METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

54

HELSINKI 1963

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

54

HELSINKI 1963

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

54

54.1 Tiihonen, Paavo, 1961. Männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukot. Deutsches Referat: Ausbauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke ..... 1—76

54.2 Sirén, Gustaf, 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid. Summary in English ..... 1—66

54.3 Saarnijoki, Sakari, 1961. Untersuchungen über die Vererbung der Blattform bei einigen in Parken gezogenen schlitzblättrigen Birken. Selostus: Tutkimuksia eräiden puistoissa viljeltyjen liuskalehtisten koivujen lehtimuodon periytymisestä ..... 1—70

54.4 Hakkila, Pentti, 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Summary: Forest seasoning of wood intended for fuel chips ..... 1—82

54.5 Juutinen, Paavo, 1962. Tutkimuksia metsätuhojen esiintymisestä männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa. Deutsches Referat: Untersuchungen über das Auftreten von Waldschäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands ..... 1—80

54.6 Hakkila, Pentti, 1962. Kesäaikana valmistetun haapapaperipuun kuivumisesta ja lahoamisesta. Summary: On the seasoning and decay of aspen pulpwood prepared in summertime ..... 1—34

MÄNNYN, KUUSEN JA KOIVUN KAPENEMIS-TAULUKOT

PAAVO TIIHONEN

AUSBAUCHUNGSTAFELN FÜR KIEFER, FICHTE UND BIRKE

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1961

Helsinki 1962. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat.

Männyn, kuusen ja koivun runkomuotoa kuvaavien kapenemistaulukoiden laadintaa koskevat tutkimukset aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksessa syystalvella 1953. Ensimmäisenä tuloksena valmistuivat männyn kapenemistaulukot, jotka julkaistiin vuoden 1961 alussa. Kuusen ja koivun taulukoiden valmistuttua on tulokset koottu tähän julkaisuun kaikkien kolmen puulajin kapenemistaulukot käsittäväksi tutkimukseksi.

Saadessani esimieheltäni, Suomen Akatemian jäseneltä, professori Yrjö Ilvessalolta tehtäväkseni kapenemistaulukoiden valmistamisen, sain samalla käyttööni Metsäntutkimuslaitoksessa säilytetyn »Pystypuiden kuutioimistaulukoiden» koepuuaineiston sekä myöhemmin tarpeellista vertailuaineistoa pysyviltä koealoilta. Tämän merkittävän tuen lisäksi professori Ilvessalo on usean vuoden aikana monin eri tavoin ohjannut tutkimustyötäni. Kaikesta tästä voin esittää vain kunnioittavat kiitokseni.

Osoitan kiitokseni myös professori Paavo Arolle, joka jälleen on ystävällisesti lukenut tutkimuksen käsikirjoituksen ja antanut arvokkaita ohjeita.

Haluan edelleen toistaa lämpimät kiitokseni monille Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston palveluksessa sekä varhemmin olleille että osastossa edelleen toimiville henkilöille, jotka männyn kapenemistaulukoiden laadintatyön ohella ovat eri tavoin osallistuneet myös tähän tutkimukseen.

Fil. tohtori Nic. von Mend on suorittanut tutkimukseen liittyvän selosteen kääntämisen saksankielelle. Parhaat kiitokseni siitä. Vielä osoitan kiitokseni Metsäntutkimuslaitokselle, joka on ottanut tutkimukseni julkaisusarjaansa.

Helsingissä lokakuussa 1961.

Paavo Tiihonen

Sisällysluettelo

Johdanto 5

Kapenemistaulukoiden laadintaa koskevassa tutkimuksessa käytettyjen tunnusten merkinnät 6

Tutkimusaineisto 8

Kapenemistaulukoiden laadinta 14

- Yleistä 14
- Luokitusperusteet 15
- Tasoitusmenetelmä 16

Kapenemistaulukoiden käyttö 20

Kapenemistaulukoiden luotettavuus 23

- Perustarkastelut 23
- Hajonta- ja keskivirheluvut 24
- Tarkistuslaskelmat 26

Männyn, kuusen ja koivun runkomuotojen vertailua 29

- Yleistä 29
- Kapenemissarjojen luonnehtimat erot ja yhdenmukaisuudet 30
- Rinnankorkeusläpimitan ja kapenemisen keskiarvojen tarkastelua 33
- Kuoren paksuuden tarkastelua 36

Kirjallisuusluettelo 38

Deutsches Referat 40

Kapenemistaulukot 46

- Mänty 47
- Kuusi 57
- Koivu 67

Johdanto

Puun arvon, etenkin sahapuiden kysynnän lisääntyessä on ilmennyt, että puiden kuutioimistaulukoiden rinnalle tarvitaan sellaisia taulukoita, jotka helpottavat kokonaiskuutiomäärää pitemmälle menevää puun rungon kuvaamista, mittausta ja arvioimista. Tällaisten taulukoiden, joita sanotaan rungon kapenemistaulukoiksi, valmistaminen onkin kauan ollut Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston työohjelmassa. Osasto uskoi v. 1953 tämän kirjoittajalle männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukoiden valmistamisen siten suoritettavana, että taulukoiden laadinta perustetaan mikäli mahdollista Ilvessalon (1947) »Pystypuiden kuutioimistaulukoiden» aineistoon, sitä tarvittaessa täydentäen, ja että taulukot sopivasti liittyisivät mainittuihin kuutioimistaulukkoihin. Jotta samalla voitaisiin mahdollisuuksien mukaan helpottaa kapenemistaulukoiden lisäksi osaston työohjelmassa olevien puutavaralajitaulukoiden laatimista, täsmennettiin tutkimustehtävän tavoite siten, että sen tarkoituksena oli sellaisten kapenemistaulukoiden laadinta, joihin perustuen voidaan myöhemmin valmistaa myös tarvittavat puutavaralajitaulukot.

Tutkimukseen ryhdyttäessä tehtävä osoittautui niin laajaksi, että yksityiskohtaiset tutkimukset oli aluksi rajoitettava mäntyyn, jonka koepuuaineisto oli suurin ja kaipasi kuuseen ja koivuun verrattuna huomattavasti vähemmän välttämätöntä täydennystä. Kuusen ja koivun koepuuaineiston täydennyksen jälkeen suoritettiin niistä vastaavat tutkimukset. Tutkimuksissa kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, oliko kapenemistaulukot mahdollista laatia kaikille kolmelle puulajille samanlaisia laadintaperusteita käyttäen.

Männyn kapenemistaulukot valmistuivat v. 1958. Niiden tunnukset eli luokitusperusteet olivat: pituus, kapeneminen ja rinnankorkeusläpimitta sekä osittain vain pituus ja kapeneminen. Kun kuusen ja koivun osalta jatketuissa tutkimuksissa ilmeni, että näiden puulajien kapenemistaulukoiden laatiminen näytti olevan mahdollista samanlaista menetelmää käyttäen kuin männylle, katsottiin tarkoituksen mukaiseksi rajoittaa perustutkimus mäntyyn ja julkaista männyn kapenemistaulukot erillisenä julkaisuna (Tiihonen 1961).

Kuusen taulukot valmistuivat lopullisina keväällä 1960 ja koivun vuoden 1961 alussa. Tähän julkaisuun on koottu kaikkien kolmen puulajin kapenemistaulukot. Niiden perusteeksi ja täydennykseksi tarkastellaan suppeasti tutkimusaineistoa, kaikille puulajeille yhdenmukaista taulukoiden laadintamenetelmää ja taulukoiden käyttöä sekä taulukoiden luotettavuutta. Esityksen supistamista silmällä pitäen tyydytään useiden yksityiskohtaisten tarkastelujen osalta viittaamaan männyn kapenemistaulukoiden laadintaan. Lopuksi suoritetaan tarkasteltujen puulajien runkomuotojen vertailua, josta ilmenee, millaisia eroja ja yhdenmukaisuuksia todennäköisesti on kuorellisen männyn, kuusen ja koivun runkomuotojen välillä.

Kapenemistaulukoiden laadintaa koskevassa tutkimuksessa käytettyjen tunnusten merkinnät

Taulukoita edeltävässä tutkimuksen selostuksessa käytetään Metsäntutkimusjärjestöjen kansainvälisen liiton (International Union of Forest Research Organizations 1959) suosittelemia seuraavanlaisia merkintöjä.

d = rinnankorkeusläpimitta

d_6 = läpimitta 6 m:n korkeudelta

$d_{0.1\,h}$ = läpimitta rungon kymmenesosakorkeudelta

h = pituus

s = keskihajonta

$s_{\bar{x}}$ = keskiarvon keskivirhe

sekä lisäksi rungon kapenemista koskevana merkintänä $d—d_6$ = rinnankorkeusläpimitan ja 6 m:n korkeudella sijaitsevan läpimitan erotus.

Kaikki läpimitat tarkoittavat kuorellisia läpimittoja, ja niiden mittauskorkeuden, samoin kuin pituuden, mittauksen alkamiskohta on puun juurenhaarojen määrittämä alin mahdollinen kaatokorkeus siten kun sitä on sovellettu pystypuiden kuutioimistaulukoissa.

Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto tarkistettiin kaikilta osiltaan ja pienimmäksi pituusluokaksi otettiin 8 m:n luokka, 7.6—8.5 m, josta alkaen kapenemisen määrittämisessä ylempi läpimitta mitataan 6 m:n korkeudelta (Ilvessalo 1947, s. 10). Pisimmät, yli 30.6 m:n koepuut, sekä kuusista ja koivuista 10.6 cm:ä voimakkaammin kapenevat rungot jätettiin tutkimuksesta pois, koska niiden lukumäärä oli aivan vähäinen.

Tarpeellinen tutkimusaineiston täydentäminen suoritettiin v. 1954 ja 1955. Täydennyksen tarpeen selvittämiseksi Ilvessalon kuutioimistaulukoiden koepuuaineisto ryhmitettiin tässä tutkimuksessa sovellettaviin luokkiin. Muodostettuihin luokkiin kertyneiden koepuumäärien tarkastelun ohella nojauduttiin myös kapenemissarjojen laadintaa koskeviin alustaviin tutkimuksiin. Lisäksi pyrittiin selvittämään yksityisten d-luokkien jakaantumien todennäköiset laajuudet eri pituus- ja kapenemisluokissa. Tämä tarkastelu suoritettiin III:n valtakunnan metsien inventoinnin (Ilvessalo 1956) koeala-aineistosta poimitun koepuunäytteen perusteella.

Suoritettujen tarkastelujen ja vertailujen tuloksena todettiin, että koivuaineisto kaipasi suurinta täydennystä. Seuraavana oli kuusi, ja vähiten tarvittiin välttämätöntä täydennystä mäntyaineistoon. Kaikkiaan kerättiin 67 mänty-, 640 kuusi- ja 1 604 koivukoepuuta, siis yhteensä 2 311 koepuurunkoa.

Mäntyaineiston vähäinen täydennys käsitti voimakkaasti kapenevia runkoja. Näin oli huomattavassa määrin myös kuusen laita. Täydennys muodostui työlääksi, sillä mainitunlaisten runkojen keruu osoittautui mahdolliseksi vain pienissä erissä hyvin useilta hakkuutyömailta. Koivuaineiston täydennys käsitti vaihtelevanmuotoisia mutta yleensä pitkiä, 18—25 m:n puita. Täydennysaineiston keruussa noudatettiin Ilvessalon (1947, s. 8—9) soveltamia mittaustapoja, mutta rajoituttiin tätä tutkimusta varten tarpeellisiin mittauksiin, jotka olivat:

1. puun koko pituus;
2. rinnankorkeusläpimitta kuoren päältä;
3. kuorelliset läpimitat mittauskorkeuksilta: 0.5, 1.5, 2.5 ..... jne. aina 1 m:n välein, jos puun pituus oli $\leq$ 12 m, sekä 0.5, 2.4..... jne. aina 2 m:n välein, jos pituus oli $>$ 12 m;
4. edellisessä kohdassa mainituista lyhyistä puista läpimitta myös 6 m:n korkeudelta;
5. kaksinkertainen kuoren vahvuus mainituilta korkeuksilta;
6. tuoreen latvuksen alarajan korkeus.

Pituuden, latvuksen alarajan korkeuden ja läpimittojen mittauskorkeuden alkamiskohta oli puun juurenhaarojen määrittämä alin mahdollinen katkaisukohta (Ilvessalo 1947, s. 8). Pituus mitattiin yli 12 m pitkistä puista dm:n ja lyhyemmistä ½ dm:n tarkkuudella. Jokaisen mittauskorkeuden läpimitta mitattiin kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa mm:n tarkkuudella. Kapenemissarjojen laadinnassa käytettiin läpimittojen keskiarvoa.

Täydennettynä tutkimusaineisto käsitti taulukosta 1 nähtävät lukumäärät eri puulajien koepuurunkoja. Kapenemistaulukoita laadittaessa ilmeni, että aineisto oli tyydyttävän suuri, joskin runsaampi koepuumäärä eräissä yksityisissä luokissa olisi ehkä helpottanut ko. kapenemissarjojen laadintaa.

Taulukot 1, 2 ja 3 valaisevat suppeasti tutkimusaineiston rakennetta. Taulukoiden supistamiseksi tutkimuksessa sovellettuja pituus- (luokkaväli 1 m) ja d- (luokkaväli 2 cm) luokkia on yhdistetty ryhmiksi. Taulukko 1 osoittaa aineiston jakaantumista muodostettuihin pituusluokkaryhmiin ja niissä edelleen kapenemisluokkiin. Kapenemis- ja d-luokista käytetään nimitettä luokka, vaikka tässä tutkimuksessa on yhdistetty Ilvessalon soveltamia 1 cm:n laajuisia luokkia ryhmiksi.

Taulukon 1 tarkastelusta ilmenee, että kapenemisluokkaan 2.6—4.5 cm on kertynyt koepuita eniten. Kun yksityisen pituusluokan koepuiden lukumäärä pituusluokissa 11—24 m on likimäärin puolet ja luokassa alle 10 m noin kolmannes ko. pituusluokkaryhmän runkojen määrästä, voidaan todeta, että kaikki pituusluokat sisältävät varsin huomattavat määrät yleisesti esiintyvän 2.6—4.5 cm:n kapenemisluokan puita. Useat pituusluokat sisältävät samoin tyydyttävät määrät alle 2.5 ja 4.6—6.5 cm:n kapenemisluokkien puita. Koivun pituusluokkiin 21—24 m on kertynyt muihin pituusluokkiin verrattuna poikkeuksellisen runsaasti koepuita. Tähän on pyritty tarkoituksellisesti, sillä täydennysaineiston keruun yhteydessä suoritetuissa tarkasteluissa ilmeni, että etenkin pitkien koivujen

Taulukko 1. Tutkimusaineiston jakaantuminen pituus- ja kapenemisluokkiin.

Übersicht 1. Verteilung des Untersuchungsmaterials auf die Höhen- und Ausbauchungsklassen.

Puulaji *Holzart*	Pituusluokat, m *Höhenklassen, m*	Kapenemisluokka, cm — *Ausbauchungsklasse, cm*					Yhteensä *Insgesamt*
		—2.5	2.6—4.5	4.6—6.5	6.6—8.5	8.6—10.5[1])	
		Koepuiden lukumäärä — *Probestämmenanzahl*					
Mänty *Kiefer*	—10	94	338	123	34	37	626
	11—12	122	329	78	35	20	584
	13—14	99	343	72	15	8	537
	15—16	67	364	103	18	15	567
	17—18	39	249	104	22	15	429
	19—20	18	163	82	31	11	305
	21—22	8	112	74	38	24	256
	23—24	4	81	59	26	8	178
	25+	3	64	75	24	12	178
	Yhteensä *Insgesamt*	454	2 043	770	243	150	3 660
Kuusi *Fichte*	—10	12	203	127	40	26	408
	11—12	19	166	64	21	11	281
	13—14	42	171	54	14	8	289
	15—16	51	137	53	26	7	274
	17—18	39	159	101	39	10	348
	19—20	42	170	140	42	3	397
	21—22	28	142	112	39	6	327
	23—24	18	115	73	27	5	238
	25+	19	77	59	21	5	181
	Yhteensä	270	1 340	783	269	81	2 743
Koivu *Birke*	—10	48	140	54	11	8	261
	11—12	39	137	36	10	1	223
	13—14	33	129	21	10	2	195
	15—16	30	119	19	3	3	174
	17—18	36	127	30	7	3	203
	19—20	41	180	78	20	3	322
	21—22	65	313	152	42	9	581
	23—24	90	265	134	44	13	546
	25+	41	152	101	45	14	353
	Yhteensä	423	1 562	625	192	56	2 858

[1]) Männyllä luokat 8.6—10.5 ja 10.6—12.5 cm yhteensä. — *Bei Kiefer die Klassen 8.6—10.5 und 10.6—12.5 zusammen.*

runkomuodon vaihtelu oli yleensä laajempaa ja etenkin epäsäännöllisempää kuin männyllä ja kuusella. Kahdessa suurimmassa kapenemisluokassa mänty- ja koivukoepuiden lukumäärä on jäänyt muihin kapenemisluokkiin verrattuna huomattavasti vähäisemmäksi, mutta luokkaan 6.6—8.5 cm kaikilla puulajeilla runkoja on kertynyt vielä huomattava määrä.

Taulukko 2. Tutkimusaineiston sekä II ja III:n valtakunnan metsien inventointien aineistoista koottujen koepuiden jakaantuminen kapenemisluokkiin.

Übersicht 2. Verteilung der dem Untersuchungsmaterial und dem Material der II. und III. Reichswaldabschätzungen entnommenen Probestämme auf die Ausbauchungsklassen.

Puulaji *Holzart*	Aineisto *Material*	Kapenemisluokka, cm — *Ausbauchungsklasse, cm*				Yhteensä *Insgesamt*
		—2.5	2.6—4.5	4.6—6.5	6.6+	
		Koepuiden lukumäärästä, % *In % von der Probestämmenanzahl*				
Mänty *Kiefer*	Tutkimusaineisto — *Untersuchungsmaterial*	12.4	55.8	21.0	10.8	100
	Ilvessalo (1947) II inventointi - *II Abschätzung*	4.5	43.0	39.0	13.5	100
	Etelä-Suomi III invent. — *III Abschätz.*	3.3	42.8	39.0	14.9	100
	Pohjanmaa-Lappi III invent. — *III Abschätz.*	4.3	27.3	42.3	26.1	100
Kuusi *Fichte*	Tutkimusaineisto	9.8	48.9	28.5	12.8	100
	Ilvessalo (1947) II inventointi	4.5	48.0	36.5	11.0	100
	Etelä-Suomi III »	5.1	50.2	36.1	8.6	100
	Pohjanmaa-Lappi »	5.4	19.5	41.0	34.1	100
Koivu *Birke*	Tutkimusaineisto	14.8	54.6	21.9	8.7	100
	Ilvessalo (1947) II inventointi	8.5	51.5	32.0	8.0	100
	Etelä-Suomi III »	6.0	56.3	29.4	8.3	100
	Pohjanmaa-Lappi »	3.6	26.8	36.7	32.9	100

Taulukosta 2 nähdään aineiston suhteellinen jakaantuminen kapenemisluokkiin. Taulukkoon on otettu vertauksen vuoksi Ilvessalon (1947, s. 19) II:n valtakunnan metsien inventoinnin aineiston perusteella esittämä jakaantuma ja tätä tutkimusta varten III:n inventoinnin (Ilvessalo 1956) aineiston perusteella lasketut jakaantumat. Taulukossa esitetyt Etelä-Suomen jakaantumat on laskettu 13 493 koepuun perusteella. Koepuut on poimittu Satakunnan, Itä-Hämeen, Etelä-Karjalan ja Pohjois-Savon metsänhoitolautakuntien alueille sattuneilta inventoinnin koealoilta. Pohjanmaan ja Lapin aineisto käsittää 8 407 koepuuta. Jakaantumien vertailun perusteella voidaan todeta, että tutkimusaineisto sisältää suhteellisesti enemmän pienimmän kapenemisluokan puita. Edelleen havaitaan, että Pohjanmaan ja Lapin aineistossa on ollut voimakkaasti, yli 6.6 cm, kapenevia runkoja suhteellisesti huomattavasti enemmän kuin tutkimusaineistossa.

Taulukosta 3 nähdään lopuksi aineiston jakaantuminen 5 cm:n laajuisiin d-luokkiin kapenemisluokittain. Havaitaan, että kaikki puulajit sisältävät kapenemisluokittain laajat läpimittajakaantumat, joiden luokkiin varsinkin

Taulukko 3. Tutkimusaineiston jakaantuminen d-luokkiin kapenemisluokittain.
Übersicht 3. Verteilung des Untersuchungsmaterials auf die Stärkestufen (gemäss d) nach Ausbauchungsklassen.

Puulaji *Holzart*	d-luokka, cm *d-klasse, cm*	Kapenemisluokka, cm — *Ausbauchungsklasse, cm*					Yhteensä *Insgesamt*
		—2.5	2.6—4.5	4.6—6.5	6.6—8.5	8.6—10.5	
		Koepuiden lukumäärä — *Probestämmenanzahl*					
Mänty *Kiefer*	5	115	133	1			249
	10	231	544	95	4		874
	15	77	652	96	24	14	863
	20	27	427	153	28	16	651
	25	4	208	202	34	20	468
	30		67	140	51	20	278
	35		12	60	53	18	143
	40+			23	49	62	134
	Yhteensä *Insgesamt*	454	2 043	770	243	150	3 660
Kuusi *Fichte*	5	10	45	2			57
	10	61	283	100	17		461
	15	83	277	97	25	12	494
	20	71	184	77	19	20	371
	25	30	264	130	36	14	474
	30	10	203	194	58	8	473
	35	4	66	121	63	16	270
	40+	1	18	62	51	11	143
	Yhteensä	270	1 340	783	269	81	2 743
Koivu *Birke*	5	86	139	5			230
	10	69	269	53	7		398
	15	47	183	42	14	9	295
	20	102	219	33	10	1	365
	25	104	523	174	18	1	820
	30	13	202	219	56	6	496
	35	2	25	84	62	21	194
	40+		2	15	25	18	60
	Yhteensä	423	1 562	625	192	56	2 858

kolmessa pienimmässä kapenemisluokassa on yleisesti kertynyt huomattavat koepuumäärät.

Tutkimusaineiston jakaantumista on verrattu myös pituusluokittain edellä mainittujen metsänhoitolautakuntien alueilta kerättyyn aineistoon. Samoin suoritettiin d-luokittaisten jakaantumien vertailuja pituus- ja kapenemisluokittain. Tulosten esittelyn vaatiessa suuren tilan viitataan tässä varhemmin männyn osalta julkaistuihin esimerkkeihin (Tiihonen 1961, s. 15—18). Vertailujen perusteella voitiin mm. todeta, että läpimitan vaihtelu oli ainakin laajoilla metsäalueilla suurempaa kuin tutkimusaineiston jakaantumat osoittivat. Kun puutteellisuutta ilmeni pituus- ja kapenemis-

luokittain yleensä vain yhden tai kahden suuren d-luokan suhteen, voitiin pääosa puutteellisuuksista poistaa kapenemissarjojen laadinnan yhteydessä suoritetun ekstrapoloinnin avulla (vrt. s. 19)

Lopuksi mainittakoon, että kapenemissarjojen luokitusperusteita valittaessa nojauduttiin myös edellä esitettyyn III:n valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta kerättyyn koepuuaineistoon. Mainitussa yhteydessä käytettiin edelleen apuna Heiskasen ja Tiihosen (1958) sahapuiden kuutioimistaulukoiden aineistoa. Laadittujen kapenemissarjojen luotettavuutta on tutkittu edelleen Metsäntutkimuslaitoksen pysyviltä koealoilta kerätyn koepuuaineiston avulla. Viimeksi mainitun aineiston käyttöä selostetaan suppeasti jäljempänä (s. 27—28).

Kapenemistaulukoiden laadinta

Yleistä

Ennen kapenemistaulukoiden laadinnan yksityiskohtaisempaa tarkastelua mainittakoon eräitä taulukoiden sisältämien kapenemissarjojen ja niiden laadinnan yleisiä perusteita.

K a p e n e m i s s a r j a on lukusarja, jonka jäsenet ilmaisevat puun rungon eri korkeuksilla sijaitsevat läpimitat joko määrällisinä tai suhteellisina lukuina. Käytännön tarkoituksia varten laadittujen kapenemissarjojen jäsenet, kapenemisluvut, on yleensä määritetty suhteellisina lukuina, sadanneslukuina (esim. J o n s o n 1910, 1911; E d g r e n - N y l i n d e r 1950). Harvemmin on sovellettu määrällisiä lukuja (esim. E i d e ja L a n g s a e t e r 1928—30). Poikkeuksellisesti on ilmaistu sekä suhteelliset että määrälliset kapenemisluvut (esim. B u r c k h a r d t 1856). Graafisen esityksen käyttö on samoin ollut vähäistä (esim. S t i e l l 1960).

Eri mittauskorkeuksilla sijaitsevia läpimittoja ilmaisevien kapenemislukujen lukumäärä vaihtelee paitsi puun pituudesta myös siitä riippuen, miten mittauskorkeudet määritetään. Yleisesti on sovellettu kahta periaatetta. Läpimitat ilmaistaan joko tasaisin määrävälein, esim. 1 m:n etäisyyksin puun tyvestä lukien (mm. S c h w a p p a c h 1905), tai ns. suhteellisilta osakorkeuksilta eli -pituuksilta, esim. 0.1h (kymmenesosapituus), 0.2 h, 0.3 h jne. (esim. K r e n n - P r o d a n 1944). Kapenemissarjan laadinta perustuu siis u s e i d e n l ä p i m i t t o j e n mittaukseen.

Suhteellisten lukujen käyttö edellyttää p e r u s l ä p i m i t a n valintaa. Siksi on useimmiten valittu rinnankorkeusläpimitta. Muista kapenemissarjoissa sovelletuista perusläpimitoista mainittakoon K r e n n i n ja P r o d a n i n (1944) käyttämä $d_{0.9\,h}$.

Suhteellisia lukuja käytettäessä sovelletaan totunnaisesti nimitettä k a p e n e m i s s a d a n n e s. Mainittua nimitettä käytetään tässä tutkimuksessa myös useiden vastaavien mittauskorkeuksien kapenemissadannesten perusteella lasketuista keskiarvoista.

Kapenemissarjojen laajempi käyttömahdollisuus perustuu k e s k i m ä ä r ä i s s a r j o i h i n. Yksityisten koepuiden kapenemissarjat luokitetaan tiettyjen perusteiden mukaisesti, joiksi on valittu erilaisia puun tunnuksia (vrt. esim. T i i h o n e n 1961, s. 20—22). Muodostetuissa ryhmissä lasketaan vastaavien kapenemislukujen keskiarvot, jotka lisäksi tasoitetaan sopivaa menetelmää käyttäen.

Suoritettujen tarkastelujen perusteella kuusen ja koivun kapenemissarjojen laadinnassa sovellettiin vastaavia männyn sarjojen laadinnassa noudatettuja yleisiä perusteita (vrt. Tiihonen mt., s. 26—27). Kuorellista runkomuotoa kuvaavat kapenemissarjat esitetään siis sadannessarjoina, ja läpimitat ilmaistaan 1 m:n välein 2 m:n korkeudelta alkaen. Ainoa poikkeus on tehty suhteellisesti vähäisessä määrässä esiintyvissä 26 + m:n pituusluokissa, joissa sadannekset esitetään 2 m:n välein. Perusläpimittana on rinnankorkeusläpimitta. Seuraavassa esitetään kaikille puulajeilla yhdenmukaisesti sovellettu luokitus.

Luokitusperusteet

Luokitusperusteiden valinta oli kapenemistaulukoiden laadinnan keskeisin kysymys. Niin kuin johdannossa on mainittu, suoritettiin kapenemissarjojen laadintaa koskeva perustutkimus eniten koepuita sisältäneellä mäntyaineistolla. Toistamatta tässä yhteydessä tutkimusten yksityiskohtia (vrt. Tiihonen 1961, s. 55—56) todettakoon, että vastaavat, ja yleensä samanaikaisesti suoritetut kuusen ja koivun kapenemissarjojen laadintaa koskevat tarkastelut johtivat käytännöllisesti samanlaisiin tuloksiin. Käyttökelpoisimmiksi luokitusperusteiksi kaikilla puulajeilla todettiin siis Ilvessalon (1947) »Pystypuiden kuutioimistaulukoissaan» soveltama kolmen tunnuksen yhdistelmä, puun koko pituus, kapenemisluku ja rinnankorkeusläpimitta. Kun aineiston määrä oli suurimmissa kapenemis- ja pituusluokissa verraten vähäinen, rajoitettiin mainittuihin kolmeen tunnukseen perustuvien kapenemissarjojen laadinta kolmeen pienimpään kapenemisluokkaan, alle 2.5, 2.6—4.5 ja 4.6—6.5 cm, sekä enintään 24 m:n pituusluokkaan asti. Muissa luokissa tyydyttiin pituuteen ja kapenemiseen perustuviin keskimääräissarjoihin. Yhdenmukaisuuden vuoksi ja taulukoiden käytön laajentamiseksi laadittiin mainittujen kolmen pienimmän kapenemisluokan puille myös pituuteen ja kapenemiseen perustuvat sarjat. Lopullinen luokitus esitetään seuraavassa.

Pituusluokat: 8—30 m, metrin luokkavälein.

Kapenemisluokat: < 2.5 cm (1—2), 2.6—4.5 (3—4), 4.6—6.5 (5—6), 6.6—8.5 (7—8), 8.6—10.5 (9—10) ja 10.6—12.5 (11—12) cm. Viimeksi mainittu luokka esiintyy vain männyllä. Luokista käytetään jäljempänä suluissa esitettyjä merkintöjä.

d-luokat: 8—24 m:n pituusluokkien kolmessa pienimmässä kapenemisluokassa (1—2, 3—4 ja 5—6 cm) 2 cm:n luokkavälit niin laajalti kuin aineiston perusteella oli mahdollista. Kaikkien mainittujen pituusluokkien suuremmissa kapenemisluokissa, 25 + m:n pituusluokissa sekä vähäisessä määrin lyhyiden ja 20—24 m pituusluokkien puiden kolmessa pienimmässä,

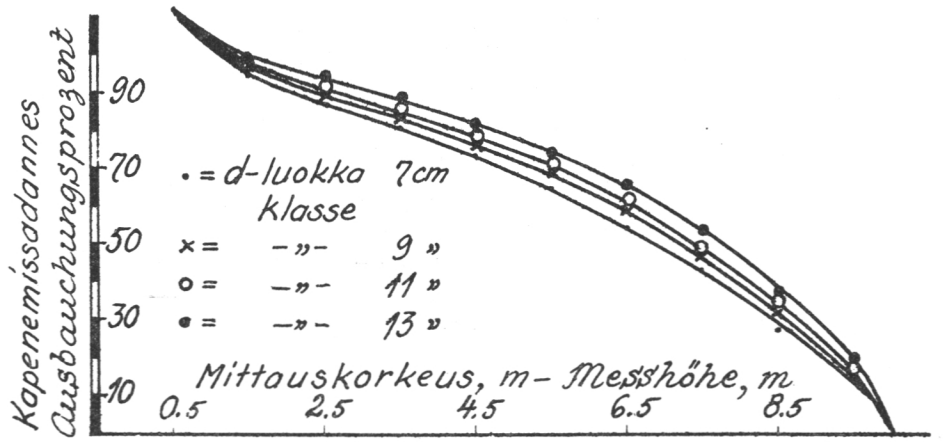
yleensä kuitenkin vain 1—2 cm:n, kapenemisluokassa tyydytään aineiston suppeuden ja näihin luokkiin kuuluvien puiden suhteellisesti vähäisemmän määrän vuoksi d-luokkia erottamatta kapenemisluokittaisiin keskimääräissarjoihin.

Pituusluokitus eroaa Ilvessalon (1947) kuutioimistaulukoiden luokituksesta siten, että 8 m:ä lyhyempiä puita ei ole otettu mukaan ja että maksimipituus on 30 m. Kapenemisluokat ovat laajuudeltaan kaksinkertaisia kuutioimistaulukoiden luokkiin verrattuna. Eniten poikkeaa d-luokitus. Kolmessa pienimmässä kapenemisluokassa se on kaksinkertainen Ilvessalon luokitukseen verrattuna ja muissa suhteellisesti vähän esiintyvissä kapenemisluokissa d-luokkia ei ole erotettu ollenkaan.

Luokitusperusteiden valinnan jälkeen koepuut ryhmitettiin mainittujen tunnusten mukaisiin ryhmiin, joille laskettiin eri mittauskorkeuksien (vrt. s. 8) keskimääräiset kapenemissadannekset sadanneksen kymmenesosan tarkkuudella.

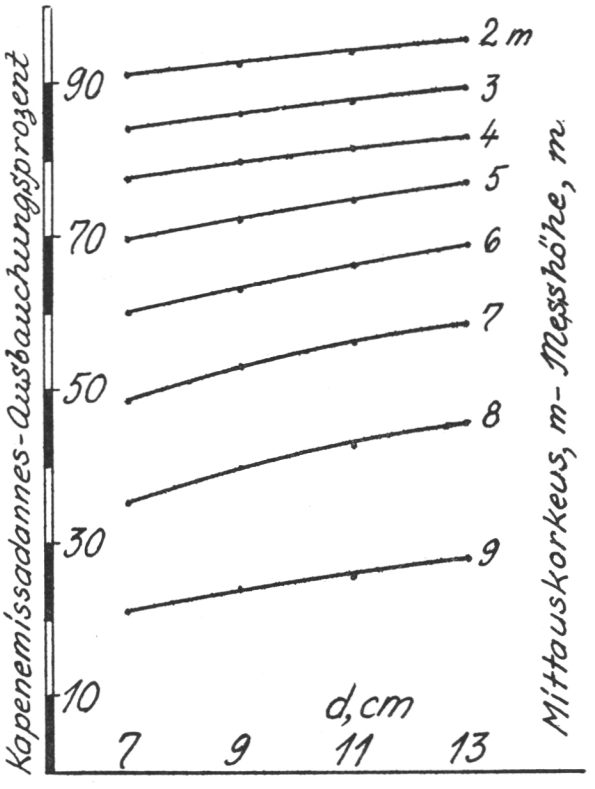
Tasoitusmenetelmä

Kapenemissarjojen tasoitukseen ryhdyttäessä todettiin, että oli mahdollisuus käyttää sekä graafista että matemaattista (analyyttista) tasoitusta. Tarkastelujen (vrt. Tiihonen 1961, s. 23—25) perusteella päädyttiin kaikilla puulajeilla graafiseen tasoitukseen, joka suoritettiin Ilvessalon (1937) käyttämää kaksivaiheista menetelmää soveltaen. Esimerkkinä menetelmän käytöstä esitetään kuvat 1 ja 2, jotka valaisevat



Kuva 1. Esimerkki kapenemissadannesten ensimmäisestä tasoitusvaiheesta. Mänty, pituusluokka 10 m, kapenemisluokka 3—4 cm, d-luokat 7, 9, 11 ja 13 cm.

Abb. 1. Ein Beispiel über die erste Ausgleichungsphase der Ausbauchungsprozente. Kiefer, Höhenklasse 10 m, Ausbauchungsklasse 3—4 cm, d-klassen 7, 9, 11 u. 13 cm.

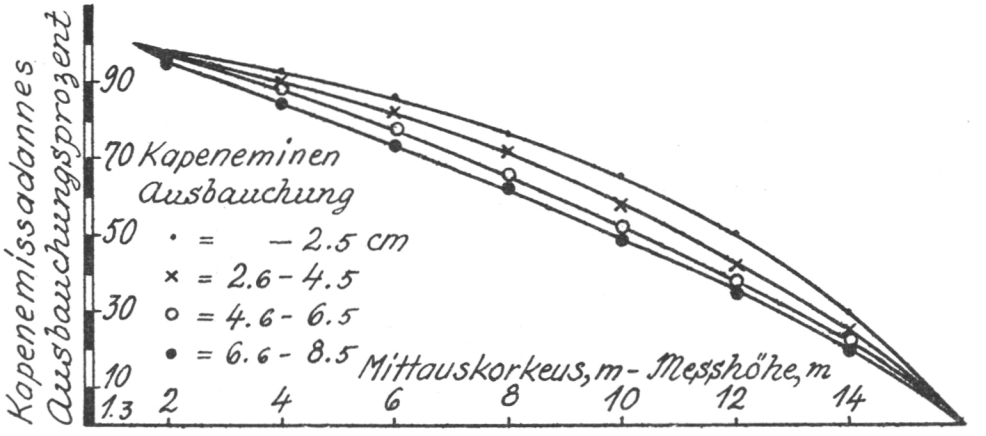


Kuva 2. Esimerkki kapenemissadannesten toisesta tasoitusvaiheesta. Mänty, pituusluokka 10 m, kapenemisluokka 3—4 cm, d-luokat 7, 9, 11 ja 13 cm.

Abb. 2. Ein Beispiel über die zweite Ausgleichungsphase der Ausbauchungsprozente. Kiefer, Höhenklasse 10 m, Ausbauchungsklasse 3—4 cm, d-klassen 7, 9, 11 u. 13 cm.

ns. perustasoituksen suorittamista pituuteen, kapenemiseen ja rinnankorkeusläpimittaan perustuvien sarjojen laadinnassa. Esimerkiksi on otettu männyn yhden pituusluokan sellainen kapenemisluokka, jossa on erotettu neljä d-luokkaa.

Kuvasta 1 nähdään, että kunkin d-luokan keskimääräiset kapenemissadannekset on sijoitettu pisteinä akselistoon, jossa abskissa-akseli kuvaa puun pituutta ja ordinaatta-akseli kapenemissadanneksia. Tasoituksen jälkeen sadannekset luettiin tasoituskäyriltä metrin välein alkaen 2 m:n korkeudelta ja siirrettiin uuteen akselistoon, jossa toinen tasoitusvaihe tapahtui. Kuvasta 2, joka valaisee tätä tasoitusvaihetta, nähdään, että uusi tasoitus on johtanut hyvin suoraviivaisiin kuvaajiin. Tämä oli yleistä etenkin männyllä ja kuusella. Koivulla vastaavat tasoituskuvaajat olivat usein hieman käyräviivaisempia.



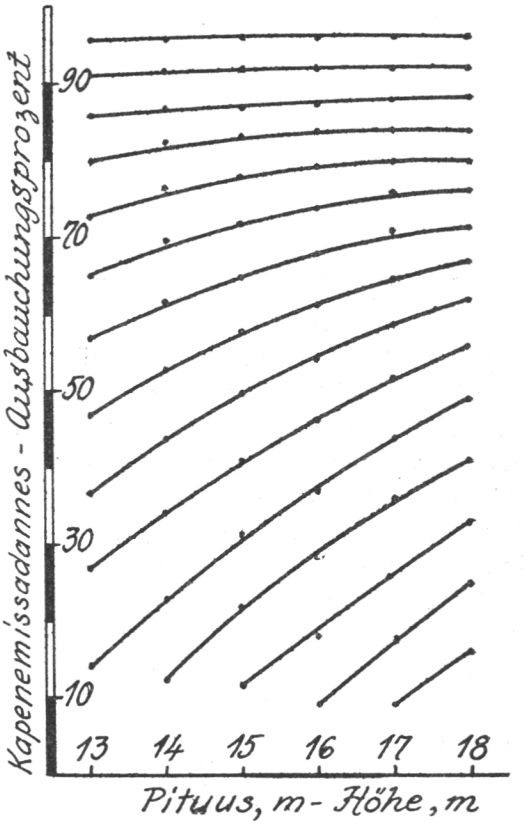
Kuva 3. Esimerkki kapenemisluokittaisten keskimääräsarjojen ensimmäisestä tasoitusvaiheesta. Kuusi, pituusluokka 16 m.

Abb. 3. Ein Beispiel über die erste Ausgleichungsphase der durchschnittlichen Reihen der Ausbauchungsklassen. Fichte, Höhenklasse 16 m.

Ensimmäisen tasoitusvaiheen jälkeen päätettiin luopua tarkastelemasta rinnankorkeuden alapuolisia sadanneksia, koska 0.5 m:n mittauskorkeuden keskimääräisten sadannesten vaihtelu ei ollut d-luokittain niin säännöllistä, että tasoitusta olisi voitu pitää tällä korkeudella riittävän luotettavana. Suoritettujen jatkotutkimusten perusteella näyttää kuitenkin ilmeiseltä, että 0.5 m:n sadannesten tasoitus on mahdollista jäljempänä esitettävässä ns. täydennystasoituksessa käytettyä menetelmää soveltaen. Kun rinnankorkeuden alapuolisia sadanneksia tarvitaan lähinnä valmisteilla olevassa jatkotutkimuksessa, puutavaralajitaulukoiden laadinnassa, sivuutetaan 0.5 m:n sadannesten lähempi tarkastelu tässä.

Kuvaa 1 vastaavana esimerkkinä esitetään kuvassa 3 eräästä kuusen pituusluokasta muodostettujen neljän kapenemisluokan keskimääräissarjojen ensimmäinen tasoitusvaihe. Voidaan todeta, että käytetty menetelmä soveltuu hyvin myös kapenemisluokittaisten keskimääräissarjojen tasoitukseen. Näissä, samoin kuin pituuteen, kapenemiseen ja rinnankorkeuteen perustuvissa sarjoissa esiintyi silti usein poikkeuksellisia sadanneksia, lähinnä kuitenkin yksityisillä mittauskorkeuksilla. Tutkimalla aineiston ominaisuuksia voitiin mainitunlaisissa tapauksissa yleensä saada luotettavaa tukea tasoituskäyrien piirtämiseen.

Toisen tasoitusvaiheen jälkeen luettiin kapenemissadannekset tasoituskuvaajilta k o k o n a i s l u k u i n a. Sarjojen välisiä eroja tutkittiin vielä tämän jälkeen ns. täydennystasoituksen avulla (vrt. T i i h o n e n 1961, s. 30—31). Tästä tasoituksesta nähdään esimerkki kuvasta 4. Esimerkiksi on valittu eräs koivun d-luokka, joka esiintyy useiden pituusluokkien samassa, 3—4 cm:n kapenemisluokassa.



Kuva 4. Esimerkki kapenemissadannesten täydennystasoituksesta. Koivu, pituusluokat 13—18 m, kapenemisluokka 3—4 cm, d-luokka 17 cm.

Abb. 4. Ein Beispiel über die vervollständigte Ausgleichung der Ausbauchungsprozente. Birke, Höhenklassen 13—18 m, Ausbauchungsklasse 3—4 cm, d-klasse 17 cm.

Sarjojen tasoitusvaiheen yhteydessä suoritettiin ekstrapolointia niiden kapenemisarjojen osalta, joiden täydennys tällä tavalla katsottiin aiheelliseksi. Täydennyksen tarve ratkaistiin, niin kuin edellä (s. 13) on jo viitattu, III:n valtakunnan metsien inventoinnin koeala-aineiston ja tämän tutkimuksen aineiston pituus-, kapenemis- ja d-luokkien ja niihin kertyneiden koepuiden lukumäärien vertailun perusteella. Ekstrapolointia suoritettiin hyvin varovaisesti, keskimäärin 25—30 sarjan laatimiseksi kullekin puupuulajille.

Laaditut kapenemissarjat ja niiden yhdistelmänä muodostetut kapenemistaulukot esitetään tutkimuksen lopussa.

Kapenemistaulukoiden käyttö

Laadittujen kapenemistaulukoiden käyttö edellyttää tutkittavan puun pituus-, kapenemis- (d—d_6) ja d-luokan määrittämisen, joka olisi suoritettava mittauksiin perustuen seuraavasti. Pituusluokan määrittämiseksi mitataan puun pituus täysin metrein tasaavaa luokitusta käyttäen. Rinnankorkeusläpimitta määritetään kuoren päältä ensin 2 cm:n tasaavaa luokitusta soveltaen ja sitten kahden vastakkaisessa suunnassa mitatun läpimitan keskiarvona, esim. 1 cm:n luokin. Kapenemisluokan määrittämisessä läpimitta 6 m:n korkeudelta mitataan samoin kuoren päältä ja 1 cm:n luokin. Kun mainitut mittaukset suoritetaan käytännön mittaus- ja arvioimistehtävissä joko kokonaan tai ainakin osittain sopivasti valituista koepuista, voidaan kapenemistaulukoita käyttää samoihin koepuutietoihin nojautuen tai niitä tarvittavassa määrin täydentäen.

Kapenemistaulukot on laadittu ensi sijassa puun runkomuodon kuvaamista varten. Koska taulukoiden kapenemissadannekset ovat suurehkoon aineistoon perustuvia keskimääräislukuja, yksityisen puun runkomuoto voi poiketa huomattavastikin saadusta runkomuodon kuvasta. Tästä syystä taulukot soveltuvat käytettäväksi lähinnä tietyin luokituksin muodostettujen puuryhmien keskimääräisen runkomuodon kuvaamiseen. Tehtyjen tutkimusten mukaan keskimääräinen runkomuoto, so. eri mittauskorkeuksien keskimääräiset läpimitat, saadaan oikein suoritetuin mittauksin kuvatuksi n. 0.5—2 %:n (vrt. s. 26—28) tarkkuudella, mikäli voidaan käyttää d-luokittaisia kapenemissadanneksia ja luokittaiset runkoluvut käsittävät yleensä vähintään 10—20 puuta. Sama tarkkuus voidaan saavuttaa kapenemisluokkien keskimääräissarjojen perusteella, mutta luokan runkoluvun tulisi silloin olla äsken mainittuun verrattuna n. 2—3 kertainen. Eri puulajien kapenemissarjojen tarkkuus on suoritettujen tutkimusten (vrt. s. 26—28) mukaan huomattavassa määrin samanlainen. Lähinnä koivun rungon yläosissa virhesadannekset saattavat muodostua edellä esitettyjä suuremmiksi, etenkin pienehköjen koepuumäärien ollessa kysymyksessä.

Esim. ympyräkoeala-arvioinnissa taulukot eivät yleensä sovellu käytettäväksi kunkin koealan puustolle erikseen, vaan koealojen puustot koko

alueelta tai osa-alueittain on yhdistettävä pituus-, kapenemis- ja d-luokkien mukaan sopiviin ryhmiin esim. metsätyypeittäin tai tyyppiryhmittäin, ikäluokittain jne.

Koko puun runkomuodon tutkimista kapenemissarjan avulla tarkastellaan lähemmin jäljempänä. Tämän käyttömahdollisuuden ohella kapenemissarjan perusteella voidaan tutkia myös yksityisten läpimittojen suuruutta ja sijaintikorkeutta. Tällöinkin on tietysti muistettava sarjojen keskimääräisluonne. Seuraavassa tarkastellaan ensin tällaisia taulukoiden käyttömahdollisuuksia.

T i e t y n m i t t a u s k o r k e u d e n l ä p i m i t a n m ä ä r i t t ä m i s e k s i haetaan taulukoista aiemmin mainitun luokituksen mukaisesti puun pituusluokka ja sen taulukosta kapenemisluokka, sekä edelleen, mikäli ko. kapenemisluokassa on d-luokitus, tarvittava d-luokka, mutta muulloin käytetään kapenemisluokan keskimääräistä sarjaa. Haluttaessa voidaan käyttää inter- ja ekstrapolointia. Kun tarvittava kapenemissarja on löydetty, haetaan ko. mittauskorkeuden sarake. Näin saadaan se kapenemissadannes, jonka mukaisesti rinnankorkeusläpimitta on kerrottava, jotta päästäisiin vastaavaan määrälliseen läpimittaan. Milloin läpimitta on täysistä metreistä poikkeavalla korkeudella, voidaan suorittaa tavanomainen interpolointi.

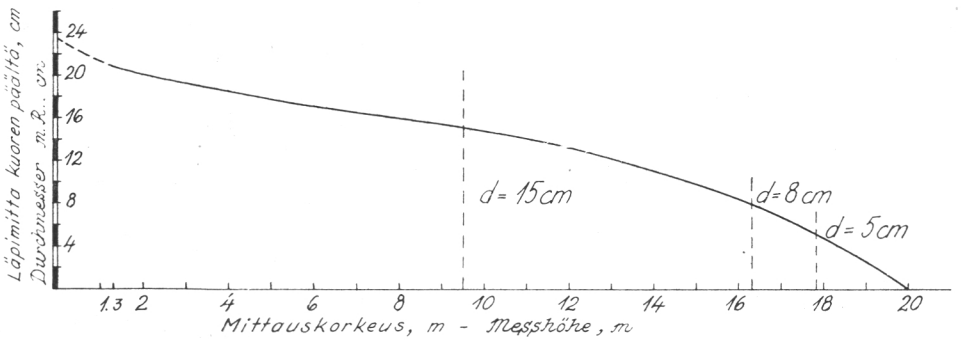
Haluttaessa tietää, k u i n k a k o r k e a l l a t i e t y n s u u r u i n e n l ä p i m i t t a s i j a i t s e e, voidaan tehtävä ratkaista kahdella eri tavalla.

1. Lasketaan, kuinka monta sadannesta ko. läpimitta on tutkittavan puun rinnankorkeusläpimitasta, ja haetaan puun pituuden, kapenemisen ja rinnankorkeusläpimitan perusteella taulukoista puuluokan keskimääräistä kapenemista osoittava rivi sekä siltä lasketun kapenemisluvun suuruinen luku tai luvut, joiden väliin laskettu luku jää. Taulukon yläosasta luetaan mittauskorkeus joko suoraan tai interpoloimalla.

2. Haetaan tutkittavaa puuta vastaava kapenemissarja, lasketaan läpimitan suuruus sopivilta korkeuksilta ja saatujen määrällisten läpimittojen sekä tunnetun läpimitan vertailun perusteella arvioidaan ko. mittauskorkeus.

Mainittakoon, että läpimitan määrittämisessä kuoren alta voidaan männyn osalta käyttää valmistettua likimääräistaulukkoa, josta ilmenee kuoren paksuus eri mittauskorkeuksilla (T i i h o n e n 1961, s. 65).

