 1936. II valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. *(Summary:* Instructions for field work of the II national survey of the forests of Suomi (Finland).) — Ibid. 22.

—»— 1937. Perä-Pohjolan luonnon normaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. *(Summary:* Growth of natural normal stands in central North-Suomi (Finland).) — Ibid. 24.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *(Referat:* Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung.) *(Summary:* The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey.) — Ibid. 30.

—»— 1945. Puiden kasvun vaihtelu ja sen merkitys kasvututkimuksissa. — Metsätal. aikakl.

—»— 1948. Nyky-Suomen metsät. — Metsätiet. tutkimusl. julk. 35.

—»— 1949. The forests of present-day Finland. — Ibid. 35.

Kalliola, R. 1943. Porajärven seudun metsätyypeistä. *(Referat:* Über die Waldtypen der Gegend von Porajärvi in Ostkarelien.) — Metsätiet. tutkimusl. julk. 31.

Kangas, E. 1933. Huomioita viimekesäisistä mäntypistiäistuhoista. — Metsätal. aikak.

—»— 1934. Huomioita mäntypistiäistuhoista. – Ibid.

Keränen, J. 1943. Lämpötilan muutoksista Suomessa ja Pohjois-Euroopassa viime sadan vuoden aikana. — Suomal. tiedeakat. esitelmät ja pöytäkirjat 1941.

Kolmodin, G. 1923. Tillväxtundersökningar i norra Dalarne. — Skogsvårdsför. tidskr.

—»— 1935. Väderlekens inflytande på tallens diametertillväxt. — Ibid.

Laitakari, E. 1920. Tutkimuksia sääsuhteiden vaikutuksesta männyn pituus- ja paksuuskasvuun. *(Referat:* Untersuchungen über die Einwirkung der Witterungsverhältnisse auf das Längen- und Dickenwachstum der Kiefer.) — Acta forest. fenn. 17.

Lakari, O. J. 1915. Studien über die Samenjahre und Altersklassenverhältnisse der Kiefernwälder auf dem nordfinnischen Heideboden. — Acta forest. fenn. 5.

—»— 1921. Tutkimuksia kuusimetsien uudistumisvuosista Etelä- ja Keski-Suomessa. *(Referat:* Untersuchungen über die Verjüngungsjahre der Fichtenwälder in Süd- und Mittelfinnland.) — Metsätiet. koel. julk. 4.

MacDougal, D. T. 1938. Tree growth. Leiden.

Malmgård, M. & Jansson, A. 1937. Dikningens inverkan på skogsproduktionen å torvmarker inom Västerbottens län. — Norrl. skogsvårdsf. tidskr.

Mattson Mårn, L. 1921. Märgborrens kronskadegörelse och dess inverkan på tallens tillväxt. *(Referat:* Die Kronenbeschädigung des grossen Waldgärtners und deren Einfluss auf Zuwachs der Kiefer.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 18.

Micke. 1902. Einwirkung des Frasses von *Lophyrus pini* auf den Zuwachs der Kiefer. — Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwes. 34.

Mork, E. 1941. Om sambandet mellom temperatur og vekst. Undersøgelser av de daglige variasjoner i granens høydetilvekst. *(Referat:* Über den Zusammenhang zwischen Temperatur und Wachstum. Untersuchungen der täglichen Variationen des Höhenzuwachses.) — Medd. fr. d. Norske skogforsøksvaes. 8.

—»— 1942. Traernes frøsetting. — Skogsbrukeren. Oslo.

Nakashima, H. 1924. Über den Einfluss meteorologischer Faktoren auf den Baumzuwachs (I). Über den Einfluss auf den Stammumfang eines Tannenbaumes. — Jour. of. the College of Agric., Hokkaido Imp. Univ., Sapporo. XII.

—»— 1929. Über den Einfluss meteorologischer Faktoren auf den Baumzuwachs (II). Untersuchungen über das Längenwachstum einer Schwarzkiefer unter Verwendung eines neuen Höhenzuwachsautographs. — Ibid. XXII.

Näslund, M. 1944. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *(Referat:* Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 33.

Ording, A. 1937. Skogbehandling vurdert på grunnlag av tilveksten i forskjellige driftsperioder. — Tidsskr. f. skogbr. 45.

—»— 1941 a. Årringanalyser på gran og furu. *(Summary:* Annual ring analyses of spruce and pine.) — Medd. fr. d. Norske skogforsøksvaes. 7.

—»— 1941 b. Skoghistoriske analyser fra Raknehaugen. *(Summary:* Forest historical analyses from Raknehaugen.) — Ibid. 8.

Pearson, G. A. 1937. Factors influencing the growth of trees. — Carnegie Inst. of Washington. Publ. Nr. 486.

Renvall, A. 1919. Suojametsäkysymyksessä I. Mäntymetsän elinehdot sen pohjoisrajalla sekä tämän rajan alenemisen syyt. — Acta forest. fenn. 11.

—»— 1923. Beobachtungen über die Exzentrizität des lappländischen Kiefernstammes. — Ibid. 26.

Romell, L-G. 1925. Växttidsundersökningar å tall och gran. *(Résumé:* Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'epicé durant la periode végétation.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 22.

Ronge, E. W. 1928. Kort redogörelse för vissa skogliga försök, verkställda under åren 1914—1928 å Kramfors Aktiebolags skogar, och resultatens praktiska tillämpning i skogsbruket. — Norrl. skogsvårdsf. tidskr.

Ruden, T. 1935. Om årlige forandringer i traernes tilvekst. — Tidsskr. f. skogbr. 43.

—»— 1945. En vurdering av anvendte arbeidsmetoder innen trekronologi og årringanalyse. *(Summary:* A valuation of the methods employed in dendrochronology and annual ring analyses.) — Medd. fr. d. Norske skogforsøksvaes. 9.

Saalas, U. 1949. Suomen metsähyönteiset. Helsinki.

Schotte, G. 1917. Om skogsproduktionens höjande genom beståndsvårdsåtgärder. — Skogsvårdsför. tidskr.

Somerville, W. 1927. How a tree grows. Glasgow.

Stålfelt, M. G. 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. *(Referat:* Untersuchungen zur Ökologie der Kohlensäureassimilation der Waldbäume.) — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 21.

Tirén, L. 1929. Über Grundflächenberechnung und ihre Genauigkeit. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 25.

—»— 1935. Om granens kottsättning, dess periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. *(Summary:* On the fruit setting of spruce, its periodicity and relation to temperature and precipitation.) — Ibid. 28.

—»— 1937. Skogshistoriska studier i trakten av Degerfors i Västerbotten. *(Summary:* Forest historical studies in the Degerfors district of the province of Västerbotten.) — Ibid. 30.

Topcuoglu, A, 1940. Die Verteilung des Zuwachses auf die Schaftlänge der Bäume. — Thar. forstl. Jahrb. 91.

Wallén, A. 1917. Om temperaturens och nederbördens inverkan på granens och tallens höjd- och radietillväxt å Stamnäs kronopark 1890—1914. — Skogshögskolans festskrift. Stockholm.

Zachau, A. R. 1929. Huru stora fel erhållas vid tillväxtberäkning på tio års medeltal? — Skogsvårdsför. tidskr.

Ålvik, G. 1939. Über Assimilation und Atmung einiger Holzgewächse im westnorwegischen Winter. — Medd. fr. Vestlandets forstl. forsøksst. 6.

ON VARIATIONS IN TREE GROWTH AND THEIR SIGNIFICANCE TO GROWTH STUDIES

Summary

Introduction.

The purpose of the present investigation is to study the extent of the climatic variations in the growth of pine *(Pinus silvestris)* and spruce *(Picea excelsa)* in Finland, and how these variations should be taken into consideration for practical growth estimations. Attention has been paid at the same time to variations other than those due to climate alone.

A corresponding investigation has been carried out in Norway (Ording 1941 a), and frequent reference is made to it in the following, comparing the results attained in Norway and Finland.

Method of Investigation.

As objects of study were chosen stands in approximately natural condition, saved from cuttings and forest fires, in different parts of Finland, to ensure the presence of a minimum of external factors disturbing the effect of climatic variations. From the stand (sample plot) 15—20 trees of regular form and undisturbed growth were selected, and samples from them were kept for subsequent measurement.

The samples were taken by boring with an increment bore at breast height (1.3 metres from the ground) a core extending from the surface of the tree to the heart. In most cases the boring was effected from the east side of the stem.

The bored cores were measured at the Forest Research Institute with an apparatus, constructed for the purpose, which enabled measurement of the width of the annual ring to an accuracy of 0.01 mm (see illust. Ilvessalo 1942, p. 50). Previous to measuring the cores were moistened with a weak aniline sulphate solution, causing them to expand to their original length and accentuating the demarcations between annual rings and between spring and summer wood. A special check was made to ensure that every annual ring was entered against the correct year.

To investigate variations in height growth the sample trees on certain sample plots were felled, and the length of each annual shoot, to an accuracy of 1 cm, was measured as far back in time as could reliably be done.

As the growth of a tree is weakened with increasing age and the annual rings, consequently, become narrower on an average, this effect must be eliminated to enable comparisons of growth in different periods. Researchers have employed a great variety of methods to effect this age correction, ranging from ocular adjustment to the use of mathematical functions. The method employed in the

present investigation is that first advanced by Näslund (1944) and developed by Eklund (1944). The function is as follows:

$$\frac{1}{y} = a + b\,(x - k)$$

in which y represents the width of annual ring in the year x, x is the year, k a certain year in the middle of the period to be studied, and a and b are constants. The method is based on the assumption that the continued narrowing of the annual ring with increasing age follows a hyperbolic function of which the limit value is 0.

Previous to age correction series of mean values were computed for the sample plots by calculating annually for the sample trees the average width of annual ring in the year concerned. An ideal curve was computed for each sample plot on the basis of the series of mean values.