K o k o p u u n r u n k o m u o d o n k u v a a m i n e n edellyttää läpimittojen määrittämistä 1 m:n välein tai harkinnan mukaan. Haetaan taulukoista tutkittavaa puuta vastaavan puuluokan kapenemissarja. Eri mittauskorkeuksien kapenemissadannesten perusteella lasketaan vastaavat määrälliset läpimitat. Sopivaa mittakaavaa käyttäen sijoitetaan läpimitat millimetripaperilla pisteinä akselistoon ja piirretään, tarvittaessa tasoittaen,



Kuva 5. Esimerkki kapenemissarjan perusteella piirretystä männyn runkomuodosta sekä sen avulla suoritetusta eri puutavaralajien minimiläpimittojen (d) korkeuksien määrittämisestä.
Abb. 5. Ein Beispiel über die auf Grund der Ausbauchungsreihe gezeichnete Stammform einer Kiefer sowie die mit Hilfe deren durchgeführte Bestimmung der Höhen von Mindestdurchmessern (d) bei verschiedenen Holzsortimenten.

puun runkoviiva. Esimerkkinä tehty männyn runkomuodon piirros nähdään kuvasta 5. Oletettu tyvilaajenema on piirretty siihen katkoviivalla. Kuvan perusteella voidaan määrittää puun jokainen haluttu läpimitta tai määräsuuruista läpimittaa vastaava pituus.

Kuvassa 5 esitetyn puun kuorellisen runkomuodon avulla on mahdollista tutkia — etenkin valmisteilla olevien kuoritaulukoiden laadinnan loppuun suorittamisen jälkeen — millaisia puutavaralajeja esimerkiksi otetusta puusta saatetaan valmistaa. Tutkimuksessa voi olla eduksi määrittää ensin ne korkeudet, joita ylempää tiettyä puutavaralajia ei voida enää valmistaa. Nämä kohdat on merkitty kuvaan pystysuorilla katkoviivoilla olettaen, että tukkien minimiläpimitta kuoren päältä on 15 cm, siis likimäärin 6", paperipuiden 8 cm ja halkojen 5 cm (merkinnät d = 15, 8 ja 5 cm). Nämä rajakohdat sattuvat kuvan mukaan 9.5, 16.3 ja 17.8 m:n korkeuksille. Tasausvara huomioon ottaen tukkiosasta voitaisiin tehdä kaksi lyhyttä tukkia, esim. 14—15′ × 7" ja 14′ × 6". Paperipuuosuudesta saataisiin 6—7 kpl 1 m:n pituisia paperipuita. Latvaosasta saataisiin todennäköisesti vain yksi halko ja vajaat 3 m jäisi hakkuutähteeksi.

Kuvassa 5 esimerkkinä esitetty runkomuodon piirros luonnehtii merkittävintä perustetta puutavaralajitaulukoiden valmistamisessa. Laadinta kokonaisuudessaan edellyttää kuitenkin useiden muiden perusteiden selvittelyä (vrt. Tiihonen 1961, s. 63—64), joten kysymyksen lähempi tarkastelu sivuutetaan tässä tutkimuksessa.

Kapenemistaulukoiden luotettavuus

Perustarkastelut

Kapenemistaulukoiden luotettavuutta tutkittaessa suoritettiin jäljempänä esitettävien hajonta-, keskivirhe- ja tarkistuslaskelmien ohella suuri joukko muunlaisia tarkasteluja, joista otsikon mukaisesti käytetään nimitettä perustarkastelut. Useita tähän ryhmään luettujen tarkastelujen yksityiskohtia on selostettu männyn kapenemistaulukoiden laadintaa koskevassa tutkimuksessa. Tässä mainitaan niistä vain tärkeimmät.

Tarkastelukohteista mainittakoon ensiksi aineiston keruu ja käsittely. Merkittävää on todeta, että aineisto on kerätty hyvin useilta maan eri puolilla sijainneilta hakkuutyömailta sekä pysyviltä ja tilapäiskoealoilta. Mäntykoepuita on kerätty pysyviltä koealoilta runsaammin kuin kuusia ja koivuja, mutta tällä seikalla ei voitu todeta olleen merkittävää haitallista vaikutusta aineiston rakenteeseen.

Aineiston ryhmittely- eli luokitusperusteet antoivat aiheen laajamittaiseen tarkasteluun. Tämän tutkimuksen kannalta tärkeimpiä tutkimuskohteita olivat eri tunnusten osalta sovelletut luokkalaajuudet. Edelleen mainittakoon rinnankorkeusläpimitan ja 6 m:n korkeuden läpimitan keskiarvojen laskenta ja vertailu sovellettujen luokkien luokkakeskusten arvoihin. Keskiarvoista esitetään esimerkkejä jäljempänä (s. 34). Tässä todettakoon, että esim. pienimmän kapenemisluokan, alle 2.5 cm, keskus kallistui poikkeuksetta luokan ylärajaa kohti, ja että mainittuun luokkaan kuuluu yleensä 1.5—2.5 cm:ä kapenevia puita. Tarkasteluissa nojauduttiin tutkimusaineiston ohella myös runkoanalyyseihin (mm. Ilvessalo 1916, 1937).

Sovellettu graafinen tasoitusmenetelmä antoi myös aihetta tarkasteluun, koska tähän vaiheeseen saattoi liittyä ehkä eniten subjektiivista harkintaa. Mahdollisten virheiden tutkimisessa ja niiden poistamisessa tältä osin nojauduttiin osittain tutkimusaineiston ominaisuuksiin, etenkin edellä mainittuihin rinnankorkeuden ja kapenemisen keskiarvoihin. Lisätukea saatiin eräistä laadituista algebrallisista lausekkeista, kapenemissadannesten jakaantumien tutkimisesta sekä ennen kaikkea aiemmin (s. 18) mainitusta täydennystasoituksesta ja tasoituksen tarkistamiseksi suoritetuista tarkistuslaskelmista.

Hajonta- ja keskivirheluvut

Tulosten luotettavuutta on tarkasteltu myös eräiden tilastollisten tunnuslukujen, lähinnä hajonta- ja keskivirhelukujen valossa. Taulukosta 4 nähdään ensin esimerkkejä kapenemissadannesten hajonnasta.

Taulukko 4. Esimerkkejä kapenemissadannesten hajonnasta.
Übersicht 4. Beispiele für die mittlere Abweichung der Ausbauchungsprozente.

Koepuiden					Mittauskorkeus, m *Messhöhe, m*							
puulaji *Holzart*	pituus- *Höhen-* luokka — *klasse* m	kapenemis- *Ausbauch-ungs-* luokka — *klasse* cm	d- *der Probestämme* cm	lukumäärä *Anzahl der Probestämme*	2	4	6	8	10	12	14	16
					Keskihajonta (s), % *Mittlere Abweichung (s), in %*							
Mänty *Kiefer*	14	1—2	11	20	2.4	2.4	2.6	3.1	4.0	7.0		
	16	3—4	17	32	2.3	3.0	2.7	3.3	4.1	5.6	6.1	
		5—6	Keskimäärin *Im Durchschnitt*	51	2.4	3.2	3.9	4.4	5.7	5.8	4.6	
	20	3—4	23	26	2.4	2.0	1.7	1.9	3.0	3.9	5.5	6.8
Kuusi *Fichte*	13	3—4	Keskimäärin	65	1.8	3.4	3.8	4.7	5.2			
	14	3—4	13	25	1.5	2.9	3.2	4.6	5.8	6.2		
	18	3—4	25	26	1.3	2.1	2.3	2.9	3.3	4.1	3.6	5.1
	20	3—4	25	19	1.6	2.5	2.2	2.5	3.9	4.7	4.3	5.0
Koivu *Birke*	14	3—4	11	25	1.9	4.2	4.0	4.8	5.2	4.4		
	16	3—4	Keskimäärin	51	2.5	3.7	4.4	4.5	4.4	5.3	4.2	
	19	3—4	23	25	2.1	2.7	2.5	3.4	3.9	4.4	4.0	3.6
	23	3—4	25	37	1.8	1.7	1.9	2.9	3.1	3.2	4.2	4.6

Taulukossa yksinkertaisina esitettyjen keskihajontalukujen tarkastelusta ilmenee, että luvut ovat yleensä tyydyttävän pieniä. Mutta jos luvut otetaan kaksinkertaisina, voidaan todeta, että vaihtelu on tutkimuksessa sovelletuissa verraten ahdasrajaisissakin luokissa laajaa, etenkin rungon latvaosissa. Eri puulajeilla vaihtelu on huomattavassa määrin samanlaista, lukuun ottamatta alinta mittauskorkeutta, jossa kuusen luvut ovat pienimmät. Ottamalla huomioon kaikki suoritetut hajontalaskelmat voitiin lisäksi todeta, että koivun latvaosissa kapenemissadannesten ja samalla siis läpimitan vaihtelu oli epäsäännöllisempää kuin männyllä ja kuusella.

Taulukko 5. Esimerkkejä kapenemissadannesten keskivirheistä.
Übersicht 5. Beispiele für den Schätzwert des mittleren Fehlers der Ausbauchungsprozente.

Koepuiden					Mittauskorkeus, m *Messhöhe, m*							
puulaji *Holzart*	pituus- *Höhen-* luokka *– klasse* m	kapenemis- *Ausbauch- ungs-* luokka *– klasse* cm	d- *der Probestämme* cm	lukumäärä *Anzahl der Probestämme*	2	4	6	8	10	12	14	16
					Keskivirhe ($s_{\bar{x}}$), % *Schätzwert des mittleren Fehlers* ($s_{\bar{x}}$), *in %*							
Mänty *Kiefer*	14	1—2	11	20	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	1.6		
	16	3—4	17	32	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	1.0	1.1	
		5—6	Keskimäärin *Im Durchschnitt*	51	0.3	0.4	0.6	0.6	0.8	0.8	0.7	
	20	3—4	23	26	0.5	0.4	0.3	0.4	0.6	0.8	1.1	1.3
Kuusi *Fichte*	13	3—4	Keskimäärin	65	0.2	0.4	0.5	0.6	0.6			
	14	3—4	13	25	0.3	0.6	0.6	0.9	1.2	1.2		
	18	3—4	25	26	0.2	0.4	0.4	0.6	0.6	0.8	0.7	1.0
	20	3—4	25	19	0.4	0.6	0.5	0.6	0.9	1.1	1.0	1.2
Koivu *Birke*	14	3—4	11	25	0.4	0.8	0.8	0.9	1.0	0.9		
	16	3—4	Keskimäärin	51	0.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	
	19	3—4	23	25	0.4	0.5	0.5	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7
	23	3—4	25	37	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.7	0.8

Taulukosta 5 nähdään vastaavat keskivirheet, nekin yksinkertaisina. Keskivirheiden avulla tutkittiin kapenemissarjojen välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä neljässä vaiheessa. Kolme ensimmäistä tarkastelua suoritettiin puulajeittain. Ensin tutkittiin kunkin pituusluokan eri kapenemisluokkien keskimääräissarjojen eroja, sitten saman pituus- ja d-luokan mutta vierekkäisten kapenemisluokkien välisiä eroja ja kolmannessa vaiheessa d-luokittaisten sarjojen eroja samassa pituus- ja kapenemisluokassa. Neljäs vaihe käsitti eri puulajien kapenemissarjojen välisten erojen tarkastelun. Siihen palataan jäljempänä (s. 32).

Mainittujen kolmen ensimmäisen, kunkin puulajin osalta erikseen suoritetun tarkasteluvaiheen suhteen viitataan jälleen männyn osalta varhemmin esitettyihin yksityiskohtaisiin selostuksiin (T i i h o n e n 1961, s. 75—81). Tässä todettakoon, että kapenemisluokittaisten keskimääräissarjojen sekä saman pituus- ja d-luokan mutta vierekkäisten kapenemis-

luokkien sarjojen väliset erot ovat kaikilla puulajeilla pääosiltaan tilastollisesti merkitseviä. Aivan tyvessä ja latvanhuipussa, varsinkin suurissa pituusluokissa, erot eivät ole aina merkitseviä. Toisaalta etenkin saman pituus- ja d-luokan mutta vierekkäisten kapenemisluokkien sadannesten erot ovat rungon keskiosissa yleisesti 4—8, siis huomattavan suuria ja tilastollisesti erittäin merkitseviä.

Kolmannessa tarkasteluvaiheessa tilastollista merkitsevyyttä ilmeni yleisesti vain pienissä pituusluokissa. Pituuden suuretessa saman pituus- ja kapenemisluokan d-luokittaisten sarjojen sadannesten erot ja erojen tilastollinen merkitsevyys pienenevät. Varsinkin kuusen ja koivun suurissa pituusluokissa vierekkäisten d-luokkien sadannekset ovat usein yhtäsuuria, etenkin tyvi- ja latvaosissa. Suoritettujen tarkastelujen perusteella todettiin, että tilastollisen merkitsevyyden puuttuminen aiheutuu osittain sovelletusta suppeasta luokituksesta, osittain laskelmissa mukana olleiden koepuiden pienestä lukumäärästä. On myös ilmeistä, että kuusen ja etenkin koivun rungon voimakas kapeneminen rungon keski- ja latvaosissa lähentää sadanneksina ilmaistuja d-luokittaisia sarjoja toisiinsa (vrt. myös s. 32). Niinpä etenkin 23 ja 24 m:n pituusluokissa kuusella ja koivulla olisi todennäköisesti voitu tyytyä kapenemisluokittaisiin keskimääräissarjoihin. Kun suoritetut tarkistuslaskelmat kuitenkin tukivat d-luokituksen merkitystä, laadittiin kaikille puulajeille d-luokittaiset sarjat mainituissa kolmessa pienimmässä kapenemisluokassa 24 m:n pituusluokkaan asti niin laajalti kuin aineiston perusteella oli mahdollista.

Tarkistuslaskelmat

Kapenemistaulukoiden luotettavuutta tutkittiin lopuksi tarkistuslaskelmien avulla. Laskelmia suoritettiin sekä tutkimusaineiston että sen ulkopuolelta, Metsäntutkimuslaitoksen pysyviltä koealoilta kerätyn koepuuaineiston avulla. Männyn osalta suoritettiin lisäksi koelaskelmia Pohjanmaalta ja Pohjois-Suomesta kerätyllä koepuuaineistolla (vrt. Tiihonen 1961, s. 84—86). Taulukossa 6 esitetään ensin esimerkkejä tutkimusaineiston perusteella suoritettujen tarkistuslaskelmien tuloksista. Laskelmissa mukana olleet koepuuryhmät poimittiin tutkimusaineistosta tasavälistä poimintaa soveltaen. Esityksen supistamista silmällä pitäen tarkastelu rajoitetaan yli 12 m:n pituisiin puihin, joista mittaukset on suoritettu parillisin metriluvuin, sekä edelleen d-luokittaisiin sarjoihin.

Taulukon 6 tarkastelusta ilmenee, että kapenemissarjojen avulla saatujen ja todellisten läpimittojen keskimääräiset erot (vrt. Tiihonen 1961, s. 45) ovat etenkin männyllä, mutta yleisesti myös kuusella ja koivulla alle 1 %:n. Tasoitus on onnistunut männyllä keskimäärin parhaiten, sitten

Taulukko 6. Esimerkkejä kapenemissarjojen avulla saatujen ja todellisten läpimittojen keskimääräisistä eroista eräissä tutkimusaineiston luokissa.

Übersicht 6. Beispiele für die durchschnittlichen Unterschiede zwischen den durch Ausbauchungsreihen erhaltenen und den wirklichen Durchmessern in einigen Klassen des Untersuchungsmaterials.

Koepuiden					Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*								
puulaji *Holzart*	pituus-luokka *Höhenklasse* m	kapenemis-luokka *Ausbauchungsklasse der Probestämme* cm	d- *Anzahl der Probestämme* cm	lukumäärä *Anzahl der Probestämme*	2	4	6	8	10	12	14	16	18
					Ero todellisesta läpimitasta keskimäärin, % *Durchschnittlicher Unterschied in % gegenüber dem wirklichen Durchmesser*								
Mänty *Kiefer*	15	3—4	13	20	+0.3	—0.2	· [1]	+0.4	—0.9	—1.1	—5.9		
			15	20	—0.1	—0.1	+0.4	+0.4	+0.4	—0.1	+1.7		
	17	3—4	17	20	—0.2	—0.7	—0.8	—0.1	—0.3	—1.0	—0.9	—2.5	
	19	3—4	19	15	+0.7	+0.4	—0.4	—0.1	—0.6	+0.5	—1.0	—0.8	—4.8
	21	3—4	21	11	+0.3	+0.7	—0.5	+0.6	—0.7	—0.1	+0.5	—1.2	—1.5
Kuusi *Fichte*	15	3—4	19	14	—1.1	+0.8	—1.7	+2.0	+0.2	+1.0	—0.8		
		5—6	21	11	+0.3	+0.2	—1.7	—1.0	—0.1	+0.3	+1.0		
	17	3—4	23	16	—1.3	—0.9	·	+0.4	+1.4	+1.9	+2.5		
	19	5—6	29	21	+0.9	—0.2	—0.2	—0.6	+1.1	+0.9	+0.3	+3.4	—0.3
	21	3—4	29	20	+0.2	+0.6	+0.8	+0.2	—0.5	+1.3	+1.6	+2.3	+5.3
Koivu *Birke*	15	3—4	13	17	—0.5	+0.3	·	—1.4	+2.5	+5.2	—1.6		
	16	3—4	15	10	+0.8	—1.7	—1.2	—1.3	+0.4	+0.7	+2.0		
	19	3—4	23	19	—0.4	—1.6	—1.1	—1.0	—1.3	—1.5	+2.7	—4.4	—6.0
	21	5—6	27	15	+0.7	+0.6	—0.5	.	—2.5	—1.0	—1.3	—0.9	+0.5
	23	3—4	25	15	—0.1	—0.2	—0.2	—0.1	+0.6	+0.6	+1.4	+4.0	+2.6

[1]) < 0.05 %

ehkä kuusella, mutta myös koivun luvut ovat tyydyttäviin tuloksiin viittaavia. Aiemmin on jo mainittu läpimitan voimakkaasta vaihtelusta koivun rungon latvaosissa. Osa koivun suurehkoista eroista johtuukin laskelmissa mukana olleiden koepuiden pienestä lukumäärästä.

Taulukosta 7 nähdään esimerkkejä Metsäntutkimuslaitoksen pysyviltä koealoilta kerättyjen koepuiden avulla suoritettujen tarkistuslaskelmien tuloksista. Voidaan todeta, että pääosa eroista on nytkin kohtuullisen pieniä, mikä vahvistaa tutkimusaineiston rakenteen sopivuutta ja tasoituksen onnistumista. Eri puulajien vertailusta ilmenee, että koivulla on jälleen hieman enemmän suurehkoja eroja. Pääosa, n. 63 %, koivunkin eroista on kuitenkin ainakin tyydyttävän pieniä, alle 2 %. Vastaava luku männyllä on n. 79 % ja kuusella n. 72 %.

Taulukko 7. Esimerkkejä kapenemissarjojen avulla saatujen ja todellisten läpimittojen keskimääräisistä eroista pysyviltä koealoilta kerättyjen koepuiden eräillä mittauskorkeuksilla.

Übersicht 7. Beispiele für die durchschnittlichen Unterschiede zwischen den mit Hilfe der Ausbauchungsreihen erhaltenen und den wirklichen Durchmessern in einigen Messhöhen aus den festen Probeflächen angesammelten Probestämmen.

puulaji *Holzart*	Koepuiden: pituus *Höhe* (m)	kapenemi-nen *Ausbauch-ung* (cm)	d (cm)	lukumäärä *Anzahl der Probe-stämme*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*: 2	4	6	10	12
	keskimäärin *der Probestämme, im Durchschnitt*				Ero, % — *Unterschied, %*				
Mänty *Kiefer*	14.0	2.5	11.1	7	—0.1	+0.6	—0.2	+1.2	
	16.2	3.8	17.5	14	+0.8	·	—0.3	+1.0	+1.0
	18.0	3.8	18.4	14	+1.2	+1.1	+0.9	+3.7	+2.8
	20.2	3.7	22.0	20	+1.3	.	—0.7	—2.1	—2.6
Kuusi *Fichte*	12.1	3.0	11.7	16	—0.2	+0.7	—0.8	—3.1	
	14.0	2.9	14.4	21	—0.1	—0.1	—0.2	—0.8	
	16.0	3.0	15.6	12	+2.1	+2.1	+1.2	—0.3	+0.5
	18.0	3.2	19.5	15	+0.8	+1.6	—0.4	—4.2	—6.0
Koivu *Birke*	14.1	2.7	10.0	10	+2.4	+0.6	—1.4	—6.5	
	16.1	2.9	12.8	18	+0.2	+0.2	+1.2	—0.7	—5.3
	18.0	3.2	16.7	19	+1.3	+1.1	·	—3.1	—2.7
	20.2	3.0	20.2	20	—0.6	+0.1	+0.1	—3.0	—3.9

Männyn, kuusen ja koivun runkomuotojen vertailua

Yleistä

Tutkimuksessa tarkasteltujen eri puulajien runkomuotojen vertailua suoritettiin sekä graafisesti että numeerisesti. Tarkastelut rajoitettiin d-luokittaisiin sarjoihin, koska vertailussa on eduksi, jos tutkittavat kapenemissarjat edustavat mahdollisimman ahdasrajaisia puuluokkia. Ennen varsinaiseen tarkasteluun ryhtymistä kiinnitettiin huomiota etenkin seuraaviin seikkoihin.

Eri puulajien d-luokkajakaantumia tarkasteltaessa ilmeni, että jakaantumien laajuus vaihtelee puulajeittain. Männyn ja kuusen jakaantumat olivat yleensä laajemmat kuin koivulla. Edelleen havaittiin, että kuusen ja koivun pienimmissä pituusluokissa keskimääräinen kapeneminen oli suurempi kuin männyllä. Erot näyttivät tasaantuvan n. 10—12 m:n luokista alkaen ja suurissa pituusluokissa männyn kapeneminen oli keskimäärin suurin.

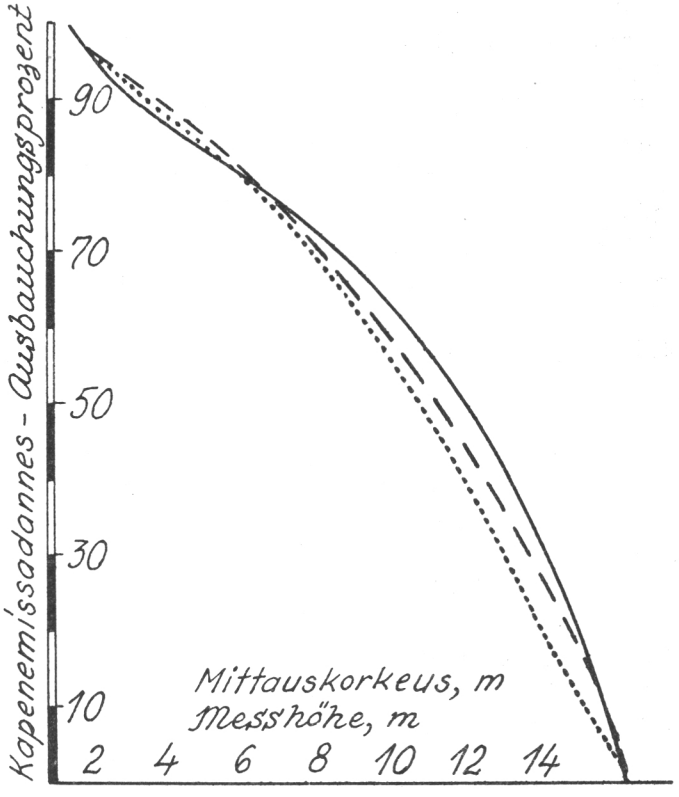
Suoritettujen tarkastelujen tuloksena ilmeni edelleen, että samassa pituus- ja kapenemisluokassa kapeneminen (d—d_6) suurenee lievästi kaikilla puulajeilla rinnankorkeusläpimitan kasvaessa. Voitiin myös todeta, että kapenemisen ja rinnankorkeusläpimitan osalta sovelletun 2 cm:n luokkalaajuuden puitteissa runkomuodon vaihtelumahdollisuudet ovat vielä verraten suuret. Molemmat mainitut tunnukset saattavat lisäksi vaihdella sovelletuissa luokissa eri tavoin. Pienissä pituusluokissa 1 m:n luokkalaajuus on myös suhteellisesti hyvin suuri, joten sen sisältämä pituuden vaihtelu saattaa olla eri puulajeilla erilainen. Käytetty tasoitusmenetelmä sekä se, että kapenemissadannekset on ilmaistu kokonaislukuina, ovat myös voineet korostaa tai lieventää yksityisissä luokissa ilmeneviä ominaisuuksia eri puulajien osalta eri tavoin.

Edellä esitettyjen näkökohtien ohella on vielä muita eri puulajien runkomuotojen vertailua vaikeuttavia tekijöitä, kuten aineiston rakenne yleensä, tarkistuslaskelmat ja niiden perusteella suoritettujen korjausten luotettavuus jne. Kaikki yhdessä aiheuttavat sen, että johtopäätösten teko eri puulajien runkomuotojen vertailussa ei ole mahdollista yhden tai muutamankaan saman puuluokan mutta eri puulajin kapenemissarjan tarkastelun

perusteella. Tarvitaan laajamittaista vertailua, mutta tällöinkin on syytä ottaa huomioon etenkin edellä mainitut vertailuun epävarmuutta aiheuttavat seikat.

Kapenemissarjojen luonnehtimat erot ja yhdenmukaisuudet

Mainittua taustaa vasten tarkastellen on ensimmäiseksi vertailuesimerkiksi valittu kuvassa 6 graafisesti esitetyt kapenemissarjat. Sarjat luonnehtivat 16 m:n pituusluokan 3—4 cm:n kapenemisluokkaan luettujen 17 cm:n d-luokan mäntyjen, kuusten ja koivujen keskimääräisiä runkomuotoja rinnankorkeudelta alkaen. Kuvassa esitettyjen piirrosten perusteella voidaan todeta, että rungon tyviosassa rinnankorkeuden yläpuo-



Kuva 6. Esimerkki männyn (yhtäjaksoinen viiva), kuusen (katkoviiva) ja koivun (pisteviiva) runkomuodosta. Pituusluokka 16 m, kapenemisluokka 3—4 cm, d-luokka 17 cm.

Abb. 6. Beispiele für die Schaftformen der Kiefer (ununterbrochene Linie), der Fichte (unterbrochene Linie) und der Birke (punktierte Linie). Höhenklasse 16 m, Ausbauchungsklasse 3—4 cm, d-klasse 17 cm.

lella kuusen ja koivun runkomuodot ovat hieman täyteläisempiä kuin männyn runkomuoto. Erot kuusen ja männyn välillä ovat selvemmät kuin koivun ja männyn sekä kuusen ja koivun välillä. Noin 6 m:n korkeudella eri puulajien runkomuotojen kuvaajat yhtyvät, mutta vain hyvin lyhyen runkopituuden matkan. Kuusen ja koivun rungot alkavat nyt kaveta mäntyä voimakkaammin, koivu lisäksi enemmän kuin kuusi. Noin 8 m:n korkeudelta alkaen männyn ja koivun runkoviivojen välillä on selvä ero, kuusen runkoviivan ollessa likimäärin männyn ja koivun puolivälissä. Aivan latvanhuipussa männyn ja kuusen runkoviivat yhtyvät, mutta koivu kapenee molempia voimakkaammin aina latvanhuippuun asti.

Edellä esitetyt erot eri puulajien välillä ilmenevät etenkin latvaosissa yleisinä n. 13—20 m:n pituusluokissa. Pienissä ja 21 + m:n pituusluokissa havaitaan eräitä poikkeuksia. Seuraavassa asetelmassa esitetään esimerkkinä 9 m:n pituusluokasta otetut sarjat. Sarjat luonnehtivat 9 cm:n d-luokan puiden keskimääräisiä runkomuotoja mainitun pituusluokan 3—4 cm:n kapenemisluokassa.

Puulaji *Holzart*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*						
	2	3	4	5	6	7	8
	Kapenemissadannes — *Ausbauchungsprozent*						
Mänty — *Kiefer*	92	85	78	69	58	45	28
Kuusi — *Fichte*	95	88	80	71	58	45	27
Koivu — *Birke*	92	84	75	65	52	37	21

Asetelman luvut osoittavat, että kuusen runko on nytkin tyviosassa männyn runkoa täyteläisempi. 6 m:n korkeudella erot ovat tasoittuneet ja latvaosan lyhyydestä johtunee, että kapeneminen on 6 m:n yläpuolella käytännöllisesti samanlaista. Koivu eroaa sen sijaan sekä männystä että kuusesta verraten selvästi, joskin määrällisesti erot ovat useilla mittauskorkeuksilla vain 2—5 mm.

Kolmantena esimerkkinä esitetään seuraavassa asetelmassa 23 m:n pituusluokasta otetut männyn, kuusen ja koivun kapenemissarjat. Sarjojen kapenemisluokka on 3—4 cm ja d-luokka 27 cm. Asetelman supistamiseksi sadannekset esitetään vain parillisilta mittauskorkeuksilta.

Puulaji *Holzart*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*										
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	Kapenemissadannes — *Ausbauchungsprozent*										
Mänty — *Kiefer* ..	97	92	87	82	76	70	63	54	45	31	11
Kuusi — *Fichte* ...	97	92	87	82	75	67	59	49	39	27	11
Koivu — *Birke* ...	96	91	87	82	76	67	57	46	32	18	6

Asetelman lukujen tarkastelusta ilmenee, että rungon alaosissa kapenemissadannekset eroavat vain koivun osalta ja tällöinkin yhden sadanneksen verran. Saman suuruisia eroja todetaan myös parittomilla mittauskorkeuksilla, mutta erot saattavat johtua ainakin osittain kokonaislukujen käytöstä. Yhdenmukaisuus jatkuu kaikilla puulajeilla n. 10 m:n korkeudelle, kuusen ja koivun välillä hieman korkeammallekin. Ylempänä alkaa ilmetä vastaavanlaisia eroja kuin ensimmäisessä esimerkissä. Etenkin männyn ja kuusen sekä toisaalta männyn ja koivun, mutta osittain myös kuusen ja koivun sadannesten erot ovat myös tilastollisesti merkittäviä, kuten on huomattavassa määrin myös edellisissä esimerkeissä laita.

Eri puulajien runkomuotojen vertailua on suoritettu myös muodostamalla perättäisten kapenemissadannesten erotukset alkaen 2 ja 3 m:n korkeuksien sadannesten erotuksesta. Näin saatu kuva selventi edellä suppeasti hahmoteltua kuvaa eri puulajien runkomuotojen välillä havaittavista eroista ja yhdenmukaisuuksista. Kysymystä tutkittiin edelleen laskemalla saman pituus- ja d-luokan mutta vierekkäisten kapenemisluokkien vastaavien mittauskorkeuksien sadannesten erotukset ja vertailemalla saatuja erotussarjoja puulajeittain. Tarkastelujen tuloksena voitiin todeta, että mainitunlaiset sadannesten erot olivat eri puulajeilla usein likimäärin yhtäsuuret. Lähinnä suurten pituusluokkien ylimmillä mittauskorkeuksilla erot olivat kuitenkin koivulla pienempiä kuin männyllä ja kuusella. Koivun vierekkäisten kapenemisluokkien sarjat olivat siten näiltä osin lähempänä toisiaan kuin muilla puulajeilla. Syynä on ilmeisesti koivun rungon voimakas kapeneminen rungon yläosissa. Vastaaviin tuloksiin päädyttiin myös saman pituus- ja kapenemisluokan d-luokittaisten sarjojen osalta (vrt. s. 26). Tätä seikkaa valaisevat seuraavassa asetelmassa esimerkiksi valitut koivun 21 m:n pituusluokan 5—6 cm:n kapenemisluokan viisi d-luokittaista kapenemissarjaa.

d-luokka, *d-klasse*, cm	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
	Kapenemissadannes — *Ausbauchungsprozent*									
25	94	87	80	74	66	57	45	31	18	7
27	94	87	81	75	67	58	46	32	19	7
29	94	87	81	75	67	57	45	31	18	7
31	95	88	82	76	67	57	44	30	16	6
33	95	88	82	76	68	57	44	30	16	5

Asetelman supistamiseksi esitetään vain parillisten mittauskorkeuksien sadannekset. Sarjojen tarkastelu osoittaa, että sarjat yleensäkin ikään kuin kasaantuvat yhteen. Rungon latvaosissa vierekkäisten d-luokkien kapene-

missadannesten riippuvuus d-luokasta on kuitenkin erilainen kuin rungon tyvi- ja keskiosissa. Havaitaan, että aivan latvanhuippua lukuun ottamatta 27 cm:n d-luokan sadannekset ovat 6—18 m:n mittauskorkeuksilla yhtä sadannesta suuremmat kuin pienimmän esitetyn, 25 cm:n d-luokan sadannekset. Sitten sarjat ikään kuin kasaantuvat ja rungon latvaosissa alkaa sadannesten lievä pienentyminen. Sadannesten pienenemisestä huolimatta vastaavien mittauskorkeuksien määrälliset läpimitat kyllä suurenevat, mutta keskimäärin vähemmän kuin männyllä ja kuusella. Vastaavanlaista kapenemista esiintyi myös useissa mänty- ja etenkin kuusikoepuissa, mutta yleensä paljon lievempänä. Männyn ja kuusen kapenemissadannesten tasoitus johtikin miltei poikkeuksetta sellaisiin d-luokittaisiin keskimääräissarjoihin, joissa vierekkäisten luokkien sadannekset joko keskimäärin suurenivat tai olivat lyhyehkön runkopituuden matkan yhtäsuuret. Vain kuusen 24 m:n pituusluokassa tasoitus johti rungon latvaosissa vastaavanlaiseen sadannesten kehitykseen kuin koivun suurissa pituusluokissa.

Rinnankorkeusläpimitan ja kapenemisen keskiarvojen tarkastelua

Eri puulajien kapenemissarjojen yksityiskohtaisessa vertailussa kiinnitettiin erityistä huomiota tutkimusaineiston rakenteeseen, etenkin rinnankorkeusläpimitan ja kapenemisen keskiarvoihin d-luokittain. Tarkasteluja suoritettiin myös aiemmin mainitun III:n valtakunnan metsien inventoinnin aineistosta kerätyn koepuunäytteen avulla. Seuraavassa asetelmassa nähdään ensin esimerkkejä tutkimusaineiston 9 ja 10 m:n pituusluokkien 3—4 cm:n kapenemisluokkaan kuuluvien puiden keskimääräisestä kapenemisesta.

Puulaji *Holzart*	Pituusluokka, m *Höhenklasse, m*	d-luokka, cm — *d-klasse, cm* 7	9
		Kapenemisen keskiarvo, cm — *Mittelwert der Ausbauchung, cm*	
Mänty — *Kiefer*	9	3.2	3.6
Kuusi — *Fichte*	9	3.3	3.8
Koivu — *Birke*	9	3.6	4.2
Mänty — *Kiefer*	10	2.9	3.1
Kuusi — *Fichte*	10	2.9	3.2
Koivu — *Birke*	10	3.2	3.8

Kapeneminen on ollut keskimäärin pienin männyllä, kuusella miltei sama ja koivulla suurin. Vastaavat III:n inventoinnin aineiston perusteella suoritetut laskelmat johtivat männyn ja kuusen osalta vastaavan-

laisiin tuloksiin. Männyn ja koivun välillä ei voitu todeta mitään merkittäviä eroja.

Pienissä pituusluokissa todettu koivun voimakas keskimääräinen kapeneminen antoi aiheen tutkimuksiin siitä, oliko koivuaineistoon kertynyt poikkeuksellisen runsaasti voimakkaasti kapenevia runkoja. Yksityiskohtaisen tarkastelun tuloksena voitiin katsoa, että syynä oli lähinnä lyhyissä koivuissa sovellettu mittaustapa. Lyhyissä, »normaalimuotoisissa» koivuissa runko erottuu yleensä selvästi ohuista oksista ja pituuden mittauksen rajoittaminen esim. sille korkeudelle, jossa läpimitta on enää n. 1 cm, aiheuttaisi, että rungosta olisi »katkaistava» usein suhteellisen pitkä osa. Tunnettua on, että tavanomaisissa arvioimistehtävissä koivun pituuden mittauksessa ei yleensä oteta huomioon aivan hento-oksaista, pyöristyvää latvanhuippua. Kun lyhyissä koivuissa pituuden mittaus on ulottunut joko lähes tai aivan latvanhuippuun, on 6 m:n korkeuden läpimitta sijainnut useimmiten hyvin ohuella rungonosalla ja lähempänä ylintä latvan-

Taulukko 8. Rinnankorkeusläpimitan ja kapenemisen keskiarvot eräissä 3—4 cm:n kapenemisluokan pituus- ja d-luokissa.

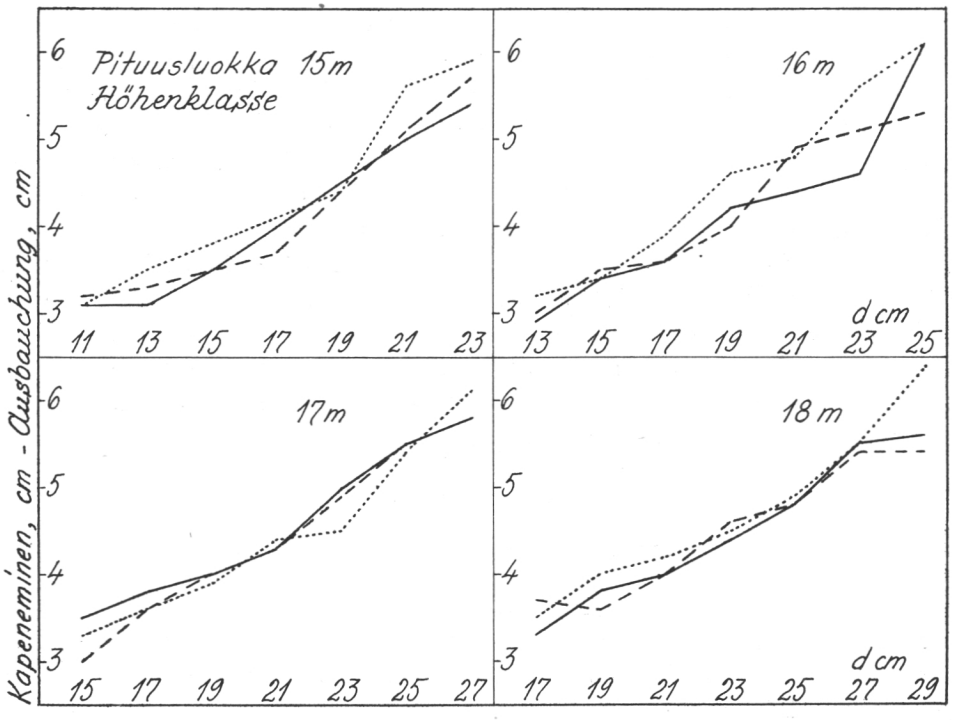
Übersicht 8. Mittelwerte des Brusthöhendurchmessers und der Ausbauchung in einigen Höhen- und d-klassen der Ausbauchungsklasse 3—4 cm.

Pituusluokka, m *Höhenklasse, m*	Tunnus *Merkmal*	Puulaji *Holzart*	d-luokka, cm — *d-klasse, cm*								
			11	13	15	17	19	21	23	25	27
			Rinnankorkeusläpimitan ja kapenemisen keskiarvo, cm *Mittelwerte des Brusthöhendurchmessers und der Ausbauchung, cm*								
15	d	Mänty — *Kiefer*	11.4	13.2	15.0	17.1	19.1	21.0			
		Kuusi — *Fichte*		13.4	15.1	17.0	18.9	20.8			
		Koivu — *Birke*	11.1	12.9	15.0	17.1					
	Kapeneminen *Ausbauchung*	Mänty	3.0	3.2	3.4	3.7	3.8	3.7			
		Kuusi		3.1	3.0	3.4	3.5	3.9			
		Koivu	3.2	3.3	3.5	3.8					
17	d	Mänty		13.0	15.2	17.3	19.0	21.2	23.0		
		Kuusi				17.2	19.2	21.2	23.2	24.8	
		Koivu		13.2	15.4	17.0	19.0	21.4	23.1		
	Kapeneminen	Mänty		3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	4.0		
		Kuusi				3.2	3.1	3.6	3.7	4.1	
		Koivu		3.1	3.2	3.1	3.5	3.5	3.9		
19	d	Mänty			15.1	16.9	19.0	20.8	23.3	25.3	27.0
		Kuusi					19.0	20.7	23.0	25.2	26.9
		Koivu			15.6	17.1	19.5	21.4	22.8	25.0	
	Kapeneminen	Mänty			3.1	3.4	3.6	3.5	3.9	3.8	4.1
		Kuusi					3.0	3.4	3.5	3.7	4.0
		Koivu			3.1	3.2	3.3	3.6	3.4	3.9	

huippua kuin tavanomaisissa käytännön mittauksissa. Todettakoon lisäksi, että läpimittojen ja pituuden mittaus voidaan suorittaa kaadetuista koepuista tarkemmin kuin pystypuista.

Muista pituusluokista suoritettujen tarkastelujen tuloksista on esimerkkejä taulukossa 8. Taulukosta nähdään rinnankorkeuden ja kapenemisen keskiarvot eri puulajeilla eräissä 3—4 cm:n kapenemisluokasta esimerkeiksi valituissa luokissa. Voidaan todeta, että rinnankorkeusläpimittojen keskiarvot poikkeavat kyllä + ja — suuntaan luokan keskuksena pidettävästä arvosta, mutta pääosa eroista on vain muutama millimetri. Aineiston rakenne ei antane ainakaan tältä osin aihetta merkittäviin huomautuksiin.

Kapenemisen (d—d_6) keskiarvojen tarkastelu osoittaa, että samassa pituusluokassa kapeneminen keskimäärin suurenee läpimitan mukaan. Pituuden suuretessa samanvahvuisten puiden kapeneminen taas pienenee vähäisessä määrin. Männyn kapenemisluvut ovat kahta poikkeusta lukuun ottamatta kuusen vastaavia lukuja suuremmat, joskin erot ovat usein



Kuva 7. Esimerkkejä männyn (yhtäjaksoinen viiva), kuusen (katkoviiva) ja koivun (pisteviiva) keskimääräisestä kapenemisesta d-luokittain. III:n valtakunnan metsien inventoinnin koepuuaineisto, pituusluokat 15—18 m.

Abb. 7. Beispiele für die durchschnittliche Ausbauchung nach d-klassen der Kiefer (ununterbrochene Linie), der Fichte (unterbrochene Linie) sowie der Birke (punktierte Linie). Das Probestämmenmaterial der III. Reichswaldabschätzung, Höhenklassen 15—18 m.

hyvin pienet. Männyn ja koivun välillä erot ovat vieläkin pienempiä, usein vain 1 mm. Erojen pienuudesta johtuen johtopäätösten teko etenkin männyn ja koivun välisistä eroista on epävarmaa. Sen sijaan voidaan todeta, että eri puulajeilla keskimääräinen kapeneminen saavuttaa ko. kapenemisluokan luokkakeskuksen ilmeisesti hieman eri d-luokkien kohdalla.

Kuvassa 7 esitetään vertauksen vuoksi esimerkkejä III:n valtakunnan metsien inventoinnin aineiston perusteella lasketuista keskimääräisistä kapenemisluvuista neljässä, 15—18 m:n pituusluokassa. Voidaan todeta, että männyn ja kuusen kapeneminen on hyvin yhdenmukaista kaikissa esitetyissä pituusluokissa. Samoin on huomattavassa määrin koivun laita. 15 ja 16 m:n pituusluokissa koivun kapeneminen on keskimäärin hieman voimakkaampaa kuin männyllä ja kuusella. Viitaten aiemmin (s. 33) esitettyihin tutkimusaineiston lyhyiden puiden keskimääräisiin kapenemislukuihin (d—d_6) näyttäisi olevan otaksuttavissa, että pienissä pituusluokissa mänty kapenee keskimäärin hieman vähemmän kuin koivu. Pituuden suuretessa erot tasaantuvat kuitenkin verraten pian kaikilla puulajeilla. Rinnankorkeudelta ja 6 m:n korkeudelta mitattujen läpimittojen erotuksena ilmaistun kapenemisen vaikutus eri puulajien kapenemissarjojen välillä havaittaviin eroihin rajoittunee siten lähinnä lyhyihin puihin. Eri puulajien keski- ja etenkin latvaosissa ilmenevät kapenemissadannesten ja samalla siis runkomuodon erot johtunevat pääosiltaan kullekin puulajille ominaisesta keskimääräisestä runkomuodosta. Näin on myös rungon tyviosan laita, vaikkakin erot tältä osin ovat usein pienet.

Etenkin männyn osalta saadut tulokset ovat yhdenmukaiset Aron (1935, s. 82) varhemmin käyttöpuun pituudesta esittämien tutkimustulosten kanssa, että määrättyyn katkaisuläpimittaan hakattaessa saadaan männyn rungosta käyttöpuuta suhteellisesti pitempi osa kuin kuusen ja koivun rungosta. Myös kuusen ja koivun tulokset ovat huomattavassa määrin yhdenmukaiset Aron tutkimustulosten kanssa.

Kuoren paksuuden tarkastelua

Viimeisenä tarkastelukohteena oli kuoren keskimääräinen paksuus rungon eri korkeuksilla. Yleisesti tunnettua on, että männyllä on ainakin rungon tyviosassa keskimäärin paksumpi kuori kuin kuusella ja koivulla (vrt. Aro 1935; Ilvessalo 1947). Ylempänä erot saattavat tasaantua. Aron (1935, s. 105—106) mukaan Etelä-Suomessa männyn kuori on 6 m:n korkeudella ohuin ja jää myös Pohjois-Suomessa kuusen kuorta ohuemmaksi. Seuraavassa asetelmassa esitetään kaksi esimerkkiä valmisteilla olevan kuoritutkimuksen perusteella saaduista tuloksista. Ase-

d-luokka, *d-klasse*, sm	Puulaji *Holzart*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m* 0.5	2	4	6	8
		Kaksinkertainen kuori kuorellisesta läpimitasta, % *Doppelte Rindenstärke vom Durchmesser mit Rinde, %*				
15	Mänty — *Kiefer*	16.4	9.5	6.4	5.4	5.2
	Kuusi — *Fichte*	7.0	5.9	6.1	6.3	6.9
	Koivu — *Birke*	7.5	6.4	6.2	6.4	6.9
25	Mänty — *Kiefer*	12.9	8.6	5.7	4.2	3.9
	Kuusi — *Fichte*	7.8	6.9	6.6	6.6	6.9
	Koivu — *Birke*	8.4	7.0	6.7	6.6	6.3

telman luvut ovat kuoren suhteellista paksuutta kuvaavia keskimääräislukuja, jotka on saatu yhdistämällä yleisimmin esiintyvien pituusluokkien 3—4 cm:n kapenemisluokan koepuiden mittaustiedot asetelmassa esitettyjen d-luokkien ja mittauskorkeuksien puitteissa.

Asetelman luvut vahvistavat edellä esitettyä toteamusta, että rungon tyviosassa männyn kuori on paksuin. 6 m:n korkeudella luvut ovat yhdenmukaiset Aron (1935) ja Ilvessalon (1958) esittämien tulosten kanssa. Edelleen havaitaan se tunnettu seikka, että erot kuoren paksuudessa rungon eri korkeuksilla ovat kuusella ja koivulla paljon pienemmät kuin männyllä. On ilmeistä, että eri puulajeille ominainen kuoren paksuus rungon eri korkeuksilla ainakin jossain määrin lieventää tai suurentaa eri puulajien runkomuotojen välisiä eroja ja yhdenmukaisuuksia.

Suoritettujen vertailujen perusteella katsottiin aiheelliseksi, että männylle, kuuselle ja koivulle esitetään kullekin omat kapenemissarjat. Kapenemissarjojen osalta päädyttiin siis vastaavaan ratkaisuun kuin Ilvessalo (1947) pystypuiden kuutioimistaulukoiden laadinnassa, joissa samoin havaitaan erisuuruisia eroja mutta osittain myös yhdenmukaisuutta eri puulajien yksikkökuutiomäärissä. Tehty ratkaisu merkitsee eri puulajien runkomuodon määrittämisessä saavutettavan suuremman tarkkuuden ohella huomattavaa etua myös puutavaralajitaulukoiden valmistamisessa. Vertauksen vuoksi mainittakoon, että myös varhemmissa kapenemistutkimuksissa on yleensä katsottu aiheelliseksi esittää eri kapenemissarjat kullekin tutkitulle puulajille (esim. Maass 1908; Jonson 1910, 1911; Mitscherlich 1939; Dittmar 1958), joskaan ei aina (esim. Krenn-Prodan 1944).

Kirjallisuusluettelo

Aro, Paavo. 1935. Tutkimuksia rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitan vaikutuksesta käyttöpuun ja hakkuutähteiden määrään. *Referat:* Untersuchungen über den Einfluss des Brusthöhen- und Minimaldurchmessers auf die Menge des Gebrauchsholzes und der Hiebsreste. — MTJ 20.

Burckhardt, H. 1856. Forstliche Hülfstafeln. II. Abteilung. Hannover.

Dittmar, O. 1958 Untersuchungen über die Zusammenhänge zwischen der Hohenadl'schen echten Schaftholzformzahl λ 0.9 dem echten Formquotienten η0.5 und echter Ausbauchungsreihe in mittel- und nordostdeutschen Waldbeständen. — Archiv f. Forstw. 7. Band.

Edgren, Wilhelm — Nylinder, Per. 1950. Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige. *Summary:* Functions and tables for computing taper and form quotient inside bark for pine and spruce ir northern and southern Sweden. — MS 38.

Eide, Erling og Langsaeter, Alf. 1928—30. Avsmalningstabell før granskog. Table of Taper for Norway Spruce Forests. — Medd. fra det Norske Skogforsøksvesen. Bind III.

Heiskanen, Veijo ja Tiihonen, Paavo. 1958. Rinnankorkeusläpimittaan perustuvat sahapuiden kuutioimistaulukot. *Summary:* Volume tables for saw timber stems based on breast height diameter. — MTJ 49.

Ilvessalo, Yrjö. 1916. Mäntymetsikköjen valtapuitten kasvusta mustikka- ja kanervatyypin kankailla Salmin kruununpuistossa. *Referat:* Untersuchungen über das Wachstum der vorherrschenden Bäume in Kiefernbeständen von Myrtillus- und Callunatyp. — Acta forestalia fennica 6.