The annual ring index is the ratio between the ring width of a certain year and the normal width indicated by the adjusted curve, expressed as a percentage.

Height growth indices have also been calculated correspondingly, but the ideal curve for height growth has been drawn ocularly, as no observation series of sufficient length (50 years) are available to enable analytic adjustment.

Investigation Material.

An investigation into the significance of growth variations was included in the work programme of the Second National Forest Survey carried out in 1936—1938. The material (Table 1) was collected in connection with this survey; investigations based on this material have been published by Ilvessalo (1942) and Eklund (1944).

To supplement this material additional increment cores were collected in 1942—1943 both from Finland and the region of East Carelia bordering on South Finland (Table 2).

The bulk of the material was collected in 1945—1949 from different parts of Finland. The localities in which material was collected are entered on the map (Fig. 1), and certain particulars of these groups of material are given in Tables 3—19. This material comprises a total of 3 181 sample trees, of which 2 217 are pines, 909 spruces and 55 larches. In presenting the results the material, generally, has been assembled to constitute a Kainuu group by combining the groups of Sotkamo, Kuhmo and Puolanka (intermediate zone between South and North Finland), and the six northernmost groups have been combined as Lapland material.

Development of Growth according to Age of Tree.

The curve illustrating the normal radial growth of a tree is first, for a few years, a rising one, but soon reaches its maximum and starts to decline, first steeply, but with the tree getting older, progressively more gently. The declining part of the curve is reminiscent of a hyperbola approaching 0 as its limit value.

Figs. 8—10 show the ideal curves of some sample plots. Table 20 represents a combination of the location of the maximum and point of inflexion of the curve, made out on the basis of 51 sample plots. The illustrations and the table show that the maximum width of annual ring enters earlier on a good habitat than on a poor one, in South Finland than in North Finland, and in pine than spruce. The difference between pine and spruce is very clearly seen in mixed stands (Figs. 11 and 12).

Once the radial growth has passed its maximum each successive annual ring is slightly narrower, providing there are no climatic variations in growth. The extent of this annual narrowing is shown by Figs. 13—15. As is seen, this narrowing at a young age in the stand, and particularly on the good forest soils of South Finland, is quite considerable, even 4—5 % annually.

Extent and Territorial Range of Variations.

Figs. 2 and 3 show the variations in radial growth in the different parts of Finland on the basis of the material collected in 1936—1938. (Districts are entered in Fig. 1). The corresponding annual ring indices are given in Table 21. Fig. 4 shows the corresponding variations in radial growth in the material collected in 1942—1943. The annual ring indices calculated on the basis of the material collected in 1945—1949, by localities studied, are given in Figs. 16, 17 and 28. The different materials show compatibly that the variations in radial growth may be very great. The deviation of annual ring index from the normal value exceeds 25 % in a great number of years. The same is indicated by Tables 22 and 23, where the number of years — since 1880 — has been calculated in which the annual ring index falls within certain limits.

In his investigations Douglass (1928) has employed a special characteristic, mean sensitivity, to indicate the sensitivity with which trees react to climatic variations and, on the other hand, the extent of the variations to which climatic factors determining the growth are subjected. Tables 24 and 25 give the mean sensitivities calculated in this way. In the Finnish climate the variations are slight or medium (complacent or medium ring type). Variations in North Finland are somewhat greater than in South Finland, attaining their maximum at the polar timber line. Annual variations in growth are greater in spruce than in pine, but more distinct long-term variations are present in the growth of pine.

Climatic variations are fairly similar throughout Finland, and for this reason the variations in tree growth are uniform over extensive areas, as is shown by Tables 27—29. Against this, there seems to be no correlation between growth variations in Finland and in East Norway (Table 29, Figs. 18—19).

Great variations, very similar in the different parts of Finland, also occur in the relative percentage of summer wood of the width of annual ring (Figs. 20—21).

Variations in height growth are of roughly the same range as variations in radial growth (Table 30). Fig. 22 shows variations of height growth in different parts of Finland. Long-term variations are simultaneous in radial and height growth.

Dependence of Growth on Climatic Factors.

The most important factor affecting radial growth in North Europe is the temperature of the growing season, particularly July (Wallén 1917, Kolmodin 1923, Erlandsson 1936, Ording 1941 a, Hustich 1948). Height growth again depends primarily on the temperature of the previous summer (Table 32). So there is hardly any correlation between height growth and radial growth, whereas the correlation between height growth and radial growth of the preceding year is fairly good (Table 31). The dependence of height growth on the climatic conditions of the previous year is natural: the buds are formed in the preceding year and all needle origins exist in the buds.

The radial growth of pine and spruce are slightly different in their dependence on the climate. The growth of spruce is affected relatively more strongly by the

temperature of early summer, the growth of pine by that of mid- and late summer. This fact, ascertained by Ording (1941 a) too, is clearly seen from Table 33. Figs. 25—26 and Table 34 consider separately the variations in the width of spring and summer wood and its dependence on the temperature of the different summer months. The decisive importance of July temperature to radial growth increases towards the North.

Some data on the beginning and termination of the radial growth of pine are given in Table 35. As uninterrupted statistics on this point covering a sufficiently long period are missing, the date of leafing by the birch has been taken as denoting the earliness of the summer in studying the significance of the length of growing season (Fig. 27). This study shows that the earlier the growth the greater is the amount of summer wood produced in the year, both absolutely and relatively, whereas the amount of spring wood is fairly independent of the date of commencement of the growing season (Table 36). The amount of pine spring wood, in South Finland, also seems to be fairly independent of the temperature of the growing season, whereas the amount of summer wood depends on both the length and temperature of the growing season. With spruce the amount of both spring and summer wood distinctly depends on the temperature of the growing season.

The depth of soil ice and the date of its melting vary greatly from year to year. However, it has not been possible to show any distinct effect of these factors on the annual growth of trees (Romell 1925, Ronge 1928).

In the Finnish climate it is difficult to find any distinct correlation between precipitation and tree growth. It seems that, in spite of great variations in precipitation, moisture is fairly sufficient every year. The effect of lack of water on tree growth is seen in exceptionally dry summers only, on dry habitats such as rocks and sand heaths. The detrimental effect of excessive moisture again may be seen in the growth of swamp forests in unusually rainy summers.

Wind affects the radial growth of trees in that the annual ring remains narrowest on the side of stem exposed to the prevailing wind (Fig. 29, Table 37, Renvall 1923, Eklund 1942). Relative variations of growth are approximately equal in size on all sides of stem.

Climatic factors have a great indirect effect on the growth of trees as they occasion large variations in the extent of the assimilating surface of the tree. The number of new needles produced each year is primarily dependent on the temperature of the preceding summer, their length again on that of the current summer (Fig. 30). Both length and number of the needles are subject to great variations. As spruce needles remain on the tree longer than pine needles, the variations in the extent of assimilating surface are smaller with spruce.

Other External Factors Occasioning Growth Variations.

The commonest factors occasioning growth variations are cuttings (Fig. 31), storms and forest fires (Fig. 32). But climatic variations also may produce consequences resembling the effect of thinning cuttings, as the mortality of trees in the forest is higher than normal in climatically unfavourable years.

But outbreaks of insects also, destroying the foliage of trees, must be considered as producers of growth variations. The material studied includes several such instances, e. g. in the growth of pine in South Finland in the 1890's (Fig. 16, Tammela), and in Central Finland in the 1930's (Fig. 16, Saarijärvi and Kivijärvi). Among older instances, the drop in pine growth after 1767 (Fig. 33) over a very

extensive area arouses attention, as does the drop in spruce growth at Puolanka in 1869, apparently due to the harmful effect of a fungus. Conspicuous also are the variations in spruce growth in 1818—1828 over an extensive area, but their reasons are unknown.

Significance for Growth Variations of Internal Factors in a Stand.

The composition of tree species in a stand has no considerable significance on growth variations, and e. g. the variations in spruce growth are fairly similar in a pure and a mixed stand (Table 39). A distinct difference, however, obtains between the different tree species, as is obvious from the foregoing. To supplement the picture, Fig. 35 gives the annual ring indices for larch, differing considerably from the indices of both pine and spruce.

Annual variations in growth are similar both in course and extent in a sparse and dense forest. On the other hand long-term variations are stronger in a dense forest (Table 40).

Both annual and long-term variations are somewhat greater in dominated than in dominating crown layers. This is due to the fact that, in unfavourable years, the dominated crown layers suffer more and their mortality rate is higher, whereas in favourable years they are capable of increasing their growth relatively more. It is particularly noticeable that in dry summers dominated trees are more likely to suffer from lack of water.

The significance of habitat for growth variations is slight. On unfavourable habitats, such as swamps (Fig. 28, Table 42) and rocks the variations are somewhat greater than on productive forest lands proper.

Also the effect of the age of stand on growth variations is fairly small. Trees are most sensitive to climatic variations in their middle age, when the life processes are at their liveliest. Variations in radial growth are relatively somewhat greater in old trees than in young ones (Tables 43 and 44). In young age the growth is almost exclusively dependent on the climatic conditions of each growing season, whereas in old trees the after-effect of preceding years becomes more marked.

Other life processes of the tree, above all blossoming and seed production, also affect the growth. The growth of spruce, in particular, with which the variations in the amount of cone crop are great, remains remarkably small in years of abundant cone production.

Periodicity of Growth.

The question of the recurrence of certain cycles has been discussed in brief on the basis of previous investigations, without analysing their reasons. A study has been made as to whether the material employed reveals any such cycles as are mentioned by several researchers (e. g. D o u g l a s s, B o m a n and E r l a n d s s o n). The reported cycles of 11, 17, 23 and 35 years are discernible in pine growth in all the material groups considered. In the growth of spruce no 11-year cycle was found in the case studied. The extent of the cycles (Table 46) and their mutual location (Figs. 37 and 38) are somewhat different in the different parts of the country. The cycles enter somewhat later in North than in South Finland, and long cycles (23 and 35 years) are more marked in the North.