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

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

—»— 1956. Suomen metsät vuosista 1921—24 vuosiin 1951—53. Kolmeen valtakunnan metsien inventointiin perustuva tutkimus. *Summary:* The forests of Finland from 1921—24 to 1951—53. A survey based on three national forest inventories. — MTJ 47.

—»— 1958. Metsän arvioiminen. — Tapion Taskukirja. XIV painos.

International Union of Forest Research Organizations. 1959. The standardization of symbols in forest mensuration.

Jonson, Tor. 1910. Taxatoriska undersökningar om skogsträdens form. I. Granens stamform. — SST. H. 11.

—»— 1911. Taxatoriska undersökningar öfver skogsträdens form. II. Tallens stamform. — Ibid. H. 9—10.

Krenn, K. — Prodan, M. 1944. Die Bestimmung der echten Schaftholzformzahl und Ausbauchungsreihe aus dem echten Formquotienten. — Mitt. d. Akad. der deutschen Forstwesen. Band VIII.

Maass, Alex. 1908. Kubikinnehållet och formen hos tallen och granen inom Särna socken i Dalarna. — MS 5.

Mitscherlich, G. 1939. Sortenertragstafeln für Kiefer, Buche und Eiche. — Sonderabdruk aus Mitt. aus Forstwirtschaft und Forstwissenschaft. Hannover.

Schwappach, Adam. 1905. Formzahlen und Massentafeln für die Eiche. Berlin.

Stiell, W. M. 1960. Taper curves and volume tables for plantation red pine. Forest Research Division, Canada, Technical Note N:o 90.

Tiihonen, Paavo. 1961. Tutkimuksia männyn kapenemistaulukoiden laatimiseksi. *Referat:* Untersuchungen über die Aufstellung der Ausbauchungstafeln für Kiefer. — MTJ 53.

LYHENNYKSIÄ — *ABKÜRZUNGEN*

MS = Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut (Skogsförsöksanstalt).
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja, Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja, Communicationes ex Instituto Quaestionum Forestalium Finlandiae Editae, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae.
SST = Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift.

AUSBAUCHUNGSTAFELN FÜR KIEFER, FICHTE UND BIRKE

Deutsches Referat

Einleitung

Die Aufstellung von Ausbauchungs- und Holzsortimententafeln für Kiefer, Fichte und Birke stand in Finnland schon seit langem auf dem Arbeitsprogramm der Abschätzungsabteilung an der Forstlichen Forschungsanstalt. Zu Beginn des Winters 1953 wurde der Verfasser dieser Untersuchung mit der Aufstellung von Ausbauchungstafeln betraut, die auf die Weise durchzuführen war, dass die Aufstellung der Tafeln, sofern möglich, sich auf das Material von Ilvessalo's (1947) Massentafeln zu gründen hatte, dieses im Bedarfsfall ergänzend. Um gleichzeitig im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten die Aufstellung von Holzsortimententafeln zu erleichtern, wurde die Forschungsaufgabe wie folgt präzisiert. Zweck der Untersuchung ist die Aufstellung von Ausbauchungstafeln, auf Grund deren man später auch die erforderlichen Holzsortimententafeln zusammenstellen kann.

Als man sich an die Untersuchung heranmachte, musste indessen festgestellt werden, dass die Aufgabe ausserordentlich weit gespannt war, sodass detaillierte Untersuchungen im Anfang auf die Kiefer beschränkt werden mussten, deren Probestämmenmaterial am grössten war und am wenigsten einer unentbehrlichen Ergänzung bedurfte. Nach erfolgter Ergänzung des Probestämmenmaterials der Fichte und der Birke wurden auch in bezug auf diese Untersuchungen angestellt, die den in bezug auf die Kiefer angestellten Untersuchungen entsprachen.

Die Ausbauchungstafeln für die Kiefer lagen zu Beginn des Winters 1958 fertig vor. Die Merkmale beziehungsweise Klassifizierungsgrundsätze der Tafeln waren die folgenden: Höhe, Ausbauchung ($d—d_6$) sowie Brusthöhendurchmesser. Da es den Anschein hatte, als ob die Aufstellung von Tafeln für die Fichte und die Birke unter Anwendung desselben Verfahrens möglich war wie die Aufstellung von Tafeln für die Kiefer, hielt man es für angebracht, die Aufstellung von Ausbauchungstafeln für die Kiefer, die die Grunduntersuchung bildete, in einer besonderen Publikation darzulegen. Die Untersuchung wurde im Anfang des laufenden Jahres veröffentlicht (Tiihonen 1961).

Die endgültigen Tafeln für die Fichte lagen im Frühjahr 1960 fertig vor sowie diejenigen für die Birke im Anfang des laufenden Jahres. Die Publikation in Frage enthält die Ausbauchungstafeln für sämtliche drei Holzarten. Ausser den Tafeln sind in der Untersuchung das Untersuchungsmaterial sowie das Aufstellungsverfahren in bezug auf die Tafeln einer kurzen Prüfung unterzogen worden. Auch die Zuverlässigkeit der Tafeln ist geprüft worden. Zum Schluss wird ein Vergleich in bezug auf die Stammformen der untersuchten Holzarten angestellt.

Bezeichnungen der Merkmale, die in der die Aufstellung der Ausbauchungstafeln betreffenden Untersuchung verwendet worden sind

In der den Tafeln vorangehenden Beschreibung werden folgende vom Internationalen Verband forstlicher Forschungsanstalten (International Union of Forest Research Organizations 1959) empfohlene Bezeichnungen verwendet:

d = Brusthöhendurchmesser = Durchmesser in 1.3 m Höhe
d_6 = Durchmesser in 6 m Höhe
$d_{0.1\,h}$ = Durchmesser in 0.1 der Gesamthöhe
h = Höhe
s = mittlere Abweichung
$s_{\bar{x}}$ = Schätzwert des mittleren Fehlers

sowie als Bezeichnung betreffend die Ausbauchung des Stammes $d—d^6$ = der Unterschied zwischen dem Brusthöhendurchmesser und dem Durchmesser in 6 m Höhe.

Alle Durchmesser gelten für Durchmesser mit Rinde; der Ansatzpunkt für die Messung der Höhe bezw. Länge der Stämme wird bestimmt durch die niedrigst mögliche Fallhöhe an dem Wurzelanlauf des Stammes, und zwar so, wie es in den Massentafeln für stehende Bäume festgesetzt ist.

Untersuchungsmaterial

Als Untersuchungsmaterial fungiert das Probestämmenmaterial, das Ilvessalo's (1947) »Massentafeln stehender Bäume»» entnommen ist, ergänzt mit folgenden Stammzahlen: Kiefer 67, Fichte 640 und Birke 1 604 Stämme, insgesamt mithin 2 311 Probestämme.

In ergänzter Form enthielt das Untersuchungsmaterial die aus Tabelle 1 (S. 10) ersichtlichen Mengen von Probestämmen der einzelnen Holzarten. Bei der Aufstellung der Ausbauchungstafeln stellte sich heraus, dass der Umfang des Materials befriedigend war.

An den Probebäumen sind u. a. folgende Messungen vorgenommen worden:

1. Gesamthöhe;
2. Brusthöhendurchmesser m. R;
3. Durchmesser mit Rinde in Messhöhen: 0.5, 1.5, 2.5 . . . u.s.w. stets mit Zwischenräumen von 1 m, falls die Höhe des Baumes $\leq$ 12 m betrug, sowie 0.5, 2, 4 . . . . u.s.w. stets mit Zwischenräumen von 2 m, falls die Höhe $>$ 12 m ausmachte;
4. auch solche des Durchmessers in 6 m Höhe bei den im vorigen Abschnitt erwähnten kurzen Bäumen;
5. doppelte Rindenstärke auf den erwähnten Messhöhen;
6. Höhe der unteren Grenze der grünen Krone.

Die Tafeln 1, 2 und 3 veranschaulichen in gedrängter Form das Untersuchungsmaterial. Aus der Tafel 1 (S. 10) ist die Verteilung des Materials auf die Höhenklassengruppen und die Ausbauchungsklassen ersichtlich, aus der Tafel 2 (S. 11) die relative Verteilung des Materials auf Ausbauchungsklassen sowie aus Tafel 3 (S. 12) die Verteilung des Materials auf d-klassen nach Ausbauchungsklassen. Die in der Unter-

suchung zwecks Einschränkung der Tafeln angewandten Höhen- und d-klassen sind zu Gruppen vereinigt worden. In die Tafel 2 ist zu Vergleichszwecken die von Ilvessalo (1947) auf Grund des Materials der II. Reichswaldaufnahme angeführte Teilung aufgenommen worden, sowie für Zwecke der vorliegenden Untersuchung die auf Grund des Materials der III. Inventaraufnahme berechneten Teilungen. Das zuletzt erwähnte Material ist als Hilfe auch bei der Durchführung der Wahl der Klassifizierungsgrundsätze der Ausbauchungstafeln verwendet worden. Im selben Zusammenhange bezog man sich auch auf das Material von Heiskanen und Tiihonen (1958), das die Massentafeln für Sägestämme zum Gegenstande hatte. Die Zuverlässigkeit der aufgestellten Ausbauchungsreihen wurde weiter geprüft an Hand des Probestämmenmaterials, das man von den festen Probeflächen der Forstlichen Forschungsanstalt erhielt.

Aufstellung von Ausbauchungstafeln

Allgemeines

Bevor man sich an die Aufstellung von Ausbauchungstafeln heranmachte, machte man sich ein Bild von den allgemeinen Grundsätzen der Aufstellung von Ausbauchungsreihen (vgl. Tiihonen 1961). Das Ergebnis der Untersuchungen war der Beschluss, bei der Aufstellung von Ausbauchungsreihen für die Fichte und die Birke allgemeine Grundsätze zu verwenden, die den Grundsätzen entsprachen, die bei der Aufstellung der für die Kiefer bestimmten Reihen verwendet wurden. Die Ausbauchungsreihen, die eine Stammform m. R. veranschaulichen, werden mithin in Prozentreihen angeführt; die Durchmesser werden, mit Ausnahme der 26 + m Höhenklassen, mit Zwischenräumen von 1 m in 2 m Höhe angefangen angeführt.

Klassifizierungsgrundsätze

Im Folgenden wird die endgültige Klassifizierung der Ausbauchungsreihen angeführt.

Höhenklassen: 8—30 m, Stufenweite 1 m.

Ausbauchungsklassen: $<$ 2.5 cm (1—2), 2.6—4.5 (3—4), 4.6—6.5 (5—6), 6.6—8.5 (7—8), 8.6—10.5 (9—10) und 10.6—12.5 (11—12) cm. Die zuletzt erwähnte Klasse tritt nur bei der Kiefer in die Erscheinung. In bezug auf die Klassen werden die unter den Klammern angeführten Bezeichnungen verwendet.

d-klassen: in den drei kleinsten Ausbauchungsklassen der 8—24 m Höhenklassen (1—2, 3—4 und 5—6 cm) die Stufenweite von 2 cm soweit solches auf Grund des Materials möglich ist. In den übrigen Höhen- und Ausbauchungsklassen begnügt man sich, ohne eine Ausscheidung der d-klassen, mit Durchschnittsreihen nach Ausbauchungsklassen geordnet.

Nach erfolgter Wahl der Klassifizierungsgrundsätze wurden die Probestämme in Gruppen gegliedert, entsprechend den erwähnten Bezeichnungen. Für die so gebildeten Probestämmegruppen wurden die durchschnittlichen Ausbauchungsprozente der verschiedenen Messhöhen berechnet (vgl. S. 41). Die Berechnung wurde auf 0.1 % genau durchgeführt.

Ausgleichungsverfahren

Auf Grund der vorgenommenen Prüfungen (vgl. Tiihonen 1961, S. 103) bewerkstelligte man in bezug auf sämtliche Holzarten eine graphische Ausgleichung. Die Ausgleichung wurde durchgeführt unter Anwendung von Ilvessalo's (1937)

Zweiphasenverfahren. Ausserdem wurde noch eine sog. Ergänzungsausgleichung vorgenommen. Die Abbildungen 1—4 (S. 16—19) veranschaulichen die Durchführung der Ausgleichung in gewissen als Beispiel gewählten Klassen.

Verwendung der Ausbauchungstafeln

Die Verwendung der aufgestellten Ausbauchungstafeln hat eine Bestimmung der Höhen-, Ausbauchungs- und d-klasse des zu untersuchenden Stammes zur Voraussetzung. Den für die Bestimmung der Brusthöhe sowie der Ausbauchungsklasse erforderlichen 6 m Durchmesser misst man mit Rinde.

Die Ausbauchungstafeln sind in erster Linie zwecks Veranschaulichung der Stammform des Baumes aufgestellt worden. Da die Ausbauchungsprozente der Tafeln auf Durchschnittszahlen beruhen, die auf einem ziemlich umfangreichen Material basieren, vermag die Stammform eines einzelnen Baumes sehr erheblich vom Bilde der so erhaltenen Stammform abweichen. Aus diesem Grunde eignen sich die Tafeln in erster Linie für eine Anwendung als Veranschaulichung der durchschnittlichen Stammform der Baumgruppen, die mittels einer bestimmten Klassifizierung zusammengestellt worden sind. Auf Grund der vorgenommenen Untersuchungen erhält man bei richtig durchgeführten Messungen ein Bild von der durchschnittlichen Stammform, d. h. die durchschnittlichen Durchmesser der verschiedenen Messhöhen mit einer Genauigkeit von ca. 0.5—2 % (vgl. S. 27—28). Die klassenmässigen Stämmezahlen müssten, unter Anwendung von d-klassenmässigen Reihen, sich zum mindesten auf 10—20 Bäume beziehen und, unter Anwendung von ausbauchungsklassenmässigen Durchschnittsreihen ca. 2—3 mal so viel im Vergleich mit der zuletzt erwähnten Zahl. Die Genauigkeit der Ausbauchungsreihen der verschiedenen Baumarten ist in hohem Grade die gleiche, wenn man vom obersten Teil des Birkenstammes absieht, bei dem die Fehlerprozente sich grösser als die oben angeführten gestalten können.

Die Möglichkeiten, die Stammform des ganzen Baumes zu untersuchen, werden durch die Zeichnung, die in Abbildung 5 (S. 22) angeführt ist, veranschaulicht. Zwecks Prüfung beschafft man eine Ausbauchungsreihe der Baumklasse, die dem zu untersuchenden Baum entspricht, und auf Grund der Hundertstel derselben berechnet man die bestimmten Durchmesser der verschiedenen Messhöhen, wonach die Stammform auf einem Millimeterpapier abgebildet werden kann.

Unter den übrigen Verwendungsmöglichkeiten der Tafeln mögen erwähnt werden die Bestimmung einer gewissen Messhöhe sowie die Abschätzung einer Höhe, die einem Durchmesser von gewissem Umfang entspricht (vgl. Tiihonen 1961, S. 104). In bezug auf beide Aufgaben muss man natürlich des Durchschnittscharakters der Reihen gewärtig sein.

Die in der Abbildung 5 angeführte Zeichnung der Stammform charakterisiert die markanteste Grundlage der sich in Vorbereitung befindlichen weiteren Forschungsarbeit, die sich auf eine Aufstellung von Sortimententafeln bezieht. Die Aufstellung in ihrer Gesamtheit setzt indessen eine Klärung von verschiedenen anderen bedeutsamen Grundlagen voraus (vgl. Tiihonen 1961, S. 104), sodass eine Prüfung dieser Frage in der vorliegenden Untersuchung übergangen wird.

Zuverlässigkeit der Ausbauchungstafeln

Grundprüfungen

Bei der Untersuchung der Zuverlässigkeit der Ausbauchungstafeln wurde zuerst eine grosse Anzahl von sog. Grundprüfungen vorgenommen, die näher in der Unter-

suchung betreffend die Aufstellung von Ausbauchungstafeln für die Kiefer auseinandergesetzt worden sind. Unter den Gegenständen der Untersuchung mögen hier als Beispiele angeführt werden u. a. der Bau des Materials sowie dessen Gruppierungs- und Klassifizierungsgrundlagen, die Untersuchung der Durchschnittswerte der Brusthöhendurchmesser und der Ausbauchung (Tabelle 8, S. 34) sowie ein angewandtes graphisches Ausgleichungsverfahren.

Streuungs- und Durchschnittsfehlerzahlen

Die Zuverlässigkeit der erzielten Resultate ist an Hand gewisser statistischer Merkzahlen, vor allem im Lichte der Schätzwerte der mittleren Abweichung und des mittleren Fehlers geprüft worden. Aus den Tabellen 4 (S. 24) und 5 (S. 25) sind Beispiele der Resultate der erwähnten Berechnungen ersichtlich.

Kontrollberechnungen

Kontrollberechnungen wurden angestellt sowohl an Hand des Untersuchungsmaterials als auch mit Hilfe eines von aussen beschaffenen, von den festen Versuchsflächen der Forstlichen Forschungsanstalt, stammenden Probebaummaterials. In der Tabelle 6 (S. 27) werden Beispiele von Resultaten der mit Hilfe des Untersuchungsmaterials bewerkstelligten Kontrollberechnungen angeführt sowie in der Tabelle 7 (S. 28) Beispiele von Resultaten, die auf Grund von Berechnungen, welche an Probebäumen der Versuchsflächen angestellt wurden, hervorgebracht worden sind. Man konstatiert dabei, dass der grösste Teil der Unterschiede recht unbedeutend ist, was auf eine Geeignetheit der Beschaffenheit des Untersuchungsmaterials sowie auf ein Gelingen der Ausgleichung schliessen lässt. Unter Berücksichtigung sämtlicher bewerkstelligter Kontrollberechnungen konnte festgestellt werden, dass in bezug auf die Birke grössere Unterschiede im Durcschnitt etwas häufiger vorkamen als bei der Kiefer und der Fichte.

Vergleich zwischen den Stammformen von Kiefer, Fichte und Birke

Ein Vergleich zwischen den Stammformen der verschiedenen in der Untersuchung geprüften Baumarten wurde sowohl graphisch als auch unter Zuhilfenahme von Zahlen vorgenommen. Die Untersuchung wurde auf die Reihen der d-klassen beschränkt, da es für den Vergleich von Vorteil ist, wenn die zu untersuchenden Ausbauchungsreihen möglichst eng begrenzte Baumklassen repräsentieren. Ausserdem wurde konstatiert, dass der Vergleich durch zahlreiche Umstände erschwert wurde. Unter diesen mögen erwähnt werden die Verschiedenheit die Aufteilungen der d-klassen bei den einzelnen Baumarten, des weiteren die Variation in bezug auf die Ausbauchung ($d—d_6$), das angewandte Ausgleichungsverfahren sowie der Umstand, dass die Ausbauchungsprozente in ganzen Zahlen ausgedrückt wurden. Auch wurde festgestellt, dass die in bezug auf die Ausbauchung und den Brusthöhendurchmesser angewandte 2 cm Stufenweite noch verhältnismässig gross ist. Vergleiche mussten aus diesem Grunde in weitem Umfang vorgenommen werden, doch mussten selbst unter diesen Umständen zahlreiche Fehlermöglichkeiten in Kauf genommen werden.

Bei den Untersuchungen, die gegen den obigen Hintergrund durchgeführt wurden, wurden als erstes Vergleichsbeispiel die in Abbildung 6 (S. 30) angeführten graphischen Skizzen von Stammformen gewählt. Man kann dabei feststellen, dass in bezug auf den unteren Teil des Stammes, die Stammform der Fichte und in geringem Grade auch diejenige der Birke voller ist als die Stammform der Kiefer. Etwa in 6 m Höhe ver-

einigen sich die Stammlinien, um bald darauf sich erneut voneinander zu entfernen. In den mittleren sowie in den Gipfelteilen ist die Stammform der Kiefer am vollsten, die Fichte und die Birke werden dann am schmalsten.

Die oben angedeuteten Züge treten am allgemeinsten in den Höhenklassen von ca. 13—20 m auf. In den kleinen Höhenklassen gestaltet sich der Stamm der Birke auch am unteren Teil bedeutend schmaler als derjenige der Kiefer und der Fichte, wie die auf der Seite 31 als Beispiel angeführten Zahlen der Aufstellung angeben. In den grossen Höhenklassen sind die Stammformen der verschiedenen Baumarten im unteren Teil weitgehend gleichartig, und diese Gleichartigkeit setzt sich bis zu einer bedeutenden Höhe fort (vgl. Aufstellung S. 31).

Eingehende Untersuchungen in bezug auf die Stammformen der verschiedenen Baumarten, sofern es sich um Unterschiede und Gleichartigkeiten handelte, ergaben u. a., dass die festgestellte starke Ausbauchung der Gipfelteile des Stammes der Birke für diese Baumart charakteristisch war. Des weiteren wurde festgestellt, dass die durchschnittliche Ausbauchung ($d—d_6$) nach Baumgruppen in erster Linie bei kurzen Bäumen variierte (vgl. Aufstellung S. 33), wogegen die Unterschiede in grösseren Höhenklassen sehr gering waren (vgl. Tabelle 8, S. 34 und Abbildung 7, S. 35),. Man befasste sich mit dem Problem auch mittels einer Untersuchung der durchschnittlichen Stärke der Rinde in verschiedenen Höhenlagen des Stammes. Die Resultate der Untersuchung werden durch zwei Beispiele erläutert (Aufstellung S. 37). Es ist offenbar, dass die den verschiedenen Baumarten eigene Rindenstärke in verschiedenen Höhenlagen des Stammes die zwischen den Stammformen der verschiedenen Baumarten auftretenden Unterschiede beziehungsweise Gleichartigkeiten in einem gewissen Grade mildern oder verschärfen kann.

Männyn, kuusen ja koivun kapenemistaulukot

Taulukot sisältävät luokittain ryhmitettyjä sadanneslukuina ilmaistuja kapenemissarjoja. Luokitus on seuraava:

p i t u u s, luokkaväli 1 m;

k a p e n e m i n e n (d—d_6), luokkaväli 2 cm paitsi pienimmässä kapenemisluokassa, johon on luettu puut 2.5 cm:n kapenemiseen asti;

r i n n a n k o r k e u s l ä p i m i t t a, pituusluokkien 8—24 m kolmessa pienimmässä kapenemisluokassa luokkaväli 2 cm, muissa kapenemisluokissa vain keskimääräissarja.

Kapenemissadannekset ilmaisevat, kuinka monta % kuorellinen läpimitta esitetyillä rungon korkeuksilla keskimäärin on kuorellisesta rinnankorkeusläpimitasta. Mittauskorkeus on laskettu juurenhaarojen määrittämältä puun alimmalta mahdolliselta kaatokorkeudelta lukien.

Ausbauchungstafeln für Kiefer, Fichte und Birke

Die Tafeln enthalten klassenweise eingeteilte und in Prozenten ausgedrückte Ausbauchungsreihen. Die Klassifizierung ist wie folgt:

H ö h e, Stufenweite 1 m;

A u s b a u c h u n g (d—d_6), mit Stufenweite von 2 cm, aber der kleinsten Ausbauchungsklasse sind Bäume bis auf die Ausbauchung von 2.5 cm zugezählt worden;

B r u s t h ö h e n d u r c h m e s s e r, Stufenweite 2 cm in den drei kleinsten Ausbauchungsklassen von den Höhenklassen 8—24 m, in anderen Ausbauchungsklassen aber nur eine Durchschnittsreihe.

Die Ausbauchungsprozente geben in Prozenten den Durchmesser m. R. in angeführten Höhen am Baum im Durchshnitt von dem berindeten Brusthöhendurchmesser an. Der Ausgangspunkt zur Messhöhe ist an die durch den Wurzelanlauf bedingte niedrigstmögliche Fällungsstelle am Stamm festgesetzt worden.

Mänty Pituusluokat 8 m ja 9 m — *Kiefer Höhenklassen 8 m und 9 m*

Kapenemisluokka [1] (d—d_6), cm *Ausbauchungsklasse* [1] (d—d_6), *cm*	Rinnankorkeusläpimittaluokka, kuoren päältä [1], cm *Brusthöhendurchmesserklasse, m. R.,* [1] *cm*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*						
		2	3	4	5	6	7	8
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, % *Durchmesser in % vom Brusthöhendurchmesser*						
Pituus 8 m — *Höhe 8 m*								
1—2	Keskimäärin *Im Durchschnitt*	94	87	79	68	54	36	
3—4	5	91	82	71	59	44	27	
	7	92	84	74	63	49	32	
	9	92	85	78	68	54	37	
	11	93	87	80	71	58	41	
	Keskimäärin	93	85	76	64	49	32	
5—6	9	91	81	71	57	41	24	
	11	92	84	75	63	49	30	
	Keskimäärin	92	83	72	59	44	28	
7—8	Keskimäärin	91	80	68	53	38	22	
Pituus 9 m								
1—2	5	93	87	80	72	62	48	31
	7	94	88	82	74	65	52	35
	Keskimäärin	94	88	81	73	64	49	32
3—4	5	91	82	73	62	50	36	21
	7	92	84	75	66	54	41	25
	9	92	85	78	69	58	45	28
	11	93	87	80	72	63	49	31
	13	94	88	82	74	67	53	32
	Keskimäärin	93	86	78	69	58	44	27
5—6	9	91	82	71	60	48	35	20
	11	92	84	75	64	52	38	23
	13	93	85	78	68	56	42	25
	15	93	86	80	70	60	45	27
	Keskimäärin	92	84	75	66	53	40	24
7—8	Keskimäärin	91	82	73	63	50	37	22
9—10	Keskimäärin	90	80	70	59	47	34	20

[1]) Kapenemisen määrittämistapaa ja merkintää »kuoren päältä» ei toisteta seuraavissa taulukoissa. — *Die Bestimmungsart der Ausbauchung und die Zeichung »m. R.» werden nicht in den folgenden Tabellen ausgedrückt.*

Mänty **Pituusluokat 10 m ja 11 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %								
Pituus 10 m										
1—2	7	94	88	83	76	68	58	45	29	
	9	95	90	85	80	72	62	50	34	
	Keskimäärin	94	89	84	77	69	59	47	30	
3—4	7	92	84	77	70	60	49	35	20	
	9	92	86	79	72	63	52	38	22	
	11	93	87	81	74	66	55	41	25	
	13	94	88	82	77	69	58	44	27	
	15	94	89	83	78	71	60	46	29	
	Keskimäärin	93	87	81	73	65	54	42	25	
5—6	11	92	84	76	66	55	43	30	18	
	13	93	85	78	70	59	47	33	20	
	15	93	86	80	72	63	50	37	22	
	17	93	86	81	74	66	53	40	24	
	Keskimäärin	93	86	79	71	62	51	38	23	
7—8	Keskimäärin	92	84	77	68	58	47	34	21	
9—10	Keskimäärin	91	83	75	66	56	44	32	19	
11—12	Keskimäärin	90	81	73	64	53	41	30	18	
Pituus 11 m										
1—2	7	94	88	83	78	71	63	54	41	26
	9	95	90	86	81	74	66	57	44	28
	11	95	92	88	82	76	68	58	46	30
	Keskimäärin	95	90	85	80	73	65	56	43	28
3—4	7	92	84	78	72	63	55	45	33	21
	9	92	86	80	73	66	58	47	35	22
	11	93	87	82	75	68	60	50	37	23
	13	94	88	83	78	71	63	52	39	25
	15	94	89	84	80	73	66	54	41	26
	17	95	90	85	81	74	67	56	42	26
	Keskimäärin	93	88	82	76	68	60	50	38	24
5—6	13	93	85	78	71	62	51	41	30	18
	15	93	86	80	74	65	55	45	33	20
	17	93	86	82	76	68	59	48	36	23
	19	93	87	83	78	72	63	52	39	25
	Keskimäärin	93	86	80	74	66	57	46	35	22
7—8	Keskimäärin	92	85	78	70	62	54	44	33	20
9—10	Keskimäärin	91	84	76	68	60	51	40	29	17
11—12	Keskimäärin	90	81	73	65	56	47	37	27	16

Mänty **Pituusluokat 12 m ja 13 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %										
		Pituus 12 m										
1—2	7	94	89	85	80	74	68	60	51	38	22	
	9	95	91	87	82	76	70	62	52	40	23	
	11	95	92	89	83	78	72	63	54	41	25	
	13	96	93	90	85	80	73	65	55	43	26	
	Keskimäärin	95	90	86	82	76	70	62	52	39	24	
3—4	9	92	86	80	74	69	63	55	45	33	19	
	11	93	87	82	76	71	64	57	47	35	20	
	13	94	88	83	78	73	66	58	48	36	23	
	15	94	89	85	80	74	68	60	50	37	24	
	17	95	90	86	82	76	70	62	52	39	25	
	19	95	91	87	83	78	72	64	53	40	26	
	21	95	91	88	84	79	74	65	54	41	26	
	Keskimäärin	94	89	84	78	72	65	57	48	36	23	
5—6	13	93	86	80	73	65	56	47	37	26	15	
	15	93	86	81	75	68	60	52	41	30	18	
	17	93	86	82	76	69	63	56	45	35	20	
	19	93	87	83	78	72	66	58	47	37	21	
	Keskimäärin	93	87	82	75	68	61	53	42	31	18	
7—8	Keskimäärin	93	86	79	72	65	57	48	39	29	17	
9—10	Keskimäärin	92	84	77	69	62	54	44	34	23	13	
11—12	Keskimäärin	90	82	74	66	58	50	41	31	20	11	
		Pituus 13 m										
1—2	7	95	90	86	82	78	73	65	57	47	34	22
	9	95	91	87	83	79	74	67	59	49	36	23
	11	95	92	89	84	80	75	68	60	50	37	25
	Keskimäärin	95	91	87	83	79	74	67	59	49	36	24
3—4	9	92	86	81	76	71	66	60	52	42	31	18
	11	93	87	82	77	72	67	61	53	43	32	20
	13	94	88	83	79	74	68	62	54	44	33	20
	15	94	89	85	81	76	70	64	55	45	34	21
	17	95	90	86	82	78	72	66	57	46	35	22
	19	95	91	87	83	79	74	68	58	47	36	22
	21	96	92	88	84	80	76	69	60	49	37	24
	Keskimäärin	94	89	84	80	75	69	63	56	46	34	20
5—6	15	93	86	81	75	69	63	57	51	42	31	18
	17	93	86	82	76	70	65	59	52	43	32	18
	19	93	87	83	78	72	67	62	54	45	34	20
	21	94	88	83	79	74	70	64	57	47	36	22
	23	94	89	84	80	75	71	65	58	48	37	23
	Keskimäärin	93	88	82	78	73	67	61	53	43	32	18
7—8	Keskimäärin	93	87	81	76	69	63	57	48	37	27	16
9—10	Keskimäärin	92	85	79	72	66	59	50	41	32	22	13

Mänty **Pituusluokat 14 m ja 15 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %												
		Pituus 14 m												
1—2	9	95	91	87	84	80	76	70	63	55	43	33	20	
	11	95	92	89	85	81	77	71	64	57	45	34	21	
	13	96	93	90	86	82	78	72	66	58	47	35	22	
	Keskimäärin	95	91	88	84	81	76	70	63	56	45	33	21	
3—4	9	93	87	82	77	72	67	62	57	50	42	31	17	
	11	93	88	83	78	73	69	64	59	51	43	31	18	
	13	94	89	84	80	75	71	66	60	52	44	32	18	
	15	94	90	85	81	77	72	68	61	53	45	33	19	
	17	95	90	86	83	79	74	69	63	54	46	34	19	
	19	95	91	87	84	80	76	71	64	55	47	35	20	
	21	96	92	88	85	81	77	72	66	57	47	36	20	
	23	96	92	89	86	82	78	73	67	58	48	36	21	
	Keskimäärin	94	89	85	81	77	72	66	60	53	44	32	18	
5—6	17	93	87	82	77	71	66	61	55	47	38	27	14	
	19	93	87	83	78	73	68	63	57	48	40	29	15	
	21	94	88	83	79	75	70	65	58	50	41	30	15	
	23	94	89	84	80	76	72	66	60	51	42	31	17	
	25	95	89	85	81	77	72	67	61	52	43	32	18	
	Keskimäärin	93	88	83	79	74	69	64	57	49	40	29	16	
7—8	Keskimäärin	93	87	82	76	71	66	60	53	45	36	26	14	
9—10	Keskimäärin	92	85	79	73	67	62	56	48	41	33	23	12	
11—12	Keskimäärin	90	82	76	69	63	56	49	43	35	27	18	9	
		Pituus 15 m												
1—2	11	95	92	89	85	81	77	72	66	60	51	42	31	19
	13	96	93	90	86	82	78	73	68	62	53	43	33	20
	15	96	93	90	87	84	80	75	69	63	55	45	34	21
	Keskimäärin	96	92	89	85	82	78	73	68	61	53	44	33	20
3—4	11	94	88	83	79	75	71	67	62	55	48	38	28	16
	13	94	89	84	81	76	73	68	63	56	49	39	29	17
	15	94	90	85	82	78	74	69	64	57	50	40	29	17
	17	95	90	86	83	79	75	70	65	58	51	41	30	18
	19	95	91	87	84	80	76	71	66	59	52	42	30	18
	21	96	92	88	85	81	77	72	67	60	52	42	30	19
	23	96	92	89	86	82	78	73	68	61	53	43	31	19
	Keskimäärin	95	90	86	83	79	75	70	64	58	50	40	30	17
5—6	17	93	87	82	77	71	67	62	57	50	43	34	24	13
	19	93	87	83	78	73	69	64	58	52	45	36	26	14
	21	94	88	83	79	75	71	66	60	53	46	37	26	14
	23	94	89	84	80	76	72	67	61	55	47	39	28	14
	25	95	89	85	81	77	73	68	63	56	48	40	31	16
	27	95	90	86	83	79	75	70	65	58	50	42	32	18
	Keskimäärin	94	88	84	80	76	71	67	60	54	46	38	28	16
7—8	Keskimäärin	93	87	82	77	73	67	62	56	49	42	34	25	14
9—10	Keskimäärin	92	85	80	75	69	63	57	51	44	37	29	21	12

Mänty — Pituusluokat 16 m ja 17 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeus-läpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %														
		Pituus 16 m														
1—2	11	95	92	89	85	81	77	73	68	64	58	51	42	30	18	
	13	96	93	90	86	82	78	74	70	65	59	52	43	31	18	
	15	96	93	90	87	84	80	76	71	66	60	53	44	33	19	
	17	97	94	91	88	85	81	77	72	67	61	54	46	34	20	
	Keskimäärin	96	93	90	87	84	80	76	71	65	59	52	43	31	18	
3—4	11	94	88	83	80	76	73	69	64	59	53	46	37	27	15	
	13	94	89	84	81	77	74	70	65	60	54	47	38	28	15	
	15	94	90	85	82	78	75	71	66	61	55	47	39	29	15	
	17	95	90	86	83	80	76	72	67	62	56	48	39	29	16	
	19	95	91	87	84	81	77	73	68	63	57	49	40	29	16	
	21	96	92	88	85	81	78	74	69	64	58	50	40	29	16	
	23	96	92	89	86	82	78	74	70	64	58	51	41	30	16	
	25	96	92	89	86	83	79	75	71	65	59	52	42	31	17	
	Keskimäärin	95	90	87	83	80	76	72	67	61	56	47	39	29	16	
5—6	17	93	87	82	77	72	68	63	58	53	47	40	31	22	12	
	19	93	87	83	78	74	70	65	60	54	48	41	32	23	13	
	21	94	88	83	79	75	71	66	61	56	49	43	34	24	13	
	23	94	89	84	80	76	72	68	63	58	51	44	36	25	13	
	25	95	89	85	81	78	74	70	65	59	52	45	37	26	15	
	27	95	90	86	83	79	75	71	66	60	54	47	38	27	16	
	29	96	91	87	84	80	75	72	67	61	55	48	39	28	16	
	Keskimäärin	94	88	84	80	76	72	68	63	58	51	43	34	25	13	
7—8	Keskimäärin	93	87	82	78	74	69	65	60	54	47	39	30	21	12	
9—10	Keskimäärin	92	85	80	76	71	66	61	56	50	43	36	27	18	9	
11—12	Keskimäärin	91	84	79	73	68	63	57	52	46	39	32	24	16	8	
		Pituus 17 m														
1—2	13	96	93	90	86	82	78	74	70	66	61	55	48	39	28	14
	15	96	93	90	87	84	80	77	73	68	63	57	49	40	29	15
	17	97	94	91	88	85	82	79	74	70	64	58	50	41	30	16
	Keskimäärin	96	93	90	87	84	80	77	72	68	62	56	49	40	29	15
3—4	13	94	89	84	81	77	74	70	65	62	57	50	43	35	25	14
	15	94	90	85	82	78	75	71	67	63	58	51	44	36	26	14
	17	95	90	86	83	80	76	72	68	63	59	52	45	37	27	15
	19	95	91	87	84	81	77	73	69	64	59	52	45	37	28	15
	21	96	92	88	85	82	78	74	70	65	60	53	46	38	29	16
	23	96	92	89	86	82	79	75	71	66	61	54	47	39	29	16
	25	96	93	89	87	83	80	76	72	67	62	55	48	40	30	17
	27	96	93	90	87	84	81	77	73	68	63	56	48	40	30	18
	29	97	94	91	88	85	82	77	73	68	64	56	49	41	30	18
	Keskimäärin	95	91	88	84	81	77	73	69	64	59	53	45	37	27	15
5—6	19	93	87	83	79	75	71	66	62	58	53	47	40	32	23	12
	21	94	88	83	79	76	72	67	63	59	54	48	40	32	23	13
	23	94	89	84	80	77	73	69	65	60	55	49	42	33	24	13
	25	95	89	85	82	78	74	71	67	62	56	50	43	34	25	14
	27	95	90	86	83	80	76	72	68	63	57	51	44	35	26	15
	29	96	91	87	84	81	77	73	69	64	58	52	45	35	26	15
	Keskimäärin	94	89	85	82	78	74	71	66	61	56	49	42	34	24	13
7—8	Keskimäärin	93	88	84	80	77	73	69	64	58	53	46	38	30	21	11
9—10	Keskimäärin	92	87	82	78	75	70	66	61	54	48	41	33	25	18	9

Mänty **Pituusluokat 18 m ja 19 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeus-läpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																
		Pituus 18 m																
1—2	13	96	93	90	86	82	78	75	71	67	63	58	53	47	39	27	14	
	15	96	93	90	87	84	80	77	73	69	65	59	54	48	40	29	15	
	17	97	94	91	88	85	82	79	75	71	66	61	56	50	42	30	16	
	19	98	95	93	90	87	84	81	77	73	68	63	58	52	43	32	17	
	Keskimäärin	97	93	90	87	84	81	78	75	71	66	61	55	48	40	29	15	
3—4	15	94	90	85	82	79	76	72	69	65	61	55	50	42	34	24	13	
	17	95	90	86	83	80	77	74	70	66	62	56	50	43	34	24	13	
	19	95	91	87	84	81	78	75	71	67	63	57	51	44	35	25	14	
	21	96	92	88	85	82	79	76	72	68	64	58	52	45	36	26	14	
	23	96	92	89	86	83	80	77	73	69	65	59	53	46	37	27	14	
	25	96	93	90	87	84	81	78	74	71	66	60	54	46	38	28	15	
	27	97	93	91	87	85	82	78	75	72	67	61	55	47	38	29	15	
	29	97	94	91	88	85	82	79	75	72	68	62	55	47	38	29	15	
	Keskimäärin	96	91	88	85	82	78	75	71	67	63	57	51	44	36	26	14	
5—6	21	94	88	83	79	76	72	68	65	61	56	51	44	37	30	21	11	
	23	94	89	84	81	77	73	70	66	62	57	52	45	38	31	21	11	
	25	95	89	85	82	79	75	72	68	64	58	53	47	40	32	22	12	
	27	95	90	86	83	80	76	73	69	65	60	55	48	41	33	24	13	
	29	96	91	87	84	81	78	74	71	67	61	56	49	42	33	25	13	
	31	96	92	88	85	82	78	75	71	67	62	56	50	43	34	25	14	
	Keskimäärin	95	90	86	83	79	76	72	68	64	59	54	48	41	33	23	12	
7—8	Keskimäärin	94	89	85	81	78	74	70	66	61	56	50	43	36	28	19	11	
9—10	Keskimäärin	93	87	83	80	76	72	67	63	58	53	47	39	31	24	16	9	
11—12	Keskimäärin	92	86	81	77	72	68	63	58	53	48	41	34	27	20	13	8	
		Pituus 19 m																
1—2	15	96	93	90	87	85	81	78	75	72	68	63	58	53	46	38	28	15
	17	97	94	92	89	86	83	80	77	73	69	65	60	54	47	39	29	16
	Keskimäärin	97	93	90	88	85	82	79	76	72	68	64	59	53	46	38	28	15
3—4	15	95	90	85	82	79	76	73	69	66	62	57	52	46	39	31	24	13
	17	95	90	86	83	80	77	74	70	67	63	59	53	47	40	33	24	13
	19	95	91	87	84	81	78	75	72	68	64	60	54	48	41	34	25	14
	21	96	92	88	85	83	79	76	73	70	66	61	55	49	42	34	26	14
	23	96	92	89	86	84	80	77	74	71	67	62	56	50	43	35	26	14
	25	96	93	90	87	84	81	78	75	72	68	63	57	51	44	36	27	14
	27	97	94	91	88	85	82	79	76	73	69	64	58	52	45	37	27	15
	29	97	94	92	89	86	83	80	77	73	70	65	59	53	46	38	28	16
	Keskimäärin	96	91	88	85	82	79	76	73	69	65	60	54	48	42	34	25	14
5—6	21	94	88	83	80	77	73	69	66	62	58	53	48	42	36	28	20	10
	23	94	89	84	81	77	74	71	68	64	59	54	49	43	36	28	20	10
	25	95	89	85	82	79	76	73	69	65	60	56	50	44	37	29	20	11
	27	95	90	86	83	80	77	74	70	66	62	57	51	45	38	30	21	11
	29	96	91	87	84	81	78	75	71	68	63	58	53	46	39	31	22	11
	31	96	92	88	85	82	79	76	72	69	65	60	53	47	40	32	22	12
	33	96	92	88	85	82	79	76	73	70	65	60	54	48	40	33	23	12
	Keskimäärin	95	90	86	83	80	77	74	71	67	62	58	52	46	39	30	21	11
7—8	Keskimäärin	94	89	85	82	79	76	72	69	64	60	55	50	44	36	28	19	10
9—10	Keskimäärin	93	87	83	80	77	73	69	66	62	57	52	46	40	33	25	17	9

Mänty — Pituusluokat 20 m ja 21 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																		
Pituus 20 m																				
1—2	Keskim.	97	93	91	89	86	83	81	78	75	71	67	63	59	53	47	39	29	15	
3—4	15	95	90	86	83	80	77	74	70	67	63	58	54	49	44	38	30	21	10	
	17	95	90	87	84	81	78	75	71	68	64	60	55	50	45	39	31	22	11	
	19	95	91	88	84	82	79	76	72	69	66	62	57	52	47	40	32	22	12	
	21	96	92	89	85	83	80	77	74	71	67	63	58	53	48	41	33	23	12	
	23	96	92	89	87	84	81	78	75	72	68	64	60	55	49	42	34	24	12	
	25	97	93	90	88	85	82	79	76	73	69	65	61	56	50	43	35	24	12	
	27	97	94	91	89	86	83	80	76	73	70	66	62	57	51	44	36	24	13	
	29	98	95	92	90	87	84	81	77	74	71	67	63	58	51	45	36	25	13	
	Keskim.	96	91	88	85	82	80	77	74	71	67	63	58	53	47	41	33	24	12	
5—6	21	94	88	83	80	77	73	70	67	64	60	56	51	46	41	35	28	19	9	
	23	94	89	84	81	78	75	72	69	65	61	58	53	48	42	36	29	20	9	
	25	95	89	85	82	79	76	73	70	66	62	59	54	49	43	37	29	20	10	
	27	95	90	86	83	80	77	74	71	67	64	60	55	50	44	37	30	20	10	
	29	96	91	87	84	81	78	75	72	69	65	61	57	51	45	38	30	21	10	
	31	96	92	88	85	82	79	76	73	70	67	63	58	52	46	39	31	21	12	
	33	96	92	89	85	83	80	76	73	71	68	64	59	53	46	39	31	22	12	
	Keskim.	95	90	87	83	80	77	74	71	68	64	60	55	49	43	37	29	21	11	
7—8	Keskim.	94	89	85	82	79	76	72	69	66	62	57	52	47	41	34	27	19	10	
9—10	Keskim.	93	87	83	80	77	74	71	68	64	60	56	50	45	39	32	24	17	9	
Pituus 21 m																				
1—2	Keskim.	97	94	92	89	87	84	82	79	76	73	70	66	62	57	51	45	37	28	15
3—4	17	95	90	87	84	81	78	76	73	69	66	63	59	55	51	46	40	32	23	11
	19	95	91	88	85	82	80	77	74	71	68	65	61	56	52	47	40	32	23	11
	21	96	92	89	86	83	81	78	75	72	69	66	62	57	53	48	41	33	24	11
	23	96	92	89	87	84	82	79	76	73	70	67	63	58	54	49	42	34	24	12
	25	97	93	90	88	85	83	80	77	74	71	68	64	59	55	49	43	35	25	12
	27	97	94	91	89	86	84	81	78	75	72	69	65	60	56	50	43	35	25	12
	29	98	95	92	90	87	85	82	78	76	73	70	66	61	56	50	44	35	25	12
	Keskim.	96	92	89	86	83	81	78	75	72	69	66	62	57	53	47	41	33	24	12
5—6	23	94	89	84	81	78	75	72	69	66	63	60	56	52	47	41	35	29	20	9
	25	95	89	85	82	79	76	73	70	67	64	60	57	53	48	42	35	29	20	10
	27	95	90	86	83	80	77	74	71	68	65	62	58	54	49	42	36	29	20	10
	29	96	91	87	84	81	78	75	72	69	66	63	59	55	50	44	37	30	21	10
	31	96	92	88	85	82	79	76	73	71	68	65	60	55	50	45	38	30	22	11
	33	96	92	89	85	83	80	77	74	72	69	65	61	56	51	45	39	31	22	11
	Keskim.	95	90	87	84	81	78	75	72	69	66	62	58	53	48	43	36	29	21	10
7—8	Keskim.	94	89	85	82	79	76	73	70	67	64	60	56	51	45	40	34	27	19	10
9—10	Keskim.	93	87	83	80	77	74	71	68	65	62	58	54	49	43	38	32	25	17	9
11—12	Keskim.	92	87	82	78	75	72	69	66	63	60	56	52	47	42	36	30	24	17	8

Mänty **Pituusluokat 22 m ja 23 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																			
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																				
Pituus 22 m																						
1—2	Keskim.	97	94	92	90	87	85	82	79	76	74	71	68	64	60	55	49	42	34	25	14	
3—4	19	95	91	88	85	82	80	78	75	72	69	66	62	58	54	49	43	37	29	20	10	
	21	96	92	89	86	83	81	79	76	73	70	67	63	59	55	50	44	38	30	21	10	
	23	96	93	90	87	85	83	80	77	74	71	68	64	60	56	51	45	39	31	21	10	
	25	97	93	91	88	86	84	81	78	75	72	69	65	61	57	52	46	39	31	21	10	
	27	97	94	92	89	87	85	82	79	76	73	70	66	62	58	53	47	40	32	22	11	
	29	98	95	93	90	88	86	83	79	77	74	71	67	63	59	54	47	40	32	22	11	
	31	98	95	93	91	89	86	84	80	78	75	71	68	64	59	55	48	41	33	22	11	
	Keskim.	96	92	89	87	84	82	80	77	74	71	68	64	60	56	51	45	38	31	21	10	
5—6	25	95	89	85	82	79	76	73	71	68	65	61	58	55	50	45	39	34	27	19	10	
	27	95	90	86	83	80	77	75	72	69	66	63	59	56	51	46	40	34	27	19	10	
	29	96	91	87	84	81	79	76	73	70	67	64	61	57	52	47	41	35	28	20	10	
	31	96	92	88	85	83	80	77	74	72	69	66	62	58	53	48	42	36	29	20	11	
	33	96	92	89	85	83	81	78	76	73	70	67	63	59	54	48	43	37	29	20	11	
	Keskim.	95	90	87	84	81	78	76	73	70	67	64	60	56	52	47	41	34	27	19	10	
7—8	Keskim.	94	89	86	83	80	77	74	72	68	65	62	58	54	49	44	39	33	26	18	10	
9—10	Keskim.	93	88	84	80	77	74	71	69	65	63	59	56	52	47	42	37	31	25	17	8	
11—12	Keskim.	92	88	83	79	76	73	70	68	65	62	58	55	50	46	41	36	30	24	15	6	

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																			
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																			
Pituus 23 m																					
1—2	Keskim.	97	94	92	90	88	86	83	80	77	75	72	69	65	61	56	52	45	39	33	26	14
3—4	19	95	91	88	85	82	80	78	75	73	70	67	64	60	57	53	48	43	37	30	21	10
	21	96	92	89	86	83	81	79	76	74	71	68	64	61	57	53	49	44	37	30	21	10
	23	96	93	90	87	85	83	80	77	74	71	68	65	62	58	54	49	44	38	30	21	10
	25	97	93	91	88	86	84	81	78	75	72	69	66	62	58	54	49	44	38	31	21	10
	27	97	94	92	89	87	85	82	79	76	73	70	67	63	59	54	49	45	38	31	22	11
	29	98	95	93	90	88	86	83	79	77	74	71	68	64	60	55	50	45	39	31	22	11
	Keskim.	96	92	89	87	84	82	80	77	75	72	68	65	62	58	54	49	44	38	31	22	10
5—6	25	95	89	85	82	79	77	74	71	69	66	63	60	57	53	49	44	39	34	27	20	10
	27	95	90	86	83	80	78	75	72	70	67	64	61	58	55	50	45	40	34	27	20	10
	29	96	91	87	84	81	79	76	74	71	68	65	62	59	55	50	45	40	35	28	20	10
	31	96	92	88	85	83	80	77	75	72	70	67	63	60	56	51	46	41	35	28	20	11
	33	96	92	89	86	83	81	78	76	73	70	67	64	61	57	52	46	42	35	29	20	11
	Keskim.	95	91	87	84	82	79	77	74	72	69	66	63	59	55	51	46	41	34	28	20	10
7—8	Keskim.	94	89	86	83	80	77	74	72	69	66	63	60	56	52	48	43	38	32	24	18	10
9—10	Keskim.	93	88	84	80	77	74	71	69	66	63	59	56	53	49	45	40	35	29	23	16	8
11—12	Keskim.	92	88	84	80	77	73	70	68	65	62	58	55	51	47	43	38	32	27	21	15	6