It is difficult to find a recurrence of any of the cycles mentioned in the original annual ring analyses. But if the joint effect of the cycles is calculated, the picture obtained considerably resembles the actual course of growth (Fig. 39). In this way it is possible to predict future growth with some probability.

Significance of Growth Variations in Practical Growth Investigations.

Variations in the width of annual ring also occasion variations relatively equal in extent in the basal area increment of trees (E k l u n d 1942). As long-term variations in radial growth and height growth are approximately the same in extent, and simultaneous, it follows that variations in volume growth are also of the same range.

By basing growth determination on the aggregate radial growth of 10 years, results may be attained that differ 15—20 % from the level to be considered as average, at the Northern timber limit even considerably more. Some relative 10-year radial growths are given in Tables 47 and 48. If the aggregate radial growth of 5 years only is employed to calculate the increment, deviations from the average are greater still (Fig. 40).

As the variations taking place in the growth of trees are so great they must necessarily be taken into consideration in many forest science studies. For instance, if the effect of thinning cutting on tree growth is studied, consideration must be paid to the climatic nature of the period preceding and succeeding the cutting from the point of view of growth. This is of equal importance in a study of the effect of drainage.

It is of particular importance to consider the effect of climatic variations when comparing the results of forest surveys carried out at different dates. For instance, E k l u n d (1944) has shown that the growth of pine, due to climatic variations, was reduced in the period between the First and Second National Forest Surveys (from 1922 to 1936) by 13 % in South Finland and 9 % in North Finland. Additional material collected subsequently broadly confirms this result (Table 50). For spruce the material is smaller in extent, and the different materials in fact lead to slightly differing results (Table 51).

Growth of Finnish Forests since the Second National Forest Survey.

In conclusion, the question of the effect of climatic variations on the growth of Finnish forests since the Second National Forest Survey (1936, I l v e s s a l o 1942) is considered. This review applies to coniferous trees only as no material exists on broadleaved trees. Table 52 shows the calculated annual increment of coniferous trees on the present Finnish territory in 1936 (I l v e s s a l o 1949), and Table 53 gives the same figures corrected for a »normal climate». The radial growth indices of the last 10 years, year by year, are given in Table 54, and the growth of Finnish forests according to 1944 indices is calculated in Table 55. It indicates that for purely climatic reasons the annual increment of Finnish forests in 1935—1944 would appear to be approx. 1 million cu. m. smaller than in 1927—1936. Since 1944 the growth has again been on the increase.

MÄNTYTUKKIPUIDEN KUUTIOARVIOINNIN TARKKUUDESTA

VEIJO HEISKANEN

THE ACCURACY IN APPRAISAL OF THE VOLUME OF PINE TIMBER TREES

SUMMARY

HELSINKI 1950

Helsinki 1950. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo.

	Sivu
Johdanto	5
Tutkimusmenetelmä ja -aineisto	7
Tutkimustulokset	9
Rungon keskikuutio	9
Rungon pituus ja tukkien lukumäärä	10
Tukkien pituus ja kuutiomäärä	12
Kuutioarvioinnin tarkkuuden riippuvaisuus rungon pituudesta	13
Kuutioarvioinnin tarkkuuden riippuvaisuus rungon kuutiomäärästä	14
Käytännöllisiä näkökohtia	20
Kirjallisuutta	22
Summary in English	23

Alkusanat.

Tämän tutkimuksen aineistot kerättiin jo v. 1937 metsätieteellisen tutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosastolla maat. metsät. kand. P. Valtialan johdolla, mutta sotien ja kand. Valtialan kuoleman johdosta ne jäivät suureksi osaksi käsittelemättä. Kun tutkimuksella on kuitenkin vielä nytkin merkitystä, suoritettiin aineistojen käsittely loppuun allekirjoittaneen toimesta.

Tässä yhteydessä haluan kiittää kaikkia arviointeihin osallistuneita sekä tutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston henkilökuntaa, joka on suorittanut aineistojen käsittelyssä esiintyneet vaivalloiset laskutyöt. Erityisesti esitän kiitokseni prof. Paavo Arolle, joka on hyväntahtoisesti antanut ohjeita tutkimusta suoritettaessa sekä tarkastanut käsikirjoituksen.

Helsingissä, syyskuussa 1949.

Veijo Heiskanen.

Johdanto.

Tukkipuiden kuutiosisältö mitataan tai arvioidaan tavallisesti leimauksen yhteydessä. Käytännössä on useita eri menetelmiä. Alkeellisin ja epätarkin tapa on arvioida kaikki rungot silmämäärin ilman apumittauksia (Fredenberg 1892 s. 4), mutta se on menettänyt jo kaiken merkityksensä. Nykyisin käytetäänkin yleisesti menetelmää, jossa yksi läpimitta puista mitataan ja sen avulla arvioidaan pölkkyjen mitat. Yleisimmät mittauskorkeudet ovat: rinnankorkeus, jokin määrätty korkeus (14′ tai tavallisimmin 18′) tai tyvitukin katkaisukohta (mittauskorkeus siis vaihtelee) (Ilvessalo 1930 s. 727). Arviointi tapahtuu joko niin, että jokainen puu mitataan ja pölkytetään pystyyn tai niin, että kaikista puista mitataan rinnankorkeusläpimitta, mutta vain joka 10:s puu pölkytetään. Myös voidaan käyttää koealamenetelmää, vaikka se ei olekaan tavallista.

Tukkipuiden arvioimista varten on kehitetty monia erikoismenetelmiä. Niistä mainittakoon Lönnrothin (1917 ss. 182—183) kiintopistemenetelmä, jossa puun läpimitta mitataan 6 m:n korkeudelta ja lisäksi arvioidaan etäisyys siihen kohtaan, jossa puu täyttää kuusi tuumaa. Näiden mittojen perusteella tunnetaan puun rungon muoto, joten pölkyttäminen voidaan suorittaa jälkeenpäin.

Ruotsissa on asiaan kiinnitetty paljon huomiota. Yleisesti turvaudutaan samoihin menetelmiin kuin meilläkin, mutta myös Jonsonin (1929) kapenemistauluja on paljon käytetty tukkipuiden arvioinnissa. Leimikossa mitataan muutamista puista pituus ja muotopiste, joiden avulla saadaan määrätyksi eri kokoisten puiden kapeneminen ja apteeraus voidaan suorittaa sisällä (Mattsson 1916, Petrini 1937). Tätä menetelmää varten on laadittu paljon sekä numerollisia että graafisia aputauluja (Ronge 1917, 1919, Mattsson 1916, Löfgren 1920, Egermark 1936). Runkomuodon mittaamiseen perustuu myös Tiren'in (1935) menetelmä.

Pohjois-Amerikassa tyydytään yleensä epätarkempiin arviointitapoihin kuin meillä, mutta pienissä leimikoissa käytetään samantapaisia menetelmiä kuin meilläkin (Belyea 1931 ss. 116 j. s.).

Vaikka yksinpuin luku on tarkin käytännöllisistä metsänarvioimistavoista (Ilvessalo 1935 s. 1), sisältyy siihenkin monia virhemahdollisuuksia. Meillä eniten käytetyssä menetelmässä, jossa tyvitukin latvaläpimitta mitataan, saadaan tyvitukin mitat tarkkoina, mutta latvatukit on arvioitava silmämäärin. Menetelmä on siis mittauksen ja arvioinnin yhdistelmä. Mittauksessa voi tapahtua virheitä, mutta ne ovat varsin pieniä arvioimisvirheisiin verrattuina. Lisäksi apteeraustapa vaikuttaa tukkien latvakuutioon suuresti.

On kuitenkin sekä ostajan että myyjän kannalta tärkeää, että kuutioarviointi on mahdollisimman luotettava, sillä yksikköhinnan, joka riippuu tavaran järeydestä, määrääminen perustuu useimmiten juuri kuutioarviointiin. Myös kaikkien ennakkolaskelmien tekeminen vaatii jo ennen kaupan päättämistä tarkkoja tietoja ostettavan puuerän kuutiomäärästä ja runkojen jakaantumisesta eri suuruusluokkiin.

Tukkipuiden silmämääräisen kuutioarvioinnin luotettavuuden selvittäminen eri olosuhteissa onkin esillä olevan tutkimuksen tarkoituksena. Ennen kaikkea pyritään selvittämään arviointiin vaikuttavien tekijöiden merkitystä. — Kaikki tutkimuksen alaiset arvioinnit on suoritettu menetelmällä, jossa tyvitukin läpimitta ja pituus mitataan ja muut tukit arvioidaan.

Silmämääräinen kuutioarviointi on ollut yleensä vain varsin vähän tutkimuksen kohteena. Cajanus (1917) piti v. 1913 metsätieteellisen seuran kokouksessa esitelmän silmämääräisen arvioinnin luotettavuudesta kuutiomäärien arvioinnissa. Mainittakoon myös Ilvessalon (1930) ja Linnamiehen (1944) selvittelyt kuutiomäärän ja kasvun silmävaraisesta arvioinnista ja sen tarkkuudesta valtakunnan metsien arvioimisen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella. Sahapuiden pystyynarvioinnin tarkkuutta ovat tutkineet Vuoristo (1936 a) ja Pöntynen (1944).

Tutkimusmenetelmä ja -aineisto.

Tutkimus perustuu, kuten edellä mainittiin, kand. Valtialan kolmeen koepuuaineistoon, joista aineisto n:o 1 kerättiin metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueelta, aineisto n:o 2 Jyväskylän kaupungin metsästä ja aineisto n:o 3 Hiitolan kirkonkylästä yksityismaalta.