Mänty **Pituusluokat 24 m ja 25 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																						
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																						
Pituus 24 m																								
1—2	Keskimäärin	98	95	92	90	88	86	83	80	77	75	72	69	66	63	58	53	48	42	36	29	20	14	
3—4	21	96	92	89	86	83	81	79	76	74	71	68	65	62	58	54	50	46	41	36	29	21	10	
	23	96	93	90	87	85	83	80	77	74	72	69	66	63	59	55	51	47	42	36	29	21	10	
	25	97	93	91	88	86	84	81	78	75	73	70	67	64	60	56	52	48	43	37	29	21	10	
	27	97	94	92	89	87	85	82	79	77	74	71	68	65	61	57	52	48	43	38	30	21	11	
	29	98	95	93	90	88	86	83	80	78	75	72	69	66	62	58	53	49	44	38	30	21	11	
	Keskimäärin	96	92	89	87	84	82	80	77	75	72	69	66	63	59	56	51	47	42	36	29	21	10	
5—6	25	95	89	85	82	79	77	74	72	70	67	64	62	59	56	52	49	44	39	34	26	19	10	
	27	95	90	86	83	81	78	76	73	71	68	65	63	60	57	54	50	45	40	34	26	19	10	
	29	96	91	87	84	82	79	77	75	72	70	67	64	61	58	55	51	46	41	34	26	19	10	
	31	96	92	88	85	83	80	78	76	73	71	68	65	62	59	56	52	47	41	34	26	19	10	
	Keskimäärin	95	91	87	84	82	79	77	75	72	70	67	64	61	57	53	49	44	39	34	26	19	10	
7—8	Keskimäärin	94	89	86	83	80	77	75	73	70	67	65	62	58	55	51	46	41	36	31	24	18	9	
9—10	Keskimäärin	93	88	84	80	77	74	71	69	66	63	60	56	53	49	46	41	37	32	27	21	15	8	
Pituus 25 m																								
1—2	Keskimäärin	98	95	92	90	88	86	83	81	78	76	73	71	67	64	61	56	52	47	41	34	28	21	12
3—4	Keskimäärin	96	93	89	87	84	82	80	78	75	72	70	67	64	61	58	54	50	45	40	35	27	20	10
5—6	Keskimäärin	95	91	87	84	82	80	78	75	73	70	68	65	62	58	55	51	47	43	38	32	26	18	10
7—8	Keskimäärin	94	90	86	83	80	78	75	73	71	68	66	63	60	57	53	49	45	40	35	30	24	16	9
9—10	Keskimäärin	93	89	84	81	78	75	72	70	67	64	61	58	55	52	49	45	40	36	31	25	20	13	8

Mänty **Pituusluokat 26—30 m**

Kapenemisluokka, cm	Mittauskorkeus, m													
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %													
Pituus 26 m														
1—2	98	92	88	84	78	73	67	62	54	44	32	19		
3—4	96	89	85	81	76	71	65	60	52	43	31	18		
5—6	95	88	83	78	74	69	64	58	50	41	30	16		
7—8	94	86	80	75	71	66	61	55	48	38	28	15		
9—10	93	84	78	72	68	62	57	51	45	36	26	13		
Pituus 27 m														
1—2	98	92	89	85	79	74	68	63	57	47	38	28	10	
3—4	96	89	85	81	76	72	66	61	54	46	37	25	10	
5—6	95	88	83	78	74	69	65	59	52	45	35	24	9	
7—8	95	86	80	75	72	67	62	56	50	43	33	22	8	
Pituus 28 m														
1—2	98	92	89	85	81	76	70	65	61	52	44	34	20	
3—4	96	89	86	82	78	73	68	63	58	50	42	32	18	
5—6	95	88	83	78	74	70	65	60	55	47	39	28	15	
7—8	95	87	81	76	73	68	63	58	52	45	35	25	13	
Pituus 29 m														
3—4	97	90	86	82	78	74	69	65	60	53	45	36	23	10
5—6	95	88	83	79	76	72	67	62	56	50	43	33	22	8
7—8	95	87	82	76	73	68	64	59	53	46	38	28	17	6
Pituus 30 m														
3—4	97	91	87	83	79	75	71	66	61	55	47	39	28	15
5—6	96	88	84	80	77	72	68	63	58	52	45	37	26	14
7—8	95	87	82	77	74	69	64	59	54	48	41	33	23	12

Kuusi Pituusluokat 8 m ja 9 m — *Fichte Höhenklassen 8 m und 9 m*

Kapenemisluokka, cm *Ausbauchungsklasse, cm*	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm *Brusthöhendurchmesserklasse, cm*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*						
		2	3	4	5	6	7	8
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, % *Durchmesser in % vom Brusthöhendurchmesser*						
Pituus 8 m — *Höhe 8 m*								
1—2	Keskimäärin *Im Durchschnitt*	95	87	79	71	56	36	
3—4	Keskimäärin	94	86	76	64	48	30	
5—6	9	93	83	71	57	42	24	
	11	94	85	75	61	45	26	
	Keskimäärin	93	84	73	59	43	25	
7—8	Keskimäärin	92	82	69	54	39	22	
9—10	Keskimäärin	91	80	65	51	36	20	
Pituus 9 m								
1—2	Keskimäärin	96	91	83	74	63	51	33
3—4	7	95	87	78	68	56	42	26
	9	95	88	80	71	58	45	27
	11	95	90	83	73	62	47	28
	13	95	91	84	74	64	50	30
	Keskimäärin	95	88	79	70	58	45	27
5—6	9	93	83	73	60	47	35	20
	11	94	85	76	65	51	38	22
	13	94	87	78	68	55	41	24
	15	94	88	79	70	57	43	25
	Keskimäärin	94	85	76	65	52	39	23
7—8	Keskimäärin	92	83	71	60	47	34	19
9—10	Keskimäärin	91	81	68	56	43	29	16

Kuusi **Pituusluokat 10 m ja 11 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %								
Pituus 10 m										
1—2	Keskimäärin	97	92	86	80	72	62	49	32	
3—4	7	95	88	80	72	62	52	38	23	
	9	95	89	82	74	64	53	40	24	
	11	95	90	84	76	66	54	41	25	
	13	95	90	85	78	68	56	42	26	
	15	95	91	86	79	69	57	43	27	
	Keskimäärin	95	90	83	75	65	54	41	25	
5—6	11	94	86	78	67	55	43	30	16	
	13	94	87	79	69	58	46	33	17	
	15	95	88	80	71	59	47	35	18	
	Keskimäärin	94	87	79	69	58	46	34	18	
7—8	Keskimäärin	93	85	75	66	54	42	30	17	
9—10	Keskimäärin	92	83	73	62	51	40	27	15	
Pituus 11 m										
1—2	9	97	93	88	82	75	67	58	45	29
	11	97	94	90	83	77	69	59	46	29
	13	97	94	90	85	79	71	60	47	30
	Keskimäärin	97	93	89	83	76	68	59	44	29
3—4	9	95	89	84	76	67	58	47	34	21
	11	95	90	85	78	69	59	49	36	22
	13	95	90	86	79	71	61	50	37	22
	15	95	91	87	80	72	62	51	38	23
	Keskimäärin	95	90	85	78	70	60	49	36	22
5—6	13	94	87	79	71	61	51	39	27	16
	15	95	88	81	73	64	54	42	30	17
	17	95	89	83	75	66	56	44	32	18
	19	95	90	84	76	68	58	46	34	19
	Keskimäärin	95	88	82	74	65	55	43	31	17
7—8	Keskimäärin	94	85	78	69	59	49	37	26	15
9—10	Keskimäärin	93	84	74	66	55	44	34	24	13

Kuusi **Pituusluokat 12 m ja 13 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnan korkeus-läpimitta-luokka, cm	Mittauskorkeus, m										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %										
		Pituus 12 m										
1—2	9	97	93	90	85	79	71	62	51	39	23	
	11	97	94	91	86	80	72	63	52	40	25	
	13	97	94	91	87	81	73	64	53	41	25	
	15	97	94	92	87	82	74	65	54	41	25	
	Keskimäärin	97	94	91	86	80	72	63	52	40	25	
3—4	9	95	89	85	77	69	61	53	42	30	20	
	11	95	90	86	79	71	63	55	44	33	21	
	13	95	90	87	81	73	65	56	46	34	21	
	15	95	91	88	82	75	67	58	47	35	21	
	Keskimäärin	95	90	86	80	72	65	55	45	34	21	
5—6	13	94	87	80	73	65	56	47	37	26	15	
	15	95	89	82	75	67	58	49	39	27	16	
	17	95	90	83	76	69	60	51	40	28	16	
	19	95	90	84	77	70	61	52	41	29	16	
	Keskimäärin	95	88	83	75	68	59	50	40	28	16	
7—8	Keskimäärin	94	87	80	72	64	55	46	35	25	14	
9—10	Keskimäärin	93	86	78	70	60	50	41	32	23	12	
		Pituus 13 m										
1—2	11	97	94	91	86	81	75	68	58	47	35	23
	13	97	94	91	87	82	76	68	59	48	36	23
	15	97	94	92	88	83	77	69	60	50	37	23
	Keskimäärin	97	94	91	87	82	76	68	59	48	36	23
3—4	11	95	90	86	80	73	67	60	51	42	31	20
	13	95	91	87	81	75	68	61	53	43	32	20
	15	95	91	88	82	76	69	63	54	43	33	21
	17	96	92	88	83	77	71	64	55	45	34	21
	19	96	92	88	83	77	72	64	55	45	34	21
	Keskimäärin	95	91	87	82	76	69	62	54	43	33	20
5—6	15	95	89	83	76	68	60	52	44	36	26	16
	17	95	90	84	77	70	62	54	45	37	27	16
	19	95	90	85	78	71	64	55	46	38	27	16
	21	95	91	86	79	72	65	56	47	38	27	16
	Keskimäärin	95	90	84	77	70	63	54	46	37	27	16
7—8	Keskimäärin	94	88	81	74	66	58	50	43	34	24	14
9—10	Keskimäärin	93	86	79	71	63	54	45	38	31	21	12

Kuusi **Pituusluokat 14 m ja 15 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %												
		Pituus 14 m												
	11	97	94	91	86	81	76	70	62	54	44	33	20	
	13	97	94	91	87	83	77	71	63	55	45	33	20	
1—2	15	97	94	92	88	84	78	72	64	56	46	34	21	
	17	98	95	92	89	85	79	73	65	56	46	34	21	
	Keskimäärin	97	94	91	87	83	77	71	64	55	45	33	21	
	11	95	90	86	81	74	69	62	54	47	37	26	18	
	13	95	91	87	82	76	70	64	56	48	38	28	18	
	15	96	92	88	83	77	71	65	57	48	39	29	18	
3—4	17	96	92	88	84	78	72	66	58	49	40	29	18	
	19	96	93	89	85	79	74	66	58	50	40	29	18	
	21	96	93	89	85	80	75	67	59	51	41	29	18	
	Keskimäärin	96	92	88	83	78	71	65	57	48	39	29	18	
	15	95	89	84	76	69	61	53	46	39	31	23	15	
	17	95	90	84	77	70	63	55	48	41	32	24	16	
	19	95	90	85	78	72	65	58	50	43	34	25	16	
5—6	21	96	91	86	80	73	67	60	52	44	35	25	16	
	23	96	91	86	81	74	68	61	53	45	36	26	16	
	Keskimäärin	95	90	85	79	73	66	58	50	42	33	25	16	
7—8	Keskimäärin	94	89	83	76	69	63	54	47	39	30	21	13	
9—10	Keskimäärin	94	88	81	74	66	59	50	43	35	28	20	11	
		Pituus 15 m												
	11	97	94	91	87	82	77	71	64	57	49	40	30	20
	13	97	94	91	87	83	78	72	65	59	50	41	31	20
1—2	15	97	94	92	88	85	80	74	67	60	51	42	32	20
	17	98	95	92	89	86	81	74	68	61	52	42	32	20
	Keskimäärin	97	94	91	88	84	79	73	67	59	50	41	32	20
	11	96	91	87	81	75	70	64	58	50	42	34	26	16
	13	96	91	87	82	77	72	66	59	52	44	36	27	17
	15	96	92	88	83	78	73	68	61	53	45	37	27	17
3—4	17	96	92	89	84	79	74	69	62	54	46	38	28	17
	19	96	93	90	85	80	75	70	63	55	47	38	28	17
	21	96	93	90	86	81	76	71	64	56	47	38	28	17
	Keskimäärin	96	92	88	84	79	73	68	61	54	46	37	28	17
	17	95	90	84	78	71	65	59	53	46	38	31	22	13
	19	95	90	85	79	73	67	61	54	47	40	32	23	14
5—6	21	96	91	86	81	74	69	63	56	49	41	33	24	15
	23	96	91	86	82	76	70	64	58	50	43	34	24	15
	Keskimäärin	95	91	86	80	74	68	62	55	48	41	33	24	15
7—8	Keskimäärin	95	90	84	78	72	65	58	52	45	38	30	22	13
9—10	Keskimäärin	94	89	82	76	69	62	55	49	41	35	27	20	12

Kuusi

Pituusluokat 16 m ja 17 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m													
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %														
		Pituus 16 m														
1—2	13	97	94	91	88	84	80	74	69	63	57	50	41	31	18	
	15	97	94	92	89	86	82	76	71	65	58	50	41	31	19	
	17	98	95	92	90	87	83	77	72	66	59	51	42	31	19	
	19	98	95	93	91	88	84	78	73	67	60	51	42	31	19	
	Keskimäärin	97	95	92	89	86	81	76	70	65	58	50	41	31	19	
3—4	13	96	91	87	83	78	73	68	62	55	48	40	32	24	16	
	15	96	92	88	84	79	74	69	63	56	49	41	33	25	16	
	17	96	92	89	85	80	75	70	64	57	50	43	34	25	16	
	19	96	93	90	86	81	76	71	65	58	51	43	35	25	16	
	21	96	93	91	87	82	77	72	66	59	51	43	35	25	16	
	23	96	93	91	87	83	78	72	66	59	52	43	35	25	16	
	Keskimäärin	96	93	89	86	81	76	71	65	58	51	43	34	25	16	
5—6	19	95	90	86	80	74	68	63	57	51	44	37	29	21	13	
	21	96	91	87	82	76	70	65	58	52	45	38	29	22	14	
	23	96	92	87	83	77	72	66	59	53	45	38	30	22	14	
	25	96	92	88	83	78	73	67	60	53	45	38	31	22	14	
	27	96	92	88	84	78	73	67	60	53	46	38	31	22	14	
	Keskimäärin	96	91	87	82	77	72	66	59	52	45	38	30	22	14	
7—8	Keskimäärin	95	90	84	78	73	67	61	55	48	41	34	27	19	13	
9—10	Keskimäärin	94	89	82	76	70	64	57	51	44	38	31	24	17	12	
		Pituus 17 m														
1—2	15	98	95	92	90	87	83	78	73	68	62	55	47	38	29	18
	17	98	95	93	90	88	84	79	74	69	63	56	47	38	29	18
	19	98	95	93	91	88	84	80	75	69	63	56	48	38	30	19
	21	98	96	93	91	89	85	81	76	70	64	57	48	39	30	19
	Keskimäärin	98	95	93	90	88	84	79	74	69	63	56	47	38	29	18
3—4	15	96	92	88	84	80	75	70	65	59	54	48	40	32	24	15
	17	96	92	89	85	81	77	72	66	61	55	49	41	33	25	16
	19	96	93	90	86	82	78	73	67	62	56	49	41	33	25	16
	21	96	93	91	87	83	79	74	69	63	56	49	41	33	25	16
	23	96	93	91	88	84	80	75	70	63	57	50	42	34	26	16
	25	97	94	91	88	84	80	75	70	64	57	50	42	34	26	16
	27	97	94	92	89	85	81	75	70	64	58	50	43	35	26	16
	Keskimäärin	96	93	90	87	83	78	73	68	62	56	49	41	33	25	16
5—6	21	96	91	87	82	76	71	66	60	54	48	41	34	27	20	13
	23	96	92	87	83	77	72	67	61	55	49	42	35	28	21	13
	25	96	92	88	84	79	74	69	62	56	49	43	36	29	21	13
	27	96	92	89	84	80	75	69	63	57	50	43	37	29	22	13
	29	96	93	89	85	80	75	70	64	57	51	44	37	30	23	13
	Keskimäärin	96	92	88	83	79	74	69	62	56	50	43	36	29	22	13
7—8	Keskimäärin	95	90	86	80	75	70	64	59	53	46	40	33	27	19	12
9—10	Keskimäärin	94	89	84	78	73	67	61	56	49	43	37	30	23	17	11

Kuusi — Pituusluokat 18 m ja 19 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																
Pituus 18 m																		
1—2	15	98	95	92	90	88	84	80	75	70	65	60	53	45	38	28	16	
	17	98	95	93	91	89	85	81	76	71	66	60	53	45	38	28	16	
	19	98	95	93	91	89	85	81	76	71	66	60	53	45	38	28	16	
	21	98	96	93	91	89	86	82	77	71	66	61	54	45	39	29	16	
	Keskimäärin	98	96	93	91	89	85	81	76	71	66	60	53	45	38	28	16	
3—4	17	96	93	90	86	82	78	74	69	63	57	51	45	39	31	22	14	
	19	96	93	90	86	82	79	75	70	64	58	52	45	39	31	22	14	
	21	96	93	91	87	83	79	75	70	64	59	53	46	39	31	23	15	
	23	96	93	91	88	84	80	76	71	65	60	54	47	40	32	24	15	
	25	97	94	91	88	86	81	76	71	66	60	54	47	40	32	24	15	
	27	97	94	92	89	86	82	76	71	66	60	54	48	40	32	24	15	
	Keskimäärin	96	93	91	88	84	80	76	71	65	59	53	46	39	31	23	15	
5—6	23	96	92	87	83	78	74	69	63	57	52	46	40	34	27	20	13	
	25	96	92	88	84	79	75	70	64	59	53	47	41	35	28	21	13	
	27	96	92	89	84	80	76	70	65	59	54	47	41	35	28	21	13	
	29	96	93	89	85	81	77	71	66	60	55	48	42	36	29	22	13	
	31	96	93	89	86	82	77	72	67	61	55	49	43	37	29	22	13	
	Keskimäärin	96	92	89	85	81	76	71	65	59	54	48	41	35	28	21	13	
7—8	Keskimäärin	95	91	86	82	77	72	67	62	56	50	44	37	31	24	18	12	
9—10	Keskimäärin	95	90	85	80	75	70	64	59	53	48	41	35	28	21	15	11	
Pituus 19 m																		
1—2	17	98	95	93	91	89	86	82	77	72	67	62	55	48	41	32	24	16
	19	98	96	94	92	89	86	82	78	73	68	62	56	48	42	33	24	16
	21	98	96	94	92	90	87	83	79	73	68	63	56	49	43	34	25	16
	Keskimäärin	98	96	94	92	89	86	82	78	73	68	62	56	49	42	33	24	16
3—4	19	96	93	90	87	84	79	75	71	66	61	55	50	44	37	29	22	14
	21	97	94	91	88	85	80	76	71	67	62	57	51	44	37	30	23	15
	23	97	94	91	88	85	81	77	72	67	62	58	52	45	38	30	23	15
	25	97	94	91	88	85	81	77	73	68	63	58	52	45	38	31	23	15
	27	97	94	92	89	86	82	77	73	68	64	59	53	45	38	31	23	15
	29	97	94	92	89	86	82	77	73	69	64	59	53	45	38	31	23	15
	Keskimäärin	97	94	91	88	85	81	77	73	68	63	58	52	45	38	31	23	15
5—6	25	96	92	88	84	80	75	71	66	61	55	50	45	40	34	28	21	13
	27	96	92	89	85	81	76	71	67	62	56	51	45	40	34	28	21	13
	29	96	93	89	85	81	77	72	68	63	57	52	46	40	34	28	21	13
	31	96	93	89	86	82	78	73	69	64	58	52	47	41	35	28	21	13
	Keskimäärin	96	92	89	85	81	77	72	68	63	57	52	46	40	34	28	21	13
7—8	Keskimäärin	95	91	86	83	77	73	68	64	58	53	47	42	36	30	24	18	11
9—10	Keskimäärin	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	44	38	33	27	21	16	10

K u u s i **Pituusluokat 20 m ja 21 m**

Kapenemisluokka cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																		
P i t u u s 20 m																				
1—2	17	98	96	93	91	89	86	82	78	74	69	63	57	51	44	35	29	22	15	
	19	98	96	94	92	89	86	82	79	75	70	64	58	52	45	37	30	23	15	
	21	98	96	94	92	90	87	83	79	75	70	64	59	53	46	38	31	24	15	
	23	98	96	95	93	90	87	83	80	76	71	65	59	53	47	39	31	24	15	
	Keskim.	98	96	94	92	90	87	83	79	75	70	65	59	53	46	38	31	23	15	
3—4	21	97	94	91	88	85	82	78	73	69	64	60	55	49	42	36	29	22	13	
	23	97	94	91	88	85	82	78	74	70	65	60	55	49	42	36	29	22	13	
	25	97	94	91	88	86	83	79	75	70	65	61	56	50	43	37	30	22	13	
	27	97	94	92	89	87	83	79	75	71	66	62	57	50	44	37	30	22	13	
	29	97	94	92	90	87	83	79	75	71	67	62	57	50	44	37	30	22	13	
	31	97	95	92	90	88	84	80	76	72	68	63	57	50	44	37	30	22	13	
	Keskim.	97	94	92	89	86	83	79	75	71	66	61	56	50	44	37	30	22	13	
5—6	25	96	92	88	84	80	76	71	67	62	57	53	48	43	37	31	25	19	12	
	27	96	93	89	85	81	77	73	68	63	58	54	49	44	38	32	25	19	12	
	29	96	93	89	85	82	78	74	69	64	59	55	50	45	39	33	26	19	12	
	31	96	93	89	86	82	78	75	70	65	60	55	50	45	39	33	26	19	12	
	33	96	93	90	86	82	79	75	70	65	61	56	51	45	39	33	26	19	12	
	35	97	94	90	87	83	79	75	71	65	61	56	51	46	39	33	26	19	12	
	Keskim.	96	93	89	86	82	78	74	70	65	60	55	50	45	39	33	26	19	12	
7—8	Keskim.	95	91	86	83	79	74	70	65	60	55	50	45	40	34	29	23	17	10	
9—10	Keskim.	95	90	85	80	76	72	67	62	57	52	47	42	38	32	26	20	15	9	
P i t u u s 21 m																				
1—2	Keskim.	98	96	94	92	90	87	84	80	76	72	67	61	56	50	44	37	30	22	14
3—4	21	97	94	91	88	85	82	79	74	70	65	61	56	51	45	40	34	28	21	13
	23	97	94	91	88	85	82	79	75	71	66	62	56	51	46	40	34	28	21	13
	25	97	94	92	89	86	83	79	75	71	67	62	57	52	47	41	34	28	21	13
	27	97	94	92	90	87	83	80	76	72	67	63	58	53	47	41	34	28	21	13
	29	97	95	92	90	87	84	80	76	72	68	64	58	53	47	41	35	29	21	13
	31	97	95	92	90	88	84	80	77	72	68	64	59	53	48	41	35	29	21	13
	Keskim.	97	94	92	89	86	83	80	76	72	67	63	58	52	47	41	34	28	21	13
5—6	27	96	93	89	85	81	77	74	69	65	60	55	50	45	40	35	29	23	17	11
	29	96	93	89	86	82	78	75	70	66	61	56	51	46	41	36	30	24	17	12
	31	96	93	89	86	83	79	76	71	67	62	57	52	47	42	36	30	25	18	12
	33	96	93	90	87	83	80	76	71	67	63	58	53	47	42	37	31	25	18	12
	35	97	94	90	87	84	80	76	72	67	63	58	54	48	43	37	31	25	18	12
	Keskim.	96	93	89	86	83	79	75	71	66	62	57	52	47	42	36	30	25	18	12
7—8	Keskim.	95	91	87	83	79	74	70	66	62	57	53	49	44	39	34	28	23	17	10
9—10	Keskim.	95	90	86	81	77	72	68	64	60	55	50	46	41	36	31	26	21	15	9

Kuusi **Pituusluokat 22 m ja 23 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																		
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																				
Pituus 22 m																						
1—2	Keskim.	98	96	94	92	90	87	84	81	77	73	69	64	59	54	49	43	37	30	22	13	
3—4	23	97	94	91	88	85	83	80	76	72	68	63	58	54	49	44	38	33	27	21	12	
	25	97	94	92	89	86	83	80	77	73	69	64	59	55	50	45	39	34	28	21	12	
	27	97	94	92	90	87	84	81	77	73	69	65	60	56	51	46	39	34	28	21	12	
	29	97	95	92	90	88	84	81	78	74	70	66	61	57	51	46	40	34	28	21	12	
	31	97	95	92	90	88	85	82	79	75	71	67	62	57	52	46	41	35	28	21	12	
	Keskim.	97	94	92	89	87	84	81	77	73	69	65	60	56	51	46	40	34	28	21	12	
5—6	27	96	93	89	85	81	78	74	71	66	62	57	53	47	43	38	33	28	23	17	10	
	29	96	93	89	86	82	79	75	72	67	63	59	54	49	44	39	34	29	24	18	10	
	31	96	93	90	86	83	80	76	72	68	64	60	55	50	45	40	35	30	24	18	10	
	33	96	93	90	87	84	81	77	73	69	65	60	55	51	46	40	35	30	24	18	11	
	35	97	94	91	88	84	81	77	73	69	65	61	56	51	46	41	36	30	24	18	11	
	Keskim.	96	93	90	86	83	80	76	72	68	64	60	55	51	46	40	35	30	24	18	11	
7—8	Keskim.	95	92	88	84	80	76	72	68	64	60	56	51	47	42	37	32	27	22	16	10	
9—10	Keskim.	95	91	87	82	78	74	70	66	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	15	9	
Pituus 23 m																						
1—2	Keskim.	98	96	94	92	90	87	85	81	78	74	71	67	62	57	52	47	41	35	28	20	13
3—4	25	97	94	92	89	86	83	81	78	74	70	66	62	58	54	49	44	39	33	26	19	11
	27	97	95	92	90	87	84	82	79	75	71	67	63	59	54	49	44	39	33	27	19	11
	29	97	95	92	90	88	85	82	79	76	72	68	64	60	54	50	45	39	33	27	19	12
	31	97	95	92	90	88	86	83	79	77	73	69	65	61	55	50	46	39	33	27	19	12
	Keskim.	97	95	92	90	87	84	82	79	75	71	67	63	59	54	49	44	39	33	26	19	11
5—6	29	96	93	89	86	82	79	76	72	68	65	61	57	52	47	42	38	33	28	23	16	10
	31	96	93	90	86	83	80	77	73	69	66	62	57	53	48	43	38	34	28	24	16	10
	33	96	93	90	87	84	81	78	74	70	66	62	57	53	48	44	38	34	28	24	16	10
	35	97	94	91	88	85	81	78	74	70	67	63	58	54	49	45	39	34	29	24	16	11
	Keskim.	96	93	90	87	83	80	77	73	70	66	62	57	53	48	44	39	34	29	24	16	10
7—8	Keskim.	95	92	88	84	80	77	73	70	66	62	58	54	50	45	40	36	31	26	21	16	10
9—10	Keskim.	95	91	87	82	78	74	70	67	64	60	56	52	48	43	38	34	29	25	20	15	9

Kuusi

Pituusluokat 24 m ja 25 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																						
Pituus 24 m																								
1—2	Keskimäärin	98	96	94	92	91	88	85	82	79	76	72	68	64	59	55	50	44	38	32	26	18	12	
3—4	27	97	95	92	90	88	85	83	80	76	72	69	65	61	57	52	47	42	37	31	25	17	10	
	29	97	95	92	90	89	85	83	80	77	73	70	66	62	58	53	48	43	37	31	25	17	10	
	31	97	95	93	91	89	86	84	81	77	74	71	67	62	58	53	48	43	37	31	25	17	10	
	33	97	95	93	91	89	86	84	81	77	74	71	66	61	57	52	47	42	36	30	24	16	9	
	Keskimäärin	97	95	92	90	88	85	83	80	77	73	70	66	62	57	52	47	42	37	31	25	17	10	
5—6	31	96	93	90	87	84	81	78	74	70	67	63	59	56	51	47	42	37	32	27	22	16	9	
	33	96	93	90	88	85	82	79	75	71	68	64	60	56	51	47	42	37	32	27	22	16	9	
	35	96	94	91	89	86	82	79	75	72	69	65	60	56	51	47	42	37	32	26	21	15	9	
	37	97	94	91	89	86	82	80	75	72	69	65	60	55	50	46	41	36	31	26	21	14	8	
	Keskimäärin	96	93	90	87	85	82	79	75	72	68	64	60	56	51	47	42	37	32	27	22	15	9	
7—8	Keskimäärin	95	92	88	85	82	79	75	72	69	65	61	58	54	50	45	40	35	30	25	20	15	9	
9—10	Keskimäärin	95	91	87	83	80	76	72	69	65	61	57	54	50	46	42	37	33	29	24	19	14	8	
Pituus 25 m																								
1—2	Keskimäärin	98	96	94	92	91	88	86	83	80	76	73	69	65	61	57	52	47	42	37	31	25	18	11
3—4	Keskimäärin	97	95	92	90	88	86	83	80	77	74	71	67	63	59	55	50	45	40	35	29	23	17	10
5—6	Keskimäärin	96	93	90	88	85	83	80	77	74	71	68	64	60	56	51	47	42	37	32	27	22	16	9
7—8	Keskimäärin	95	92	89	86	83	80	77	74	71	68	65	61	57	53	49	44	39	35	30	25	20	15	9
9—10	Keskimäärin	95	91	87	84	81	78	74	71	68	64	61	57	53	50	46	41	36	32	27	23	18	13	8

Kuusi **Pituusluokat 26—30 m**

Kapenemisluokka, cm	Mittauskorkeus, m													
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %													
Pituus 26 m														
—2.5	98	95	92	87	81	74	67	60	50	41	31	18		
3—4	97	93	89	84	78	72	65	57	48	38	28	17		
5—6	96	91	86	81	76	70	62	54	45	36	27	16		
7—8	95	89	83	78	73	67	59	51	42	33	24	14		
Pituus 27 m														
1—2	98	95	93	87	82	75	68	62	53	44	35	24	11	
3—4	97	93	90	85	79	74	67	59	50	42	32	22	10	
5—6	96	91	87	82	77	71	64	56	47	39	30	20	9	
7—8	95	90	84	79	74	68	60	53	44	36	26	17	8	
Pituus 28 m														
3—4	97	94	90	86	80	75	69	61	53	45	36	26	15	
5—6	96	92	88	83	78	72	65	57	49	42	33	23	13	
7—8	95	90	85	80	75	69	62	54	46	39	29	20	12	
Pituus 29 m														
3—4	97	94	90	86	81	75	70	63	55	48	39	30	20	9
5—6	96	92	88	83	78	72	65	58	50	43	35	25	18	8
7—8	95	90	85	80	76	70	63	56	49	41	32	23	16	9
Pituus 30 m														
3—4	97	94	90	86	82	76	71	64	56	49	40	32	23	13
5—6	96	92	88	84	79	73	66	59	52	45	37	27	20	11
7—8	95	90	85	80	76	71	64	58	51	43	34	26	19	10

Koivu Pituusluokat 8 m ja 9 m — *Birke Höhenklassen 8 m und 9 m*

Kapenemisluokka, cm *Ausbauchungsklasse, cm*	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm *Brusthöhendurchmesserklasse, cm*	Mittauskorkeus, m — *Messhöhe, m*						
		2	3	4	5	6	7	8
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, % *Durchmesser in % vom Brusthöhendurchmesser*						
Pituus 8 m — *Höhe, 8 m*								
1—2	Keskimäärin *Im Durchschnitt*	92	82	71	59	45	27	
3—4	5	90	77	66	52	38	20	
	7	90	80	70	56	41	22	
	9	90	82	72	61	45	23	
	Keskimäärin	90	80	68	54	40	21	
5—6	7	88	77	64	49	32	15	
	9	89	80	68	54	36	17	
	Keskimäärin	89	78	66	51	34	16	
7—8	Keskimäärin	89	75	62	46	30	14	
9—10	Keskimäärin	89	73	60	43	27	13	
Pituus 9 m								
1—2	Keskimäärin	93	85	75	64	54	40	25
3—4	5	90	79	70	59	46	32	17
	7	91	82	72	62	49	35	19
	9	92	84	75	65	52	37	21
	11	92	85	77	66	54	38	21
	Keskimäärin	91	83	74	62	48	34	19
5—6	9	90	81	70	57	42	28	14
	11	91	83	73	61	47	32	15
	13	92	85	75	64	51	36	16
	15	93	86	76	66	55	39	16
	Keskimäärin	91	82	72	60	46	31	15
7—8	Keskimäärin	90	80	69	55	41	26	13
9—10	Keskimäärin	90	78	65	52	37	24	10

Koivu **Pituusluokat 10 m ja 11 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %								
		Pituus 10 m								
1—2	Keskimäärin	94	85	77	69	60	49	37	23	
3—4	5	91	80	71	62	52	41	29	16	
	7	92	83	74	65	55	43	30	17	
	9	93	85	77	68	58	45	32	18	
	11	93	86	78	70	60	47	34	19	
	Keskimäärin	92	84	76	66	55	44	31	17	
5—6	9	91	81	71	59	46	34	22	12	
	11	92	84	74	63	51	39	26	13	
	13	93	85	77	66	55	43	29	14	
	15	93	86	78	68	58	45	30	15	
	Keskimäärin	92	83	74	64	53	40	27	13	
7—8	Keskimäärin	91	83	73	62	49	36	23	10	
9—10	Keskimäärin	90	80	69	58	46	33	19	9	
		Pituus 11 m								
1—2	5	93	86	78	71	63	55	45	33	20
	7	94	88	80	74	67	58	47	34	21
	9	94	90	84	77	70	60	49	35	21
	Keskimäärin	94	87	80	73	65	57	46	34	20
3—4	7	92	84	76	68	59	49	38	26	15
	9	93	86	79	71	61	51	40	27	16
	11	93	88	80	72	63	52	41	28	16
	13	94	88	80	73	65	54	42	29	16
	Keskimäärin	93	86	79	70	61	51	40	27	16
5—6	11	92	84	75	64	54	43	31	20	9
	13	93	85	78	68	58	47	35	22	11
	15	93	86	80	70	61	49	38	24	12
	17	93	87	81	72	63	51	39	25	13
	Keskimäärin	93	85	78	69	59	48	36	23	12
7—8	Keskimäärin	91	84	76	66	55	44	32	20	10
9—10	Keskimäärin	90	82	72	63	52	41	28	18	8

Koivu **Pituusluokat 12 m ja 13 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %										
Pituus 12 m												
1—2	7	95	89	83	77	70	62	52	41	30	19	
	9	95	91	85	80	73	65	55	43	31	19	
	11	95	92	87	82	76	67	57	44	32	19	
	Keskimäärin	95	90	84	78	71	63	53	42	31	19	
3—4	7	92	85	77	70	61	53	45	34	23	13	
	9	93	86	80	73	64	55	46	35	24	13	
	11	93	88	81	74	66	57	47	36	25	13	
	13	94	89	82	75	67	58	48	37	26	14	
	15	94	90	84	76	68	59	50	39	27	15	
	Keskimäärin	93	88	81	74	66	57	47	36	25	13	
5—6	11	93	84	76	66	57	47	37	27	16	9	
	13	93	85	78	70	60	50	40	29	18	9	
	15	93	87	81	73	64	53	43	31	20	10	
	17	93	88	83	75	67	56	45	33	22	10	
	19	93	88	84	77	69	58	46	34	22	10	
	Keskimäärin	93	87	80	72	63	53	43	32	21	10	
7—8	Keskimäärin	92	86	78	69	60	50	41	30	19	9	
9—10	Keskimäärin	91	83	74	65	57	47	37	27	16	8	
Pituus 13 m												
1—2	7	95	89	84	79	72	64	57	49	40	29	16
	9	96	91	86	82	75	67	60	51	41	29	16
	11	96	92	87	83	77	70	62	53	42	30	17
	13	96	92	88	84	78	72	63	54	43	30	17
	Keskimäärin	95	91	86	81	74	67	59	51	41	29	17
3—4	9	94	87	81	74	66	59	52	43	34	23	12
	11	94	88	83	76	69	61	53	44	35	24	12
	13	95	90	84	77	71	63	54	45	35	25	13
	15	95	90	85	79	72	64	56	46	36	26	14
	17	96	91	86	80	73	65	57	47	37	27	14
	Keskimäärin	94	89	83	77	70	62	54	45	35	25	13
5—6	13	95	86	79	71	62	52	43	33	22	13	7
	15	93	87	81	74	66	56	47	36	26	15	8
	17	94	88	83	76	69	60	50	39	29	17	8
	19	94	88	84	77	71	62	52	41	31	19	8
	21	94	89	84	78	72	63	53	42	32	20	8
	Keskimäärin	93	87	82	75	67	58	49	39	29	18	8
7—8	Keskimäärin	92	86	80	72	64	55	46	36	26	16	8
9—10	Keskimäärin	91	84	77	70	61	53	43	34	23	15	7

Koivu **Pituusluokat 14 m ja 15 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %												
Pituus 14 m														
1—2	7	95	89	85	80	73	67	60	53	46	37	27	14	
	9	96	91	86	82	76	70	63	55	47	38	27	14	
	11	96	92	88	83	78	72	65	57	47	38	27	14	
	13	96	93	89	84	79	73	66	58	48	38	27	14	
	Keskimäärin	96	91	87	82	77	70	63	56	47	38	27	14	
3—4	9	94	87	81	75	68	62	55	47	40	31	21	11	
	11	94	88	83	77	71	64	57	49	41	32	22	11	
	13	95	90	85	80	74	67	59	51	42	33	22	12	
	15	95	91	86	81	75	68	60	52	43	33	22	12	
	17	96	92	87	83	77	70	62	53	44	34	23	12	
	19	96	92	88	84	78	71	63	54	44	34	23	12	
	Keskimäärin	95	90	84	79	74	67	59	51	42	32	22	11	
5—6	15	93	87	82	75	67	60	53	43	32	22	13	7	
	17	94	88	83	77	70	63	54	45	35	24	14	7	
	19	94	88	84	78	72	64	56	46	36	25	15	7	
	21	94	89	84	79	73	65	57	47	36	25	15	7	
	23	94	89	85	80	74	66	58	48	37	26	16	8	
	Keskimäärin	94	88	83	77	71	63	55	46	36	25	15	7	
7—8	Keskimäärin	92	87	81	74	67	60	53	44	34	24	15	7	
9—10	Keskimäärin	91	85	78	72	64	57	49	40	30	22	14	7	
Pituus 15 m														
1—2	9	96	91	87	82	77	71	65	59	50	42	33	22	12
	11	96	92	88	84	79	73	67	60	51	43	34	23	12
	13	96	93	90	86	81	75	68	61	53	44	34	23	12
	15	96	93	91	87	83	77	70	62	53	44	34	23	12
	Keskimäärin	96	92	88	84	80	73	67	60	52	43	34	23	12
3—4	11	94	89	83	78	72	66	60	54	47	39	30	21	10
	13	95	90	85	80	75	68	62	56	48	39	30	21	10
	15	95	91	86	81	76	70	63	57	49	40	30	21	10
	17	96	92	87	83	78	72	65	58	50	41	31	22	11
	19	96	92	88	84	79	73	67	60	51	42	32	23	11
	Keskimäärin	95	91	85	81	76	70	63	57	49	40	30	21	10
5—6	17	94	88	84	78	72	65	57	49	41	31	22	15	7
	19	94	88	84	79	73	67	59	51	42	32	23	15	7
	21	94	89	84	80	74	68	60	52	43	33	23	15	7
	23	94	89	85	81	75	69	61	53	44	34	24	16	7
	25	94	90	86	82	76	70	62	54	45	35	24	16	7
	Keskimäärin	94	88	84	79	73	67	59	51	43	33	23	15	7
7—8	Keskimäärin	92	87	82	76	70	64	57	49	41	32	23	15	7
9—10	Keskimäärin	91	85	79	73	67	61	54	46	37	29	20	14	7

Koivu — Pituusluokat 16 m ja 17 m

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %														
		Pituus 16 m														
1—2	11	96	92	88	85	80	75	69	63	56	49	41	31	21	11	
	13	96	93	90	86	82	77	71	65	58	51	42	32	22	11	
	15	96	93	91	87	84	78	73	66	59	51	42	33	22	11	
	17	96	94	92	88	85	79	74	67	60	52	42	33	22	11	
	Keskimäärin	96	93	90	86	82	77	71	65	58	51	42	32	22	11	
3—4	11	95	89	84	80	74	69	64	58	51	44	36	27	18	9	
	13	95	90	85	81	76	71	65	59	52	45	36	28	18	9	
	15	96	91	86	82	78	73	67	60	53	45	37	28	18	9	
	17	96	92	87	83	79	74	68	61	54	46	37	28	18	9	
	19	96	92	88	84	80	75	69	63	55	47	38	29	19	9	
	21	96	93	89	85	81	76	70	63	56	47	38	29	19	9	
	Keskimäärin	95	91	86	82	78	73	67	60	53	46	37	28	18	9	
5—6	17	94	89	84	78	72	66	59	52	46	38	29	22	13	7	
	19	94	89	84	79	74	68	61	54	47	39	30	23	14	7	
	21	94	90	85	80	75	69	62	55	48	40	31	23	15	7	
	23	94	90	86	81	76	70	63	56	49	40	31	23	15	7	
	25	94	91	87	82	77	71	64	57	50	41	31	23	15	7	
	Keskimäärin	94	89	85	80	75	69	62	55	48	40	31	23	15	7	
7—8	Keskimäärin	92	87	82	77	72	67	60	53	46	39	30	22	15	7	
9—10	Keskimäärin	91	85	80	75	69	63	57	50	43	37	29	21	14	7	
		Pituus 17 m														
1—2	11	96	92	89	86	82	77	71	66	61	55	48	40	31	21	11
	13	96	93	90	87	83	78	73	68	62	56	49	41	32	22	11
	15	97	94	91	88	84	79	74	69	63	56	49	41	32	22	11
	17	97	94	92	89	85	80	75	70	64	57	49	41	32	22	11
	19	97	94	92	89	86	81	76	71	65	57	50	41	33	22	11
	Keskimäärin	97	94	91	88	84	79	74	68	63	56	49	41	32	22	11
3—4	11	95	90	85	81	76	72	67	62	55	48	41	33	25	17	9
	13	95	90	86	82	77	73	68	63	57	50	43	35	25	17	9
	15	96	91	87	83	79	74	69	64	58	51	43	35	26	17	9
	17	96	92	88	84	80	76	71	65	59	52	44	36	26	17	9
	19	96	92	89	85	81	77	72	66	60	53	45	37	26	17	9
	21	96	93	89	85	82	77	73	67	61	54	45	37	27	18	9
	23	96	93	90	86	82	78	74	68	62	55	46	38	27	18	9
	Keskimäärin	96	92	88	84	80	76	71	65	59	52	44	35	26	17	9
5—6	17	94	89	84	79	73	67	60	54	48	42	34	27	20	13	7
	19	94	90	85	80	75	69	62	56	50	43	35	28	20	13	7
	21	94	90	86	81	76	70	64	58	51	44	36	29	21	14	7
	23	94	90	86	82	77	71	65	59	53	45	37	30	21	14	7
	25	94	91	87	83	78	72	66	60	54	46	38	30	22	15	7
	Keskimäärin	94	90	86	81	76	71	65	58	52	44	36	29	21	14	7
7—8	Keskimäärin	92	87	83	78	74	69	63	57	51	43	35	29	21	14	7
9—10	Keskimäärin	91	85	81	76	71	67	61	56	49	42	34	28	20	13	6

Koivu **Pituusluokat 18 m ja 19 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																
		Pituus 18 m																
1—2	13	96	93	90	87	83	78	74	69	64	58	53	47	39	29	19	10	
	15	96	94	91	88	84	80	75	70	65	59	53	47	39	30	20	10	
	17	97	94	92	89	86	81	76	71	66	59	53	46	38	30	20	10	
	19	97	95	92	89	87	82	77	72	67	59	52	45	38	29	19	10	
	21	97	95	93	90	88	83	78	73	67	59	52	45	38	29	19	10	
	Keskimäärin	97	94	92	89	86	81	76	71	66	59	53	46	38	29	19	10	
3—4	15	96	91	87	83	79	75	70	66	60	54	48	40	32	24	15	8	
	17	96	92	88	84	80	76	71	67	62	56	49	41	33	25	16	8	
	19	96	92	89	85	81	77	72	68	63	57	50	42	34	25	16	8	
	21	96	93	89	86	82	78	74	69	64	57	50	42	34	26	17	8	
	23	96	93	90	87	83	79	75	70	64	58	51	43	35	26	17	9	
	25	96	93	91	88	84	80	76	71	65	59	52	44	36	27	18	9	
	Keskimäärin	96	92	89	85	82	78	73	68	63	57	50	42	34	25	16	8	
5—6	19	94	89	85	80	76	70	64	59	53	47	41	34	27	20	13	7	
	21	94	90	86	81	77	72	66	61	55	48	42	35	28	20	14	7	
	23	94	90	86	82	78	73	68	62	56	49	43	36	29	21	15	7	
	25	94	91	87	83	79	74	69	63	57	50	44	36	29	21	15	7	
	27	94	91	87	83	80	75	70	64	58	51	44	37	30	21	14	7	
	29	94	91	87	84	81	76	71	65	59	52	45	36	29	20	13	7	
	Keskimäärin	94	90	86	82	78	73	69	62	57	50	44	36	29	21	15	7	
7—8	Keskimäärin	92	87	83	79	75	71	67	61	56	49	43	35	28	21	14	7	
9—10	Keskimäärin	91	85	81	77	72	68	64	59	53	47	40	34	27	20	13	6	
		Pituus 19 m																
1—2	15	96	94	92	88	85	81	76	72	67	62	56	50	43	35	27	19	10
	17	97	94	92	89	86	82	78	73	68	62	56	50	43	35	27	18	10
	19	97	95	93	90	87	83	79	74	69	63	56	49	42	34	26	18	10
	21	97	95	93	91	88	84	80	74	69	63	56	49	42	34	26	17	9
	23	98	96	94	91	89	85	80	75	70	63	56	49	41	33	25	17	9
	Keskimäärin	97	95	93	90	87	83	79	74	69	63	56	50	42	34	26	18	9
3—4	15	96	91	87	83	80	76	71	66	62	57	52	46	39	31	23	15	8
	17	96	92	88	85	81	77	72	68	64	59	53	46	40	32	24	16	8
	19	96	93	89	86	82	78	74	70	65	60	54	47	40	32	24	16	8
	21	96	93	90	86	83	80	76	71	67	61	55	48	40	32	24	16	8
	23	96	93	90	87	84	81	77	72	67	62	55	48	40	32	23	15	8
	25	96	93	91	88	85	81	77	73	68	62	55	48	40	32	23	15	7
	27	96	93	91	88	85	82	78	73	68	62	55	48	39	31	22	14	7
	Keskimäärin	96	93	90	86	83	80	76	71	66	60	54	47	40	32	24	16	8
5—6	21	94	90	86	82	77	73	68	63	58	53	48	42	36	29	22	13	7
	23	94	90	87	82	78	74	70	65	60	55	49	43	37	30	23	14	7
	25	94	91	87	83	79	75	71	66	61	56	50	44	38	30	23	14	7
	27	94	91	87	83	80	76	72	67	62	56	50	44	37	30	22	14	7
	29	94	91	87	84	81	77	72	67	62	56	50	44	36	29	21	13	7
	31	94	91	87	84	81	77	73	68	63	57	51	44	35	28	20	13	7
	Keskimäärin	94	91	87	83	79	76	72	66	61	56	50	44	36	29	22	14	7
7—8	Keskimäärin	92	87	83	79	75	72	69	64	59	54	48	41	34	27	20	13	7
9—10	Keskimäärin	91	86	81	77	73	69	66	62	57	51	45	39	33	26	20	12	6