Koepuut koetettiin valita niin, että niiden laatu ja koko vaihteli mahdollisimman paljon. Koepuiden keskikuutio pyrittiin saamaan n. 13 j^3:n paikkeille. Jotta puiden lähekkyys ei pääsisi vaikuttamaan arvioon, koepuut mitattiin n. 15 m:n välimatkoin.

Ruotsinkylän koepuurivissä oli 155 puuta. Puut n:ot 1—35 olivat rehevällä, mänty-kuusi-koivusekametsää kasvavalla MT:llä. Puut n:ot 36—71 kasvoivat VT:n männikössä ja puut n:ot 72—124 CT:n männikössä. Loput puista, n:ot 125—155, olivat tasaikäisessä VT-männikössä, jossa oli siellä täällä paksuoksaisia, huonomuotoisia jättöpuita.

Jyväskylän koepuurivi sijaitsi hyvänpuoleisella VT:llä, joka kasvoi tasaikäistä männikköä. Koepuita oli kaikkiaan 34 kpl.

Hiitolan koepuurivissä oli 45 puuta, jotka kasvoivat osin VT:llä, osin MT:llä. Metsikkö oli puhdas, laadultaan epätasainen männikkö.

Koepuiden mittaus arviointitulosten tarkistusta varten tapahtui tikapuita ja latvakaulainta käyttäen. Läpimitta mitattiin kuoren päältä alaspäin pyöristäen. Koepuut pölkytettiin ja kunkin pölkyn latvaläpimitta mitattiin ajatellulta katkaisukohdalta. Tasausvaraa ei tällöin jätetty.

Pölkytyksessä noudatettiin sahapuiden katkomisessa yleisesti käytettyjä periaatteita. Tukin keskipituudeksi pyrittiin saamaan 17′. Erityistä huomiota kiinnitettiin siihen, että sahapölkkyjen laatu oli tasainen, s. o. samaan pölkkyyn ei tullut eri laatuluokkien puuta, mikäli se vain oli vältettävissä. Suuret oksat, huomattavat viat, kuten tervasrosot, huolemat ja mutkat yms. pyrittiin jättämään pölkyn tyveen. Lenkous koetettiin katkaista niin, että se ei päässyt alentamaan tukkien laatua.

Sahatukkien minimimittoina pidettiin:

$5'' \times 15'$
$6'' \times 14'$
$7'' \times 12'$
$8'' \times 10'$

Itse tutkimus suoritettiin siten, että muutamat metsäammattimiesryhmät kävivät arvioimassa mainitut koeleimikot. Heille ilmoitettiin tyvitukin latvaläpimitta ja pituus, jonka pohjalta latvatukkien mitat arvioitiin.

Hiitolassa suoritti arvion metsätyönjohtajien jatkokurssi, jossa oli oppilaina 29 metsäteknikkoa ja -työnjohtajaa eri puolilta Karjalan kannasta.

Ruotsinkylässä kävi arvioinnin suorittamassa kolme ryhmää. Metsähallituksen laatuarviometsänhoitajista (14 miestä), jotka olivat maan eri puolilta, käytetään taulukoissa lyhennystä, mhl. Lisäksi suoritti arvioinnin Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen kaksi metsänhoitajaa ja kolme metsäteknikkoa (mtt) sekä Evon metsäkoulun oppilaat, joita oli 49 (evol).

Jyväskylässä olevan koeleimikon arvioinnin suorittivat Jyväskylän metsänhoitajat, 16 miestä, (mh) sekä eräs metsätyönjohtajien jatkokurssi, jossa oli jäseniä 33 (mtj).

Tutkimustulokset.

Rungon keskikuutio.

Kuutioarvion tarkkuutta eri henkilöryhmillä tarkasteltaessa on paras lähteä leimikon keskikuutiosta. Siihenhän käytännössä pannaan päähuomio, koska eri runkojen arviovirheet eivät tule näkyviin leimausarviota ja luovutusmittauksen tulosta toisiinsa vertailtaessa. Keskikuution arviointia koskevat tiedot on sisällytetty taulukkoon 1.

Taulukko 1. Rungon keskikuution arviointi eri arvioryhmissä.
Table 1. Appraisal of average volume of trunk by different surveyor parties.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Arvioitu — *Appraised*				Arviovirhe *Appraisal error*	
	oikein *correct*	liian suureksi *too large*	liian pieneksi *to small*	yhteensä *total*	j^3 *cu. ft.*	%
	%					
Hiitola	—	—	100.0	100.0	—2.01	—15.9
Ruotsinkylä, mhl	—	6.7	93.3	100.0	—0.71	— 5.6
» mtt	—	—	100.0	100.0	—1.09	— 7.0
» evol	—	55.1	44.9	100.0	+0.05	+ 0.4
Jyväskylä, mh	—	6.2	93.8	100.0	—0.68	— 6.9
» mtj	9.0	16.2	75.8	100.0	—0.78	— 6.0
Keskimäärin — *Average*	1.5	13.9	84.6	100.0		— 6.7

Keskikuutio on siis arvioitu yleensä liian pieneksi. Yli $^4/_5$ arviointiin osallistuneista miehistä on arvioinut koepuiden kuution keskimäärin liian pieneksi ja vain n. 14 % liian suureksi. Varovaisesti ovat arvioineet ennen kaikkea ne henkilöt, jotka omaavat pitkäaikaista käytännöllistä kokemusta tukkipuiden arvioinnissa. Evon metsäkoulun oppilaiden joukossa, joista useimmat olivat aloittelijoita käytännöllisessä tukkipuiden luvussa, sensijaan liioitteluun taipuvainen arviointi oli yleisempää kuin varovainen, ja koko ryhmän arviointien keskiarvo osoittikin hieman oikeaa kuutiota korkeampaa tulosta.

Keskimääräinen virhe oli suurin Hiitolassa, jossa se nousi yli 15 %:n ja pienin evolaisilla n. $^1/_2$ %. Vähiten käytännöllistä kokemusta omanneet koehenkilöt suoriutuivat siis arvioinnista parhaiten. Kaikkien ryhmien virhesadannesten punnitsematon aritmeettinen keskiarvo oli —6.7 %.

Verrattaessa esillä olevan tutkimuksen tulosta muihin saman alan tutkimuksiin, nähdään, että tulos on kaikissa ollut samantapainen. Vuoristo (1936 a s. 161) on saanut seuraavan tuloksen verratessaan 132 tukkileimikon leimausarvioita ja luovutusmittaustuloksia toisiinsa: »Leimauskuutio on noin 64 %:ssa tapauksista ollut pienempi kuin todellinen kuutio ja 36 %:ssa tapauksista sitä suurempi». Silmämääräisesti arvioitu kuutio ei siis ole yhtä jyrkästi oikeaa pienempi kuin tässä tutkimuksessa, mutta suunta on sama. Pöntysen (1944 s. 174) aineisto taas osoitti, että ostajien suorittama arvio oli keskimäärin 3.2 % ja myyjän arvio 2.5 % pienempi kuin rantamittauksen tulos. Siinäkin virheprosentti on pienempi kuin esillä olevassa tutkimuksessa, mutta syy siihen voi olla myös keskikuution pienuudessa, kuten jäljempänä tullaan huomaamaan.

Metsänarvioimistieteellisessäkin kirjallisuudessa korostetaan yleisesti, että silmävaraisella arviolla saadut tulokset ovat jonkin verran todellisia kuutioita pienempiä (Holmerz 1876 s. 28—29, Ilvessalo 1930 s. 737—738, Müller 1936 s. 333). Myös valtakunnan metsien II arvioinnin tuloksista ilmenee, että silmämääräinen arvio on antanut sekä kuutiomääriä että kasvua arvioitaessa liian pieniä tuloksia. Kuutiomäärän on 24 arvioryhmän johtajasta 14 ja kasvun 15 arvioinut liian pieneksi (Ilvessalo 1942 s. 261).

Rungon pituus ja tukkien lukumäärä.

Rungon kuutio ja pituus ovat yleensä suoraan verrannollisia toisiinsa. Niinpä käyttöosan pituuden arvioinnissa sattuneet virheet ovat samanaiset kuin kuution arvioinnissakin, kuten taulukosta 2 nähdään.

Taulukko 2. Rungon käyttöosan pituuden arviointi eri arvioryhmissä.
Table 2. Appraisal of the length of the useful part of the trunk by different surveyor parties.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Arvioitu — *Appraised* %			Arviovirhe *Appraisal error*	
	liian pieneksi *too small*	liian suureksi *too large*	Yhteensä *Total*	jj. *ft.*	%
Hiitola	72.4	27.6	100.0	—1.41	—3.1
Ruotsinkylä, mhl	57.1	42.9	100.0	—0.58	—1.5
» mtt	80.0	20.0	100.0	—0.19	—0.5
» evol	29.5	70.5	100.0	+0.57	+1.5
Jyväskylä, mh	100.0	—	100.0	—2.64	—5.9
» mtj	84.8	15.2	100.0	—2.93	—6.6
Keskimäärin — *Average*	70.6	29.4	100.0		—2.7

Keskimääräinen arviovirhe on yleensä kaikkialla pienempi kuin kuutioarviossa. Sitä osoittaa myös, että pituuden on arvioinut liian pieneksi vain 70 % arviomehistä. Kaikkialla on kuitenkin suunta sama kuin

keskikuutionkin kohdalla. Virheen pienemmyys on helposti selitettävissä, sillä pituus on vain toinen kuutiosisällön laskemiseen tarvittava tekijä. Toinen on joku läpimitta (L ö n n r o t h 1927). Tukkipuiden arvioinnissa on myös vaikuttamassa muitakin virhelähteitä, joista tärkein on pölkytystapa, s. o. tukkien luku ja niiden pituus. Lisäksi on muistettava, että tässä on kysymys eri kokoisten runkojen arvioinnin keskiarvosta, joten eri suuntaiset virheet ovat tasoittaneet toisiaan.