K o i v u **Pituusluokat 20 m ja 21 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																		
		Pituus 20 m																		
1—2	15	96	94	92	89	86	82	77	73	69	64	59	53	48	41	33	25	18	9	
	17	97	94	92	90	87	83	79	74	70	65	60	54	48	41	33	25	17	9	
	19	97	95	93	91	88	84	80	75	71	65	59	53	47	40	33	24	16	9	
	21	97	95	93	91	89	85	81	76	72	66	59	53	46	40	32	24	16	9	
	23	98	96	94	92	90	86	82	77	72	66	59	52	46	39	32	24	16	8	
	25	98	96	94	92	90	87	83	78	73	67	59	52	46	39	32	24	16	8	
	Keskim.	97	95	93	91	88	85	81	76	71	66	59	53	47	40	32	24	16	9	
3—4	17	96	92	88	85	82	77	73	69	65	61	57	52	45	39	31	23	16	8	
	19	96	93	90	86	83	79	75	71	67	63	59	52	45	39	31	24	16	8	
	21	96	93	91	87	84	80	77	73	69	64	59	52	46	39	32	24	17	8	
	23	96	93	91	88	85	81	78	74	70	65	59	53	46	39	31	23	16	8	
	25	96	93	91	88	85	82	78	74	70	65	59	52	45	38	29	22	14	7	
	27	96	93	91	88	86	83	79	74	70	65	59	52	44	37	29	22	14	7	
	29	96	93	91	89	87	84	80	75	70	64	58	51	44	36	28	21	14	7	
	31	96	93	91	89	87	84	80	75	70	64	57	50	43	35	27	20	13	6	
		96	93	91	87	85	81	78	74	69	64	58	52	45	38	30	23	15	7	
5—6	23	94	91	87	82	78	75	72	67	63	58	53	47	42	35	28	21	14	7	
	25	94	91	87	83	79	76	73	68	63	58	53	47	41	34	27	20	13	7	
	27	94	91	87	83	80	77	73	69	64	59	53	47	41	34	27	20	12	7	
	29	94	91	87	84	81	78	74	70	65	60	54	48	40	33	26	19	12	7	
	31	94	91	87	84	81	78	75	70	65	60	54	48	39	32	25	18	12	6	
	Keskim.	94	91	87	83	80	77	73	69	64	59	53	47	41	34	27	20	13	7	
7—8	Keskim.	92	87	83	79	76	73	70	66	61	56	50	44	38	32	25	18	12	6	
9—10	Keskim.	91	86	81	77	74	71	68	64	59	54	49	43	37	31	24	17	11	6	
		Pituus 21 m																		
1—2	17	97	95	93	90	88	84	81	76	72	67	62	57	51	44	37	29	21	14	8
	19	97	95	93	91	89	85	82	78	74	68	63	58	52	45	38	30	22	15	8
	21	97	95	93	92	90	86	82	78	74	69	64	58	52	45	38	29	21	14	8
	23	98	96	94	92	90	87	83	79	75	70	64	58	52	45	38	29	21	14	7
	25	98	96	94	92	91	88	84	80	75	70	64	58	52	44	37	29	21	14	7
	Keskim.	97	95	93	91	89	86	82	78	74	69	63	58	52	45	38	29	21	14	8
3—4	19	96	93	90	87	84	81	77	73	69	65	61	56	51	45	38	31	24	16	8
	21	96	93	91	88	85	82	79	75	71	67	62	57	52	46	39	31	23	16	8
	23	96	93	91	88	85	82	79	75	71	66	61	56	50	44	37	30	22	15	8
	25	96	93	91	88	85	82	79	76	72	66	61	55	49	43	35	28	20	13	7
	27	96	93	91	89	86	83	80	76	72	66	61	55	48	42	34	27	20	13	7
	29	96	93	91	89	87	84	80	76	71	66	60	55	48	41	34	27	19	13	7
	31	96	93	91	89	87	84	80	76	71	65	59	54	47	40	33	26	18	12	6
	Keskim.	96	93	91	88	85	82	79	75	71	66	61	56	50	43	36	28	20	14	7
5—6	25	94	91	87	84	80	77	74	70	66	61	57	51	45	38	31	24	18	12	7
	27	94	91	87	84	81	78	75	71	67	62	58	52	46	39	32	25	19	13	7
	29	94	91	87	84	81	78	75	71	67	62	57	51	45	38	31	24	18	12	7
	31	95	92	88	85	82	79	76	72	67	62	57	51	44	37	30	23	17	11	6
	33	95	92	88	85	82	79	76	72	68	63	57	51	44	37	30	23	16	10	5
	Keskim.	94	91	87	84	81	78	75	71	67	62	57	51	45	38	31	24	18	12	7
7—8	Keskim.	92	87	83	80	77	74	71	67	63	58	53	47	42	36	29	23	17	11	6
9—10	Keskim.	91	86	81	78	74	72	69	65	61	56	52	46	41	36	29	23	17	10	6

Koivu **Pituusluokat 22 m ja 23 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m: 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																				
Pituus 22 m																						
1—2	19	97	95	94	91	89	86	82	79	75	71	67	62	57	52	46	39	32	24	16	8	
	21	98	96	94	92	90	87	83	80	76	72	68	63	57	51	45	38	31	23	15	8	
	23	98	96	94	92	90	88	84	81	77	73	68	62	56	50	44	37	29	22	14	7	
	25	98	96	94	92	91	88	84	81	77	73	69	62	56	49	43	36	28	21	13	7	
	27	98	96	94	93	92	89	85	81	76	72	68	62	56	49	43	35	27	20	13	7	
	Keskim.	98	96	94	92	90	88	84	81	76	72	68	62	56	50	44	36	29	22	14	8	
3—4	19	96	93	91	88	85	82	79	75	72	68	64	59	55	49	42	36	28	21	14	8	
	21	96	93	91	88	86	83	80	77	73	69	64	60	55	50	43	36	28	21	14	7	
	23	96	93	91	88	86	83	80	77	73	69	64	59	54	49	42	35	27	20	13	7	
	25	96	93	91	88	86	83	80	77	74	69	64	59	53	47	40	34	26	19	13	7	
	27	96	93	91	89	86	84	81	78	74	69	63	58	52	46	40	33	26	19	12	7	
	29	96	93	91	89	87	84	81	78	73	68	63	58	51	45	39	32	25	19	12	6	
	31	96	93	91	89	87	84	81	77	73	68	62	57	50	44	38	31	24	18	11	6	
	Keskim.	96	93	91	88	86	83	80	77	73	69	64	59	53	47	40	34	27	20	13	7	
5—6	25	94	91	87	84	80	78	75	71	67	63	59	54	48	43	37	31	24	18	12	6	
	27	94	91	87	84	81	79	76	72	68	64	60	55	49	43	37	31	24	18	12	6	
	29	94	91	87	84	81	79	76	72	68	64	60	55	48	42	36	30	23	17	11	6	
	31	95	92	88	85	82	80	77	73	69	65	61	55	48	42	36	30	23	16	11	6	
	33	95	92	88	85	82	80	77	74	70	65	61	55	48	41	35	29	22	15	11	5	
	Keskim.	94	91	87	84	81	79	76	72	68	64	60	55	48	43	36	30	23	17	12	6	
7—8	Keskim.	92	87	84	80	77	75	72	68	65	61	56	51	46	40	34	28	21	16	10	5	
9—10	Keskim.	91	86	81	78	75	72	69	66	63	59	55	50	45	39	33	27	20	15	9	5	
Pituus 23 m																						
1—2	Keskim.	98	96	94	92	90	88	85	82	78	74	70	65	60	54	48	42	34	27	20	14	7
3—4	21	96	93	91	88	86	84	81	78	74	70	65	62	57	52	46	40	34	27	20	14	7
	23	96	93	91	89	86	84	81	78	74	70	66	62	57	46	52	40	33	26	19	13	7
	25	96	93	91	89	86	84	81	78	75	71	67	62	57	52	46	40	32	25	18	12	7
	27	96	93	91	89	87	85	82	79	76	72	67	62	57	52	46	39	32	25	18	12	6
	29	96	93	91	89	87	85	82	79	75	71	67	62	56	51	45	39	32	25	18	12	6
	31	96	93	91	89	87	85	82	78	74	70	66	61	55	50	44	38	31	25	18	12	6
	Keskim.	96	93	91	89	86	84	81	78	75	71	67	62	57	52	46	39	32	25	18	12	6
5—6	27	94	91	87	84	81	79	76	73	69	66	62	57	52	47	42	35	28	22	17	11	6
	29	94	91	87	85	82	80	77	74	70	66	62	57	52	47	41	35	28	22	16	11	6
	31	95	92	88	85	83	80	78	74	71	67	63	58	52	47	41	35	28	21	15	10	6
	33	95	92	88	85	83	81	78	75	72	68	63	58	53	46	40	34	27	20	15	10	5
	Keskim.	94	91	87	85	82	80	77	74	70	66	62	57	52	47	41	35	28	21	16	11	6
7—8	Keskim.	92	87	84	81	78	76	73	70	67	63	59	54	50	44	38	33	26	20	15	10	5
9—10	Keskim.	91	86	82	79	75	72	70	67	63	60	56	52	48	43	37	32	25	19	14	9	5

K o i v u — **Pituusluokat 24 m ja 25 m**

Kapenemisluokka, cm	Rinnankorkeusläpimittaluokka, cm	Mittauskorkeus, m																						
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %																						
Pituus 24 m																								
1—2	Keskimäärin	98	96	94	92	90	88	85	82	79	76	72	68	63	57	52	46	40	33	26	19	13	7	
3—4	Keskimäärin																							
	21	96	93	91	88	86	84	81	78	75	71	67	64	60	55	51	47	42	35	29	22	14	8	
	23	96	93	91	88	86	84	81	78	75	71	68	64	61	56	52	46	40	34	27	21	13	7	
	25	96	93	91	89	87	84	82	79	76	72	68	64	60	55	50	44	38	32	25	19	12	6	
	27	96	93	91	89	87	85	82	79	76	73	68	64	60	55	49	44	37	31	24	18	11	6	
	29	96	93	91	89	87	85	83	80	76	73	68	64	59	54	48	43	37	31	23	17	11	6	
	31	96	93	91	90	88	86	83	80	77	73	69	64	58	53	48	43	36	30	22	16	10	5	
	33	96	93	91	90	88	86	83	80	77	73	70	64	58	53	47	42	36	30	21	16	9	5	
	Keskimäärin	96	93	91	89	87	85	82	79	76	72	68	64	60	55	49	44	38	31	24	18	12	6	
5—6	27	94	91	87	84	81	79	77	74	71	68	64	60	56	51	46	40	33	28	22	17	11	5	
	29	94	91	87	85	82	80	78	75	72	68	64	60	56	51	45	39	33	27	21	16	11	5	
	31	95	92	88	86	83	81	78	75	72	68	64	60	56	51	45	39	33	26	21	16	10	5	
	33	95	92	89	86	83	81	79	76	73	69	65	61	56	50	44	38	32	25	20	15	9	5	
	Keskimäärin	94	91	87	85	82	80	78	75	72	68	64	60	56	51	45	39	33	27	21	16	10	5	
7—8	Keskimäärin	92	87	84	81	79	77	74	72	69	66	62	58	53	48	42	37	31	25	20	15	10	5	
9—10	Keskimäärin	91	86	82	79	76	73	70	68	64	62	58	55	50	45	40	35	29	24	19	14	8	4	
Pituus 25 m																								
1—2	Keskimäär'n	98	96	94	92	90	88	85	83	80	77	74	70	66	61	57	51	45	38	32	25	19	13	7
3—4	Keskimäärin	96	94	91	89	87	85	82	80	77	73	70	66	63	58	53	47	42	36	30	23	17	11	6
5—6	Keskimäärin	94	91	87	85	83	80	78	75	73	70	67	63	59	54	49	43	38	32	27	20	14	9	5
7—8	Keskimäärin	92	87	84	81	79	77	75	73	70	67	65	61	57	52	47	42	37	31	25	20	14	9	5

K o i v u **Pituusluokat 26—30 m**

Kapenemis-luokka, cm	Mittauskorkeus, m													
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	Läpimitta rinnankorkeusläpimitasta, %													
	Pituus 26 m													
1—2	98	95	91	86	81	76	69	60	49	36	24	12		
3—4	96	91	87	83	78	72	65	56	47	35	23	11		
5—6	94	87	83	79	74	68	61	53	43	32	19	9		
7—8	92	85	80	76	72	66	60	51	41	30	18	9		
	Pituus 27 m													
3—4	96	91	88	84	79	74	68	59	50	40	27	15	5	
5—6	94	87	83	80	75	70	63	55	47	36	24	13	5	
7—8	92	86	81	77	73	68	62	54	45	34	23	12	4	
	Pituus 28 m													
3—4	97	91	88	84	80	75	70	62	53	44	32	19	9	
5—6	94	88	83	81	76	71	65	58	49	39	28	17	8	
7—8	92	86	81	77	73	69	63	56	47	37	27	16	7	
	Pituus 29 m													
3—4	97	91	88	85	81	76	70	64	55	47	36	23	13	4
5—6	94	88	84	81	77	72	66	59	51	43	32	21	12	4
7—8	92	86	81	78	74	70	64	57	49	40	30	19	11	3
	Pituus 30 m													
3—4	97	92	89	86	82	77	71	66	57	50	39	27	17	8
5—6	94	88	84	81	77	73	67	61	54	46	36	25	16	7
7—8	92	86	81	78	74	70	65	59	51	42	32	22	14	6

SKOGSGRÄNSTALLEN SOM INDIKATOR FÖR KLIMATFLUKTUATIONERNA I NORRA FENNO-SKANDIEN UNDER HISTORISK TID

GUSTAF SIRÉN

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINGFORS 1961

Helsinki 1961. Valtioneuvoston kirjapaino

Förord

Föreliggande arbete om de indikativt bestämda klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien under historisk tid har sin upprinnelse i det intresse det praktiska skogsbrukets företrädare börjat visa skyddsskogarna i norr. Vid de diskussioner, som förts kring frågan om ifrågavarande skogars ändamålsenliga behandling, har man ständigt stupat på ovissheten om den framtida klimatutvecklingen. En oväntad klimatdepression har förmodats kunna omintetgöra resultaten av t. o. m. de riktigaste forstliga åtgärder.

I denna situation vaknade tanken på att kartlägga gångna tiders klimatvariationer på indikativ väg och på basen av de erhållna resultaten förelägga en prognos, vars tillförlitlighet den faktiska utvecklingen relativt snabbt kunde utvisa.

Arbetet har genomförts i tre etapper. Under åren 1957—58 undersöktes tallens reproduktionsvillkor i detta nu och under tidigare skogshistoriska skeden. Under år 1959—60 insamlades c. 2 000 prov från urgamla tallar, torrakar och kolstubbar i akt och mening att utreda radialtillväxtens variationer under tidigare sekler. Följande fas i arbetet inträffade år 1961, då de erhållna tillväxtserierna behandlades i IBM:s datamaskiner.

Nu då projektet är i det närmaste slutfört är det mig en angenäm plikt att tacka alla dem som på olika sätt bistått mig med råd och dåd. Mitt tack riktas härvid i första hand till Skogsforskningsanstaltens chef, professor Risto S a r v a s, för att han — trots ofta otillräckliga anslag — med största förtroende berett mig tillfälle att förverkliga de ursprungliga intentionerna. Det bereder mig också en alldeles speciell tillfredsställelse att i detta sammanhang få tacka Stiftelsen för utforskandet av Finlands naturtillgångar, Suomen kulttuurirahasto och Svenska Vetenskapliga Centralrådet i Finland för det ekonomiska stöd jag erhållit för fullföljandet av detta arbete. Ett stipendium innebär alltid ett förtroende — och jag hoppas att denna uppsats i någon mån kan reducera min stora tacksamhetsskuld.

Till mina kamrater från fältarbetsskedet, doktorerna Kullervo K u u s e l a, Paavo J u u t i n e n, revirforstmästare Axel C a s t r é n och ekonom Eero M ä k i n e n, samt ett antal scouter från scoutkåren Spanarna i Helsingfors vill jag också uttrycka mitt uppriktigaste tack; likaså till alla

dem, som deltagit i det krävande mikroskoperingsarbetet i laboratoriet. Härvidlag vill jag ge mitt fullaste erkännande åt pol.kand. Otto Ukkonen, forstmästarna Erkki Tunkkari, Aake Kaarnama, Pentti Räsänen, Eero Heliö, Matti Leikola, forst. stud. Teuri Salminen, Veli Kaitainen och Uuno Kauhanen, tekn. stud. Pekka Pitkämäki, agr. A. V. Krogell och fröken Leena Hukkinen för omsorgsfullt utförda uppdrag.

Vid den matematisk-statistiska bearbetningen av årsringsindexseriernas serialanalys har jag bistått av magistrarna Olli Varho och Pentti Kerola från IBM, som även berett mig ett enastående tillfälle att deltaga i en synnerligen lärorik specialkurs i Blaricum, Holland. Vidare har jag haft förmånen att få diskutera vissa med autoregressionsanalysen förknippade teoretiska problem med professor Gustav Elfving, som dessutom haft vänligheten att granska arbetets matematiska utförande. Med ledamoten av Finlands Akademi, professor Erik Palmén och professor Ilmari Hustich har jag även haft tillfälle till inspirerande tankeutbyte. Till samtliga ovannämnda riktar jag mitt varmaste tack och betygar dem samtidigt min stora aktning och uppskattning för det värdefulla stöd de givit mig vid fullbordandet av den första etappen i denna undersökning.

Helsingfors, den 10. oktober 1961.

Gustaf Sirén

Innehåll

Sid.

0. Förord 3
1. Inledning 7
2. Materialets insamling och bearbetning 13
   21. Bestämning av reproduktionsperioderna 13
   22. Insamlingen av borrspån och stamsektioner 14
   23. Mätning av radialtillväxten 16
3. Materialets statistiska bearbetning 19
   31. Årsringsseriernas standardisering och konnektering 19
   32. Serialanalysens teori 21
4. Undersökningens huvudresultat 26
   41. Reproduktionsperioderna under tiden 1150—1960 26
   42. Sambandet mellan klimat och tillväxt 31
   43. Indexserierna 41
   44. Radialtillväxtens periodicitet 46
   45. Prognos för temperaturklimatet under tiden 1960—2060 51
5. Diskussion 53
6. Litteraturförteckning 59
7. Summary 65

1. Inledning

Under de senaste decennierna har ett stort antal vetenskapliga arbeten publicerats med anledning av den sedan sekelskiftet pågående klimatförbättringen i Fennoskandien. Detta positiva oscillationsutslag av klimatutvecklingen, som för övrigt dokumenterats av företrädare för vitt skilda vetenskapsdiscipliner[1]) har haft och synes allt fortfarande ha mycket stor ekologisk betydelse. Parallellt med den positiva klimatfluktuationen uppträder nämligen en mängd biologiska fenomen, vars samband med klimatförbättringen är uppenbar. Den omständigheten, att en absolut säker korrelation mellan de klimatbetingade biologiska fenomenen och de meteorologiska elementen ej alltid kunnat konstateras, förmår ej heller undanskymma det ur växtgeografisk synpunkt självklara faktum att t. ex. i skogsgränstrakterna luftens temperatur förefaller att representera det klimatelement, som utgör den ekologiskt betydelsefullaste faktorn. Detta framgår även av ett flertal nord-europeiska utredningar av vilka Enquist (1933), Erlandsson (1936), Ording (1941), Hustich och Elfving (1944), Hustich (1945, 1948a, 1952a) och Mikola (1950, 1959) bör nämnas.

Ur skogsbrukets synvinkel är skogsgränsens pågående och åtminstone delvis klimatbetingade förskjutning norrut och uppför fjällsluttningarna givetvis av speciellt intresse. Den pessimistiska uppfattning, som minst ett sextiotal norska, svenska, finska och ryska forskare kring sekelskiftet hade om skogsgränsens möjligheter att hålla stånd vid de yttersta utposterna förbyttes småningom i försiktig optimism (jmfr. Hustich 1945, s. 46). Allt sedan 1920-talet har isynnerhet tallens reproduktion och tillväxt i norra Fennoskandien (jmfr. Eide 1923, 1932, Bathen 1925, 1935, Nordfors 1928, Wibeck 1929, Eneroth 1931, Enqvist 1933, Ruden 1934, 1949, Ording 1935, Hustich 1940—1956b, Mikola 1950, 1952 och Eklund 1954), gynnats av den meteorologiskt väldokumenterade ökningen av sommarens medeltemperatur (jmfr. t. ex.

[1]) Detta sakförhållande framgår bl. a. av följande arbeten: Griggs (1934, 1937), Ahlmann (1939, 1947), Jensen (1939), Scherhag (1939), Wagner (1940), Kincer (1946), Willet (1950), Regel (1950), Jurva (1952), Wallen & Ahlmann (1954), Erkamo (1956) och Simojoki (1960).

Ångström 1941, Liljequist 1950, Keränen 1943, 1952, Lysgaard 1949, Kortüm 1955 m. fl.). En liknande tillväxtreaktion och re-invasion norrut har konstaterats av ryska forskare på Kola halvön, i norra Ryssland och Sibirien (jmfr. Tjulina 1937, Tikhomirov 1941, 1957, Pjavtjenko 1952, Andrejev 1954).

Förutom de växtgeografiska konsekvenserna av den aktuella klimatoscillationen har även en annan betydande fråga fångat forskarnas uppmärksamhet. Man har frågat sig hur länge denna klimatförbättring kan pågå och på så sätt åter kommit in på frågan om klimatets eventuella periodicitet. Sistnämnda tankegång är nämligen ingalunda ny. Redan den gammaltestamentliga legenden om de sju goda och de sju dåliga åren kan uppfattas som ett första tecken på praktisk tolkning av långvariga naturiakttagelser. Linné upptäckte ett par årtusenden senare möjligheten att på indikativ väg kartlägga gångna tiders klimatiska förhållanden och yttermera cirka ett århundrade fram i tiden tager hypoteserna om klimatets periodicitet tämligen fasta former. Till en början var det främst den paleobotaniska och kvartärgeologiska forskningen som bragte i dagen material och resultat som med ovedersäglig evidens talade för förefintligheten av klimatiska cyklar. Det visade sig emellertid snart att intervallängderna varierade från några tiotaltusen år till några hundra år. Glacial- och interglacialtiderna representerar de förstnämnda klimatfluktuationerna, medan den postglaciala klimatutvecklingen karakteriseras av en c. 800-årig periodicitet (jmfr. Aario 1943, s. 147). Det faktum att analyser av pollen, makrofossil och rekurrensytor möjliggör endast en mycket grov datering, förringar likväl icke nämnvärt dessas värde som indikatorer på klimatisk oscillation av cyklisk art emedan de tidsperioder som härvidlag kommer ifråga omspänner flere sekel.

Mot denna bakgrund och med beaktande av att klimatets dygns- och årsvariationer är cykliska till sin karaktär synes det svårt att invändningsfritt acceptera frånvaron av all cyklicitet av intermediär natur isynnerhet som ett antal orienterande undersökningar snarare synes tyda på förefintligheten av olika slags perioder. De på nordeuropeiskt material baserade utredningar, som tills dato sett dagens ljus, har emellertid trots många förtjänster i de flesta fall varit behäftade med en ur här avsedd målsättningssynpunkt svåreliminerbar brist. Den tidrymd de omspänt har varit för kort för att möjliggöra uppdagandet av klimatcyklar som omfattar decennier och sekler. Detta faktum gjorde det omöjligt för t. ex. Hustich och Elfving (1944) att i sitt på dendrokronologiskt material baserade serialanalytiska försök nå ett entydigt resultat angående den klimatiska periodicitetens eventuella förekomst. Liknande svårigheter har mött Eklund (1954) och trots något längre årsringsserier även Erlandsson (1936), Ording (1941) Eidem (1943) och Mikola (1950). De fyra sistnämnda ha likväl funnit en gemensam period av c. 11 års längd, och med undantag för

Ording även en 35-års period. Å andra sidan har uppfattningen om klimatets eller enskilda klimatelements delvis cykliska natur starkt ifrågasatts (jmfr. t. ex. Eriksson 1942).

Med utgångspunkt från de i detta nu kända geofysiska fenomen som determinerar klimatets globala utveckling, är det ej uteslutet att de eventuellt förekommande periodiska fenomenen kan skymmas och t. o. m. överskuggas av operiodiska störningar av olika slag. Ifall förhållandet mellan dessa bägge klimatkomponenter > 1 överväger emellertid de periodiska fenomenen, vilket i sin tur medför att en prognos med matematiskt uttryckbar signifikans bör kunna uppställas för den framtida klimatutvecklingen.

Här är icke platsen att diskutera betydelsen av en dylik långtidsprognos; den positiva eller negativa överensstämmelsen mellan förutsägelsen och de faktiska förhållandena ger i sinom tid ett bättre utgångsläge för en objektiv bedömning av dess praktiska värde. För skogsbrukets vidkommande skulle en tillförlitlig prognos i varje fall skapa värdefulla förutsättningar för säkrare beräkningar av råvarubilansen samtidigt som vissa skogsvårdsåtgärder bättre än tidigare kunde koncentreras till de år då t. ex. reproduktionsvillkoren ur klimatisk synpunkt kan antagas bli gynnsammare än normaliter.

* * *

Klimatfluktuationer av olika art, intensitet och varaktighet registreras som känt säkrast på instrumentell väg. De meteorologiska observationerna sträcker sig emellertid än så länge endast ett par århundraden — i civilisationens gränsområden endast ett par årtionden — tillbaka i tiden. För norra Fennoskandiens vidkommande tillkommer yttermera den omständigheten att det meteorologiska observationsnätet med beaktande av den synnerligen variationsrika topografin måste betecknas som alltför glest. Uppfattningen om klimatet och dess eventuella periodicitet under gångna tider måste fördenskull bygga nästan helt på olika slag av klimatindikatorer.

Utan att i detta sammanhang gå närmare in på det banbrytande arbete, som utförts inom andra vetenskapsdiscipliner, kan det konstateras att dendrokronologin erbjuder en utomordentlig möjlighet att överbrygga klyftan mellan å ena sidan C_{14}-dateringar och paleobotanikernas rekurrensytor och å andra sidan den modärna meteorologins instrumentella data.

Utgångsläget för dendrokronologisk forskning i norra Fennoskandien är emellertid något komplicerat. På plussidan kan antecknas att åtminstone en del av skogarna i vissa delar av de avlägsnaste skogsgränstrakterna fått utvecklas utan större kulturpåverkan. Som en värdefull pluspost kan yttermera trädens — i detta speciella fall tallens — sensibilitet för ekologiskt signifikanta temperaturfluktuationer anföras. På minussidan måste deras

relativt låga ålder antecknas. Detta missförhållande kan visserligen i någon mån avhjälpas genom att komplettera provtagningen från levande träd med prov från torrakar och kolstubbar. Ett större utnyttjande av de sistnämnda stöter emellertid ofta på dateringssvårigheter. Minussidan kan yttermera utökas med det faktum att radialtillväxten hos tall i skogsgränstrakterna ingalunda är enbart temperaturbetingad. Som störande element anför Hustich (1945, s. 17—18):

1. den efterverkan föregående års temperatur via näringsupplagringen synes ha på tillväxten,
2. assimilationsytans beroende av föregående års temperaturförhållanden,
3. blomning och frösättning; isynnerhet frömognaden antages vara fysiologiskt så krävande att radialtillväxten blir lidande. Hustich har senare utrett sambandet mellan blomning och radialtillväxt (Hustich 1956a, s. 12) medan Mork verifierat uppfattningen om frösättningseffekten genom att korrelera årsringsbredden med fröproduktionen (Mork 1957, s. 369). Detta samband har f. ö. rent principiellt redan länge varit känd bland skogsbiologerna (se t. ex. Antevs 1925).

Härutöver bör ytterligare ett biologiskt skeende med en troligen avsevärt försenande effekt anföras som störande faktor. I samband med en undersökning om den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning observerade Näslund (1942) att tillväxtreaktionen inträffade först 3—4 år efter ingreppet och att den var långsammast på de svagaste boniteterna. Kulminationen nåddes ungefär 15 år efter det genomhuggningen utförts. Denna kulmination betraktade Näslund (op. c. s. 94), som det fysiologiska utslaget av det under tidigare år uppsamlade humusförrådets snabba realisation. Liknande av andra störningar betingade reaktioner har i Finland för tallens del noterats av bl. a. Lehto (1948) och Nyyssönen (1952); för granens vidkommande har förf. gjort iakttagelser som överenstämmer i stort sett med resultaten från Norrland (Sirén 1952).

Näslunds tankegång kan i annan form överföras på förhållandena vid skogsgränsen. Förf. har i ett tidigare arbete (Sirén, 1955, s. 305) visat hur nedbrytningsintensiteten av humus är temperaturbetingad. Om temperaturen i humuslagret nedgår från t. ex. +16°C till +12°C nedgår t. ex. respirationen — som här kan betraktas som en indikator för nedbrytningsintensiteten — med c. 25 %. En yttermera avkylning till +10°C reducerar av allt att döma nedbrytningen med c. 35 %. Konsekvenserna av denna humusreaktion innebär bl. a. att en stagnation i nedbrytningen med tyåtföljande reducerade näringsutbud kan tänkas inträffa under långa klimatdepressioner. Senare inträffande positiva temperaturfluktuationer förorsakar troligen en kompensation, som mycket väl kan tänkas överbrygga korta

och temporära negativa klimatoscillationer. Härvid är att observera att den humusnedbrytande mikroflorans och -faunans positiva reaktion också vid kontinuerlig klimatförbättring kan försenas något år på grund av populationsdynamisk tröghet. Vid varaktiga klimatförsämringar inträffar återigen förseningar som kan tänkas yttra sig i att det assimilerbara näringsutbudets minskning först om några år kommer till synes i accentuerat nedsatt radialtillväxt. I detta sammanhang kan yttermera nämnas att Hustich funnit att eftersläpningseffekten hos tall förefaller vara markantare än hos gran beroende på att t. ex. reproduktionsförloppet är längre hos tallen (Hustich 1955 b, s. 5). Den »lag-effect» som omnämnes av Hustich — Elfving (1944) kan likaså närmast hänföras till kategorien internt betingade reaktioner. De av Langlet (1929) nämnda tillfälliga extremtemperaturerna är säkerligen även mycket beaktansvärda ekologiska faktorer.

Ovananförda gäller närmast temperaturbetingade störningar. Den växtfysiologiska forskningen torde kunna peka på andra klimatelement av liknande komplicerad betydelse. Emellertid råkar t. ex. sambandet mellan antalet soltimmar och lufttemperaturen under vegetationsperioden korrelera rätt väl, vilket givetvis är ägnat att dölja den egentliga kausaliteten.

Avbrott i skogsgränstallens normala utveckling — som naturligtvis också kan störas av kalamiteter av annat slag — är oftast antingen direkt eller indirekt klimatbetingade. Vinduttorkning under vårvintern är inget okänt fenomen vid trädgränsen. Högsommartorka kan bli ödesdiger på marker med låg vattenkapacitet. Insekt- och svampsjukdomar förekommer och eldens inverkan på radialtillväxten är ofta mycket karakteristisk. T. ex. under förutsättning att inga kambiumskador sker vid en typisk markbrand är konsekvenserna av elden enbart positiva, d. v. s. radialtillväxten är under en följd av år större än vad resultanten av klimat, mark och övriga bonitetskonstituenter normaliter förutsätter. Tiden för denna positiva reaktions varaktighet synes vara beroende av de av elden mobiliserade näringsämnenas riklighet. Eldöverlupna tjocka humuslager kan troligen indirekt påverka näringsutbudet under mer än ett sekel (jmfr. Siréen 1955), men också tunna humuslager torde efter optimal eldinverkan förbättra näringsutbudet temporärt under 10—40 år i de förhållanden, som råder i skogsgränszonen. Mikola (1950, s. 89—91) anför å andra sidan ett utmärkt exempel på eldens negativa effekt.

Trots ovan anförda principiella invändningar och den kritik Fries (1918), Langlet (1929) och Dobbs (1951) anför,föreligger emellertid starka skäl att antaga att årsringsanalyser av trädindivid i skogsgränszonen kan accepteras som de tills dato säkraste indikatorerna för klimatet — enkannerligen temperaturklimatet — i Fennoskandien under tiden före meteorologins definitiva genombrott. De av Erlandsson (1936), Hus-

tich — Elfving (1944) och Hustich (1945) anförda korrelationskoefficienterna mellan olika klimatelement och radialtillväxten är härvidlag orienterande bevis nog. De vanskligheter och inexaktheter en dylik utgångspunkt trots allt medför bör — åtminstone teoretiskt sett — förr eller senare kunna uttryckas i form av signifikanstestade matematiska uttryck.

I avsikt att komplettera tidigare utredningar om klimatfluktuationerna i skogsgränzonen har här föreliggande utredning utsträckts att omfatta tiden c. 1150—1960, d. v. s. från tiden före den sista paleobotaniskt daterade rekurrensytan ända till modern tid. I målsättningen ingår som komponenter kartläggning av

— skogsgränstallens reproduktionstidpunkter under tidigare sekler,
— radialtillväxtens variation och dess förhållande till olika klimatelement,
— den eventuellt förekommande (klimatbetingade) periodiciteten.

Denna utredning har föregåtts av ett tyvärr alltför fragmentariskt litteraturstudium, vars resultat tidigare presenterats i ett kompendium (Sirén 1958). Fördenskull hänvisas i denna utredning till tidigare litteratursammanställningar (Ording 1941, Hustich 1948a och Mikola 1950, 1952, Erkamo 1952, 1956 och Glock 1955). En förteckning över den litteratur som för denna utredning genomgåtts bifogas däremot i något förkortad form.

2. Materialets insamling och bearbetning

21. Bestämning av reproduktionsperioderna

Materialet till denna delutredning har insamlats i den finska Lappmarken i området mellan skyddskogarnas sydgräns och trädgränsen i norr, alltså ungefär mellan 68. och 70. breddgraden nordlig latitud. Arbetet skedde i två etapper; under åren 1957—58 dirigerades kartläggningen av reproduktionsperioderna till de trakter, där de äldsta ograverade bestånden, torrrakarna och kolstubbarna antogs kunna uppbringas, d. v. s. till norra delen av det s. k. Saariselkäområdet, Repokaira ödemark samt Vaskojoki och Lemmenjoki älvdalar. Under åren 1959—60 kombinerades åldersbestämningen med provtagningen av borrspån och stamsektioner, varvid det insamlade materialet kom att representera hela skogsgränsområdet så som av fig. 1 framgår.

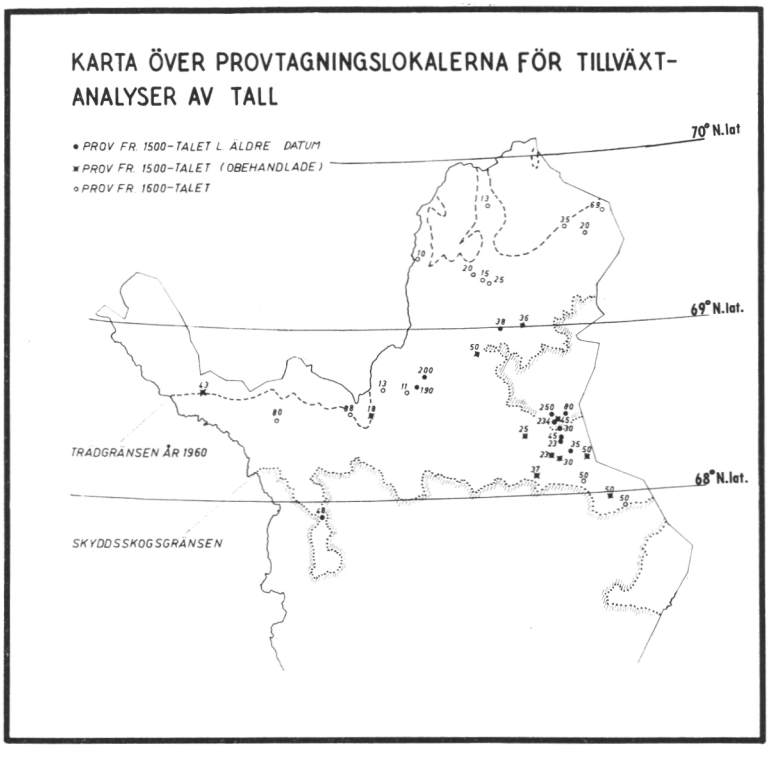


Fig. 1. Karta över provtagningslokalerna; siffrorna anger antalet prov per lokal.

Under åren 1957—58 koncentrerades delutredningen på bestånd yngre än och under åren 1959—60 på trädindivid äldre än 400 år. Med tillhjälp av branddateringar från levande urgamla träd var det även möjligt att datera reproduktionstidpunkten för torrakar och kolstubbar. Nästan samtliga prov har insamlats på ~ likvärdiga ståndorter, företrädesvis torra rislav- och rismoar, vilka av det Cajanderska typschemats förespråkare skulle betecknas med ErCl Γ och EMT.

Bestämningen av reproduktionstidpunkten skedde under de två första materialinsamlingsåren med traditionell provtagningsapparatur och fältmikroskop. Omkring 2 200 träd och c. 200 bestånd åldersbestämdes på detta sätt. I regel togs 2—4 spån från samma träd, varvid det bästa spånet utvaldes. Borrspånsmetodiken visade sig emellertid vara förknippad med avsevärda felmöjligheter varför en kontroll av de erhållna reproduktionstidpunkterna befanns nödvändig. Denna kontroll sammankopplades med insamlingen av prov för radialtillväxtens kartläggning. De nya proven från Saariselkäområdet och Lemmenjokidalen visade emellertid att dateringarna av provträd under 300 år varit relativt tillförlitliga; samtliga äldre reproduktionstidpunkter har däremot kunnat fastslås approximativt först efter upprepade laboratoriemikroskoperingar av för kartläggning av radialtillväxten insamlade stamsektioner. Denna del av materialet omfattar c. 1 000 provträd. Härutöver åldersbestämdes yttermera c. 1 000 provträd på basen av borrspån, som tagits på brösthöjd. Emedan stamsektionerna i regel togos endast från brösthöjd, var det nödvändigt att bestämma den genomsnittliga tiden mellan trädets födelsepunkt och brösthöjden (H 1.3 m.). Detta skedde dels genom att beräkna åldersskillnaden mellan stubbskär och brösthöjd varvid en mindre approximation var nödvändig för tiden mellan födelsepunkten och stubbskäret. En annan möjlighet erbjöd åldersbestämning av c. 1.3 m. höga plantor. I bägge fallen var spridningen stor (gränsvärdena = 19—68 år); medeltalet höll sig emellertid omkring 35 år. Då åldersbestämningen av över 300 år gamla träd endast i ett fåtal undantagsfall kunde anses fylla rimliga krav på absolut exakthet, ansågs det motiverat att avrunda åldern till närmaste 5- eller 10-tals för ifrågavarande gamla provträds vidkommande. Resultatet av denna delutredning om tallen reproduktionstidpunkter presenteras på s. 26—31.

22. Insamlingen av borrspån och stamsektioner

Av det föregående har det redan i viss mån framgått att materialet för kartläggningen av radialtillväxtens fluktuationer insamlades på lokaler spridda över hela skogsgränsområdet så som framgår av vidstående karta (fig. 1). Det ursprungliga materialet omfattade inalles c. 1 000 stamsektioner och c. 1 000 borrspån. De sistnämnda hade tagits företrädesvis från oskadade



Fig. 2. Borrspånets längd mätes före uttagningen.



Fig. 4. Stamsektionerna togs på brösthöjd.

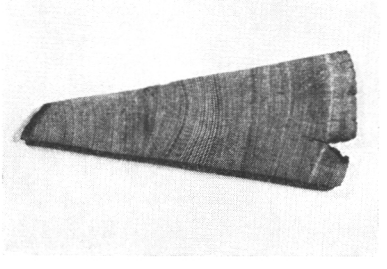


Fig. 3. En årsringsräkning längs provets nedre kant resulterar i 8 år lägre ålder än längs den övre kanten.

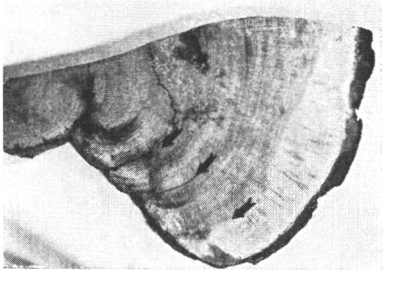


Fig. 5. Stamsektion från en c. 780 år gammal levande tall, som överlevt fyra skogsbränder.

träd av c. 300 års ålder (fig. 2). Borrspånsmetodikens tillämpning på äldre träd måste såsom tidigare antytts överges på grund av okontrollerbara felmöjligheter. Årsringsbildningen på gamla träd uppvisade nämligen ofta en besynnerlig och oftast oförklarlig oregelbundenhet. Spån från samma träd och samma höjd kunde mellan säkra spårårsringar uppvisa differenser upptill 10 år (jmfr. fig. 3). Dessutom förekom fall där uteblivna årsringar kunde lokaliseras till 3—4 olika tidpunkter[1]). Dubbelårsringar uppträdde däremot ytterst sällan. Borrspånsmetoden måste av dessa skäl utdömas som mindre tillförlitlig i denna utredning. Undantag har gjorts endast i de fall då årsringarna varit odisputabelt tydliga. Emedan endast ett fåtal fyllt kraven på entydighet har större delen av spånmaterialet refuserats. Lejonparten av det utnyttjade materialet består fördenskull av friska, eller endast partiellt

[1]) Den av Renvall (1923) nämnda excentriciteten får härigenon en viss förklaring.

röt- eller brandskadade stamsektioner, som uttagits med motorsåg (fig. 4) och senare hyvlats och ytbehandlats. Efter noggranna detaljstudier har den mest representativa och normalvuxna radien valts till mikroskoperingsobjekt. Den äldsta levande tallen hade en ålder över 810 år.

Visavi proven från brandskadade träd bör det framhållas att det ursprungligen var meningen att insamla endast av brand opåverkat material. Denna föresats måste emellertid mycket snart revideras emedan tallbestånd som helt undgått eldens härjningar under mer än 300 års tid nästan kan betraktas som anomalier. Dateringen av bränderna skedde på basen av specialprov (fig. 5).

23. Mätning av radialtillväxten

Mätningen av årsringens tjocklek utfördes med en speciellt för ändamålet konstruerad apparat av svensk tillverkning (se Eklund 1949) och metodiken inklusive provbehandling var den gängse (jmfr. Eklund op. c. s. 10—13). Noggrannheten var 0.01 mm och samtliga data överfördes automatiskt från mikroskopet till räknemaskinen med tillkopplade accessoirer. Från räknemaskinens pappersremsa överfördes samtliga årsringsserier för hand på millimeterpapper för att underlätta den första, okulära kontrollen och jämförelsen med s. k. säkra grundserier från samma insamlingslokal. Förelåg skäl att misstänka uteblivna årsringar kontrollerades ifrågavarande årsringanhopning omedelbart. Av provmaterialet från levande träd har endast c. $^1/_4$ undgått all korrigering. Ungefär hälften av materialet har uppvisat fel på 1—2 år på något ställe mellan garanterat säkra spårårsringar. Den återstående fjärdedelen har varit behäftad med ännu större deficit i antalet årsringar.

Torrakar och kolstubbar har däremot krävt korrigering endast i undantagsfall, vilket givetvis berott på att avgångsåldern med undantag för en specialgrupp i regel varit låg (200—300 år).

Efter mikroskoperingsskedet grupperades materialet efter ålder inom samma insamlingslokal. Eventuellt spårade skogsbränder daterades för att yttermera säkra konnektionen av kolstubbar och torrakar. I detta skede refuserades de yngsta grupperna så att praktiskt taget hela det tills dato bearbetade materialet härrör från tiden före 1700-talet. Endast några speciellt utvalda kontrollgrupper av yngre datum har sparats för jämförelse med tidigare presenterade årsringsserier (Hustich, Mikola, m. fl.). I detta nu omfattar det mikroskoperade och kontrollmätta materialet inalles 831 årsringsserier fördelade på 22 lokaler och 46 åldersgrupper (jmfr. tabell 1). Den äldsta gruppen nådde ned till år 1181 (reproduktionstidpunkt c. 1140—1150).

Tabell 1. Förteckning över insamlingslokalerna och materialet

Insamlingslokal	Grupp	Antal prov	Bearbetning manuell	IBM	Antal årsringar	Födelseår[1])
1 Koihkalanvaara	1	43	10		390	1570
»	2		11		310	1650
2 Sissanki	1	80	13		350	1610
»	2		21		310	1650
3 Ruskisrova	1		—	11	430	1530
»	2	48	11		390	1570
»	3		10		330	1630
4 Kalmakaltio	1	88	20		300	1660
5 Repokaira	1	42	obehandlad			
6 Lemmenjoki	1		11		460	1500
»	2		12		430	1530
»	3		20		400	1560
»	4	210	30		380	1580
»	5		obehandlad			
»	6		obehandlad			
»	7		obehandlad			
7 Morgammarasto	1		—	12	210	1331
»	2	190	—	13	230	1311
»	3	—	12		230	1400
8 Jurmurova	1	50	14		400	1560
9 Pielpajärvi	1	38		25	440	1540
10 Kiellajoki	1	30	obehandlad			
11 Utsjoki	1	13	obehandlad			
12 Viimassaari	1	36	obehandlad			
13 Opukasjärvi	1	35	11		270	1690
14 Sevettijärvi	1	20	15		320	1640
15 Jääjärvi	1	69	obehandlad			
16 Luolavaara	1		—	10	470	1490
»	2		—	20	430	1530
»	3		30		400	1560
»	4	208	26		360	1600
»	5		8		440	1360
»	6		—	9	530	1430
»	7		—	11	420	1180
17 Metsälappalainen	1		—	11	470	1490
»	2		—	12	440	1520
»	3	234	60		400	1560
»	4		24		360	1600
»	5		12		200	1675
18 Riukuselkä	1	80	—	25	460	1500
»	2		30		400	1560
19 Suomu	1		10		440	1520
»	2	30	9		400	1560
»	3		12		380	1580
»	4	28	obehandlad			
20 Kaarnepää	1	23	—	11	400	1560
21 Sudenpesä	1	45	—	16	460	1500
22 Muorravaarakka	1	35	—	28	360	1600
23 Anteri	1		11		400	1560
»	2	50	11		360	1600
«	3		10		310	1650
24 Lupukkapää	1	23	20		360	1600
25 Luirojärvi	1	30	11		380	1580
26 Rumakuru	1	25	11	obeh.	300	1660
27 Immonkammi	1	37	9		300	1660
28 Jauri-Siulaoja	1	50	12		260	1700
»	2		11		290	1670
29 Venehaaroiva	1	50	10	obeh.	270	1690
30 Suopattivaara	1	50	10		270	1690

[1]) Till de angivna årtalen bör i medeltal 35 år adderas.

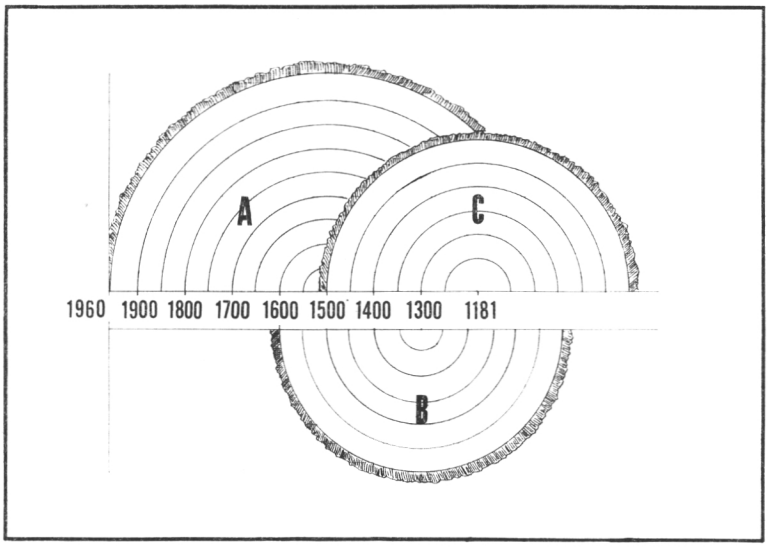


Fig. 6. Konnekteringsförfarandet; *A* = levande träd, *B* = torrake, *C* = kolstubbe.

På grund av otillräckliga anslag kunde ej det bearbetade materialet i sin helhet läggas till grund för den statistiska behandlingen. De äldsta grupperna omfattande inalles c. 100 provträd voro givetvis självklara konstituenter, men av det rätt rika materialet från 1500- och 1600-talet kunde endast 8 grupper omfattande c. 150 träd intryckas i denna fas av utredningen. Av ekonomiska skäl och på grund av programmets svårighetsgrad var det emellertid nödvändigt att yttermera reducera materialet för datamaskinbehandlingen till endast 214 provträd inalles. Det slutgiltiga materialets omfång är m. a. o. icke imponerande, men å andra sidan kan det påvisas att dess representativitet är tillfredsställande. Enligt O r d i n g (1941) är t. o. m. sex prov per grupp tillfyllest för att erhålla tillförlitliga medeltal. Konnekteringen av grupperna framgår i princip av fig. 6.

Så snart de ekonomiska resursserna medger kommer även den övriga delen av materialet att datamaskinbehandlas varvid en utomordentlig möjlighet till objektiv kontroll erhålles.

3. Materialets statistiska bearbetning

31. Årsringsseriernas standardisering och konnektering

De erhållna primära årsringsserierna kunde givetvis icke i sitt ursprungliga skick läggas till grund för medeltalsberäkningar i avsikt att belysa de genomsnittliga variationerna i radialtillväxten. Den av trädens fysiska ålder betingade tillväxttrenden måste först elimineras för att årsringsbredden skall kunna återspegla klimatfluktuationerna i renodlad form. Härvid har olika tillvägagångssätt kommit till användning (jmfr. Ording 1941, Eklund 1944, Hustich 1945, Mikola 1950, m. fl.). Den vanligaste funktionen för eliminering av åldersavtagandet har varit av hyperbelkaraktär, varvid en icke ringa del av de innersta årsringarna måste refuseras som störande element. Den stympade årsringsserien har standardiserats genom att för vart kalenderår införa årsringsindex som en relation mellan den observerade och utjämnade årsringsbredden.

I här föreliggande fall ansågs emellertid uttryckligen den innersta delen av stamsektionen vara av alldeles speciell betydelse. Dels representerade de innersta årsringarna den äldsta delen av trädet, vilken ur konnektionsynpunkt (jmfr. s. 18) var speciellt viktig, och dels uppvisade de grafiskt återgivna tillväxtkurvorna så varierande mönster att en gemensam hyperbelfunktion hade medfört större våld än vad strävan till exakthet i detaljerna kunde tillåta. I akt och mening att utnyttja de äldsta (= de innersta) delarna av borrspån och stamsektioner baserades standardiseringen på en funktion av typen

$$y = a \cdot t^b \cdot e^{-ct}, \tag{1}$$

där y = årsringsbredden,

t = åldern (t_1 = 35 år emedan provtagningshöjden = 1.3 m),

a, b, c } parametrar med positiva förtecken.

Materialet förutsätter en kurva med två inflexionspunkter och ett mellanliggande maximum; detta krav bestämmer parametrarnas tecken. Kurvans form betingas närmast av värdena på a och b samt kvoten $b : c$, som anger maximets läge. Parametern a bestämmer tillsammans med b och c maximipunktens höjd medan inflexionspunkternas läge fixeras av uttrycket

$$t = \frac{b \pm \sqrt{b}}{c}.$$

De för varje enskild årsringsserie varierande värdena för parametrarna a, b och c möjliggjorde en anpassning till empiriska kurvor av mycket varierande karaktär. Efter det parametrarna bestämts kunde kurvan standardiseras genom att den observerade årsringsbredden uttrycktes i procent av det utjämnade värdet. De på detta sätt normerade årsringsserierna sammanfördes härefter lokal- och åldersgruppvis för medeltalsberäkning. Som minsta antal primärserier per grupp accepterades 10 serier (jmr. O r d i n g 1941, s. 152). Förutom de årsvisa medeltalen beräknades även dispersionen och medeltalens medelfel. Dessa räkneoperationer utfördes med en datamaskin av typ IBM 1620.

Efter det de lokal- och gruppvisa medeltalsserierna beräknats konnekterades årsringsindexserierna till en enda g r u n d s e r i e (fig. 7) omfattande tiden från 1181 till 1960.

Detta material finns uppbevarat på Skogsforskningsanstalten i Helsingfors och står till förfogande för intresserade dendrokronologer.

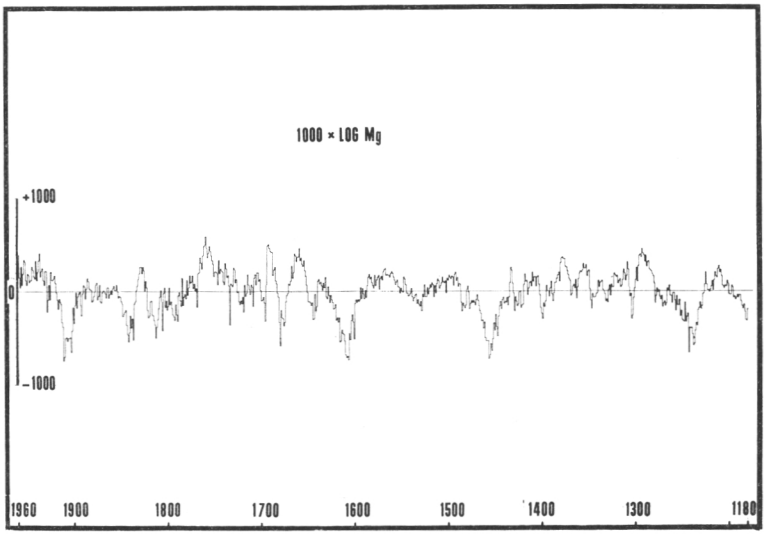


Fig 7. Grundserien erhölls genom att beräkna medeltalet för respektive års indexvärde uttryckt i formen log M_g.

32. Serialanalysens teori

Vid en granskning av den ovan beräknade grundseriens allmänna karaktär är det lätt konstaterat att serien oscillerar stationärt kring en medeltalslinje, samtidigt som en antydan till regelbundenhet i stora drag kan skönjas. För att avgöra vilket eller vilka slag av oscillation det är fråga om, kan seriens karaktär analyseras genom att undersöka dess serialakorrelation. Denna definieras (jmfr. Kendall 1955, s. 402) genom formeln

$$r_k = \frac{\operatorname{cov}(u_j, u_{j+k})}{\sqrt{\operatorname{var}(u_j)\operatorname{var}(u_{j+k})}} \quad (k = 1, 2, \cdots) \tag{2}$$

och utgör sålunda korrelationen mellan två godtyckliga termer på tidsavståndet k från varandra. Då tidsserien är stationär, är de seriala korrelationerna oberoende av den absoluta tidpunkten, alltså av indexet j i formeln (2). — Det bör påpekas att r_k i princip hänför sig till den tänkta oändliga population av tidsserier ur vilka den föreliggande är att betrakta som ett sampel. I praktiken beräknas (eller riktigare, estimeras) r_k såsom empirisk korrelationskoefficient för serierna

$$u_1, \cdots\cdots, u_{n-k}; \; u_{k+1}, \cdots\cdots, u_n,$$

där n är antalet observationer i grundserien.

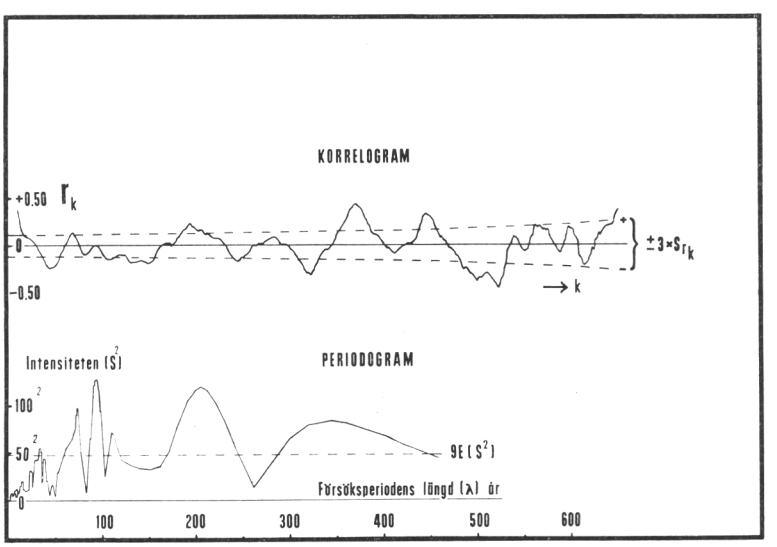


Fig. 8 a. Korrelogrammet jämte signifikansgränserna $\pm 3\, s_{r_k}$.
Fig. 8 b. Periodogrammet jämte konfidensnivån $9\, E(S^2)$.

De erhållna värdena för r_k återges i fig. 8a, där k är argument och r_k funktion. Korrelationskoefficienten r_k:s standardavvikelse är approximativt

$$s_{r_k} = \frac{1}{\sqrt{n-k}}. \tag{3}$$

Med tillhjälp av denna formel kan de erhållna korrelationskoefficienternas signifikans testas. Av fig. 8a framgår även signifikansgränserna, som satts relativt högt, nämligen till $\pm 3\, s_{r_k}$. Trots denna höga konfidensnivå visar fig. 8a att ett stort antal koefficienter ligger klart utanför signifikansgränserna. Detsamma var fallet med de korrelogram, som i kontrollsyfte beräknades på basen av tidsperioder av 5, 10 och 15 års längd i stället för ovan använda 1 år.

Enligt K e n d a l l (op. c. s. 404—408) kan man på basen av korrelogrammets struktur särskilja mellan följande slag av oscillatoriska serier:

a) serier bestående av glidande medeltal av slumpmässiga element; korrelogrammet kännetecknas i detta fall av en avtagande oscillation, som upphör helt efter ett visst värde på k,
b) serier bestående av harmoniska termer med eller utan en slumpmässig residualoscillation; korrelogrammet oscillerar utan att undulationen dämpas eller upphör vid växande värden för k,
c) serier av autoregressiv karaktär, varvid korrelogrammet oscillerar och dämpas vid växande k utan att helt upphöra.

De anförda kategorierna är att betrakta som renodlade typfall; även blandningar av dem kan förekomma.

Det i fig. 8a föreliggande korrelogrammet förefaller att passa in på fall b, men inte på något av de andra alternativen. Härmed är dock icke definitivt uteslutet att grundserien eventuellt kunde vara partiellt autoregressiv till sin karaktär. Denna möjlighet måste m.a.o. allt fortfarande beaktas (jmfr. K e n d a l l op.c. s. 408, p. 30.21—30.24).

I det följande antages att grundserien åtminstone delvis består av harmoniska element enligt ovananförda fall b.

Förefintligheten av harmoniska element i en tidsserie innebär i praktiken periodicitet. Perioderna behöver likväl icke nödvändigtvis utgöra multipler av en fundamental basperiod. Grundseriens cykliska del kan uttryckas i formeln

$$f(t) = A_1 \cos\left(\frac{2\pi t}{\lambda_1} + \alpha_1\right) + A_2 \cos\left(\frac{2\pi t}{\lambda_2} + \alpha_2\right) + \cdots + A_n \cos\left(\frac{2\pi t}{\lambda_n} + \alpha_n\right), \tag{4}$$

där t = tiden uttryckt i år
A = vågrörelsens amplitud för vederbörande komponent
λ = våglängden (= periodens längd) » »
α = fasvinkeln för cosinuskurvan » »

Enligt ett förfarande, som K e n d a l l beskrivit närmare (op. c. s. 424—425), gäller det i första hand att finna de värden på λ, som bäst harmonierar med den observerade serien, och därefter bestämma A och α. Detta sker på empirisk väg genom att metodiskt pröva hypotetiska perioder av växande längd. Då den s. k. intensiteten S^2, vilken beräknas enligt formlerna (K e n d a l l op. c. s. 424)

$$S^2 = B^2 + C^2; \tag{5}$$

$$B = \frac{2}{n} \sum_{j=1}^{n} u_j \cos \frac{2\pi j}{\mu};$$

$$C = \frac{2}{n} \sum_{j=1}^{n} u_j \sin \frac{2\pi j}{\mu},$$

plötsligt visar kraftigare utslag än för omgivande λ-värden kan detta anses indicera en sannolik periodicitet. Genom att införa de erhållna intensitetsvärdena som ordinator och motsvarande perioder som abskissor erhålles ett s. k. periodogram (jmfr. fig. 8b). Både korrelogram och periodogram har beräknats på basen av tidsenheterna 1, 5, 10 och 15 år; i de tre sistnämnda fallen var det sålunda den sammanlagda tillväxten under respektive 5, 10 och 15 års perioder som utgjorde analysens underlag.

Av olika orsaker kan icke alla i periodogrammet förekommande toppar utnyttjas. För att utreda vilka λ-värden som är värda att beaktas vid uppställandet av den harmoniska approximationen för tidsserien måste periodogrammet testas. Härvid jämföres intensiteten S^2 med sitt väntevärde (se nedan) och avvikelsens signifikans bedömes med stöd av formeln

$$P\,[S^2 > k \cdot E\,(S^2)] = e^{-k}. \tag{6}$$

Denna formel (S c h u s t e r 1898) anger sannolikheten för att intensiteten S^2 skall överskrida sitt k-faldiga väntevärde om en slumptalsserie — alltså ingen verklig periodicitet — föreligger. Då $k = 9$, är ovan anförda sannolikhet lika med $1.23 \cdot 10^{-4}$. Den kritik Å n g s t r ö m (1941) framfört gentemot detta testförfarande synes E r i k s s o n (1942) ej ha kunnat omfatta.

För beräkning av intensitetens väntevärde anför K e n d a l l (op. c. s. 434) formeln

$$E\,(S^2) = \frac{4\sigma^2}{n}, \tag{7}$$

där σ = originalseriens spridning,
n = antalet observationer.

Originalseriens dispersion kan estimeras medelst den vanliga dispersionformeln, varvid erhålles $\sigma = 222.1$. Signifikansnivån 9 $E(S^2)$ kan i detta fall

Tabell 2. De mot periodogrammets högsta toppar svarande periodlängderna (λ), amplituderna (S) och fasvinklarna (α).

Topparna	λ, år	S	α
I P	33	53.8	— 42°41′
II P	73	97.6	+263°45′
III P	93	128.5	— 52° 4′
IV P	111	72.7	+ 29°26′
V P	204	119.1	— 22°32′
VI P	342	83.0	+ 78°30′

enligt (7) beräknas till $(47.7)^2$ (jmfr. fig. 8b). Periodogrammet visar att inalles sex toppar överstiger signifikansgränsen. Man kan alltså med viss säkerhet antaga att intensiteterna ifråga indicerar e x o g e n a periodiciteter (jmfr. även E r i k s s o n 1942, s. 2—3).

Sedan de relevanta λ- och S-värdena ($\lambda_{\mathrm{I}} \cdots \lambda_{\mathrm{VI}}$) och ($S_{\mathrm{I}} \cdots S_{\mathrm{VI}}$) bestämts (jmfr. tabell 2, se ovan) beräknas originalseriens medelamplitud enligt formeln

$$a_m = \frac{\sum_{i=1}^{n} |y_i|}{n}. \tag{8}$$

Denna amplitud är enligt det antagande som tidigare gjorts uppbyggd av tvenne komponenter; den ovan undersökta emanerar från en cyklisk oscillation och resten är av operiodiskt ursprung. Efter det både a_m^2 och summan a_p^2 av samtliga S_j^2 bestämts, subtraheras den senare från a_m^2, varvid residualen erhålles enligt formeln:

$$a_r^2 = a_m^2 - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{n} S_j^2 \tag{9}$$

$$= a_m^2 \left(1 - \frac{\frac{1}{2}\Sigma S_j^2}{a_m^2}\right).$$

Här utgör a_r medelamplituden för det operiodiska inslaget i grundserien. Om vi betecknar

$$\frac{\frac{1}{2}\Sigma S_j^2}{a_m^2} = D^2, \tag{10}$$

anger D de periodiska komponenternas relativa andel i totalvariationen. För den händelse att man önskar uttrycka förhållandet mellan de periodiska och icke-periodiska komponenterna kan detta ske medelst formeln

$$\frac{a_p}{a_r} = \sqrt{\frac{D^2}{1-D^2}}. \tag{11}$$

Enligt (8) erhölls för a_m värdet 170.3. Förhållandet mellan de periodiska och operiodiska komponenterna i grundserien, beräknade enligt (10) och (11),

Tabell 3. Alternativa kombinationer av olika serier jämte resp. periodiska komponenters relativa andel och förhållandet $a_p:a_r$.

Alternativ nr	S_j — kombinationer	D^2	$\frac{a_p}{a_r}$
1	S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6	0.949	4.33
2	S_2, S_3, S_4, S_5, S_6	0.900	2.99
3	S_2, S_3, S_5, S_6	0.811	2.07
4	S_2, S_3, S_5	0.693	1.50
5	S_3, S_5	0.529	1.06
6	S_3	0.284	0.63

framgår av tabell 3, se ovan, där olika alternativ prövas sålunda att från den totala periodiska variationen i tur och ordning subtraheras variationen för den period som har den lägsta intensiteten S^2.

Av de olika kombinationerna har för uppställandet av den teoretiska indexserien utvalts alternativen 1 och 4, d. v. s., den serie som omfattar samtliga signifikanta perioder samt en serie bestående av de tre markantaste perioderna. Beräkningen av de för den grafiska framställningen nödvändiga storheterna har skett enligt K e n d a l l.

Emedan starka skäl förelåg att antaga att radialtillväxtens oscillation delvis är av autoregressiv art, utfördes även några analyser för att utreda den eventuella förekomsten av endogen regelbundenhet. Det förtjänar i detta sammanhang nämnas att t. ex. H e s s e l m a n (1904), L a i t a k a r i (1920), H u s t i c h—E l f v i n g (1944), m. fl. har funnit att ett visst års tillväxt och tillväxtbetingelser delvis bestämmer följande års tillväxtmönster. Denna företeelse är typiskt autoregressiv. Emedan tallens barrskrud helt förnyas inom 3—11 år är det teoretiskt tänkbart att även denna omständighet medför autoregressiva konsekvenser. Uttryckt i populära termer innebär autoregressionen att varje observation kan uttryckas som en lineär funktion av de närmast föregående observationerna plus en tillkommande exogen term.

I här föreliggande fall utfördes analysen dels enligt K e n d a l l s metodik (op. c. s. 420—423) och dels enligt en formel, som prof. G. E l f v i n g utarbetat.

En viss autoregression på kort sikt kunde utan tvekan konstateras; det rörde sig här tydligen om en biologiskt betingad efterverkan omspännande några få år. Det torde härvidlag vara fråga om den effekt H u s t i c h—E l f v i n g kallar »Nachwirkung» eller »lag-effect», eftersläpning. Försöken att förklara långtidsrytmiken på basen av ett autoregressionsschema har t. v. icke lett till resultat; det är dock förf:s avsikt att fortsätta undersökningen även på denna linje, och bl. a. pröva den av G r e n a n d e r & R o s e n b l a t t (1957) utvecklade metodiken.

4. Undersökningens huvudresultat

I inledningen till denna utredning preciserades målsättningen i tre punkter. Av dessa kan måhända den först nämnda, d. v. s. kartläggningen av skogsgränstallens reproduktionstidpunkter under tidigare sekler, förefalla vara av perifer natur i detta sammanhang. Så är emellertid icke fallet, ty beröringspunkterna med utredningens huvudtema är både många och betydelsefulla. Tallens reproduktion i skogsgränsområdet är nämligen en i mycket hög grad klimat- och enkannerligen temperaturbetingad livsyttring.

41. Reproduktionsperioderna under tiden 1150—1960

Då frågan om skogsträdens naturliga förnyelse ventileras är det skäl att göra en klar distinktion mellan reproduktionsbetingelser och faktisk reproduktion. De förra, d. v. s. reproduktionsvillkoren, reglerar det senare händelseförloppet både vad tidpunkt, kvalitet och kvantitet beträffar. Utebliven eller på ett eller annat sätt eliminerad reproduktion behöver emellertid icke alltid utgöra ett indicium på ogynnsamma yttre premisser; plantuppslag som uppkommit under goda klimatiska betingelser kan t. ex. utraderas av en häftig markbrand.

För att i någon mån avskärma de mindre väsentliga kausalsambanden skall de i och för sig viktiga biologiska villkoren lämnas utanför diskussionen trots att många av dem onekligen är förbundna med klimatet på ett eller annat sätt. Huvuduppmärksamheten skall m. a. o. koncentreras på de abiotiska villkor, som uppe i skogsgränszonen i högre grad än annorstädes inverkar som reproduktionsregulatorer. Härvidlag kan i första hand de klimatiska och edafiska betingelserna vara värda ett närmare studium.

Det är känt att blomning, pollination, fröbildning och frömognad kräver ett visst optimalt klimat för att respektive reproduktionsfaser skall nå fullgången utveckling. Av de ifrågakommande lokala klimatelementen utgör temperaturen under sommarmånaderna den faktor som oftast begränsar reproduktionen i alla dess stadier allt från bildandet av blomknoppar ända fram till frömognaden. I detta nu torde det vara definitivt klarlagt att en medeltemperatur över +11.5°C under sommarmånaderna i förening med en

god näringsbilans är nödvändig för att fullständig frömognad överhuvudtaget skall vara möjlig; partiell frömognad inträffar däremot redan vid en medeltemperatur av omkring +10.5°C eller vid en växtenhetssumma omkring 310 (Mork 1957). På denna punkt har visserligen under de senaste åren många värdefulla distinktioner tillkommit (jmfr. t. ex. Hustich 1948, Sarvas 1950, Nordström 1953, Mork 1957), men i stort sett kan den gamla redan av Hagem (1917), Heikinheimo (1921), Kujala (1927) och Eide (1932) uppställda grundregeln anses vara riktig. Alltnog kan man på hållbara grunder utgå från att ett s. k. partiellt fröår bör föregås av minst tre temperaturmässigt gynnsamma vegetationsperioder ($T_m > +10.5°C$) av vilka den andra i ordningen yttermera bör karakteriseras av soligt väder och fördelaktiga vindförhållanden under pollinationstiden.

Med utgångspunkt från dessa allmängiltiga förutsättningar kan frånvaron av en viss eller vissa åldersklasser på ett mycket stort skogsområde (t. ex. 1 000 km²) tolkas alternativt på följande sätt:

1. klimatiska reproduktionsbetingelser har realiter icke förelegat vid de ifrågavarande tidpunkterna,
2. en reell och effektiv frösättning har ej resulterat i plantuppslag på grund av t. ex. beståndshistoriskt och/eller vegetationsdynamiskt betingade förnyelsehinder,
3. en i plantuppslag resulterad reproduktion har utraderats av kalamiteter; av de alternativ, som i praktiken härvidlag kommer i fråga kan — förutom ytterst extrema klimatdepressioner — endast elden anses som tillräckligt effektiv som totalförhärjande medium.

Frånvaron av en åldersklass behöver alltså icke definitivt betyda att klimatet varit otjänligt för frösättning och frömognad. Förekomsten av många tätt på varandra följande åldersklasser indicerar däremot ovedersägligen gynnsamt sommarklimat med ofta förekommande medeltemperaturer över minst +10.5°C, ev. över +11.5°C.

Den andra gruppen betydelsefulla reproduktionsvillkor omfattar förnyelsebetingelserna på och i marken. I detta avseende är förutsättningarna för kartläggning i efterhand begränsade. Utgående ifrån att tallens skogssamhällen under de ifrågakommande seklerna uppvisat samma utvecklingsmönster som motsvarande samhällen av i dag kan emellertid huvuddragen av de skogsdynamiska händelseförloppen uppskisseras. I så fall kan det konstateras att markens tillstånd i likhet med den aktuella situationen i många fall i dagens situation utgjort det utslagsgivande förnyelsehindret i de skogsgränssamhällen, där tallen är dominant. Vegetationens fält- och bottenskikt är med undantag för de svagaste boniteterna av sådan kompakt-

hetsgrad att dessas förnyelsehindrande verkan blir aktuell så snart trädbeståndet når full slutenhet (jmfr. Sirén 1958). Dylika mossrika bestånd hör ej heller till sällsyntheterna i skogsgränszonen. Betydelsen av det förnyelsehinder mosstäcket utgör är emellertid lokalt och torde i större sammanhang kunna ifrågasättas. Skogsgränsområdet uppvisar nämligen en mycket mosaikartad bestånds- och åldersstruktur, varav följer att tillfälle till plantsättning med stor sannolikhet torde alltid ha förelegat på någon lokal inom de vidsträckta områden här avses.

Situationen är något annorlunda i de delar av skogsgränsområdet som domineras av skogsbrandbetingade björkskogar. Här kan t. ex. avståndet mellan enstaka tallar vara så stort, att endast befruktning med pollen från samma träd är möjlig med tyåtföljande undermålig frösättning. Då groning och stabilisering i björkbeståndens ofta mossdominerade grundsamhällen är betydligt vanskligare än i de regel lavdominerade tallskogarna, medför ovannämnda omständigheter ytterligare komplikationer.

En alldeles speciell roll i skogsgränsskogarnas dynamik har elden spelat. Dess förnyelsebefrämjande effekt är känd sedan gammalt, men ingenstädes torde dess motsatsfulla verkan komma så tydligt i dagen som just i skogsgränstrakterna (jmfr. Renvall 1913, s. 137—148). Det finns talrika exempel på vida sandmoar, som förlorat sitt plantbestånd — i enstaka fall t. o. m. hela det organiska marktäcket — till följd av alltför våldsam eldverkan på vegetation och humusskikt. Elden förbättrar dock i regel t. ex. förnyelsebetingelserna under gamla tallbestånd. Vid tallens yttersta trädgräns representeras emellertid det ojämförligt vanligaste fallet av vidsträckta björkskogar på brännorna; där har elden ingripit i trädslagsdynamiken i en för tallen temporärt ogynnsam riktning. Hur ofta uppväxande plantskogar förstörts kan svårligen utredas i efterhand, men det torde i varje fall stå över allt tvivel att vid en kartläggning av reproduktionstidpunkterna över ett större område kan skogseldar ha utplånat varje spår av ett eller flera fröår som inträffat före, efter eller t. o. m. mellan de kvarstående beståndsskiktens födelseår.

Förutom de vanskligheter som alltid vidlåder åldersbestämningar av skogsträd och kartläggning av reproduktionstidpunkter (se t. ex. Lakari 1915, Renvall 1923 och Hustich 1948a) bör alltså även ovananförda synpunkter beaktas vid bedömningen av dateringsresultaten.

I denna utredning kartlades reproduktionstidpunkterna såsom tidigare redan framhållits dels genom specialstudier ute i terrängen och dels genom åldersbestämningar av hemförda prov. Vardera metoden har sina svagheter (jfr. Renvall 1912, ss. 137—141), varför noggrannheten för träd äldre än 300 år är av storleksordningen 5—10 år. Av de c. 1 000 stamsektioner och c. 1 000 borrspån som hemfördes för mikroskopering har 831 trädindivid av över 300 års ålder kunnat dateras; de övriga har refuserats eller tillsvidare

lagts i reserv. Emedan materialet insamlats vid olika tidpunkter och på olika sätt kan det vara av intresse att jämföra de erhållna — till år 1960 transponerade — resultaten sinsemellan och med tidigare rön.

Av tabell 4 (s. 30) framgår att överensstämmelsen i konnektionszonen (år 1580—1660) mellan de bägge materialen (från år 1957—58 och 1959—60) är relativt god. För att få en klarare överblick av den faktiska förnyelsen under de olika seklerna har längden av reproduktionsperioderna sammanräknats sekelvis. Resultatet är följande:

1200-	1300-	1400-	1500-	1600-	1700-	1800-	1900-talet
Sammanlagd reproduktionstid, år							
30	40	25	35	25	35	20	(~30)

Av ovanstående data framgår något överraskande att de jämna seklen uppvisar i genomsnitt sämre reproduktion än de udda. En detaljgranskning av primärmaterialet visar yttermera, att längre intervall mellan förnyelseåren förekommit främst under 1200-, 1400- och 1600-talen. Ställes ovan anförda siffror i relation till minimitemperaturen för fullständig frömognad (+11.5°C) föreligger skäl att antaga att t. ex. 1300- och 1500-talet karakteriserats av hög sommartemperatur uppe i skogsgränsregionen. Denna iakttagelse korresponderar för övrigt väl med förekomsten av daterade skogsbränder.

Under tiden 1140—1960, alltså c. 820 år, har inalles cirka 30 minst nöjaktiga fröår förekommit, d. v. s. i genomsnitt ungefär 3—4 gånger per sekel. Resultatet avviker i någon mån från den uppfattning man hittills haft om reproduktionsintensiteten i skogsgränsområdet. Å andra sidan bör det poängteras, att Renvall redan 1912 fann fröårsintervallerna i området

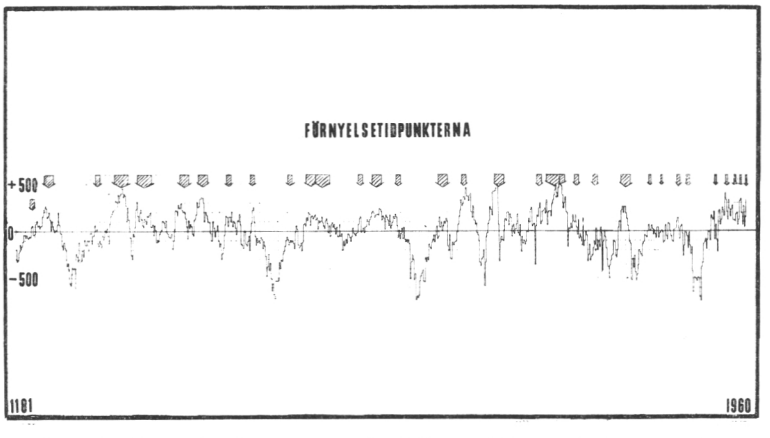


Fig. 9. Förnyelsetidpunkternas förhållande till grundseriens maxima.

strax under själva skogsgränsen vara av samma längd som i det övriga Lappland.

Då de erhållna reproduktionstidpunkterna ställs i relation till årsringsindexserierna såsom t. ex. Hustich (1948), Mikola (1952) och förf. (1958, 1960) tidigare gjort framgår ett intressant samband (fig. 9, s. 29). Varje effektiv förnyelseperiod visar sig ha inträffat vid eller efter maximum av tidsavsnitt då radialtillväxten överskridit sitt medelvärde. Omvänt innebär detta att radialtillväxten varit bättre än normalt då luftens medeltemperatur överskridit +11.5°C.

Tabell 4. Förteckning över reproduktionstidpunkter bestämda på basen av A. åldersbestämningar ute i terrängen och B. mikroskoperade prov

A		B	
Beståndets ålder (år 1960)	Reproduktionstidpunkt	Reproduktionstidpunkt	Trädens ålder (år 1960)
0—1	1959—60 ***		
6—9	1951—54 *		
13—14	1946—47 ***		
21—23	1937—39 ***		
33—34	1926—27 ***		
39—40	1920—21 **		
(62—66)	(1894—98) [1]		
72—76	1884—88 **		
82—83	1877—78 **		
103—105	1855—57 ***		
130—135	1825—35 ***		
(160—165)	(1795—1800) [1]		
180—185	1775—80 ***		
195—215	1745—65 ***		
220—225	1735—40 **		
260—270	1690—1700 ***		
300	1660 ***	1655—60 ***	300—305
330	1630 ***	1630—40 ***	320—330
360	1590	1585—90 ***	370—375
		1560—70 ***	390—400
		1545—50 **	410—415
		1500—15 ***	445—460
		1490—1500 ***	460—470
*** = rikligt representerad		1475—80 *	480—485
** = nöjaktigt representerad		1430—35 ***	525—530
* = svagt representerad		1405—10 **	550—555
		1375—85 **	575—585
		1355—65 ***	595—605
		1320—25 *	635—640
		1310—25 ***	635—650
		1285—1300 ***	660—675
		1265—70 *	690—695
		1200—10 ***	750—760
		1190—1200 *	760—780
		1140—50 **	810—820

( ) [1]) förekommer endast sporadiskt i älvdalarna kring Suomujoki, Lemmenjoki och Vaskojoki samt i Repokaira ödemark och i närheten av Vuotso.

Denna grundregel för skogsgränstallens reproduktionsvillkor har Hustich tidigare illustrerat på ett utomordentligt sätt (Hustich 1956a, s. 12, fig. 3).

Det faktum att fröproduktionen inverkar decimerande på tillväxten (jmfr. Hustich 1948, s. 64—71 och Mork 1957, s. 369) ökar yttermera indicierna för att ett gynnsamt temperaturklimat rått under de resultatrikaste förnyelseperioderna.

Inventeringen av reproduktionstidpunkterna synes ha lett till resultat, vilka kan anses tyda på följande för skogsgränstallen betydelsefulla omständigheter:

1. de klimatiska betingelserna har möjliggjort reproduktion i genomsnitt åtminstone 3—4 gånger per århundrade,
2. de reproduktionsstörande eller utraderande kalamiteterna har av allt att döma haft endast lokal karaktär — med undantag för den yttersta skogsgränsen där isynnerhet eldens inverkan varit katastrofal,
3. klimatet har av reproduktionsperiodernas frekvens att döma varit gynnsammast under de udda århundradena. Detta faktum skulle m. a. o. kunna tyda på förefintligheten av en c. 200-årig klimatcykel.

42. Sambandet mellan klimat och tillväxt

I inledningen till denna utredning anfördes ett antal faktorer, som kunde tänkas försvåra beräkningen av den matematiskt uttryckbara korrelationen mellan klimatfaktorerna och trädens radialtillväxt. Den utförda inventeringen av dessa faktorer utgör å andra sidan en betydlig tillgång; i och med att en svårighet är lokaliserad föreligger även möjligheter att eliminera densamma. För att icke onödigtvis upprepa biologiska kardinalfakta kan skogsgränsträdens tillväxt anses utgöra resultanten av samtliga ståndortsfaktorer, av vilka de klimatiska, enkannerligen temperaturklimatiska, är av speciell betydelse vid de icke edafiskt betingade skogsgränserna i norra Fennoskandien. Hustich har som tidigare nämnts dissekerat en del av dessa kvalitativt kända men kvantitativt tämligen konturlösa termer.

På grunder som också tidigare antytts kan yttermera en s. k. eftersläpningseffekt särskiljas. Dess ursprung kan härledas ur:

a) trädens allmänna kondition och hälsotillstånd,
b) blomningens och/eller frösättningens tillväxtnedsättande effekt på lång sikt,
c) klimatfluktuationerna inverkan på det fysiologiska samspelet mellan näringsupptagningsorganen och det edafiska underlaget.

Till sin karaktär är resultanten av dessa faktorer typiskt autoregressiv.

Ovannämnda fenomen är emellertid samtliga av sekundär betydelse. På basen av ett stort antal utredningar (jmfr. Hustich 1941, 1945 och Mikola 1950, s. 66—71) kan man nämligen antaga att ståndortens temperatur utgör den primära faktorn i den subarktiska skogsgränszonen. Temperaturens ekologiska effekt förtjänar m. a. o. ett närmare studium.

Den moderna växtfysiologin och ekologin har presenterat ett stort antal studier över temperaturen som tillväxtfaktor, (jmfr. t. ex. Lundegårdh 1950, Polster 1950, Stålfelt 1960 och Fritts 1961). Det gemensamma för de uppnådda undersökningsresultaten kan sammanfattas i följande:

Såvitt temperaturfaktorns fysiologiska effekt kunnat renodlas har det framgått att tillväxten begynner vid en för olika växter varierande minimumtemperatur; efter kontinuerlig ökning nås vid en viss temperatur ett tillväxtmaximum, varefter tillväxten för de flesta högre växters vidkommande nedgår relativt snabbt vid kontinuerligt ökande temperatur för att vid ett visst temperaturmaximum helt upphöra.

Temperaturens ekologiska effekt framgår i princip av formel (12). För skogsträdens vidkommande har bl. a. Mork (1941, 1957), Polster (1950) och Fritts (1961) under de senaste åren kartlagt sambandet mellan trädens ekologiska förutsättningar och därav betingade fysiologiska skeenden.

Sambandet mellan trädens tillväxt och luftens temperatur i skogsgränsområdet har enligt empiriska rön manifesterat sig i att tillväxten (y) är en funktion av temperaturen (t) av formen

$$y = a\,(t - T_1)^p\,(T_2 - t)^q, \tag{12}$$

där T_1, T_2 = fysiologisk min. resp. max. temperatur

t = observerad temp.

a, p, q } konstanter.

Endast vid små temperaturförskjutningar i den lägre delen av registret är sambandet mellan temperatur och tillväxt i det närmaste lineärt. Mellan t. ex. + 5°— + 18°C är kurvans avvikelse från den räta linjen relativt obetydlig (se fig. 10); i detta avseende är likheten mellan förf:s och Morks empiriska kurva för höjdtillväxtens beroende av temperaturen frapperande. De enda väsentliga olikheterna inom temperaturområdet + 5°— + 18°C består i något högre tillväxtaktivitet vid vardera gränsvärdet hos Mork, vilket givetvis bevisar att funktionen icke kan exakt återges medelst en rät linje, utan förhåller sig till temperaturökningen såsom av fysiologiska optimum-

kurvor i allmänhet framgår; d. v. s. de tillväxthämmande fenomenen dominerar bilden efter det optimumtemperaturområdet passerats. I detta sammanhang vill förf. uttryckligen poängtera att luftens medeltemperatur endast i n d i c e r a r assimilationsytans temperatur och dess förhållande till den totala insolationen. Tyvärr har icke tiden medgett ett djupare inträngande i detta delproblem; ett pågående försök, som anlagts år 1958, skall väl i sinom tid belysa väsentliga detaljer.

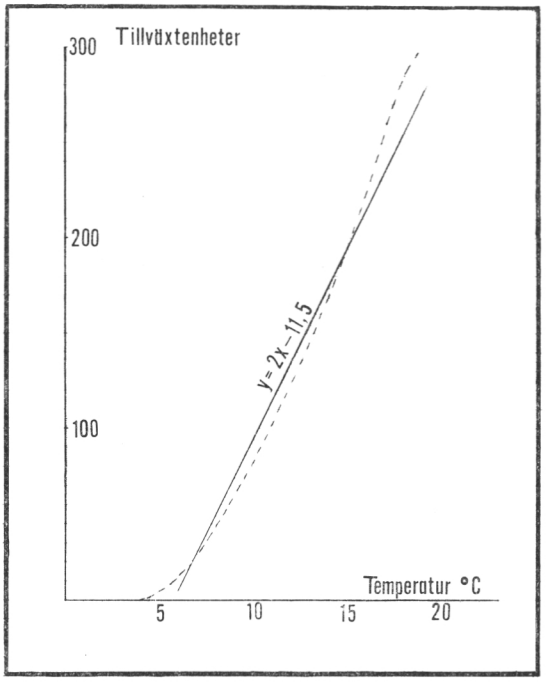


Fig. 10. Sambandet mellan tallens tillväxt och temperaturen. Den streckade kurvan baserar sig på orienterande empiriska värden.

Emedan föreliggande utredning i sin huvudmålsättning icke innefattar kartläggningen av tillväxtens beroende av temperaturen över hela det fysiologiskt möjliga registret, har denna del av utredningen av praktiska skäl begränsats till temperaturområdet +5°—+18°C, d. v. s. till vegetationsperiodens faktiska månadsmedelvärden i skogsgränsområdet. Yttermera antages att tallens taxatoriskt mätbara tillväxt begynner vid en lufttemperatur av c. +5°C (enligt observationer från Aksujärvi ekologiska station) och att ett överskridande av medeltemperaturen +11.5°C för hela vegetationsperioden ofta leder till ökade fruktifikativa reaktioner med tyåtföljande reduktion av stammens tillväxtaktivitet, vilken egentligen ytterligare skulle öka ända till en viss gräns om icke frösättningen inverkade hämmande på de somatiska skeendena. Utgående från dessa premisser har förf. uppställt det approximativa samband mellan temperaturfaktorn inom området +5°—+18°C och tallens tillväxt i skogsgränszonen som framgår av fig. 10.

Av kurvan framgår att tillväxten vid t. ex. en medeltemperatur av c. 14.8°C är 4 gånger större än vid +8.0°C, trots att temperaturen ökat mindre än dubbelt. I praktiken betyder ovananförda samband att t i l l v ä x t e n ej kan ställas i d i r e k t relation till de lokala temperaturvärdena. En av temperaturen betingad k o r r e k t i o n är m. a. o. nödvändig. Det är intressant att konstatera att Mork redan år 1941 spårat denna temperaturens superpositiva effekt, och redan då gett den en klar utformning (M o r k 1941,

s. 65). Enquist (1924, 1929), Langlet (1935, 1936), Hustich (1945), och Mikola (1950), har även berört ämnet och framlagt instruktiva sifferuppgifter. Av Polsters utredningar framgår ytterligare att temperatureffekten i princip är additiv, och att trädets funktionella behov först tillgodoses, och därefter tillväxt och reproduktiva yttringar i nämnd ordning ända till en viss maximitemperatur.

I detta sammanhang är det skäl att söka utreda hur lång och effektiv vegetationsperioden vid skogsgränsen realiter är. Uppgifterna varierar givetvis, men utgående ifrån den av Keränen (1949) beräknade effektiva temperatursumman och de tillbudsstående månadsmedeltalen för luftens temperatur finner man att tallens mätbara tillväxt i regel sker under tiden från medlet av juni till c. tredje veckan i augusti, d. v. s. under c. 8—10 veckor, under vilken tid den effektiva temperatursumman i regel överskrider 500 enheter, vilket i stort sett motsvarar c. 300 växtenheter enligt Morks beräkningssätt (Mork 1941, 1957). Om för- och högsommartemperaturen råkar bli onormalt hög reagerar tallen antingen med accentuerad tillväxt eller med riklig bildning av blomanlag, som vid gynnsamma temperaturförhållanden under de två följande vegetationsperioderna resulterar i blomning och frösättning med tyåtföljande nedgång av tillväxten.

I syfte att klarlägga frösättningens tillväxthämmande effekt detaljstuderades 200 normalt blommande och kottbärande trädindivid vid skogsgränsen år 1961. Han- och honblommor samt gröna och bruna kottar räknades med tillhjälp av kikare. Cirka 250 grentoppar per träd inventerades i jämnt fördelat förband över kronans mantelyta. Resultatet av inventeringen visade att träden i fråga år 1961 uppvisade följande reproduktionsdata i medeltal per individ (tabell 5):

Antalet råfrön per kott varierade mellan 3—21 och kan med stöd av tidigare utredningar uppskattas till i genomsnitt c. 12 st. Fröskörden våren 1961 har alltså uppgått till c. 2 600 frön/träd motsvarande en vikt av c. 10 gr. De gröna kottarnas torrvikt är i föreliggande fall av storleksordningen 480 gr per träd. Tillfogas yttermera vikten av de avstötta hanblommorna och obefruktade honblommorna kan blomning och frösättning uppskattas förbruka till sin sammansättning mycket inkommensurabel torrsubstans av storleksordningen c. 500 gr/år. Nu är dessutom att märka att frösättningsproceduren kräver minst tre år. Under den första temperaturmässigt gynnsamma sommaren efter en följd av år med nedsatta reproduktionsbetingelser anlägges blomknopparna. Följande vegetationsperiod inträffar blomning och pollinering. Under den tredje sommaren sker fröbildning och mognad i den mån befruktningen lyckats. Den fjärde våren och försommaren sker klängningen och kottarna avstötes. Samtliga faser kan dessutom uppträda samtidigt såsom varit fallet år 1961. Frösättningsårens diversionseffekt kan i regel spåras i form av anmärkningsvärt smala årsringar (jmfr. Hus-

Tabell 5. Antalet han- och honblommor samt gröna och bruna kottar per träd jämte kottförekomsten på marken åldersgruppvis.

Kronans exposition	Hanblommor, st i kronans			Honblommor, st			Gröna kottar, st (klänga 1962)			Bruna kottar (klängt 1961), st	Antal kottar på marken från olika klängningsår				
	nedre del a	mitt-parti b	topp c	a	b	c	a	b	c		1961	1959	1958—57	1956—54	1954
N	676	518	313	153	391	553	87	244	317						
E	721	574	270	162	398	577	132	288	308						
S	670	499	315	194	388	582	110	299	304						
W	689	534	308	161	344	586	104	237	281						
Σ	2 756	2 125	1 206	670	1 521	2 298	433	1 068	1 210	580	2 512	1 852	1 546	1 039	2 301
M_1 per prov	13.78	10.625	6.03	3.35	7.605	11.49	2.165	5.34	6.05						
Σ per träd ($16 \times M_1$)..		∽ 486			∽ 343			∽ 217		∽ 47	∽ 10	∽ 9.3	∽ 7.7	∽ 5.4	∽ 11.5
										Σ ∽ 57					

tich och Mork). Talrika vid denna undersökning gjorda observationer tyder emellertid på att även vegetationsperioden efter frömognaden karakteriseras av nedsatt tillväxt. Om det härvidlag är fråga om effekten av fortsatt frösättning, en efterverkan av den reducerade assimilationsytan eller nedsatt kondition i allmänhet, är svårt att avgöra. Organologiskt motsvarar ju honblomman närmast ett långskott medan hanblommorna är omformade kortskott. Vardera blomtypen reducerar alltså assimilationsytan, om också på olika sätt.

Trots att tallen i princip är ett tvåkönat träd, uppträder den i skogsgränszonen synnerligen ofta som praktiskt taget enkönad. Vid ovannämnda inventering befanns 36 % av samtliga individer vara klart hanblomsdominerade medan 30 % hade endast spår av hanblom. Redan på långt avstånd kunde man avgöra om trädet ifråga var kottbärande eller icke. »Han»-trädens krona hade glesnat i anmärkningsvärd grad genom hanblommornas upprepade rikliga förekomst[1]). Under de till barrskruden täta »hon»-träden skvallrade ett tjockt lager av tallkott om förbrukad växtenergi. I vardera fallet är det alltså fråga om en kännbar reduktion av assimilationsytan. Abnormt riklig blomning uppträder endast då speciella exogena och troligen också i viss mån endogena betingelser föreligger. Dessa iakttagelser verifierar de utomordentliga observationer Renvall gjort i ämnet redan för c. 50 år sedan (se Renvall 1912, 1914, 1919) och vilka Hustich yttermera kompletterat (jmfr. Hustich 1948a, s. 51—56).

För att kunna fastställa den kvantitativa storleken av blomningens och frösättningens tillväxtreducerande verkan bör tillväxten per trädindivid beräknas. På basen av ett litet men representativt material har den kunnat approximeras till c. 2.2 liter per medelstort träd (Ø = 20—30 cm, H = 10—12 m) motsvarande en torrvikt på c. 880 gr. Under en frösättningsperiod omfattande 4 år inklusive rekonvalescensåret skulle tillväxten normaliter vara av storleksordningen c. 3 500 gr, varav en från det normala avvikande accentuerad kottsättning, förslagsvis 200 st. gröna kottar per träd, skulle binda c. 400—500 gr av totalproduktionen i torrvikt. Tillväxtreduktionen utgör m. a. o. i här föreliggande fall c. 12—15 %. Emedan blomning och kottsättning under gynnsamma år interfolierar med både tidigare och senare reproduktionsföljder, kan man i regel antaga att frösättningsmaximet omgives av svagare år. Ovan beräknade årliga tillväxtförlust kan för den skull utan avkall på realiteterna ökas till c. 20 % för hela frösättningsperioden. Denna reduktion gäller alltså endast fröåret och de närmast föregående vegetationsperioderna, och skall betraktas som en genomsnittlig reduktion, ty tillväxtminskningen

[1]) Denna företeelse har bl. a. gett Renvall anledning att tala om »equisetiformis»-tall (se Renvall 1912, s. 16).

förefaller vara minst under den sommar blomknopparna bildas och störst under frömognadsåret.

I det följande har detaljstudiet av föregående sommars efterverkan på näringsupplagring och assimilationsyta förbigåtts. Emedan detta fenomen är en redan länge sedan väldokumenterad realitet kan det endast tilläggas att en c. 400 tallplantor omfattande kontrollmätning på Aksujärvi ekologiska station till alla delar verifierat tidigare rön i berörda avseenden.

Den autoregressiva analys, som i denna utredning utfördes i syfte att kartlägga tillväxtens beroende av föregående års tillväxt, utvisade även ett signifikant samband. För regressionen med avseende å de 4 resp. 6 nästföregående årens indexvärden erhölls enligt K e n d a l l (1955, s. 420—423):

$$10^3 \cdot y_4^*(t) = 426.07\, y_{(t-1)} + 0.77\, t_{(t-2)} + 23.48\, y_{(t-3)} + 7.27\, y_{(t-4)},$$

$$10^3 \cdot y_6^*(t) = 416.88\, y_{(t-1)} + 0.80\, y_{(t-2)} + 26.06\, y_{(t-3)} + 3.21\, y_{(t-4)} + 0.003\, y_{(t-5)} + 0.88\, y_{(t-6)}.$$

Tolkningen av funktionerna kan knappast bli annat än entydig: endast det närmast föregående året har haft en mycket påtaglig inverkan. De övriga årens individuella inverkan har däremot varit mycket mindre. Härmed är emellertid icke bevisat att deras sammanlagda inverkan vore lika obetydlig.

Vid den empiriska prövningen av sambandet mellan tillväxten och olika konstellationer av klimatfaktorer har de av Hustich komponerade kombinationerna gett några jämförelseobjekt. Utöver temperaturen har Hustich även inkluderat nederbörd och molnighet i sina korrelationsberäkningar. Emedan den direkta effekten av de sistnämnda faktorerna i korrelationsberäkningen synes ha varit liten (H u s t i c h 1945, s. 21) har förf. prövat sig fram på andra vägar.

Nederbörden är rätt sällan en ekologisk minimifaktor av rang i norra Finland. Den negativa effekten av långa torrperioder under försommaren uppvägs i regel av det i marken magasinerade smältvattnet. Dess tillräcklighet beror på markens vattenkapacitet. På vissa sandmarker äger en katastrofal uttorkning rum redan efter c. två veckors torka. På de vanligaste marktyperna i skogsgränsområdet förslår markvattnet i skogsbestånd emellertid för c. 4—5 veckors behov. Längre torrperioder resulterar oundvikligen i nedsatt assimilation och reducerad tillväxt; år 1955 var ett dylikt undantagsår i borte Lappland. Med hänsyn till att tallbestånd under normala förhållanden förbrukar en vattenmängd, som motsvarar en nederbördsmängd på c. 1.0 mm per dag i skogsgränszonen bör en lämpligt fördelad regnmängd på c. 20 mm i juli månad förslå att komplettera den sista smältvattensreserven i marken och att motverka de värsta konsekvenserna av en ihållande torrperiod efter snösmältningen. Sjunker nederbörden under ovannämnda

gräns följer i regel en stagnation i tillväxten. Nederbörden kan förorsaka störningar i tillväxtförloppet även på annat sätt. För assimilationen spelar som känt ljuset en väsentlig roll. Reduceras ljustillgången t. ex. genom konstant molnighet medför detta ett mätbart avbräck i assimilationen och tillväxten. Molnighet indiceras bäst av molnighetstal, men även överstora regnmängder kan tjäna som indikatorer, isynnerhet som molnighetstalen endast gäller d a g e n s molnighet. I området omkring 69. latituden lyser solen nämligen även på natten under vegetationsperioden.

H u s t i c h (op. c. s. 21) har presenterat en mängd olika kombinationer av klimatelement och beräknat korrelationen mellan dem å ena sidan och den standardiserade radialtillväxten å den andra. De erhållna koefficienterna varierar mellan 0.50—0.65 (ett värde r = 0.36 kan här förbigås). Genom att tillämpa några av Hustich's formler visade även här föreliggande material korrelationer mellan 0.36—0.52 med de ifrågakommande klimatelementen. Orsaken till den i regel sämre korrelationen har icke utretts, men troligen spelar förutom den svårtolkade, komplicerade ekologiska konstellationen även detaljolikheter i materialen och de längre observationstiderna (1879—1960), (1907—1960), (1908—1960) en viss roll härvidlag.

På basen av de genom ekologiska experiment och kontinuerliga observationer kontrollerade teoretiska slutsatserna (jmfr. s. 31—37) har förf. försöksvis[1]) uppställt ett antal karakteristikor för klimateffekten:

$$T_1 = T_m + \tfrac{1}{2}\underbrace{\left(\frac{T_m + T_{\mathrm{VII}}}{2} - T_{norm.}\right)}_{a_n} \tag{13}$$

$$T_2 = T_m + a_n + a_{n-1} \tag{14}$$

$$T_3 = T_m + a_n + a_{n-1} + 2\underbrace{(T_{m(10)} - T_{norm.})}_{b} \tag{15}$$

$$T_4 = T_m + a_n + a_{n-1} + b - \underbrace{\frac{\Delta_P}{30}}_{c} \tag{16}$$

$$T_5 = T_m + a_n + a_{n-1} + b - c + S \cdot 10^{-1} \tag{17}$$

$$Z_b = 10\, T_5 \tag{18}$$

Ovanstående symboler har följande betydelse:

$T_1, T_2, \cdots$ = vegetationsperiodens (juni—aug.) korrigerade temperaturvärde (= klimateffekt)

T_m = vegetationsperiodens observerade medeltemperatur

T_{VII} = juli månads observerade medeltemperatur

[1]) Tidsbristen medgav tyvärr icke utförandet av de nödvändigaste regressionsanalyserna.