Koska arvioidun kuutiomäärän poikkeaminen oikeasta oli suurempi kuin pituusarvion virhe mutta sen kanssa samansuuntainen, on odotettavissa, että arvioitu tukkien luku on pienempi, mutta tukit pitempiä kuin oikeassa apteerauksessa. Jos arviomiehet olisivat saaneet paljon lyhyitä tukkeja, olisi kuutiotulos ollut suurempi kuin oikea kuutio. Lyhyistä tukeista saadaan näet suhteellisesti suurempi kuutiotulos kuin pitkistä tukeista. Tukkien lukumäärä oli evolaisia lukuunottamatta jokaisessa ryhmässä arvioitu liian pieneksi, kuten taulukosta 3 selviää.

Taulukko 3. Tukkien lukumäärän arviointi.

Table 3. Appraisal of number of logs.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Tyvitukkien *Butt logs*	I latvatukkien *I Top logs*	II latvatukkien *II top logs*	III latvatukkien *III top logs*	Yhteensä *Total*
	suhteellinen lukumäärä (oikea = 100) *relative number (correct = 100)*				
Hiitola	100	101.6	74.9	12.3	91.3
Ruotsinkylä, mhl	100	100.3	90.6	19.6	97.3
» mtt	100	103.1	96.5	57.5	98.8
» evol	100	100.1	111.1	51.3	100.1
Jyväskylä, mh	100	98.8	60.8	6.0	89.3
» mtj	100	97.8	67.8	12.0	90.7
Keskimäärin — *Average*	100	100.3	83.6	26.5	94.6

T u k k i e n l u k u m ä ä r ä o n s i i s a r v i o i t u k e s k i m ä ä r i n 5.4 % l i i a n p i e n e k s i. Tukin aseman perusteella on havaittavissa selviä eroja, jotka ovat kaikissa ryhmissä suunnilleen samanlaiset. Luvut osoittavat, että pitkissä, monitukkisissa puissa tukkien luku on arvioitu liian pieneksi ja lyhyissä rungoissa taas liian suureksi.

Pituusarvion suhdetta oikeaan käyttöosan pituuteen verrattaessa havaitaan myös selvästi, että pituus on arvioitu lyhyissä rungoissa liian suureksi ja pitkissä rungoissa liian pieneksi. Pituusarvioita kuvaavat regressiosuorat olivat eri arvioryhmissä:

Hiitola ..... $y = 0.53\,x + 19.61$ $(r = +0.691 \pm 0.014)$
Ruotsinkylä, mhl ..... $y = 0.61\,x + 14.10$ $(r = +0.708 \pm 0.009)$
» mtt ..... $y = 0.74\,x + 10.40$ $(r = +0.820 \pm 0.018)$
» evol ..... $y = 0.76\,x + 9.01$ $(r = +0.796 \pm 0.008)$
Jyväskylä, mh ..... $y = 0.54\,x + 17.86$ $(r = +0.557 \pm 0.026)$
» mtj ..... $y = 0.56\,x + 16.57$ $(r = +0.502 \pm 0.022)$

Luvuista huomataan, että suorat kulkevat 16 jj:n kohdalla ainakin puolen tukin ja muutamissa kokonaisen tukin pituutta korkeammalla kuin oikeaa arviota osoittava suora. Se osoittaa, että pienistä rungoista on arvioitu saatavan yleensä kaksi tukkia todellisen yhden tukin sijasta. Kahden tukin puut on yleensä keskimäärin apteerattu oikein, mutta rungon pidetessä arvioitujen tukkien luku pienenee. Tämä voidaan kuvata kouriintuntuvasti laskemalla regressiosuorien avulla eri pituisille rungoille vastaava arviotulos (Taulukko 4).

Taulukko 4. Eri pituisten runkojen arvioitu pituus eri henkilöryhmissä.
Table 4. The appraised length of trunks of different length by different surveyor parties.

Oikea pituus jj *Correct length ft.*	Hiitola	Ruotsinkylä			Jyväskylä	
		mhl	mtt	evol	mh	mtj
	Arvioitu pituus, jj. — *Appraised length, ft.*					
20	30.2	26.3	25.2	24.2	28.7	27.8
30	35.5	32.4	32.6	31.8	34.1	33.4
40	40.8	38.5	40.0	39.4	39.5	39.0
50	46.1	44.6	47.4	47.0	44.9	44.6
60	51.4	50.7	54.8	54.6	50.3	50.0
70	56.7	56.8	62.2	62.2	55.7	55.7

Lyhyissä, 20 jj:n rungoissa ero on keskimäärin 7 jj, 40 jj:n rungot on arvioitu kaikkialla suunnilleen oikein, mutta 70 jj:n rungot on arvioitu yleensä yli 10 jj:aa liian lyhyiksi. Se osoittaa, että yli puolet arviomiehistä on arvioinut niissä tukkien lukumäärän liian vähäiseksi.

Esitetyt luvut osoittavat varsin hyvin, että pienissä rungoissa käyttöosan pituus on arvioitu oikeaa suuremmaksi ja suurissa rungoissa taas päinvastoin.

Tukkien pituus ja kuutiomäärä.

Tukkien pituuden arvioinnissa on suunta kaikkialla samanlainen. Pituus on arvioitu todellista suuremmaksi, kuten taulukko 5 osoittaa.

Taulukko 5. Tukkien arvioidut ja oikeat pituudet toisiinsa verrattuina.
Table 5. The appraised and correct length of logs compared with one another.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Pituus jj — *Length, ft.*		Virhe- — *Error* %
	oikea *correct*	arvioitu *appraised*	
Hiitola	16.67	17.71	+6.2
Ruotsinkylä, mhl	17.26	17.47	+1.2
» mtt	17.09	17.22	+0.8
» evol	17.26	17.48	+1.3
Jyväskylä, mh	16.88	17.80	+5.5
» mtj	16.88	17.40	+3.1
Keskimäärin — *Average*	17.01	17.51	+2.9

Arvioimisvirhe tukkien pituuden arvioinnissa on eri suuntainen kuin muiden e. m. tunnusten arviovirheet. Se johtuukin suoranaisesti edellisestä, tukkien lukumäärän arviovirheestä. On näet selvää, että tukkien luvun tultua arvioiduksi liian pieneksi, ei tukkien pituus voi kokeneilla arviomiehillä enää olla liian pieni.

Huolimatta tukkien pituuden yliarvioimisesta on odotettavissa, että tukkien kuutiomäärä on oikeaa pienempi. Tukin piteneminen näet aiheuttaa läpimitan pienenemisen. Läpimitassa taas tuuma vaikuttaa paljon enemmän kuutiotulokseen kuin pituudessa jalka. Esim. 14′ × 9″ tukkia (6.19 j³) vastaa kuutioltaan 18′ × 8″ tukki (6.28 j³) tai 24′ × 7 tukki (6.15 j³).

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että eräissä ryhmissä tukkien keskikuutiomäärää on arvioitu todellista pienemmäksi ja eräissä taas todellista suuremmaksi. Keskimäärin tukkien kuutio on arvioitu aivan oikein.

Taulukko 6. Tukkien arvioitu ja oikea kuutio toisiinsa verrattuna.
Table 6. The appraised and correct volume of logs compared with one another.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Tukin keskikuutio, j³ *Average volume of logs, cu. ft.*		Virhe — *Error* %
	oikea *correct*	arvioitu *appraised*	
Hiitola	5.35	5.08	—5.0
Ruotsinkylä, mhl	6.03	5.88	—3.0
» mtt	6.45	6.11	—5.3
» evol	6.03	6.06	+0.5
Jyväskylä, mh	4.50	4.80	+4.4
» mtj	4.50	4.70	+6.7
Keskimäärin — *Average*	5.48	5.44	—0.1

Kolmessa ensimmäisessä ryhmässä tukin kuutio on arvioinnissa saatu oikeaa tulosta pienemmäksi, mutta muissa taas suuremmaksi. Evolaisilla tämä onkin selvästi odotettavissa, mutta muiden ryhmien tulos ansaitsee erikoista tarkastelua osakseen. Taulukosta 3 nähdään, että juuri näissä kahdessa ryhmässä tukkien luku on arvioitu kaikkein pienimmäksi. Tukkien luvun vähetessä on tietenkin latvatukkeja jätetty pois, joten tyvitukkien osuus on suurempi kuin oikeassa tuloksessa. Tyvitukit ovat myös tukeista suurimpia, joten on hyvin ymmärrettävissä Jyväskylässä arvioineiden ryhmien saamat suuret tukin keskikuutiot.

Kuutioarvioinnin tarkkuuden riippuvaisuus rungon pituudesta.

Rungon kuutiosisältö ja pituus ovat yleensä suoraan verrannollisia toisiinsa. Edellä havaittiin, että käyttöosan pituus oli lyhyissä rungoissa arvioitu oikeaa suuremmaksi ja pitkissä oikeaa lyhyemmäksi. Kuutioarviointi osoittaa myös samanlaista riippuvaisuutta rungon käyttöosan

pituudesta. Eri henkilöryhmistä laskettiin kuutioarvion virheprosentit eri pituisissa rungoissa. Ne nähdään taulukosta 7. Jyväskylässä arvioineet ryhmät on jätetty taulukosta pois, koska heidän arvioimiensa puiden pituudet vaihtelevat vain hyvin vähän.

Taulukko 7. Kuutioarvion virheprosentit eri pituisissa rungoissa.
Table 7. The percentages of error in trunks of different length.