$T_{m(10)}$ = de tio föregående vegetationsperiodernas observerade medeltemperatur

$T_{norm.}$ = + 11.5°C

$$\Delta_P = \begin{cases} 20 \text{ mm} - P_{VII} \text{ om } P_{VII} < 20 \text{ mm} \\ 0 \text{ om } 20 \text{ mm} \leq P_{VII} \leq 80 \text{ mm} \\ P_{VII} - 80 \text{ mm om } P_{VII} > 80 \text{ mm} \end{cases}$$

P_{VII} = juli månads nederbörd

$P_{norm.}$ = juli månads normala nederbörd (utan tillväxthämmande effekt) = 50 ± 30 mm;

S = 0.2 Z_m; korrektion för fröår jämte 3 föregående vegetationsperioder;

Z_m = observerat årsringsindex

Z_b = beräknat årsringsindex

$n - 1$ hänvisar till föregående års värden.

Visavi nederbördskorrektionen gäller regeln att temperaturens talvärde minskas med 1/30 av avvikelsen från juli månads normalvärde (20 mm > P_{VII} > 80 mm, motsvarande minimum och maximum för tallens transpiration under en dag). Beträffande värdet för b bör noteras att beräkningsgrunden för långtidseffekten även borde ha inkluderat juli månads temperatureffekt. Den praktiska kalkylen hade emellertid i tryckningsskedet framskridit så långt att denna detaljkorrigering ej hann utföras.

Korrelationskoefficienten mellan karakteristikorna (13)—(17) och årsringsindex framgår av tabell 6.

Tabell 6. Korrelationen mellan grundseriens årsringsindex och motsvarande vegetationsperioders klimateffekter beräknade enligt (13)—(17).

Formel	Observationsorter		
	Enare (Ivalo) 1907—1960	Sodankylä 1908—1960	Karesuando 1880—1960
	Korrelationskoefficienter och medelfel		
(13)	0.51 ± 0.10	0.42 ± 0.12	0.46 ± 0.09
(14)	0.48 ± 0.11	0.41 ± 0.12	0.54 ± 0.08
(15)	0.68 ± 0.08	0.49 ± 0.10	0.71 ± 0.06
(16)	0.68 ± 0.07	0.73 ± 0.07	0.76 ± 0.05
(17)	0.84 ± 0.04	0.86 ± 0.03	0.81 ± 0.04

Tabell 6 illustrerar rätt väl de olika temperaturkorrektionernas inverkan, isynnerhet som enbart juli månads eller enbart sommarmånadernas medeltemperatur gav ännu svagare korrelation än (13) (för t. ex. Enare r = 0.39 resp. 0.47). Den sista funktionen (17) har gett den bästa korrelationen i samtliga fall. Trots att de enligt (16) och (17) erhållna koefficienterna är relativt höga är det skäl att framhålla att den instrumentella ekologiska forsk-

ningen med säkerhet i nära framtid kommer att kunna presentera data för matematiskt beräknade funktioner, som täcker klimatets växtfysiologiska effekt bättre än de ovan presenterade approximativa formlerna (jmfr. Stålfelt 1960). Det kan ännu nämnas att Hustichs standardiserade material från Utsjoki gett enligt (17) en synnerligen god korrelation med Enare-klimatet, ty r har fått värdet 0.84 ± 0.05.

Med tanke på att ett landsomfattande fröår temporärt nedsätter skogens volymproduktion under en 10-årsperiod med uppskattningsvis c. 6—7 %, och att en långvarig klimatförsämring medförande en sänkning av vegetationsperiodens nuvarande medeltemperatur med t. ex. 2°C skulle nedsätta volymproduktionen med c. 40 %, synes klimatets utveckling vara en i högsta grad beaktansvärd faktor.

För att exemplifiera betydelsen av en dylik temperaturnedgång är det instruktivt att jämföra skogsgränstallens tillväxt under perioderna 1903—1912 och 1933—1942. Jämförelsens resultat framgår av tabell 7.

Tabell 7. Exempel på sambandet mellan temperatur, relativ tillväxtkoefficient och årsringsindex.

Tidsperiod	Observerad T_m°C	Korrigerad T_m°C	Relativ tillväxtkoeff.	Årsringsindex Z_b	Frösättnings-korrigerat årsringsindex $Z_b + S$
1903—1912	9.5	8.0	45	41	41
1933—1942	12.1	13.4	154	125	140
Differens	2.6°	5.4°	*109*		*99*

Skillnaden mellan de beräknade och de faktiska värdena (inklusive fröproduktionen på 1930-talet) är c. 9 %, vilket kan anses åskådliggöra det här presenterade beräkningsförfarandets användbarhet.

Utöver sambandet mellan temperatur och tillväxt utfördes även beräkningar över korrelationen mellan nederbörd och tillväxt. Enär vanliga korrelationsanalyser ej gav något klart utslag (jmfr. Hustich 1940, s. 21, se även Mikola 1950, s. 82—84) utfördes en jämförelse mellan tvenne små specialmaterial (30 + 30 borrspån från c. 180 år gamla träd) från samma lokal; det ena materialet från en extremt torr mo c. 10 m över den fria vattenytan och det andra från en alldeles intill liggande strandmo c. 1.5 m över vattenytan. Efter vederbörlig standardisering av årsringsserierna visade det sig att temperaturen klart överskuggade nederbörden som tillväxtfaktor, även om ett svagt samband syntes föreligga mellan extremt regniga somrar och nedsatt tillväxt. Märkligt nog hade beståndet på den torra mon lidit mera av de ymmiga regnen än tallbeståndet i strandbrämet (fig. 11).

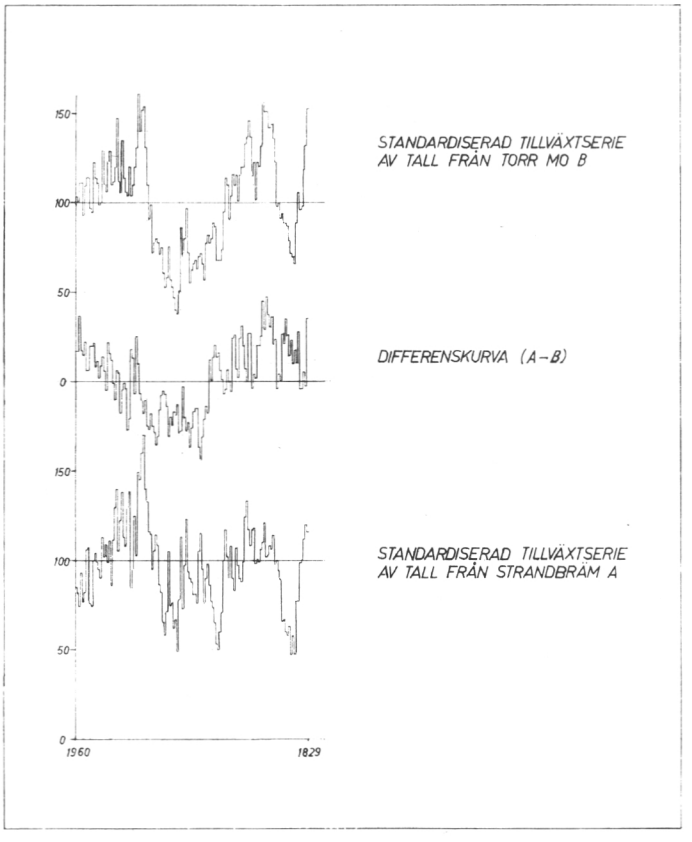


Fig. 11. Årsringsindexserier från en torr sandmo och ett fuktigt strandbräm; aritmetiska medeltal.

Sammanfattningsvis kan om sambandet mellan olika klimatelement och och tillväxten konstateras att vegetationsperiodens temperatur synes vara den dominerande faktorn i den arktiska trädgränszonen; tillväxten synes dessutom enligt ett provisoriskt beräkningsförfarande utgöra en i det närmaste lineär funktion åv medeltemperaturen korrigerad med olika element enligt (16) samtidigt som frösättningens tillväxtreducerande effekt bör observeras (17).

43. Indexserierna

I enlighet med utredningens målsättning, dess uppläggning och materialinsamling är dess tyngdpunkt förlagd till årsringsserierna. De enligt funktion (1) s. 19 individuellt standardiserade årsringsseriernas gruppvisa medeltalserier uppvisar en relativt god inbördes överensstämmelse (jmfr. diagrammen i fig. 12). Av denna orsak är även den efter konnektionen beräk-

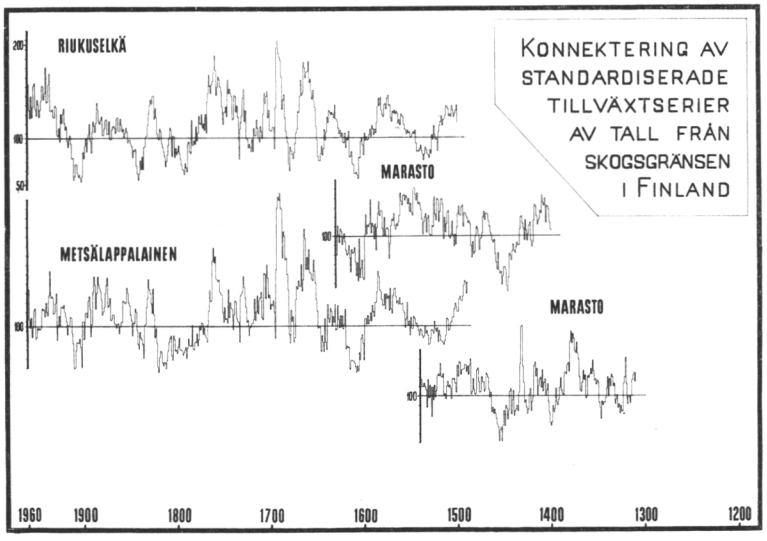


Fig. 12. Exempel på gruppseriernas överensstämmelse; aritmetiska medeltal.

nade grundseriens dispersion och medelfel snarare av samma eller t. o. m. lägre storleksordning än de gruppvisa indexseriernas motsvarande karakteristika.

Diagrammen i fig. 12 återger indexserier baserade på aritmetiska medeltal. På grund av att relationen mellan det observerade och beräknade värdet vid primärseriens standardisering uttryckts i procent ger den aritmetiska medeltalsserien (M_1) emellertid en något i positiv riktning överaccentuerad bild av avvikelserna. I avsikt att rätta till relationen mellan positiva och negativa avvikelser beräknades fördenskull årsringsindexserien även på basen av geometriska medeltal (Mg). För att möjliggöra jämförelse mellan resp. beräkningssätt även visavi dispersion och medelfel har Mg återgetts i logaritmisk form. Det principiella förhållandet mellan serierna framgår av fig. 13. Det är lätt att finna att den logaritmiska kurvan de facto har en lägre position. I själva grundserien synes isynnerhet tillväxtdepressionerna framträda prononcerat (fig. 7, 14). En annan iögonenfallande detalj föranledes av skogsbränderna år 1643 och 1675 (jmfr. pilarna i fig. 13). Branden från år 1643 har icke varit någon utpräglat svår brand. Spår av den uppträder också rätt sporadiskt i materialet. I varje fall synes den ha förorsakat en temporär nedgång i radialtillväxten för att efter c. 10 års depression kompenseras av en kraftig tillväxtökning. En liknande brandreaktion har beskrivits av Mikola (1950, s. 89—90). Branden från c. år 1675 har haft ännu påtagligare följder. Denna brand som förekommit i tre av de 5 grupper som bildar ifrågavarande del av grundserien, har av allt att döma

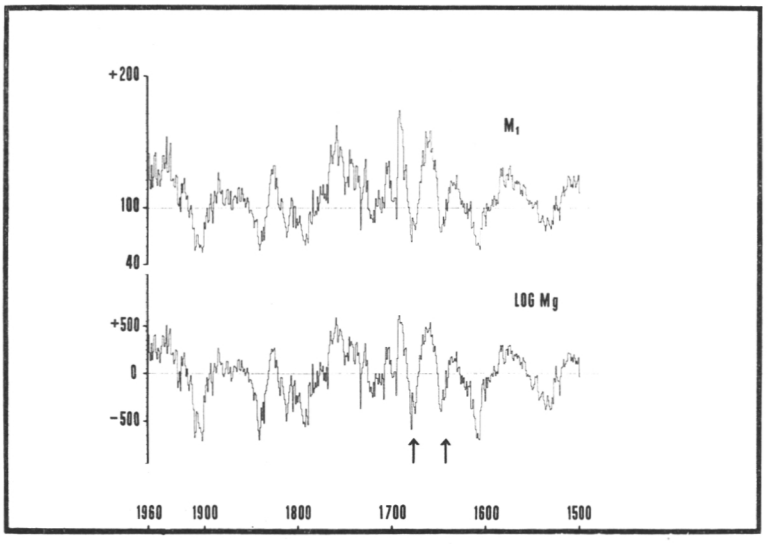


Fig. 13. Förhållandet mellan de på aritmetiska och geometriska medeltal beräknade indexserierna.

förorsakat både beståndet och marktillståndet (jmfr. M e l e c h o w 1954) rätt svåra skador. Efter 5—6 års rekonvalescenstid har en positiv reaktion gjort sig gällande under 15 års tid. Därefter ser tillväxtvariationen ut att ha återfått sin normala karaktär.

Av övriga bränder, som trots ihärdiga försök att undvika dem som orenheter i materialet, kommit med i någon grupp bör den ur dateringssynpunkt viktiga branden från c. år 1453 nämnas. År 1733 har en svag markbrand förekommit i en annan grupp; dess effekt har emellertid varit mycket obetydlig. År 1789 har samma lokal ånyo hemsökts av en något svårare brand. Brändernas inverkan förefaller i allmänhet att ha varit av rätt kortvarig art (30—45 år). Som störningar i materialet är de beklagliga.

Det är endast i undantagsfall över 300-åriga tallbestånd undgått skogseldar i Lappland. Enstaka tallenklaver i Saariselkäs och Vaskojokis dalgångar erbjuder härvidlag de bästa exemplen.

Vad grundseriens (fig. 14) allmänna struktur beträffar är det intressant att konstatera följande av b r a n d o p å v e r k a d e maxima och minima (tabell 8, s. 44):

Denna förteckning är för periodernas del i någon mån summarisk och innehåller dessutom en maximumperiod (1823—1833), som eventuellt kan vara påverkad av branden år 1789. Denna positiva oscillation förekommer emellertid även i andra utredningar, (jmfr. R u b i n s t e i n (se A h l m a n n 1947) M i k o l a 1950 och A r n b o r g 1956), varför skäl synes föreligga att vid framtida utredningar ägna denna period en speciell upp-

Tabell 8. Markanta maxima och minima i grundserien.

Maxima	Minima
År 1200—1220	1235—1245
1280—1300	
1350—1385	1445— ?
1488—1520	
1555—1586	1594—1628
1750—1768	
(1823—1833) ?	1835—1850
1919—	1898—1918

märksamhet, emedan enligt samtida observationer av Fellman somrarna 1821, 1826 och 1829 närmast kan betecknas som katastrofår i Utsjoki (jmfr. J. Fellman 1906).

En jämförelse med Mikolas årsringsindexserier från år 1750—1949 utvisar följande iögonenfallande likheter: maximum 1750—1768, minimum 1810—1822 (ev. brandbetingad), maximum 1823—1833, (ev. brandbetingad), minimum 1902—1915, maximum 1920—. Inga avgörande olikheter kan spåras; de största synes infalla under ett svagt maximum åren 1796—1800. Mikolas indexserier och förf:s grundserie visar också i detaljerna en överenstämmelse som med beaktande av olika utgångsläge och standardiseringsförfarande måste betecknas som överraskande god (jmfr. tabell 9). Det kan yttermera nämnas att ovananförda avvikande maximum från år 1796—1800 förekommer i en enda grupp av Mikolas material, d. v. s. i Utsjoki-gruppen, men saknas praktiskt taget i serierna från Lemmenjoki och Enare. Sambandet mellan de enskilda årsindexen i Mikolas serier och förf:s grundserie baserad på det aritmetiska medeltalet befanns vara säkert, varom även korrelationskoefficienten vittnar: $r = 0.92 \pm 0.011$. (Mikolas serie är nämligen baserad på det aritmetiska medeltalet av olika index.) Några säkra tecken på den kortvågiga rytmik Mikola nämner exempel på (op. c. s. 104—107) kan däremot icke spåras — åtminstone inte okulärt. Överensstämmande regelbundenhet i stora drag är däremot icke utesluten. Den snabba nedgången av indexvärdena efter 1934 i en senare studie av Mikola (1959) uppvisar däremot mycket liten överensstämmelse med grundserien.

En liknande god överensstämmelse föreligger även mellan Hustichs korta serie och motsvarande period i här presenterade serie ($r = 0.83$). Sambandet med Erlandssons serie är likaså tillfredsställande.

Jämförelserna med andra nordskandinaviska serier är något vanskligare av den orsaken att t. ex. de norska materialen härstammar från rätt avvikande förhållanden. En grov jämförelse visar emellertid att betydande samstämmighet likväl existerar. De mest karakteristiska maximum- och

Tabell 9. Exempel på överensstämmelser mellan Mikolas indexserie och grundserien.

Överensstämmande spårår	
Relativa maxima	Relativa minima
1759—61	1758
1759—61	1758
1780	1769
1799	1806
1826—30	1813
1876—77	1837
1890	1880—81
1898	1892—93
1901	1900
1930—31	1903—11
1934	1928—29
1937	1940
1941	1946

minimumperioderna tenderar att sammanfalla med grundseriens motsvarande perioder. Ordings serier (1941) förefaller passa bättre än de av Eidem (1953) och Aandstad (1934) publicerade. Tydliga inkongruenser förkommer emellertid, speciellt gäller detta två minima; från år 1820—1825 hos Eidem (op. c.) och år 1680—1700 hos Ording (op. c.). Ett maximum år 1889—1914 i Eidems material från Tydal föreligger ej i det större materialet från Selbu, vilket visar en rätt påtaglig överensstämmelse med förf:s grundserie. Aandstads serier uppvisar den minsta likheten med grundserien.

Korrelationskoefficienterna mellan de norska serierna och förf:s grundserie är låga och annat kan ju inte heller väntas, emedan avståndet mellan insamlingslokalerna är stort. Därutöver är de norska lokalernas latitud lägre, altituden återigen högre och klimattypen en annan än för de finska insamlingslokalerna. Liknande, av geografiska orsaker betingad, svag korrelation mellan olika latituder redovisas även av Mikola i hans undersökning, som bygger på material från hela Finland (Mikola 1950, s. 55).

Grundseriens maxima och minima erbjuder yttermera en möjlighet till jämförelse med historiskt vederhäftiga uppgifter om goda och dåliga skördeår, sommarens inbrott, islossningar, frostår och klimatet överhuvudtaget. En sammanställning av de tillbuds stående disparata anteckningarna ger emellertid för handen att endast ungefär hälften av de av Melander & Melander (1924) uppgivna nödåren passar in på grundseriens klimatdepressioner.

Däremot synes grundseriens samstämmighet med maxima och minima i Schoves kompilation (1954) vara anmärkningsvärt god också för den del

Tabell 10. Exempel på överensstämmelser mellan Schoves analys och grundseriens index.

Överensstämmande tidpunkter				Speciellt iögonenfallande, icke överensstämmande tidpunkter
Maxima		Minima		
1575	1728	1595	*1806*	1789
1658	1851—52	1601—02	*1812*	1799
1738	1855	1614—15	1820—21	*1821*
1744	1858	1620	*1836*	1837—41
1753	1870	1641	1862	1872
1750—60	1885	1645	1866	1877
1763	1896	1680	1874	
1766	*1901*	*1696*	1880—81	
1772—79	*1912*	*1709*	*1892*	
1789		1722	*1894*	
1819		*1734*	*1899*	
1822—31		*1769*	*1900*	
		1781	*1903*	
		1790	1904—11	
		1800—01	o. s. v.	

av tidsavsnittet, från vilket meteorologiska data saknas. Vidstående tabell illustrerar närmare det ifrågavarande sambandet (tabell 10).

De kursiverade årtalen anger särskilt markanta maxima eller minima. Hustich (1956 b, s. 22—24) har gjort en liknande jämförelse mellan indexserier för gran från Alaska, Labrador och norra Europa samt därutöver jämfört den nordeuropeiska serien med Schoves uppgifter. Trots några smärre tolkningsolikheter visavi Schoves anteckningar kan överensstämmelsen anses tillfredsställande. Det är intressant att konstatera att många av årtalen i tabell 10 gått till historien uttryckligen p. g. a. händelser som varit i hög grad klimatbetingade (jmfr. Östman & Henrikson 1942).

Sammanfattningsvis kan konstateras att grundserien för de jämförbara avsnittens vidkommande uppvisar en mycket god överensstämmelse med tidigare utredningar från samma områden. Denna konklusion innebär att grundseriens tillförlitlighet för de delar, som saknar jämförelsematerial, också kan anses vara betryggande.

Däremot kan man varken på basen av jämförelser med tidigare rön eller utgående från en okulär detaljgranskning draga några som helst slutsatser om eventuellt förekommande periodicitet, ehuru en viss tendens till regelbundenhet i stora drag kan skönjas.

44. Radialtillväxtens periodicitet

Av introduktionen till denna utredning framgår att målsättningen förutom datering av tallens tidigare reproduktionstidpunkter, beskrivning av radialtillväxtens variation och preliminär klarläggning av dessas beroende

av klimatiska omständigheter även omfattar kartläggning av eventuellt existerande periodicitet.

Den undersökningsmetodik som härvidlag kommit till användning har tidigare presenterats i avsnittet 32 (s. 21—25). Huvuduppmärksamheten kan fördenskull i det följande koncentreras till resultaten.

Den första uppgiften gällde som av serialanalysen framgått att på basen av de erhållna korrelogrammens struktur avgöra till vilken kategori av oscillatoriska företeelser grundseriens fluktuation tillhörde. Det visade sig att korrelogrammen, vilka här representeras av fig. 8 a, var av sinusoidal form. Dessutom oscillerade de utan att varken dämpas eller upphöra vid ökade värden på tidsavståndet. Antalet toppar utanför signifikansgränsen var dessutom stort. Dessa fakta tydde på att grundserien med stor sannolikhet dominerades av harmoniska element. Det härefter beräknade periodogrammet utvisade vidare att den s. k. intensiteten låg över en betryggande konfidensnivå vid sex olika intervallängder (jmfr. tabell 2, s. 24). Av dessa sex periodicitetsindikatorer kan den sista ($\lambda = 342$ år) eventuellt anses utgöra en sammanfallande multipel av kortare perioder. Tre av de erhållna S-värdena, S_2, S_3 och S_5 motsvarande 72, 93 och 204 års perioder, skulle t. o. m. klara en konfidensnivå på $18\,E\,(S^2)$ (se fig. 8 b och formel 6), vilket torde definitivt säkerställa deras signifikans.

Den i litteraturen redan av Brückner nämnda 35-årsperioden (Brückner 1890, s. 322 och Schreiber 1896, s. 76—82; jmfr. även Douglass 1919, Mikola 1950, Erlandsson 1936), motsvaras här av den första av topparna i periodogrammet motsvarande en intervall på 33 år (eller ev. 34 år). Huruvida detta värde är riktigare än tidigare nämnda 35 år eller Tytlers på solens protuberanser baserade förslag om 30 år (se Lockeyer 1874, s. 432) kan måhända avgöras vid den planerade kontrollutredningen. Följande period har här erhållit λ-värdet 72 år, vilket vid senare kontroll eventuellt kan korrigeras och då visar sig vara en multipel av t. ex. en observerad 35-årsperiod. Å andra sidan talar tidigare rön för en fristående 72-årsperiod. Bl. a. nämner Cajander (1916, s. 16) att Lockyer och Hansky skulle ha påvisat förefintligheten av en dylik periodicitet. — Den tredje periodtypen ($\lambda = 92$ år) kan knappast ens efter den minutiösaste kontroll återföras som multipel på någondera av de tidigare perioderna. Denna period har förmodligen ej heller tidigare nämnts i den dendrokronologiska litteraturen. Den fjärde periodtypen ($\lambda = 111$ år), som f. ö. anföres av Brückners vedersakare Schreiber (op. c. s. 82), har i likhet med 35-årsperioden en klart svagare intensitet än t. ex. S_2 och S_3. — Den femte typen ($\lambda = 204$ år) kan vid efterkontroll eventuellt visa sig bestå av sammanfallande multipler av S_2 ($3 \times 72 = 216$) och S_1 ($6 \times 33 = 198$), ifall ett större material förorsakar korrektion av de sistnämnda perioderna i konvergerande riktning. Denna period är emellertid rätt accentuerad och

har redan tidigare antytts i samband med reproduktionstidpunkternas koncentration till udda sekel. Visavi den sjätte periodtypen ($\lambda = 342$ år) torde det vara ganska uppenbart att det härvidlag är fråga om sammanfallande multipler enligt t. ex. $3 \times 111 = 333$ år, $10 \times 33 = 330$ år, (eventuellt $10 \times 34 = 340$ år) och $5 \times 72 = 360$ år.

Som faktum kvarstår emellertid att samtliga intensiteter överstiger den föreskrivna konfidensnivån och att inga korta perioder (< 33 år) befunnits signifikativa (se även Ångström 1941).

Genom att sammanställa de erhållna cykliska komponenterna, vilkas läge i förhållande till grundserien fixeras av parametrarna λ, S och α resp. våglängden, d. v. s. den cykliska periodens längd i år, dess amplitud och fasvinkeln vid x-axeln, till synteskurvor i olika kombinationer enligt tabell 3 (s. 25) erhålles ett mått på förhållandet mellan de ifrågavarande periodiska och residuala elementen i grundserien. Tabell 3 visar med önskvärd tydlighet att ingen individuell period förslår att överskugga grundseriens residuala variation. Däremot är redan den markantaste perioden (S_3) utökad med (S_5) tillfyllest att förskjuta förhållandet mellan periodiska och residuala element till de förras förmån, d. v. s. $a_p : a_r > 1.0$. Vid kombinationer av större kategori ökar förhållandet yttermera för att vid (S_1—S_6) nå maximum, d. v. s. $a_p : a_r = 4.33$, vilket betyder att c. 88 % av grundseriens oscillation synes vara av periodiskt ursprung. Inför denna siffra är det emellertid skäl observera att synteskurvan för (S_1—S_6), vilken för övrigt överensstämmer

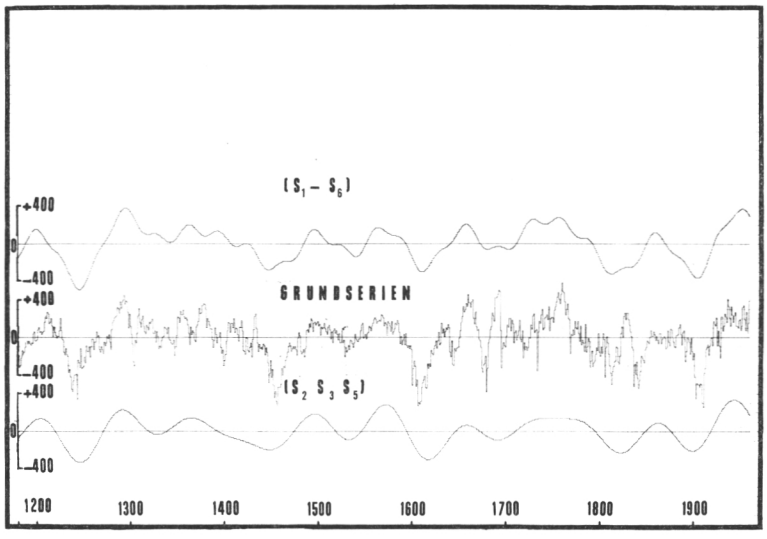


Fig. 14. Grundserien och de bägge synteskurvorna (S_1—S_6 och S_2, S_3, S_5).

med grundseriens fluktuationer på ett övertygande sätt (se fig. 14), är uppbyggd av inalles 18 parametrar, vilket sakförhållande givetvis är ägnat att i viss mån reducera dess bevisvärde. Å andra sidan är det av yttersta intresse att konstatera att denna synteskurva, trots dess 18 parametrar icke följer grundseriens fluktuationer efter skogsbränderna år 1643, 1675, 1733 och 1789. Ej heller har synteskurvan (S_1—S_6) anpassat sig efter tillväxtökningen strax efter år 1820, vars förefintlighet och orsaker härigenom verkar yttermera förbryllande.

Denna obenägenhet att notera tillfälliga störningar i radialtillväxtens fluktuation kan enligt förf:s mening knappast tolkas på annat sätt än att synteskurvan (S_1—S_6) de facto återspeglar en av skogshistoriska skeenden oberoende periodicitet. Det samma synes gälla den säkraste av samtliga kombinationer, nämligen synteskurvan (S_2, S_3, S_5), vilket med stor pregnans framgår av fig. 14 (s. 48). Visavi tidsavsnittet 1823—1834, för vilket även Mikola och Arnborg redovisar en positiv tillväxtfluktuation, men vilket Fellman beskriver som klimatiskt mindre gynnsamt, kan givetvis ingenting definitivt sägas i detta skede. Förutsatt att Fellmans iakttagelser är riktiga och synteskurvans negativa fluktuation klimatbetingad kan man som en möjlig förklaring tänka sig en temporär förbättring av de edafiska förhållandena. Markbränder som skulle ha nått samtliga insamlingslokaler kan dock knappast komma ifråga. Däremot är det tänkbart att de många skogsbränderna i slutet av 1700-talet gett upphov till ett så rikt björkinslag i tallskogarna att en frostmätarkatastrof av 1955 års dimensioner mycket väl kan ha lett till ett temporärt överutbud av markens närämnen även i av bränderna opåverkade talldominerade bestånd. Denna detalj tål emellertid ett närmare studium. De i fig. 14 inritade synteskurvornas överensstämmelse med grundserien synes i varje fall med undantag för ovannämnda störningar vara anmärkningsvärt god.

I ett tidigare avsnitt har sambandet mellan tillväxt och temperatur diskuterats. Genom att tillmäta olika klimatelement varierande tillväxtbefrämjande eller - hämmande betydelse kunde en provisorisk funktion uppställas för tillväxtens lineära beroende av vegetationsperiodens korrigerade klimateffekt (formel 17, s. 38). Denna formel resulterade i korrelationskoefficienter mellan tillväxtindex och temperaturvärden som översteg 0.80 i samtliga undersökta fall. Sommarens medeltemperatur jämte julitemperaturen visade sig härvidlag vara de betydelsefullaste klimatelementen.

Om man nu utgående från de erhållna sambanden utsträcker analysen av olika kausalsammanhang till en korrelationsanalys av förhållandet mellan synteskurvorna (S_2, S_3, S_5), (S_1—S_6) och temperaturkurvan för t. ex. Karesuando och årsringsindex erhålles följande intressanta resultat:

Tabell 11. Korrelationen mellan å ena sidan synteskurvorna (S_1—S_6) och (S_2, S_3, S_5) samt å andra sidan sommarens medeltemperaturer i Karesuando (1902—1960) och årsringsindex.

Synteskurva	Karesuando T_m	Årsringsindex
S_1—S_6	0.85±0.04	0.78±0.04
S_2, S_3, S_5	0.69±0.07	0.75±0.04

Tabellens siffervärden ger anledning till att antaga att de här presenterade synteskurvorna de facto indicerar temperaturklimatets utveckling under de gångna århundradena allt från år 1181 till 1960. Härmed har denna del av utredningens målsättning bragts till ett matematiskt relativt säkerställt slutresultat.

Vid tolkningen av kurvornas data bör det noteras att den meteorologiskt bestämda differensen av sommarens medeltemperatur mellan perioderna 1900—1910 och 1930—1940 är av storleksanordningen 2.7°C. Om medeltemperaturen för hela tidsperioden 1181—1960 betecknas med +11.0°C erhålles följande approximativa gränsvärden för tidigare fluktuationer: (Tabell 12).

Tabell 12. Approximativ jämförelse mellan de gångna seklens (1200—1960) dominerande medeltemperaturer (kursiverade).

Århundrade	Periodtyp	
	Köldperiod	Värmeperiod
	Medeltemperaturens amplituder	
1200—1300	+ *8.8*—+ *11.0*	+ 11.0—+ 12.5
1301—1400	+ 11.0—+ 11.2	+ *11.2*—+ *12.2*
1401—1500	+ *9.8*—+ *11.0*	+ 11.0—+ 11.5
1501—1600	+ 10.5—+ 11.0	+ *11.0*—+ *11.6*
1601—1700	+ *9.7*—+ *11.0*	+ 11.0—+ 11.7
1701—1800	+ 10.8—+ 11.0	+ *11.0*—+ *12.0*
1801—1900	+ *9.5*—+ *11.0*	+ 11.0—+ 11.5
1901—1960	+ 9.5—+ 11.0	+ *11.0*—+ *12.2*

Siffervärdena i tabellen verifierar med klar evidens den konklusion dateringen av reproduktionstidpunkterna ledde till, d. v. s. att de udda seklen varit i genomsnitt betydligt varmare än de jämna under perioden 1200—1960. Yttermera förklarar tabellen i förening med synteskurvan även en av orsakerna till den reducerade reproduktionen under de jämna seklen; medeltemperaturen synes blott i undantagsfall ha överskridit tröskeltemperaturen för fullständig frömognad +11.5°C. Tack vare tallens sekler överspännande livslängd har synbarligen inga större av reproduktionssvårigheter betingade skogsgränsförskjutningar likväl ägt rum.

Vid en detaljanalys av synteskurvan (S_1—S_6) framgår yttermera att paleobotanikernas datering av den yngsta tills dato identifierade rekurrensytan till c. år 1250 av fig. 14 att döma lyckats synnerligen väl. Här bör emellertid anmärkas att sambandet mellan t. ex. de klimatiska förhållandena i skogsgränsområdet och vid t. ex. 63—64 breddgraden där rekurrensytestudierna ägt rum ej är definitivt ådagalagd, ehuru s. k. klimatperiodiska superpositioner sannolikt återspeglas över t. o. m. mycket stora områden.

I den mån korrelationen mellan tillväxt och sommarens medeltemperatur å ena sidan och tillväxten och här presenterade synteskurva över den exogena periodiciteten å andra sidan visar sig förbli signifikativ även vid den förestående kontrollundersökningen kan denna delutredning anses ha fullföljt målsättningens yttersta avsikt, nämligen att på indikativ väg kartlägga temperaturförhållandena i skogsgränsområdet under tiden 1180—1960.

45. Prognos för temperaturklimatet under tiden 1960—2060

Inom skogsbruket spelar prognostiken en synnerligen framträdande roll. Långtidsplaneringen bygger på råvarubilanser, vilka baseras på hypotetiska antaganden om den framtida produktionen som i sin tur är beroende av det producerande virkesförrådet och dess ekologiska villkor. I de subarktiska skogsgränsområdena är temperaturklimatet i egenskap av minimifaktor den dominerande komponenten i den ekologiska konstellationen. Emedan relativt säkra samband kunnat konstateras mellan radialtillväxt, sommartemperatur och här presenterade synteskurvor infinner sig frågan om man ej kunde utnyttja de säkraste synteskurvorna för spaningsfärder in i framtiden.

Förutsatt att ovan presenterade synteskurvor (fig. 14, s. 48) de facto återspeglar det oscillerande temperaturklimatet bör det rent teoretiskt vara möjligt att förlänga deras sträckning utöver 1960 utan att validiteten reduceras. Detta experiment har utförts och resultatet föreligger i fig 15.

Enligt denna hypotetiska kurva har temperaturklimatets maximum passerats redan omkring år 1950 i skogsgränsområdet. Den sjunkande temperaturtrenden skulle vidare sjunka under medeltemperaturen omkring år 1975 och därefter oscillera med svaga utslag kring sitt medeltal. Den allmänna trenden indicerar m. a. o. en kännbar tillbakagång av skogs-

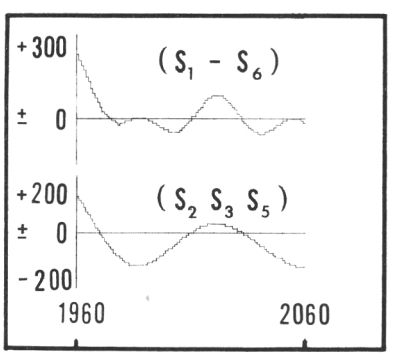


Fig. 15. Prognos för klimatutvecklingen under tiden 1960—2060.

gränsområdets reproduktionsbetingelser och tillväxtvillkor. I praktiken skulle nådatiden dock utgå först omkring år 1980 emedan de nuvarande beståndens vitalitet skulle motverka klimatförsämringen i någon mån och sålunda förorsaka en endogent betingad efterverkan, enligt de erfarenheter man i dag har om skogsträdens biologi.

5. Diskussion

Vid en diskussion av ovan relaterade resultat och prognoser infinner sig självmant frågan om deras allmängiltighet och överförbarhet på t. ex. sydligare förhållanden. Rent principiellt har denna aspekt tidigare dissekerats av Hustich (1948 a, b, 1952), och de av honom framförda synpunkterna på temperaturens avtagande och nederbördens tilltagande relativa betydelse som utslagsgivande tillväxtfaktor vid kontinuerligt sjunkande latitud äger fortfarande sin giltighet. Det nya inslaget skulle för denna utrednings vidkommande i första hand gälla den konstaterade periodicitetens applicerbarhet utöver undersökningsområdets gränser.

Med utgångspunkt från tillgängliga meteorologiska data och Mikolas indexserier för hela Finland är man tvungen att konstatera att tydliga paralleller mellan temperaturklimatets utveckling på 68—70. respektive 60—63. breddgraden nordlig latitud för tiden 1900—1950 kan dragas. Enligt Keränen 1942, 1943), Lysgaard (1949) har också södra Finlands sommartemperatur ökat något över 1.0°C under tiden 1900—1950. Mot denna bakgrund får periodiciteten en mera allmängiltig karaktär, även om dess exogena karaktär redan i och för sig utgör en viss garanti för mer än lokal betydelse. Den allmängiltiga periodicitetens praktiska konsekvenser är givetvis oöverskådliga, men följande exempel kan kanske i någon belysa frågans storleksordning.

Den i det föregående nämnda prognostiken spelar av tidigare relaterade skäl en framträdande roll inom modärnt skogsbruk. Prognosens natur har tidigare inneburit att den inkluderar ett okänt antal osäkerhetsmoment. I detta avseende har den skogliga praktiken redan hunnit skaffa sig rika erfarenheter. För att exemplifiera detta kan det antagas t. ex. att Finlands skogstillgångar inventerats åren 1912, 1932 och 1952. Den kort efter klimatdepressionen 1902—1911 utförda första inventeringen skulle säkert inte ha resulterat i direkt uppmuntrande tillväxtsiffror. Tjugo år senare hade situationen varit en annan och då hade även förutsättningar förelegat att utföra en relevant klimatkorrektion; möjligheterna att förutspå den framtida klimatutvecklingen hade däremot varit i stort sett lika små som

vid den första inventeringen. Slutligen hade den tredje inventeringen med stor sannolikhet uppvisat ännu fördelaktigare tillväxtsiffror än de tidigare inventeringarna. Ovan skildrade hypotetiska exempel har sin motsvarighet i verkligheten. De under professor Yrjö Ilvessalos sakkunniga ledning utförda riksskogstaxeringarna har ägt rum under 1900-talets klimatförbättring och de presenterade tillväxtresultaten har — till skogsbrukets stora lycka — överträffat t. o. m. de djärvaste förväntningar. Att en liten del av produktionsökningen kan tillskrivas den höjda skogsvårdsstandarden är icke helt uteslutet men den ojämförligt betydelsefullaste orsaken till den positiva utvecklingen kan med till visshet gränsande sannolikhet sökas i den gynnsamma klimatutvecklingen.

Den länge emotsedda förbättrade skogsvårdstekniken är emellertid numera ett ofrånkomligt krav på grund av att klimatutvecklingen på kort sikt ej längre — enligt prognosen — kan skyla fortsatta skogliga underlåtenhetssynder. Lyckligtvis kan effekten av t. o. m. långvariga temperaturdepressioner motverkas genom tillförsel av näringsämnen, d. v. s. genom gödsling av skogsmarken i verkligt stor skala.

Emedan klimatutvecklingen ej tills dato kunnat överblickas i tillräcklig utsträckning är det givetvis också självfallet att dess inverkan på t. ex. tillväxt- och produktionstabeller från olika tidpunkter i ännu mindre grad kunnat förutses. Om olika utgångsmaterial härstammar från mycket divergerande klimatiska perioder torde det vara ogörligt att undvika diskrepanser uttryckligen ifråga om tillväxtens taxatoriska karakteristikor. Såvida inga andra orsaker till inkommensurabilitet föreligger erhålles emellertid genom avsiktlig lokalisering till klimatiska maximi- och minimiperioder tillförlitliga gränsvärden för tillväxtens variation, vilket enligt förf:s mening vore ett synnerligen värdefullt resultat.

Med hänsyn till att Mikolas (1950) indexserier omspänner 200 år, vilket i det närmaste motsvarar våglängden för den längsta i denna utredning konstaterade säkra perioden (204 år) kan de receptivt utförda klimatkorrektioner som i Finland baserats på nämnda indexserier anses vara relativt kritiksäkra.

Bland andra intressanta med klimatfluktuationerna förknippade fenomen bör även den vid riksskogstaxeringarna befunna bonitetsförbättringen framhållas. En jämförelse av de enligt Cajander stabila skogstypernas frekvens visar nämligen att en betydande positiv förskjutning ägt rum under 30-årsperioden 1921—1951. Från annat håll föreligger t. o. m. exempel på lokaler som under 50 år genomgått metamorfosen ClT → CT → VT [1]). Från Lappland nämner Heikinheimo exempel på ClT som förvandlats till HMT. Det i skogstypsteorin förutsatta valet av sensibla bonitetsindikatorer motverkar m. a. o. teorins kategoriska imperativ om stånd-

[1]) Skogstypsbeteckningar enligt Cajander.

ortens bonitetsmässiga stabilitet. Den ekologisk-sosiologiska forskningslinje som E r k a m o (1956) utvecklat synes i detta avseende ha en angelägen uppgift att föra vidare.

Behovet av förbättrade förutsättningar för realistiska prognoser inskränker sig givetvis icke enbart till skogsbrukets produktionsforskning och skogshushållningens långtidsplanering. Också inom reproduktionsforskningen är behovet av t. ex. tillförlitliga prognoser för fröårens och gynnsamma skogsodlingsårs inträffande av vitalt intresse.

Hela problemet kan givetvis ses ur många synvinklar och vidare perspektiv än de skogliga; en alltför stor breddning av diskussionsbasen bryter emellertid ramen för detta förelöpande meddelande.

En utgångspunkt som i detta sammanhang inbjuder till särskilt intressanta tankeutflykter ligger i den konstaterade periodicitetens superpositoriska effekt. Av fig. 14 framgår att tillväxtdepressionen i medlet på 1200-talet förorsakas av att bl. a. de tre säkraste perioderna råkar samtidigt visa ett negativt oscillationsutslag, av synteskurvan (S_1—S_6) framgår yttermera att även för de övriga periodernas vidkommande inträffar åtminstone en partiell superposition. Den accumulerade effekten av en dylik samtidighet har av allt att döma haft så avgörande ekologiska konsekvenser, att dessa kunnat spåras i form av rekurrensytan från 1200-talet (jmfr. t. ex. G r a n l u n d 1932, F r o m m 1938, B r a n d t 1948).

Nu infinner sig emellertid frågan om denna negativa superpositions återupprepning. Under förutsättningen att det verkligen rör sig om en lagbunden exogen periodicitet kan frågan besvaras genom en enkel aritmetisk beräkning. Det gäller blott att söka ett närmevärde för den minsta gemensamma dividenden, d. v. s. det tidsavsnitt då s a m t l i g a perioder oscillerar s a m t i d i g t å t s a m m a håll. Som utgångspunkt för en dylik beräkning lämpar sig t. ex. 1250-talet ypperligt på, grund av dess markanta minimum. Ett approximativt överslag av situationen resulterar i följande multipler av de enskilda perioderna:

Tabell 13. Beräkning av superpositionerna för (S_2, S_3, S_5) och (S_1—S_6).

Periodtyp	Periodantal	λ	Σ år	Periodantal	λ	Σ år
S_1	—	—	—	50	33	1650
S_2	14	72	1008	23	72	1656
S_3	11	92	1012	18	92	1656
S_4	—	—	—	15	111	1650
S_5	5	204	1020	8	204	1632
(S_6)	—	—	—	(5	342	1710)
Approx. medeltal			*~ 1015*			*~ 1650*

Tabellens approximativa resultat skulle tyda på att relativt starka depressioner skulle uppträda med c. 1015 års intervall medan en superposition av samtliga perioder skulle inträffa med c. 1650-års intervall. Dessa negativa oscillationsutslag föregås och följes av motsvarande positiva utslag, vilka likväl är av mera dämpad art.

Vid en direkt jämförelse med den paleobotaniskt och kvartärgeologiskt bestämda klimatutvecklingen efter istiden finner man att klimatiska maximi- och minimiperioder avlöst varandra enligt en av Aario (1943) föreslagen intervall på c. 800 år. Om man utgår ifrån att inalles 13 klimatiska maxima kunnat konstateras sedan istidens slut och approximerar det ifrågavarande tidsavsnittet till c. 10 000 år, erhålles en medelintervall på c. 833 år. Detta tal avviker icke nämnvärt från halva intervallen (S_1—S_6). Detta skulle innebära att Aario beräknat denna medelintervall bättre än vad förf. lyckades åstadkomma vid en tidigare preliminär uppskattning (jmfr. Sirén 1961).

Den paleobotaniska forskningen har yttermera ådagalagt att ungefär varannan värmeperiod varit av typen högvärmeperiod. Motsvarande superpositoriska depression skulle följaktligen återupprepas med c. 1600—1700 års intervall ($2 \times 833 = 1666$). Denna beräkning korresponderar väl med här presenterade c. 1650 års intervall mellan de markantaste depressionerna.

Man kan givetvis resa kritik mot beräkningssättet och superpositionernas hypotetiska effekt. På basen vad som tidigare framhållits om förhållandet mellan här undersökta indexserie och den erhållna synteskurvan å ena sidan och å andra sidan temperaturklimatet under tiden 1900—1960 då ett relativt markerat maximum föregicks av ett minst lika markant minimum, vilka vardera dessutom kunnat dokumenteras medelst meteorologiska data, kan man emellertid fråga sig om icke de positiva indicierna överväger. På basen av ovan relaterade samband är det i varje fall möjligt att uppställa sannolika temperaturvärden för tidsavsnitt, vilka ohjälpligt ligger utom räckhåll för exakta meteorologiska observationer.

Om den genomsnittliga temperaturdifferensen, 2.7°C, mellan minimi- och maximiåren 1900—1960 kan antagas vara en riktig måttstock erhålles en maximal differens på 4.4°C mellan samtliga perioders superpositoriska maxima och minima. Om yttermera medeltemperaturen under 1181—1960 kan antagas ha varit 11.0°C, innebär de respektive klimatfluktuationerna följande (tab. 14):

Tabellen utvisar för 1900-talets minimum att den effektiva temperatursumman i stort sett överensstämmer med de värden Lunelund (1942, s. 8—9) presenterat för skogsgränstrakter under ungefär samma tidsperiod. En jämförelse med Keränen och Korhonens värden (1951, s. 98) för den genomsnittliga temperatursumman visar i full överensstämmelse med tidigare erfarenheter om temperaturfluktuationerna att »köldperiodens» effektiva temperatursumma ligger klart under medeltalet.

Tabell 14. Jämförelse av vegetationsperiodens längd, medeltemperatur och dess effektiva temperatursumma under »köld»- och »värme»-perioder åren 1900—1960 samt under de teoretiskt möjliga superpositoriska minimi- och maximiperioderna.

	»Köldperioden» 1900—1910	»Värmeperioden» 1940—1950	Den teoretiska minimiperioden	Den teoretiska maximiperioden
Minimiperiodens medeltemp. under juni—aug. °C	c. 9.5		c. 8.8	
Vegetationsperiodens längd, dygn	c. 90		c. 80	
Effektiv temperatursumma, enheter	c. 400		c. 300	
Maximumperiodens medeltemp. under juni—aug. °C		c. 12.2		c. 13.2
Vegetationsperiodens längd, dygn		c. 120		c. 130
Effektiv temperatursumma, enheter		c. 800		c. 1000—1100

Det teoretiska tänkbara superpositoriska minimat, vilket f. ö. kan ha uppträtt med c. 1650 års intervall och senast c. år 1250, uppvisar en temperatursumma som med säkerhet omöjliggjort all generativ förökning och dessutom med stor sannolikhet kringskurit plantbeståndens möjligheter till fortbestånd.

Det faktum, att en relativt obetydlig stegring av medeltemperaturen ökar t. o. m. trefaldigt den effektiva temperatursumman (beräknad enligt Keränen 1942, s. 141), medför givetvis sådana förändringar i den ekologiska konstellationen att dess konsekvenser knappast kan överdimensioneras. En effektiv värmesumma på c. 1 000—1 100°C motsvarar i stort sett förhållandena i mellersta Finland i detta nu. Varmare än så har klimatet vid skogsgränsen knappast varit under tiden efter den sista nedisningen (jmfr. Auer 1927, Enquist 1929, Hyyppä 1936 och Aario 1940). Enligt Andersson (1909, s. 65) har vegetationsperiodens maximala medeltemperatur under postglacial tid icke överstigit den dåvarande medeltemperaturen (alltså år 1909) med mera än c. 2.5°C.

Frånsett eventuellt förekommande andra temperaturklimatiska fenomen skulle ovanrelaterade periodicitet åtminstone delvis förklara den av paleobotaniker och kvartärgeologer konstaterade cykliciteten och dess konsekvenser på ett enkelt men likväl plausibelt sätt.

* * *

Detta meddelande om skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra Fennoskandien måste av olika orsaker betraktas som en första orientering i ämnet. Det till budsstående materialet har ej i sin helhet kunnat bearbetas och av de serialanalysmetoder som den avancerade statistiken kan acceptera i detta nu har endast det av Kendall utarbetade förfaringssättet prövats. Likaså har sambandet mellan olika klimatelement och tillväxten kartlagts medelst provisoriska funktioner för klimateffekten. Att

utredningen trots dessa brister lett till överraskande signifikanta samband mellan empiriska och syntetiska värden utvisar emellertid att utgångsmaterialet med stor sannolikhet varit tillförlitligt och tillräckligt stort och att den tillämpade metodiken varit av tillfredsställande art.