Arvioryhmä *Surveyor party*	Rungon käyttöosan pituus, jj — *Length of useful part of trunk, ft.*					
	16—25	26—35	36—45	46—55	56—65	66—75
	Virheprosentti — *Percentage of error*					
Hiitola	+20.9	—3.9	—6.6	—15.4	—18.7	—25.3
Ruotsinkylän, mhl	+16.9	—1.3	—4.2	—10.0	—13.7	—15.0
» mtt	+17.3	—2.3	—5.3	— 8.7	—10.7	—11.0
» evol	+11.8	+1.7	—3.2	— 4.0	— 4.2	— 5.3

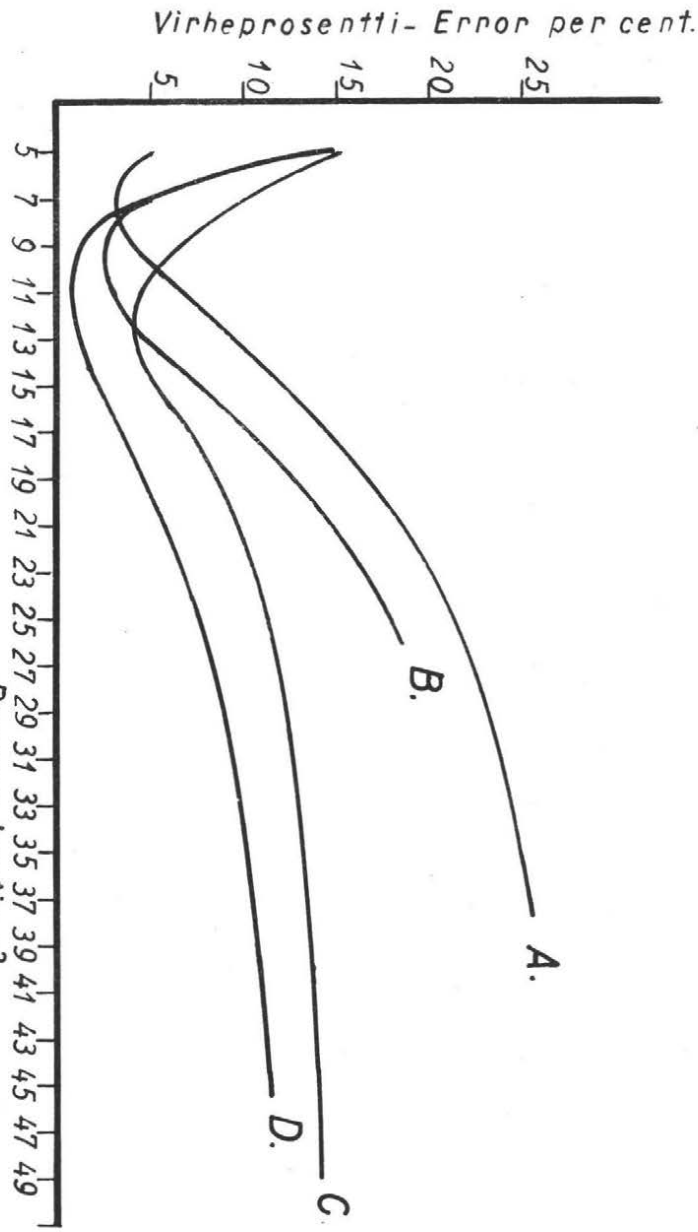
Nämä luvut osoittavat, että rungon pidetessä virheen lukuarvo ensin laskee, muuttuu positiivisesta negatiiviseksi ja alkaa sitten nousta. Vuoristo (1936 a s. 160) on tullut siihen tulokseen, että leimauskuution ja todellisen kuution erotus lisääntyy huomattavasti rungosta saadun tukkiluvun, ts. runkojen pituuden lisääntyessä.

Kuutioarvioinnin tarkkuuden riippuvaisuus rungon kuutiomäärästä.

Kuutioarviotulokset eivät ole kaikissa runkojen suuruusluokissa samanlaisessa suhteessa oikeaan mittaustulokseen. Kuten eri pituisia myös eri kuutioisiakin runkoja arvioitaessa arviovirheessä on havaittavissa hyvin selviä ja kaikissa ryhmissä samansuuntaisia eroavaisuuksia.

Virheen suuruus eri kuutioisten runkojen arvioinnissa nähdään piirroksesta 1. Siinä ilmenee, että jokaisen ryhmän arviovirhettä kuvaavat käyrät ovat muodoltaan melkoisesti toisiaan muistuttavia. Kaikille on yhteistä, että arviovirheprosentti laskee aluksi rungon suuretessa ja alkaa jälleen 7—13 j^3:n kohdalla nousta jyrkästi loiveten myöhemmin. Muutamilla paikoilla virheprosentti on suurimmissa rungoissa pienimpien runkojen arvoinnin virhettä suurempikin. Pöntynen (1944 s. 174) on saanut suunnilleen samanlaisen tuloksen.

Tulos tuntuu ensi näkemältä vaikeasti selitettävältä, sillä olisi odottanut, että pienet rungot, joista mitattu osa, tyvitukki, muodostaa suhteellisesti suuremman osan kuin suurista rungoista, olisi arvioitu tarkemmin kuin suuret. Vuoristo (1936 a s. 160) saikin arvioimisvirhettä kuvaavaksi käyräksi paraabelin, joka kohoaa aluksi huomattavan nopeasti, ja kohoaminen hidastuu rungon suuretessa. Hän selittää tuloksen seuraavasti: »Pienimmistä aineistossa olevista rungoista ei läheskään kaikista saada kahta tukkia ja arvioitu kuutiomäärä on kokonaiskuutioon verrattuna pieni. Rungon kuution jonkin verran suurentuessa lisääntyy



Piirros 1. Arvioinnisvirheen riippuvaisuus rungon kuutiosta eri tutkimuspaikoilla.

Figure 1. The dependency of appraisal errors on the cubical contents of the stem in different place of investigation.

A. Hiitola, B. Jyväskylä, C. Ruotsinkylä (78 stems), D. Ruotsinkylä (154 stems).

latvatukkien lukumäärä nopeasti ja arvion perusteella kuutioitava puumäärä lisääntyy suhteellisen nopeasti, ja samalla myös virhemahdollisuus kasvaa. Runkojen edelleen suurentuessa eivät ne enää keskimäärin kasva pituutta, vaan ainoastaan paksuutta, ja arvion perusteella kuutioitava suhteellinen puumäärän lisääntyminen hidastuu täten huomattavasti. Suhteellinen leimauskuution virhe seuraa täten selvästi arvion perusteella kuutioitavan rungon osan suhteellisen suuruuden vaihtelua.»

Esillä oleva tutkimus osoittaa kuitenkin ehdottomasti erilaista tulosta (vrt. P ö n t y n e n 1944). Arvion tarkkuus ei johdu yksinomaan arvioinnin varaan jäävän osan suhteellisesta suuruudesta, vaan tukkipuiden luvussa aiheutuu arviovirheitä myös apteerauksessa tapahtuneista virheistä. Virheen suuruus pienien runkojen arvioinnissa johtuneekin yksinomaan apteerauksesta, kuten edellä esitettiin. Niissä on tukkien lukumäärän arviointi ollut väärä kuten suurissakin puissa, mutta yhden tukin lisäys pienessä rungossa vaikuttaa suhteellisesti paljon enemmän kuin yhden tukin vähennys suuressa rungossa.

Taulukosta 3 ja 4 (s. 7 ja 8) havaittiin jo, että lyhyet rungot on arvioitu yleensä oikeaa pitemmiksi ja pitkät rungot taas oikeaa lyhyemmiksi. Kun kuutiomäärän ja pituuden välillä on olemassa selvä positiivinen korrelaatio, on selvää, että myös pienikuutioiset rungot on arvioitu liian suuriksi ja suurikuutioiset taas liian pieniksi, kuten taulukosta 8 ilmeneekin.

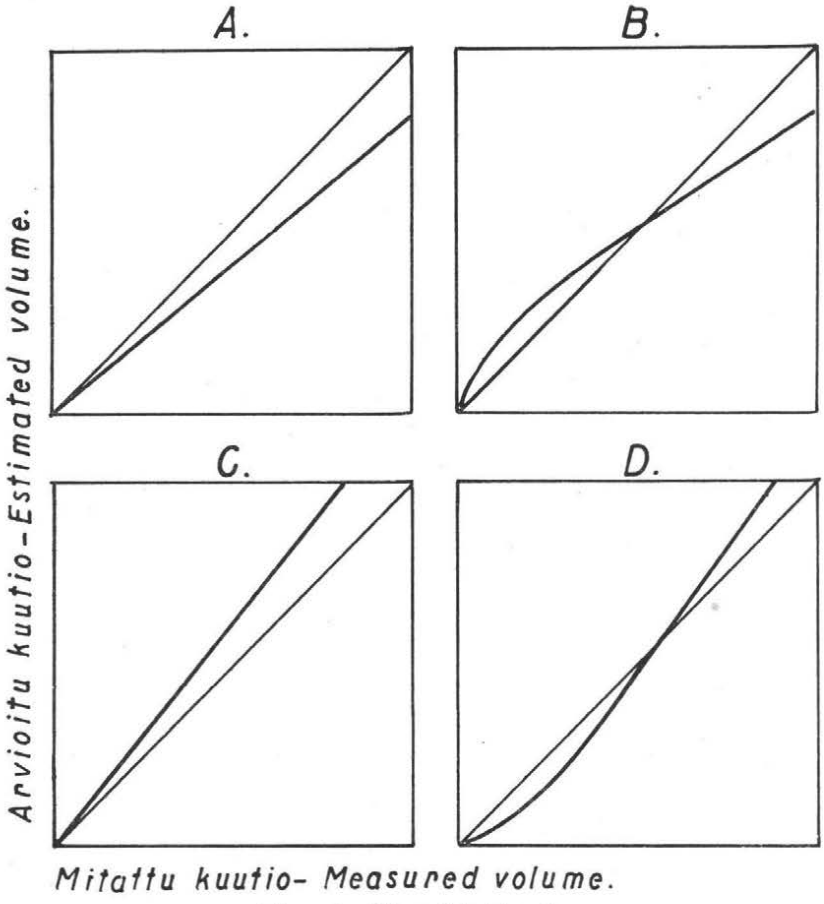
Taulukko 8. Rungon kuution vaikutus silmämääräisen kuutioarvioinnin tarkkuuteen.

Table 8. Effect of cubical contents of trunks on accuracy of visual estimate of volume.

Arvioimisryhmä *Surveyor party*	Rungon kuutio, j^3 — *Volume of trunk, cu. ft.*					
	6	10	14	18	22	26+
	Virheprosentti — *Percentage of error*					
Hiitola	+ 3.7	—7.8	—13.0	—15.7	—20.2	—24.3
Ruotsinkylä, mhl	+ 6.6	—2.1	— 3.3	— 7.2	—14.1	—11.7
» mtt	+13.2	—5.8	— 3.7	— 9.1	—13.2	—10.6
» evol	+12.2	+1.7	+ 0.2	+ 0.2	— 7.3	— 3.0
Jyväskylä, mh	+ 8.6	—2.3	— 5.7	—11.8	.	—18.0
» mtj	+ 1.7	—3.8	— 4.9	—13.1	.	—17.7

Taulukosta 8 nähdään, että virhe kuutioarviossakin on kaikkialla pienimpien runkojen kohdalla positiivinen ja suurissa rungoissa taas negatiivinen. Toisin sanoen: P i e n e t r u n g o t o n a r v i o i t u l i i a n s u u r i k s i j a s u u r e t l i i a n p i e n i k s i. Rajakohta vaihtelee eri ryhmillä jonkin verran. Hiitolassa, metsähallituksen miehillä ja Jyväskylän metsätyönjohtajilla se on 7—8 j^3:n kohdalla, mtt:n miehillä ja Jyväskylän metsänhoitajilla 8—9 j^3:n kohdalla ja Evon oppilailla n. 15 j^3:n kohdalla. P ö n t y n e n (1944) sai aineistostaan täksi rajakohdaksi 7—8 j^3:n keskikuution.

Näyttää siis yleensä siltä, että arvioitsijat ovat pyrkineet tasoittamaan eri runkojen kuutioissa olevia eroja. Mainittua keskiarvoon pyrkimystä kuvaavat selvästi myös eri miesten arvioimistyypit (vrt. L ö n n r o t h 1919 s. 121, M i k o l a 1945 s. 63, I l v e s s a l o 1930 s. 737), joita voidaan tutkimusten tulosten perusteella erottaa (Piirros 2):



Piirros 2. Eri arvioimistyypit.
Figure 2. Different surveyor types.
A. varovainen tyyppi, *cautious type*, B. tasoittava tyyppi, *moderating type*, C. rohkea tyyppi, *bold type*, D. Äärimmäinen tyyppi, *extreme type*.

1. V a r o v a i n e n t y y p p i, joka arvioi kaikki rungot liian pieniksi.
2. R o h k e a t y y p p i, joka arvioi kaikki rungot liian suuriksi.
3. T a s o i t t a v a t y y p p i, joka arvioi pienet rungot liian suuriksi ja suuret liian pieniksi.
4. Ä ä r i m m ä i n e n t y y p p i, joka arvioi pienet rungot liian pieniksi ja suuret rungot liian suuriksi.

Eri arvioimisten sijoittaminen näihin tyyppeihin ei ole aina helppoa, mutta ilman mainittavaa väkivaltaa saatiin arviomiesten jakaantumista eri tyyppeihin osoittamaan taulukosta 9 nähtävät sadannekset.

Taulukko 9. Arvioimistyypit eri arvioimisryhmissä.

Table 9. Surveyor types in different surveyor parties.

Arvioryhmä *Surveyor parties*	Varovainen tyyppi *Cautious type*	Rohkea tyyppi *Bold type*	Tasoittava tyyppi *Moderating type*	Äärimmäinen tyyppi *Extreme type*	Yhteensä *Total*
	%				
Hiitola	41.4	—	58.6	—	100.0
Ruotsinkylä, mhl	—	—	100.0	—	100.0
» mtt	—	—	100.0	—	100.0
» evol	2.1	22.4	73.4	2.2	100.0
Jyväskylä, mh	—	—	100.0	—	100.0
» mtj	48.5	6.0	45.5	—	100.0
Keskimäärin — *Average*	19.9	8.9	70.5	0.7	100.0

Tasoittava, taioikeammin keskiarvoon pyrkivä tyyppi, on ylivoimaisesti yleisin. Seuraavana on varovainen tyyppi. Muut ovatkin hyvin harvinaisia. Sekin osoittaa, että keskiarvoon pyrkiminen on yleensä sanellut arvioiden suunnan. Sama havaitaan jokaisen miehen arviosta lasketuista korrelaatiokertoimista ja regressiosuorien yhtälöistä (Lindeberg 1927). Kunkin henkilöryhmän arviointien yhteisten regressiosuorien [1]) yhtälöt olivat seuraavat:

Hiitola ..... $y = 0.739\,x + 1.824$ $(r = 0.931 \pm 0.009)$
Ruotsinkylä, mhl ..... $y = 0.838\,x + 1.456$ $(r = 0.953 \pm 0.002)$
» mtt ..... $y = 0.863\,x + 1.044$ $(r = 0.961 \pm 0.004)$
» evol ..... $y = 0.936\,x + 0.912$ $(r = 0.959 \pm 0.001)$
Jyväskylä mtj ..... $y = 0.796\,x + 1.682$ $(r = 0.845 \pm 0.009)$
» mh ..... $y = 0.749\,x + 2.343$ $(r = 0.859 \pm 0.010)$

Jos arvio olisi täysin oikea, regressiosuoran yhtälö olisi $y = x$. Näin ei kuitenkaan ollut laita yhdessäkään tapauksessa, vaan kaikki suorat kulkevat oikeaa arviota osoittavan suoran yläpuolella pienten tukkien kohdalla ja alapuolella suurten tukkien kohdalla.

Keskiarvoon pyrkimisen syytä lienee vaikea perusteellisesti selvittää, mutta tuntuu siltä, että tottumuksella on siihen suuri vaikutus. Jokaisella miehellä on jonkinlainen kuva keskikokoisesta, yleisimmin esiintyvästä rungosta niillä alueilla, joilla hän joutuu toimimaan. Hänellä on myös selvillä, montako tukkia tuollaisesta puusta saadaan, joten apteerauksessa ei tapahdu sanottavia virheitä. Sensijaan pituuden ja läpi-

[1]) Tässä on ilmoitettu regressiosuorien yhtälöt, koska ne kuvaavat aivan hyvin tasoitusviivojen suuntaa. Nämä viivat näet saadaan regressiosuorista yhdistämällä ne alapäästään origoon.

mitan arviointi tuo tullessaan eri miehillä heidän kyvystään riippuvia virheitä. Kun runko pienenee tai suurenee tästä »keskipuusta», arviomies ei jaksa käsittää muutosta yhtä suureksi, mitä se todellisuudessa on. Hänellä on koko ajan mielessään vain tuo »keskipuu», jonka suuruiseksi hän koettaa tahtomattaan arvioida kaikki rungot.

Regressiosuorien suunta on kaikissa ryhmissä jokseenkin saman tapainen. Kuitenkin on selvästi huomattavissa, että Hiitolassa ja Jyväskylässä erot arvion ja oikean kuution välillä ovat suurimmat, sillä regressiosuoran kulmakerroin on siellä pienin. Suora tekee siis suuremman kulman oikeaa arviota osoittavan suoran kanssa kuin muualla. Paras arvio on ollut Evon metsäkoulun oppilailla.

Arvion tarkkuutta on pidettävä keskimäärin melko hyvänä, sillä korrelaatiokertoimen arvo on lähellä yhtä, joka osoittaa täydellistä riippuvaisuutta. Mainittakoon myös, että valtakunnan metsien toisessa arvioinnissa korrelaatiokertoimien keskiarvo oli kuutiomäärän arvioinnissa 0.927 ± 0.008 (Ilvessalo 1942 s. 55). Tämän aineiston koehenkilöt ovat suorittaneet tukkipuiden arvioinnin Jyväskylää lukuunottamatta suuremmalla tarkkuudella.

Käytännöllisiä näkökohtia.

Tukkipuiden pystyynarvio, joka suoritetaan tavallisesti leimauksen yhteydessä, on erittäin tärkeä kaupallinen mittaustoimitus, joka tulisi voida suorittaa mahdollisimman suurella tarkkuudella. Tutkimuksen tulokset sen sijaan osoittavat, että tukkipuiden lukua paljon suorittaneidenkin henkilöiden joukossa on miehiä, joiden arviotulokset ovat sangen virheellisiä. Lisäksi havaittiin, että pienet rungot oli usein arvioitu todellista suuremmiksi ja suuret oikeaa pienimmiksi, mikä näyttää johtuvan miltei yksinomaan runkojen pituuden väärästä arvioinnista. Tämä säännönmukaisuus lisää sitä epäoikeudenmukaisuutta, joka on vallalla eri kokoisten tukkien hintasuhteissa (Vuoristo 1936 b). Havaittu virheiden voimakas systemaattisuus helpottaa toisaalta suuresti niiden korjaamista.

Tukkipuiden pystyynarvioinnin harjoitteluun ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota, vaikka arvioimistieteellisessä kirjallisuudessa yleisesti korostetaankin, että silmämääräistä arviointia ei voida ilman perusteellista harjoittelua menestyksellisesti soveltaa käytäntöön (Kunze 1873 s. 112, Lönnroth 1919 s. 120, Müller 1923 s. 320, Petrini 1937 s. 54, Mikola 1945 s. 61). Sanotaan, että käytäntö opettaa miehen arvioimaan tukkipuitakin oikein, mutta, kun ei ole olemassa kiinnekohtaa, johon arviotuloksiaan vertailisi, käytännön opetus johtaa useimmiten vain alunperin esiintyneiden virheellisyyksien yhä voimakkaampaan omaksumiseen (vrt. Mikola 1945 s. 62). Tutkimuksen tuloksetkin osoittivat, että kokeneilla arviomiehillä arviovirheet olivat suuremmat ja virheiden suunta selvempi kuin metsäkoulun oppilailla.

Jotta tukkipuiden pystyynarvio saataisiin nykyistä vankemmalle pohjalle, olisi pyrittävä sekä perus- että jatkokoulutuksessa kiinnittämään entistä enemmän huomiota myös metsäammattimiesten arvioimiskyvyn kehittämiseen harjoittelun avulla. Siihen onkin olemassa monia mahdollisuuksia. Eräs tapa on mitata koulutuspaikkojen metsäalueilla koeleimikoita, joiden arvioinnin tuloksista voidaan laskea regressiosuorat jokaiselle arvioinnin suorittajalle. Niiden antamien tietojen pohjalta miehet voisivat tarkastella omia arviointejaan ja korjata niitä oikeaan suuntaan. Erittäin hyvin voidaan harjoittelua suorittaa

hakkuiden yhteydessä niin, että rungot arvioidaan ensin pystyyn ja arviointi tarkistetaan sitten kaadon jälkeen tapahtuvan pölkytyksen avulla. Myös arvioimistoimitusten yhteydessä on mahdollisuus arvioimiskyvyn tarkistamiseen koepuita kaatamalla, ja sitä pitäisi käyttää mahdollisuuksien mukaan hyväksi.

Arvioimisen tarkkuutta voidaan lisätä myös käyttämällä erinäisiä apuvälineitä. Tutkimuksen mukaan johtuvat arvioimisvirheet yleensä yksinomaan käyttöosan pituuden virheellisestä arvioinnista, joten pituusmittaukset arvioinnin yhteydessä lisäävät tulosten luotettavuutta varsin merkittävästi. Onkin suositeltavaa, että arviomies ainakin silloin tällöin tarkistaisi hypsometrillä puun pituuden, jolloin selviäisi kuinka oikein käyttöosa on arvioitu. Tarkoitusta varten tulisi hypsometrin olla varustettu jalkajaoituksella, mutta myös metrijaoituksella oleva hypsometri on täysin käyttökelpoinen, vaikka sen käyttö aiheuttaa hieman lisälaskuja. Tukkipuiden arvioimista varten on konstruoitu erinäisiä apuvälineitä, joista mainittakoon Vuoriston ja Liuksialan pölkyttäjä.

Arvioimisen tarkkuuden lisäämiseksi on laadittu myös aputaulukkoja, joiden käytöstä voi joissakin tapauksissa olla hyötyä.

Apteerausvirheiden suuri merkitys arviointien epätarkkuuksiin taas kehoittaa koulutuksessa kiinnittämään huomiota myös apteerauksen harjoitteluun ja opetukseen. Osittain se voitaisiin jatkokoulutuksen yhteydessä toimeenpanna apteerauskilpailuina, joita Ruotsissa on viime aikoina harrastettu. Ne suoritettaisiin pystyynarvioinnista erillään ja niitä olisi järjestettävä sekä varsinaisille metsäammattimiehille että metsätyömaiden jakomiehille. Erittäin tärkeää pystyynarvioinnin tarkkuuden lisäämiseksi on myös se, että apteerausohjeet saataisiin yhtenäistetyiksi niin laajassa määrin kuin mahdollista.

Kirjallisuutta.

Belyea, Harald C. 1931. Forest measurement. New York.

Cajanus, W. 1917. Silmämääräisen arvion luotettavuudesta. Esitelmä Suomen metsätieteellisen seuran kokouksessa 22. 2. 1913 AFF 9 s. 96. Helsinki.

Egermark, M. 1936. Hjälptabeller för trädtaxering. Stockholm.

Fredenberg, Karl 1892. Om uppskattning av timmerskog. Stockholm.

Holmerz, C. G. 1876. Studier i skogstaxation. Stockholm.

Ilvessalo, Yrjö 1930. Käytännölliset metsäarvioimistavat. Maa ja Metsä IV. ss. 727—751. Porvoo.

—»— 1935. Käytännöllisistä metsänarvioimistavoista. Metsänhoitajien jatkokurssit I ss. 1—12. Helsinki.

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. Metsänhoitajien jatkokurssit IV ss. 20—37. Helsinki.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi MTJ 30. Helsinki.

Jonson, Tor 1929. Massatabeller för träduppskattning. Femte reviderade och utökade upplagan. Stockholm.

Kunze, Max 1873. Lehrbuch der Holzmesskunst. Berlin.

Lindeberg, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käyttö tilastotieteessä. Helsinki.

Linnamies, Olavi 1944. Havaintoja metsikön kuutiomäärän ja kasvun silmävaraisesta arvioimiskyvystä. MA ss. 129—132.

Löfgren, C. A. 1920. Tabeller för utbytesberäkning och kubering av ståndskog efter formpunktsmetoden. Stockholm.

Lönnroth, Erik 1917. Tavasta arvioida tukkipuita. Esitelmä Suomen metsätieteellisen seuran kokouksessa 19. 4. 1916. AFF 7 ss. 182—183. Helsinki.

—»— 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. (Moniste). Uimaharju.

—»— 1927. Über Stammkubierungsformeln. Helsinki.

Mattsson, L. 1916. Hjälpreda vid aptering av ståndskog. SST ss. 557—562.

Mikola, Peitsa 1945. Metsänarvioimisen harjoitustöiden ohjeet. (Moniste). Helsinki.

Müller, Ado 1923. Lehrbuch der Holzmesskunde. Leipzig.

Müller, G. 1936. Über den mittleren Okularschätzungsfehler bei der Holzmassenermittlung in Sachsen. Thar. F. Jb. ss. 327—344.

Petrini, Sven 1937. Skogsuppskattning och skogsekonomi. Stockholm.

Pöntynen, V. 1944. Sahapuiden pystyynarvion tarkkuudesta. MA. ss. 172—175.

Ronge, E. W. 1917. Om grafiska utbytestablåer. SST ss. 811—832.

—»— 1919. Om grafiska utbytestablåer. Skogen ss. 41—59, 69—84.

Tirén, Lars 1935. Om aptering för ernående av största möjliga toppmätta kubikmassa. SST ss. 113—148.

Vuoristo, Ilmari 1932. Sahatukkien arvosuhteista. Tapio ss. 474—479.

—»— 1936 a. Kuutioarvion tarkkuus tukkipuiden leimauksessa. MA ss. 158—161.

—»— 1936 b. Tutkimuksia sahatukkien arvosuhteista I. Tukkien latvaläpimitan vaikutus sahaustuloksen myyntihintaan. MTJ. 23. 3. Helsinki.

THE ACCURACY IN APPRAISAL OF THE VOLUME OF PINE TIMBER TREES.

Summary.

Preamble (pp. 1—2)

The purpose of the investigation was to establish the reliability of visual estimate of the volume of timber trees in different conditions. It was above all endeavored to establish the effect of certain factors, such as the length of the trunk and its cubical contents, on the accuracy of the appraisal.

The Method of Investigation and the Material (pp. 3—4).

The investigation was conducted in 1937 in three different experimental marked stands, in which groups of forestry experts, altogether 146 men, appraised the measured trees. The number of test trees in the different marked stands was, as follows: Hiitola 45, Jyväskylä 34 and Ruotsinkylä 155.

For the appraisal, the top measure and length of the butt log were given to the surveyors, but they had to estimate visually the length and the diameter of the other logs. This method is the most commonly used in Finland in appraisal of timber trees. The appraisal results were checked by measuring the standing trees from a ladder. It was endeavored, in the appraisal as well as in the measuring, to obtain a large volume, however, without neglecting quality requirements.

Investigation Results (pp. 4—21)

In general the average trunk volume was estimated too low (Table 1). More than $^4/_5$ of the surveyors had too low volume results. Similar results have been achieved by other investigators of visual estimate.

The same trend as above was observable in appraisal of the length of the useful part of the trunk, but not as pronounced (Table 2). The number of logs was estimated somewhat too low. Table 3 shows that in tall trees with many logs the number of logs was estimated too low, whereas in short trunks the number was estimated too high. Also the length of the useful part of the trunk was estimated too great in short trunks and too small in long trunks (Table 4).

Each surveyor party estimated the length of logs too great (Table 5), but no clear trend discernible as to errors made by the parties in estimating the volume of logs (Table 6).

The accuracy of the appraisal of volume of the trunk is dependent on the length of the trunk in the same manner as the accuracy of the appraisal of length of the trunk (Table 7). As the trunk becomes longer, the error figure diminishes, changes from positive to negative, and begins to grow again. The same can be observed when the effect of volume on the accuracy of the appraisal is studied (Fig. 1, Table 8). Thus, the accuracy of appraisal is not dependent solely on the relative size of the part to be appraised, but appraisal errors are also made when the number of logs into which the timber tree can be cut is to be estimated, f. e. from a short trunk too many logs and from a long trunk too few logs.

The types of men who participated in the survey (Fig. 2) demonstrate clearly that a trend towards average results prevails (Table 9). The moderating type, or rather the one endeavoring to reach average results, predominates. Next comes the cautious type.

The equations of the regression lines (p. 17) corresponding to the medial lines of the estimates of the various survey parties also reveal that large trees everywhere have been estimated too small and small trees too large.

The accuracy of the survey must on the whole be regarded as relatively good considering that the value of the correlation coefficient is close to 1.

Practical Viewpoints (pp. 21—22).

In Finland the appraisal of standing saw timber has great commercial significance and it should be endeavored to attain as great accuracy as possible in it. The following methods should be employed to reach this end:

1. Training in appraisal of standing timber.
2. Coordination of instructions for estimating the number of logs to be cut from a trunk and training in estimating.
3. Use of hypsometer as aid in appraisal.
4. Use of auxiliary tables.