Den kontrollmöjlighet det icke bearbetade materialet erbjuder kommer vid första tillfälle att utnyttjas. Detta innebär att de erhållna resultatens giltighet kan verifieras redan innan den instrumentella meteorologin fäller sitt definitiva utlåtande över den del av utredningen, som siktar på en kartläggning av den framtida klimatutvecklingen.

7. Litteraturförteckning

Aandstad, S. 1934. Untersuchungen über das Dickenwachstum der Kiefer in Solør. — Nytt Mag. f. Naturv. 74.

Aario, L. 1940. Waldgrenzen und subrezenten Pollenspektren in Petsamo Lappland. — Ann. Acad. Sc. Fenn. A. 54.

—»— 1943. Über die Wald- und Klimaentwicklung an der lappländischen Eismeerküste in Petsamo, mit einem Beitrag zur nord- und mitteleuropäischen Klimageschicte. Suomenkielinen selostus: Metsien ja ilmaston kehitys Petsamossa sekä lisäys Pohjois- ja Keski-Euroopan ilmaston kehityshistoriaan. — Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. »Vanamo» 19: 1.

—»— 1944. Piirteitä jääkauden jälkeisestä ilmaston kehityksestä ja sen vaikutuksesta kulttuurihistoriaan. Referat: Über die postglaziale Klimaentwicklung und ihren Einfluss auf die Kulturgeschichte. — Terra 56.

Ahlmann, H. W:son. 1939. The present climatic fluctuation. — Geogr. Journ. 112, s. 165—195. London.

—»— 1947. Den nutida klimatfluktuationen och dess utforskande. — Norsk Geogr. Tidskr. 11, s. 290—326.

Andersson, Gunnar. 1909. The climate of Sweden in the late-quarternary period. Facts and theories. — Sveriges Geol. Undersökn. C: 218, s. 1—88.

Andrejew, V. N. 1954. Trädvegetationens utbredning på tundran och dess beroende av planterade skogars skyddande egenskaper. — Orig. på ryska.

Antevs, E. 1927. Trädtillväxt och klimat i historisk tid. — Ymer 47, s. 321—336.

Arnborg, Tore. 1956. Mark och vegetation inom Bensjöområdet samt några synpunkter på trädslagsvalet. Summary: Soil and vegetation in the Bensjö forest (south Jämtland, Sweden) and some conclusions regarding the choice of tree species for reforestation. — Medd. nr 83 fr. Sällsk. f. prakt. skogsförädl. Uppsala.

Auer, Väinö. 1927. Untersuchungen über die Waldgrenzen und Torfböden in Lappland. — Comm. Inst. Quaest. Forest. Finl. 12 : 4.

Bathen, R. 1925. Skogstillstanden i Troms. — Tidskrift för Skogbruk, s. 532—535.

—»— 1935. Vore polare furuskoger. — Ibid., s. 75—83.

Brandt, A. 1948. Über die Entwicklung der Moore in Küstengebiet von Süd-Pohjanmaa am Bottnischen Meerbusen. Suomenkielinen selostus: Etelä-Pohjanmaan rannikkoseudun soiden kehityksestä. — Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. »Vanamo», 23 : 4.

Brückner, Eduard. 1890. Klimaschwankungen seit 1700 nebst Bemerkungen über die Klimaschwankungen der Diluvialzeit. — Geogr. Abh. 4: 2, s. 1—324. Wien.

Cajander, A. K. 1916. Metsänhoidon perusteet I. Porvoo.

Dobbs, C. G. 1951. A study of growth in trees. — Forestry 24, s. 22—35.

Douglass, A. E. 1919. Climatic cycles and tree growth. A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity. — Carnegie Inst. Wash. Publ. 289: 1.

Eide, E. 1923. Om temperaturmaalning og frøsaetning i Nord-Norges furuskoger 1920. — Medd. fra det Norske Skogf.-vesen H. 7.

—»— 1926. Om sommarvarmens inflydelse på årringsbredden. (Referat: Über Sommertemperatur und Dickenwachstum im Fichtenwald.). — Ibid. 2, s. 87—104.

Eide, E. 1932. Furuens vekst og foryngelse i Finnmark. — Ibid. 4, s. 329—430.

Eidem, Per. 1943. Über Schwankungen im Dickenwachstum der Fichte (Picea abies) in Selbu, Norwegen. — Nytt Mag. Naturv. 83, s. 145—189.

Eklund, Bo. 1944. Ett försök att numeriskt fastställa klimatets inflytande på tallens och granens radietillväxt vid de båda finska riksskogstaxeringarna. — Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr. s. 193—226.

—»— 1949. Skogsforskningsinstitutets årsringsmätningsmaskiner. — Medd. fr. Stat. Skogsforskn.-inst. 38: 5.

—»— 1954. Årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige åren 1900—1944. — Ibid. 44: 5.

Eneroth, Olof. 1931. Om skogstyper och föryngringsförhållanden inom Lappmarken. — Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr. s. 113—182.

Enquist, Fr. 1924. Sambandet mellan klimat och växtgränser. — Geol. För. Stockholm Förh. 46, s. 202—211.

—»— 1929. Studier över samtidiga växlingar i klimat och växtlighet. (Summary: Studies of contemporary changes in climate and vegetation.). — Svensk. Geogr. Årsbok, s. 7—50.

—»— 1933. Trädgränsundersökningar. (Referat: Baumgrenzuntersuchungen.). — Sv. Skogsvårdsför. Tidskr. s. 145—214.

Eriksson. Gunnar L. 1942. Untersuchung der Periodizitäten der Wasserstände und der abfliessenden Wassermengen von Norslund am Dalelf. — Stat. Met.-Hydr. Anst., Medd., Serien Uppsatser No 39.

Erkamo, V. 1952. The Finnish bibliography of the recent climatic changes and their consequences. — Fennia 75, s. 118—128.

—»— 1956. Untersuchungen über die Pflanzenbiologischen und einige andere Folgeerscheinungen der neuzeitlichen Klimaschwankung in Finnland. — Ann. Bot. Soc. Zool. Bot. Fenn. »Vanamo» 28: 3.

Erlandsson, Stellan. 1936. Dendro-chronological studies. — Data 23, s. 1—119. Uppsala.

Fellman, Jacob. 1906. Anteckningar under min vistelse i Lappmarken I—IV. Helsingfors.

Fries, Thore E. 1918. Några kritiska synpunkter på skogsgränsproblemet. — Sv. Bot. Tidskr. Bd. 12.

Fritts, Harold C. 1961. Recent advances in dendrocronology in America with reference to the significance of climatic change. — Unesco/WMO symposium on changes of climate with special reference to arid zones. Rome.

Fromm, E. 1938. Geochronologisch datierte Pollendiagramme und Diatomeenanalysen aus Ångermanland. — Geol. Fören. Förh. 60, s. 365—381.

Glock, Waldo S. 1955. Growth Rings and Climate. — The Botanical Review N:os 1—3.

Granlund, Erik. 1932. De svenska högmossarnas geologi. Deutsches Referat: Die Geologie der schwedischen Hochmoore. — Sverig. Geol. Unders., C 373, s. 1—193.

Grenander, Ulf & Rosenblatt, Murray. 1957. Statistical analysis of stationary time series. — New York. Stockholm.

Griggs, R. F. 1934. The edge of the forest in Alaska and the reasons for its position. — Ecology 15, s. 80—96.

—»— 1937. Timberline as indicators of climatic trends. — Science 85, s. 251—255.

Hagem, Oscar. 1917. Furuens og granens frøsaetning i Norge. — Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstat. 2, s. 1—188.

Heikinheimo, Olli. 1921. Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. Referat: Die Waldgrenzwälder Finnlands und ihre künftige Nutzung. — Comm. Inst. Quaest. Finl. 4: 2.

Hesselman, Henrik. 1904. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarne 1900—1903. Resumé: Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903. — Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 1, s. 25—43.

Hustich, Ilmari. 1940. Tallstudier sommaren 1939 i Enare och Utsjoki. — Acta Soc. pro F. Fl. Fenn. 62: 6.

—»— 1941. Tallens tjocklekstillväxt som klimatisk indikator. Summary: The radial growth of pine as climatical measure. — Terra 53.

—»— 1943. De årliga variationerna i tillväxtföreteelser och skördevärden i Lappland. Summary: The annual variations in the growth and crop values in Lappland. — Geogr. Ann. s. 105—115.

—»— und Elfving, G. 1944. Die Radialzuwachs variationen der Waldgrenzkiefer. — Soc. Scient. Fenn. Comm. Biol. 9 : 8.

—»— 1945. The radial growth of the pine at the forest limit and its dependence on the climate. — Comm. Biol. Soc. Scient. Fenn. 9: 11.

—»— 1948 a. The Scots pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. — Acta Bot. Fenn. 42, s. 1—75.

—»— 1948 b. Trädens tillväxt i söder och norr i relation till den senaste klimatfluktuationen. Summary: Tree growth and climatic fluctuations. — Terra 60.

—»— 1949. On the correlation between growth and the recent climatic fluctuation. — Geogr. Ann. s. 90—105.

—»— 1952 a. Concluding remarks. — The recent climatic fluctuation in Finland and its consequences. A symposium. Fennia 75.

—»— 1952 b. Barrträdsarternas polara gräns på norra halvklotet. Comm. Inst. Forest. Fenn. 40 ; 29.

—»— 1956 a. Notes on the growth of Scots Pine in Utsjoki in northernmost Finland. — Acta Bot. Fenn. 56.

—»—1956 b. Correlation of tree-ruig chronologies of Alaska, Labrador and Northern Europe. — Acta Geogr. 15 : 3.

Hyyppä, Esa. 1933. Über die spätqvartäre Entwicklung Nord-Finnlands mit Ergänzungen zur Kenntnis des spätglazialen Klimas. — Geol. komm. Finl. 115.

Jensen, Ad. S. 1939. Concerning a change of climate during recent decades in the arctic and subarctic regions, from Greenland in the West to Eurasia in the East, and contemporary biological and geophysical changes. — Biol. Medd. K. Danske Vid. Selsk. 14 : 8.

Jurva, Risto. 1952. On the variations and changes of freezing in the Baltic during the last 120 years. — Fennia 75, s. 17—24.

Kendall, Maurice G. 1955. The advanced theory of statistics. Vol. II. Third edition. London.

Keränen, J. 1942. Lämpötalous ja lämpötila maatalousilmastollisina tekijöinä Suomessa. — Terra 54: 1—2.

—»— 1943. (1944). Lämpötilan muutoksista Suomessa ja Pohjois-Euroopassa viime sadan vuoden aikana. (Über die Temperaturschwankungen in Finnland und Nordeuropa in den letzten hundert Jahren.). — Suomal. Tiedeakat. Esit. ja Pöytäk. 1941, s. 35—56.

—»— 1952. On temperature changes in Finland during the last hundred years. — Fennia 75, s. 5—16.

Keränen, J. & Korhonen, V. V. 1951. Suomen maantieteen käsikirja. 9. Ilmasto. 2. painos. Helsinki.

Kincer, J. B. 1946. Our changing climate. — Transact. Amer. Geophys. Un. 27, s. 342—347.

Kortüm, Fr. 1955. Klimaschwankungen der Gegenwart. — Archiv für Forstwesen. Bd. 4. Berlin.

Kujala, Viljo. 1927 Untersuchungen über den Bau und die Keimfähigkeit von Kiefern- und Fichtensamen in Finnland. — Tutkimuksia männyn- ja kuusensiemenen rakenteesta ja itäväisyydestä Suomessa. — Comm. Inst. Quaest. Forest. Finl. 12:5.

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.

Langlet, Olof. 1929. Till frågan om sambandet mellan temperatur och växtgränser. — Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. H. 28.

—»— 1936. Studier över tallens fysiologiska variabilitet och dess samband med klimatet. — Ibid. H. 29.

Lehto, Jaakko. 1948. Tutkimus mäntysiemenpuiden kehityksestä. — Stencil i inst. för skogsskötsel vid Helsingfors Universitet.

Liljequist, G. H. 1950. On fluctuations of the summer mean temperature in Sweden. — Medd. Sveriges Met. Hydr. Inst., Ser. B: 7, s. 1—24.

Lockyer, J. Norman. 1874. Contributions to solar physics. London.

Lundegårdh, Henrik. 1950. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena.

Lunelund, Harald. 1942. Verteilung einiger Klimaelemente in Finnland. — Comm. Phys. — Math. Soc. Sc. Fenn. 11 : 10, 1943.

Lysgaard, Leo. 1949. Recent climatic fluctuations. — Folia Geogr. Dan. 5.

Manley, Gordon. 1944. Some recent contributions to the Study of climatic change. — Quart. Journ. Roy. Mat. Soc. 70, s. 197—219.

Melander, K. R. & G. 1924. Katovuosista Suomessa. (Om nödår i Finland). — Oma Maa V, s. 350—359. Porvoo.

Melechow, I. S. 1954. Forstpyrologins grunder. Leningrad. Orig. på ryska.

Mikola, Peitsa. 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. Summary: On variations in tree growth and their significance to growth studies. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 38: 5.

—»— 1952. Havumetsien viimeaikaisesta kehityksestä metsänrajaseudulla. Summary: On the recent development of coniferous forests in the timberline region of Northern Finland. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40: 2.

Mikola, Peitsa. 1959. Metsänviljelyn mahdollisuuksista pohjoisella metsänrajalla. — Metsätal. Aikakausl. No 11.

Mork, Elias 1941. Om Sambandet mellom temperatur og vekst. Undersøkelser av de daglige variasjoner i granens högdetilvekst. Medd. fra Det Norske Skogf.-vesen. Bd. 8.

—»— 1957. Om frøkvalitet og frøproduksjon hos furu i Hirkjølen. Summary: Seed quality and seed production for Scots Pine at Hirkjølen. Ibid. Bd. 14.

Nordfors, Georg A, 1928. Fjällskogens och exponerade skogars föryngringsmöjligheter med särskild hänsyn till det producerade fröets grobarhet under extrema klimatförhållanden. — Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., s. 105—163, 222—286.

Nordström, Lennart. 1953. Vår försörjning med tallfrö med särskild hänsyn till Norrlands höjdlägen. N. S. T. I. Stockholm.

Nyyssönen, Aarne. 1951. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. Summary: On tree growth and its ascertainment in selectively cut scots pine stands. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40.

Näslund, Manfred. 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. — Medd. fr. Stat. Skogsförsöksinst. 33: 1.

Ording, Asbjörn. 1941. Årringanalyser på gran og furu. — Medd. fra det Norske Skogf.-vesen No 25.

Pjavtjenko, N. I. 1952. Om vegetationsregionernas förskjutningar i Öst-Europa och i Västra Sibiriens norra delar. — Vet. Akad. USSR medd. (XXXIV, I). Orig. på ryska.

Polster, Hans. 1950. Die fysiologischen Grundlagen der Stofferzeugung im Walde. Untersuchungen über Assimilation, Respiration und Transpiration unserer Hauptholzarten. — München.

Regel, Constantin. 1950. Dynamik von Klima und Pflanzendecke in Nordeuropa. — Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel in Zürich 1949, 11—23.

Renvall, August. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. Acta Forest. Fenn. 1.

—»— 1914. Ein Beitrag zur Kenntnis der sog. partiellen Variabilität der Kiefer. — Ibid. 3: 2.

—»— 1919. Suojametsäkysymyksestä I. — Ibid. 11 : 1.

—»— 1923. Beobachtungen über die Exzentrizität des lappländischen Kiefernstammes. — Ibid. 26: 4.

Ruden, Tollef. 1934. Fra våre nordligste skogar. — Tidsskr. f. Skogbruk 42, s. 310—315.

—»— 1949. Trekk fra Nord-Norges skogar. — Det Norske skogselskap 1898—1948. II, s. 224—241.

Sarvas, R. 1950. Effect of light on the germination of forest tree seeds. Oikos. Vol. 2. Fasc. 1. Copenhagen.

Scherhag, R. 1939. Die Erwärmung des Polargebiets. — Ann. Hydr. u. Marit. Met. 67, s. 57—67.

Schove, D. Justin. 1954. Summer temperatures and tree-rings in North-Scandinavia A. D. 1461—1950. — Geogr. Ann. 36, s. 40—80.

Schreiber, Paul. 1896. Vier Abhandlungen über Periodizität des Niederschlages, theoretische Meteorologie und Gewitterregen. Leipzig.

Simojoki, H. 1960. Climatic change and long series of ice observations at lake Kallavesi. — Publication No 54 of the I. A. S. H.

Sirén, Gustaf. 1952. Hakkuun vaikutuksesta kuusipuun rakenteeseen korpimailla. Summary: On the effect of releasing cutting upon wood structure of spruce on peat-moors. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40.

—»— 1955. The development of spruce forest on raw humus sites in northern Finland and its ecology. — Acta Forest. Fenn. 62.

—»— 1958. Lapin suojametsäkysymyksestä. — Stencil i Skogsbiblioteket Helsingfors.

—»— 1960. Suojametsätutkimuksen nykyvaiheita ja sen tulevia suuntaviivoja. — Metsätal. Aikakausl. N:o 3. Helsinki.

—»— 1961. Taka-Lapin metsien historiasta ja ilmastosta historiallisena aikana. Synopsis: On the history and climate of forest in Northern Lappland during the historical time. — Lapin Tutkimusseuran Vuosikirja II.

Stålfelt, M. G. 1960. Temperatur. — Encyclopedia of plant physiology. Berlin — Göttingen — Heidelberg. s. 100—117.

Tikhomirov, B. A. 1953. Tundrans skogslöshet och dess besegrande. — Bot. Journ. 4. Orig. på ryska.

—»— Om den polara och alpina skogsgränsen i Eurasien. — USSR Botanik. Orig. på ryska.

Tjulina, L. N. 1937. Skogsvegetationen och dess nordgräns i Hatang-distriktet. — Transact. Arkt. Inst. 63. Orig. på ryska.

Wagner, A. 1940. Klimaänderungen und Klimaschwankungen. — Die Wissenhaft 92, s. 1—221.

Wallen, C. C. & Ahlmann, H. W:son. 1954. Some recent studies in Sweden on the present climatic fluctuation. — Arch. Met., Geoph. u. Bioklim., B 6, s. 7—21.

Wibeck, Edward. 1929. Till frågan om sambandet mellan en orts värmeklimat och härdigheten hos dess tallvegetation. — Norrl. Skogsvårdsförb. Tidskr., s. 231—258, 324—372.

Willett, H. C. 1950. Temperature trends of the past century. — Cent. Proc. Roy. Met. Soc., s. 195—206.

Ångström, A. 1941. Principiella synpunkter på undersökningar över klimatets förändring med tillämpning på det svenska klimatet. Summary: Some points of principle as regards researches on climatic variations. — Geogr. Ann. 23.

Östman, C. J. & Henrikson, H. 1942. Om köld och is i nyare och äldre tid. — Ymer 62, s. 27—38.

8. Summary

This preliminary communication on forest limit pine as an indicator of climatic fluctuations in Fennoscandia in historic times is based on annual ring series from living trees over 400 years of age, standing trees that are dead and barkless, and charcoal stumps dated by the fire scars as deriving from ancient living trees, the oldest from around 1150. The individual primary series were standardised according to formula 1 (p. 19), following which the samples were distributed by age and collection site and the mean was calculated for each of these groups. The group means were connected in turn to a final base series which covered the period 1181—1960. A serial analysis was then performed according to Kendall (1955).

The investigation included the charting of the reproduction times of forest limit pine, the variation of radial growth inclusive of causality, and the possible periodicity. The principal results were as follows.

It appears from the inventory of the reproduction times that

— climatic conditions permitted reproduction at least 3—4 times per century;

— catastrophes disturbing or wiping out reproduction had a local effect only, except for the outermost forest limit where especially fire had a catastrophic effect on the pine stands;

— the climate has been favourable during the odd centuries, which would suggest the existence of a c. 200-year climatic cycle.

The connection between climate and radial growth was clarified by comparing radial growth with various climatic elements. For lack of time, no complete regression analysis has been performed so far, and provisional formulae (p. 38) had to suffice. The best of these gave correlation coefficients > 0.80. The most important appeared to be the mean temperature of June—August adjusted for various elements, especially the mean temperature of July and the preceding summer, and the so-called »lag» effect (cf. Hustich, 1945) of the temperature conditions of the preceding ten periods of growth. The role of precipitation seems to have been quite insignificant in the forest limit area, whereas flowering, cone formation and seed ripening seem to have exerted a pronounced growth-reducing effect.

Compiled from standardised and grouped annual ring series, the *base series* extends from 1181 to 1960 and does not permit comparison with the oldest periods of time in series published earlier. The occurrence between the above base series and the short index series published earlier was, however, remarkably good — the correlation coefficient between Mikola's 1750—1949 series and the comparable period of the base series is 0.92 ± 0.01 — and thus it seems permissible to assume that the base series is reliable, even those parts for which comparative material is lacking. It should be pointed out here that the material treated in a data-processing machine in this report was only about one-fourth of the material collected and accepted. Its further treatment should provide a good control.

The periodicity of radial growth was studied by Kendall's technique (1955). The correlogram (p. 21) calculated from the base series indicated harmonious elements in the base series, and a total of six periods rose over the confidence limit $9E(S^2)$ in the periodogram constructed.

Combination of the cyclical components obtained with alternative synthesis curves gave a number of different values for the relation between the periodic and non-periodic elements in the base series; the harmonious elements proved in the best case to dominate the base series in the ratio 4.33 : 1. The synthesis curves (Fig. 14, p. 48) also showed good agreement with the base series. The last paleobotanically determined recurrence surface from around 1250 emerges in both the base series and the synthesis curves in the form of a pronounced negative superposition. Hence the length of the growing season, mean temperature and effective sum of temperatures during 1900—1960 were collated. The results obtained were then applied to the superpositional maximum and minimum periods of the synthesis curve (cf. Table 14, p. 57). The result shows that earlier forest limit fluctuations can be assumed to have been at least partly caused by the externally influenced changes in the ecological constellation indicated by the synthesis curve. The prognosis for 1960—2060 points to a marked deterioration of climate right up to c. 1975, whereafter a weak oscillation around the mean will follow.

Finally, the variations in growth due to climatic fluctuations and their significance for growth dynamics, production studies, raw material balances and silvicultural programme are discussed.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERERBUNG DER BLATTFORM BEI EINIGEN IN PARKEN GEZOGENEN SCHLITZBLÄTTRIGEN BIRKEN

SAKARI SAARNIJOKI

TUTKIMUKSIA ERÄIDEN PUISTOISSA VILJELTYJEN LIUSKALEHTISTEN KOIVUJEN LEHTIMUODON PERIYTYMISESTÄ

SELOSTUS

HELSINKI 1961

Helsinki 1961. Valtioneuvoston kirjapaino

Vorwort

Vorliegende Untersuchung schliesst sich an meine früheren Arbeiten über die als Faktorenmutation auftretende Schlitzblättrigkeit vorwiegend bei *Betula* und *Alnus* an. Die Untersuchungen wurden grösstenteils in den Jahren 1957—60 ausgeführt. Da die Ergebnisse genetischer Ermittlungen zumal in betreff der Holzarten im allgemeinen erst nach Jahren oder sogar Jahrzehnten endgültig feststellbar sind, eignet sich nun die Schlitzblättrigkeit ausserordentlich gut für solche Untersuchungen, vor allem weil sich ja die Wirkung dieses Erbfaktors im Blatt äussert und dadurch schon im Keimlingsalter des Baumes der unmittelbaren Beobachtung zugänglich ist. Nur dadurch ist es möglich gewesen, auch im vorliegenden Zusammenhang schon an die genetisch entscheidende F_2-Generation heranzukommen.

Während der Arbeit ist mir von verschiedener Seite grösste Hilfsbereitschaft erwiesen worden. Besonders dankbar bin ich meinem Vorgesetzten an der Forstlichen Forschungsanstalt, Herrn Professor Dr. Viljo Kujala, sowie Herrn Professor Dr. Esko Suomalainen, Chef des Genetischen Instituts der Universität Helsinki, für die Freundlichkeit, das Manuskript zu überprüfen, sowie für die Erteilung so manchen wertvollen Rates. Ebenso danke ich den Funktionären der Stadt Helsinki und der evangelisch-lutherischen Stadtgemeinden für die liebenswürdige Erlaubnis, die nötigen Bestäubungsversuche in den Parkanlagen des Stadtgebietes auszuführen.

Bei der Bearbeitung des Materials sowie der Ergebnisse für den Druck haben mir Fräulein Hellin Honka und Frau Elli Suniala gewissenhaft geholfen. Für die Übertragung des Manuskriptes ins Deutsche bin ich Herrn Herbert Edelmann dankbar. Weiter will ich dankend erwähnen, dass mir für die Untersuchung von der Staatlichen Naturwissenschaftlichen Kommission ein Stipendium zur Verfügung gestellt wurde.

Helsinki, den 12. November 1961.

Sakari Saarnijoki

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5
Die schlitzblättrigen Elternbäume und deren Beziehungen zu den kultivierten Klonen	6
Die Abkömmlinge der schlitzblättrigen Birken in der F_1-Generation	23
Die Sämlingskulturen der F_2-Generation	33
Besprechung der Ergebnisse	42
Die Ergebnisse im Lichte einiger Rückkreuzungen	50
Rückblick	64
Literaturverzeichnis	66
Selostus	68

Einleitung

Im Pflanzgarten der Forstlichen Forschungsanstalt im Versuchsrevier Ruotsinkylä in U[1]: Tuusula wurde im Frühjahr 1933 neben anderem Samenmaterial auch eine kleine Portion Birkenfrüchte ausgesät, die Oberforstmeister A. Sandman im Jahr zuvor an einigen schlitzblättrigen Birken im Salakkalahti-Park von EK: Viipuri eingesammelt hatte. Diese Saat ergab etwa 200 Pflanzen, die indessen wenigstens anfangs durchaus normalblättrig wirkten (vgl. Saarnijoki 1946, p. 17). Als bei diesen länger als gewöhnlich im Pflanzgarten belassenen jungen Birken auch später nichts Besonderes zu bemerken war, abgesehen vielleicht von einer gewissen Tendenz zur Hängeästigkeit, wurden die Bäume laut Bericht von Förster V. M. Vestala vorwiegend für Zierzwecke zurückbehalten. In diesem Sinne wurde eine Anzahl von ihnen auch zum Versuchsrevier ES: Punkaharju übergeführt.

Als die Ergebnisse meiner im Frühjahr 1937 und 1939 an schlitzblättrigen Birken und Erlen durchgeführten Kreuzungsversuche — es lag allerdings erst nur die F_2-Generation vor — in die Richtung zu weisen begannen, dass die Schlitzblättrigkeit bei diesen Holzarten rezessiv wäre, beschloss man i. J. 1943, als es im Pflanzgarten zu Ruotsinkylä noch etwa 40 von den ebengenannten Birken gab, diesen Rest für genetische Versuche zu belassen. Die damals also etwa 10jährigen und schon 1.5—2.5 m hohen jungen Bäume wurden darum aus dem Pflanzgarten entfernt und in Abständen von etwa 4 × 4 m in zwei getrennt stehende, etwa gleich grosse Gruppen verpflanzt.

Im Sommer 1955 (vgl. Saarnijoki 1956, p. 23) erhielt Arbeitsleiter Martti Huju in Punkaharju aus den Samen von 6 der dorthin verpflanzten und nun in einer Allee stehenden normalblättrigen Bäume neben normalblättrigen Keimlingen auch solche mit geschlitzten Blättern. Und seit 1956 haben auch in Ruotsinkylä einige Bäume der zwei ebenerwähnten Baumgruppen zu blühen begonnen und im Saatversuch gleichfalls schlitzblättrige Keimlinge geliefert. Bei genauerer Einsicht in die Pflanzgartenformulare ist aber hervorgegangen, dass die genannten Alleebäume gar nicht

[1] Bezüglich der hier zur leichteren Orientierung mitgegebenen Namenabkürzungen der naturhistorischen Provinzen siehe Hiitonen (1933) und die Jahrgänge des Archivum Societatis Zoologicae Botanicae Fennicae »Vanamo», Helsinki.

Abkömmlinge der Viipuri-Birken waren, sondern aus ungefähr gleichzeitig in Punkaharju ausgesäten Samen einiger in den Parkanlagen der Stadt Pietarsaari (KP) stehender schlitzblättriger Birken hervorgegangen waren.

Dadurch hat sich also die Gelegenheit ergeben, an zwei Orten an die genetisch entscheidende F_2-Generation heranzukommen. Allerdings hat man es zum überwiegenden Teil mit unkontrollierten Naturbestäubungen zu tun. Da es aber im Schrifttum nur wenige Angaben über die Vererbungsverhältnisse der Birke sowie der Hölzer überhaupt gibt, ist es allein schon deshalb angemessen erschienen, das jetzt gehäufte Material vorzulegen. Einen weiteren Grund bildet der Umstand, dass sich die in Rede stehenden Bäume auch hinsichtlich ihrer genetischen Konstitution als verschieden im Vergleich zu den von mir früher (vgl. Saarnijoki 1946) untersuchten schlitzblättrigen Birkenformen *Betula verrucosa* f. *bircalensis* und *B. pubescens* f. *urticifolia* erwiesen haben.

Die schlitzblättrigen Elternbäume und deren Beziehungen zu den kultivierten Klonen

Im Salakkalahti-Park in Viipuri, wo also i. J. 1932 die Samen der in Ruotsinkylä aufgewachsenen Mutterbäume der jetzt vorliegenden schlitzblättrigen Keimlinge eingesammelt wurden, standen, wie mir Oberforstmeister A. Sandman mitgeteilt hat, mindestens 2 schlitzblättrige Birken, die ausser durch ihre Blattform, auch durch ihre ausserordentlich schöne, fast bis zum Boden reichende Hängeästigkeit auffielen. Die Ruotsinkylä-Bäume stammen von demjenigen Exemplar, das näher der damals den Namen Karjalankatu tragenden Strasse stand und sehr reichlich Samen gebildet hatte. Es ist aber möglich, dass auch Samen der zweiten, in der Mitte der Anlage stehenden, etwas schwächer fertilen Birke mit dabei gewesen sind.

Über den Ursprung dieser Birken selbst habe ich aber nichts erfahren können. Heute dürften die Bäume nicht mehr existieren. Jedenfalls sah Mag.phil. Alli Salovaara im Sommer 1959 im genannten Park der jetzt russischen Stadt keine einzige schlitzblättrige Birke. Auf Grund meiner eigenen Beobachtungen von 1938 und der von mir damals genommenen Blattproben kann mit ziemlicher Gewissheit geschlossen werden, dass auch diese Birken zu denjenigen von den Gärtnern durch Impfung vervielfältigten schlitzblättrigen Weissbirken gehören, die man ziemlich allgemein in Parken und Gärten vorfindet.

Man weiss aber auch, dass man es nicht nur mit einem einzigen Klon zu tun hat, sondern es sind deren mehrere verschiedenen Ursprungs und verschiedener zeitlicher Herkunft vorhanden, wie sie unter den Benennungen

dalecarlica L. f., *laciniata* hort., *gracilis* Rehd., usw., als Zierbäume bekannt sind. Sie sind aber sowohl durch ihre Blattform als auch durch die Ausbildung ihrer Früchte und ihre allgemeine Wachstumsweise wohl voneinander trennbar.

Weibliche Infloreszenzen und Früchte der Viipuri-Birken sind heute nicht mehr vorhanden, nur die genannten Blattproben. Diese und die hängeästige Wachstumsweise lassen es aber sicher erscheinen, dass diese Birken entgegen meiner früheren Angabe (S a a r n i j o k i 1946, p. 17) keine *dalecarlica*-Birken, sondern hängeästige *laciniata*-Bäume gewesen sind, denen kürzlich H y l a n d e r (1957 a, p. 39; 1957 b, p. 424) in seiner Untersuchung über diese Birkenformen unter Hinweis auf die Prioritätsregeln den Namen *crispa* (Rchb.) Holmberg gegeben hat. Die Blätter sind nämlich bei diesen Birken weit schwächer und breiter als bei der f. *dalecarlica* geschlitzt, dagegen übertreffen die Bäume die letztgenannte Birkenform in

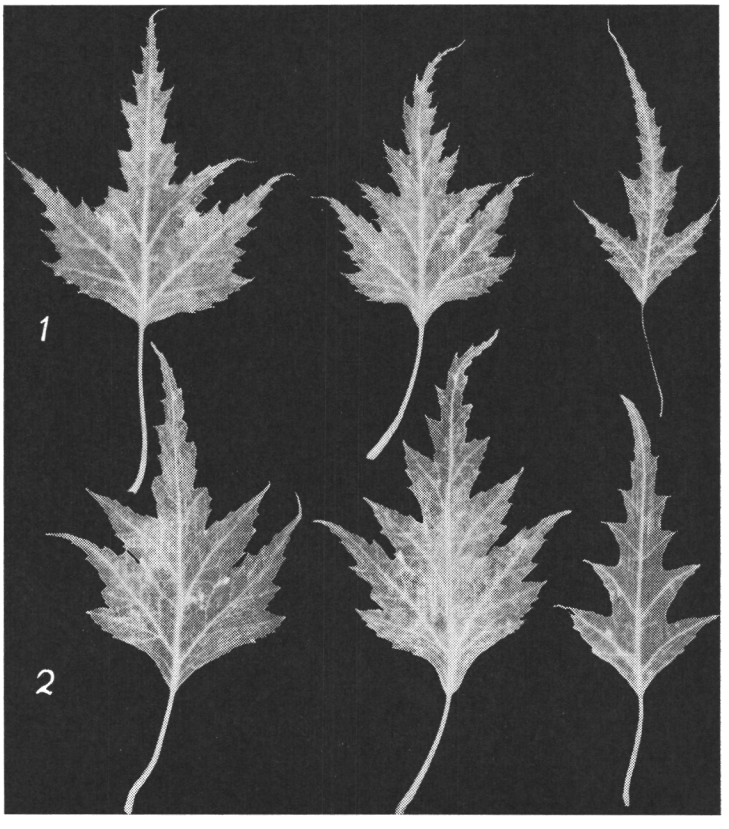


Abb. 1. Blätter vom Kurztrieb (links) sowie aus dem basalen (mitten) und apikalen (rechts) Abschnitt des Langtriebes bei der *Betula verrucosa* f. *laciniata* breiten (1) und schmalen (2) Typs. — Photogramm, $^3/_4$.

bezug auf den Grad und die Zierlichkeit ihrer hängeästigen Wachstumsweise (vgl. Saarnijoki 1956; Hylander 1957 a).

Während alle kultivierten *dalecarlica*-Birken, wie man weiss, Mitglieder ein und desselben, ursprünglich in Lilla-Ornäs im schwedischen Dalarne beheimateten Klons darstellen, scheinen sich hinter dem Namen *laciniata* bzw. *crispa* mehrere sowohl kultivierte als wilde schlitzblättrige Birkenformen zu verbergen. Dies erschwert noch weiterhin die Entwirrung dieser Verhältnisse.

Hylander (op. c., p. 40) vermutet allerdings, dass die in Parken am häufigsten gezogene schlitzblättrige Hängebirke (»fransbjörk») nicht nur durch ihren Blattyp, sondern auch durch ihre ungewöhnlich dicken weiblichen Infloreszenzen und ausserdem durch die charakteristische Architektonik, besonders die ausserordentlich langen, feinen Äste, ein und demselben Klon angehören, nach ihm eben demjenigen, den seinerzeit schon Reichenbach (1850, Taf. 627) beschrieb und der darum, wie schon

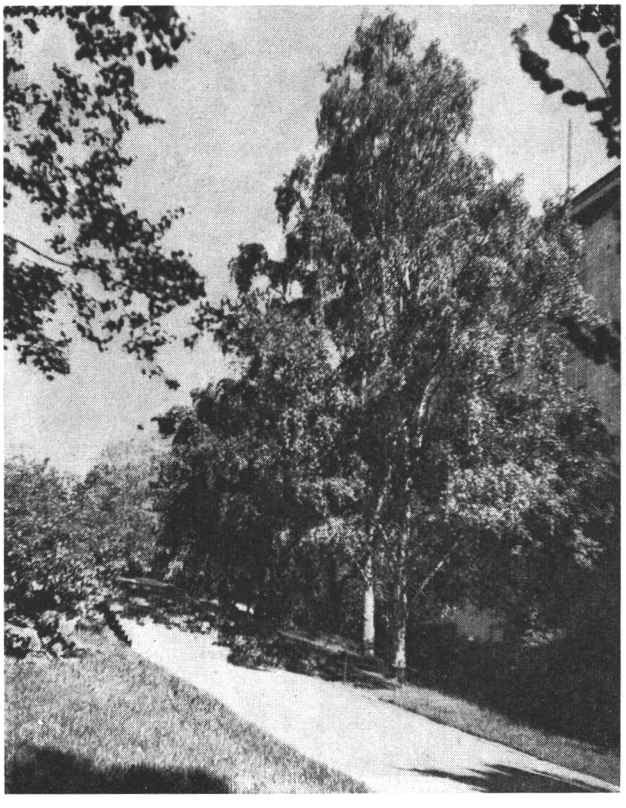


Abb. 2. *Betula verrucosa* f. *laciniata* schmalen Typs *(O 10* und *11)* im Observatoriumpark von Helsinki. — 18. VII. 1960.

gesagt, *crispa* zu heissen habe. Nach meinen Untersuchungen aber schiene es sich bei diesen deutlich hängeästigen Parkbirken um mindestens zwei Klone zu handeln, die einander zwar sehr nahe stehen, aber doch sowohl hinsichtlich der Breite ihrer Blätter (Abb. 1) als der Deckschuppen und Früchte (Abb. 5: 1 und 2) deutliche Unterschiede aufweisen (vgl. auch Saarnijoki 1956, Abb. 4: 7—12). Auch in der Hängeästigkeit scheint keine volle Einheitlichkeit zu bestehen (siehe z. B. Abb. 2 und 8). Da es vom Standpunkt der vorliegenden Untersuchung wichtig war, diese schlitzblättrigen Klone verschiedener Herkunft auseinanderzuhalten, und da anderseits die besonders das Langtriebblatt von *crispa* darstellenden Zeichnungen bei Reichenbach deutlich andersartig wirken, habe ich mich im folgenden für diese beiden hierzulande kultivierten Klone wie früher (op. c.) der Benennungen *laciniata* breiten bzw. schlanken Typs bedient. Der Kürze halber werden sie im Text meist einfach b- bzw. s-*laciniata* genannt.

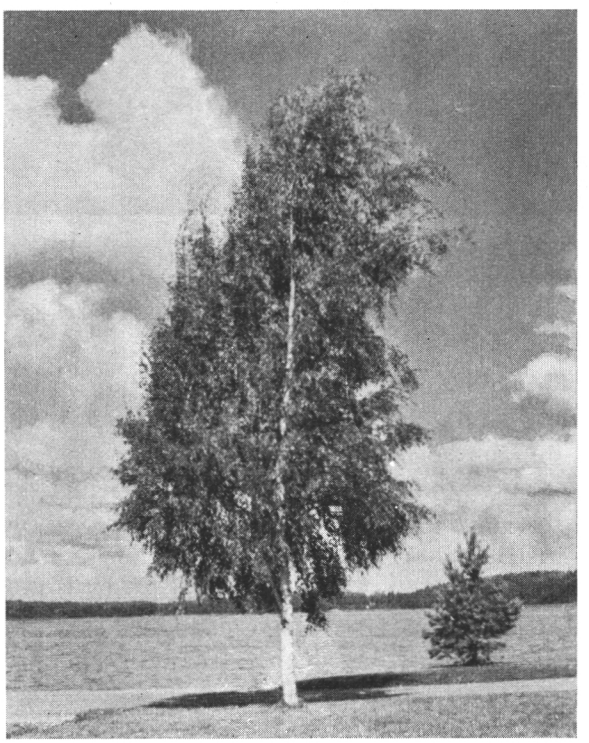


Abb. 3. *Betula verrucosa* f. »*laciniata gracilis*» in den Anlagen des Freiluftsrestaurants von Kalastajatorppa in Munkkiniemi, Helsinki. — 18. VII. 1960.

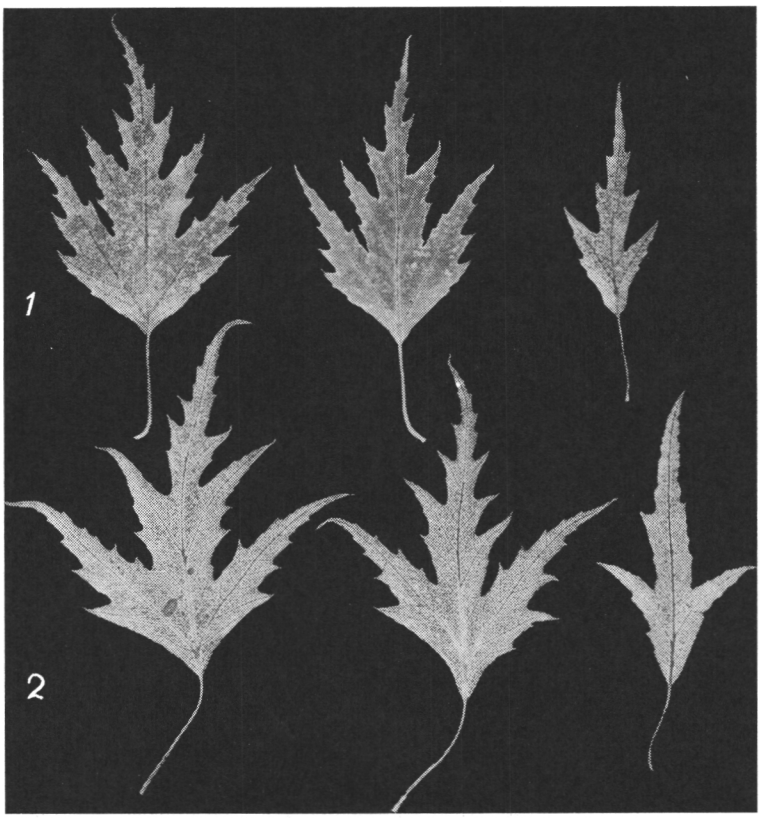


Abb. 4. Blätter vom Kurztrieb (links) sowie aus dem basalen (mitten) und apikalen (rechts) Abschnitt des Langtriebes bei *Betula verrucosa* f. *»laciniata gracilis»* (1) und f. *dalecarlica* (2). — Photogramm, $^3/_4$.

Weiterhin bin ich in den letztvergangenen Jahren in U: Kauniainen (Baumschule P. Olsson), U: Helsinki (Munkkiniemi) und EH: Orivesi (Hörtsänä) auf drei unter sich sehr ähnliche, mir aber vordem nicht bekannte fertile Birken gestossen, die offenbar dieser selben *laciniata — crispa*-Formengruppe zufallen, die sich aber schon durch ihre schwächer hängeästige Wachstumsweise (siehe Abb. 3) deutlich von ihr zu unterscheiden scheinen. Bei diesen drei Bäumen ist auch der Blattrand (Abb. 4: 1) bedeutend tiefer und schmäler gelappt als bei den beiden *laciniata*-Typen, aber nicht in annähernd gleichem Grade wie bei der *dalecarlica* (Abb. 4: 2). Gleiches gilt auch den Deckschuppen (Abb. 5: 4), denn trotzdem diese vom gleichen länglichen Typ wie bei den erwähnten *lacinatae* sind, sind sie nicht ebenso zart im Bau, sondern scheinen sich auch in dieser Beziehung ungefähr zwischen die letzteren (Abb. 5: 1 und 2) und *dalecarlica* (Abb. 5: 5) einzufügen.

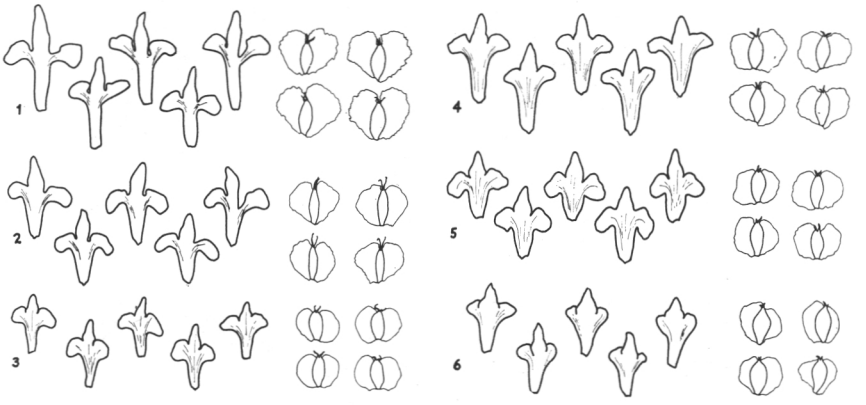


Abb. 5. Deckschuppen und Früchte schlitzblättriger Birkenformen. 1 und 2: *Betula verrucosa* f. *laciniata* breiten und schmalen Typs, 3: schlitzblättrige Birke aus dem Schulpark von Pietarsaari, 4: *Betula verrucosa* f. »*laciniata gracilis*», 5: f. *dalecarlica* und 6: f. *laciniata* (Pälkäne). — $^2/_1$.

Laut Gartenbauarchitekt P. Olsson stammt der ebenerwähnte, erst etwa 3 m hohe Baum *(B 1)* in seiner Baumschule aus Dänemark. Das etwas stattlichere Exemplar von Hörtsänä in Orivesi wiederum ist, wie Prof. Dr. P. Mikola mir berichtet, am wahrscheinlichsten von H. A. Hesse in Deutschland bezogen (vgl. auch Mikola 1954). Die Herkunft des in Abb. 3 sichtbaren Exemplars von Munkkiniemi *(M 1)* konnte bisher nicht geklärt werden. Der Blattyp aller drei Bäume erinnert sehr an denjenigen, den ich bei einigen ausländischen, als *elegans laciniata* und *laciniata gracilis* bezeichneten Proben aus dem Scheitniger Park in Breslau (27. VI. 1900 C. Baenitz), dem Kew Gardens in London (26. VI. 1949 R. Sarvas) und dem Arboretum des Barres in Loiret, Frankreich (2. VII. 1954 V. Kujala) gesehen habe. Alle diese Proben sind indessen steril. Da aber anderseits die neuesten Auflagen der dendrologischen Werke z. B. von Krüssmann (1951, p. 71) und Rehder (1956, p. 129) erwähnen, dass bei *Betula pendula gracilis* Rehd., unter deren Synonymen sich auch die obigen Namen *elegans laciniata* hort. und *laciniata gracilis* Späth, sowie dazu noch *laciniata gracilis pendula* hort. befinden, die Äste fadenförmig herabhängend und die Blätter noch viel feiner gelappt und gesägt als bei *dalecarlica* sind, als deren Synonym wiederum *laciniata* Wahlb. angeführt wird, scheint es, wie wenn diese hiesigen Bäume dennoch weder hinsichtlich ihrer Wachstumsweise noch ihres Blattyps zu dieser Form geführt werden könnten.

Die Abbildungen, auf die sich z. B. Rehder (l. c.) in Verbindung mit *gracilis* beruft, besagen aber anderes. Allerdings zeigt das Habitusbild der im Späthschen Arboretum stehenden *laciniata gracilis* bei Heydenreich (1936, p. 148) einen bedeutend hängeästigeren Baum als die *dalecarlica* insgemein, aber doch nicht so viel, dass man es nicht ebensogut mit irgend-

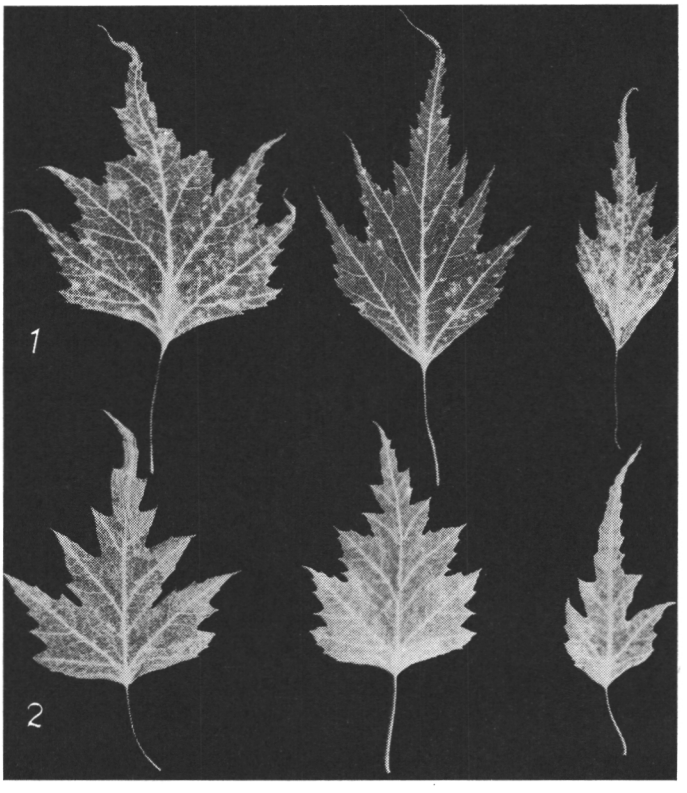


Abb. 6. Blätter vom Kurztrieb (links) sowie aus dem basalen (mitten) und apikalen (rechts) Abschnitt des Langtriebes bei der Pälkäne-Birke (1) und der Schulpark-Birke von Pietarsaari (2). — Photogramm, $^3/_4$.

einer der obenbesprochenen schlitzblättrigen Hängebirken, d. h. einer *laciniata* zu tun haben könnte. Anderseits stellt die Abbildung allerdings nur eines einzigen *gracilis*-Blattes bei B o o m (1949, Fig. 29: h) auf keinen Fall einen im Vergleich zu *dalecarlica* noch extremer geschlitzten Typ dar, sondern mit ebenso gutem Grunde könnte auch sie als eine *laciniata* zu deuten sein, ein Schluss, zu dem auch H y l a n d e r (1957 a, p. 40) beim Besprechen dieser Formen hinsichtlich derselben Abbildung gekommen ist. Auch wenn nun zwar die Kennzeichen der hier zuletzt besprochenen drei finnischen Bäume sich nicht einwandfrei mit der ohne Zweifel unklar und widersprechend formulierten *gracilis* decken, habe ich dennoch für diesen neuen Klon, einstweilen jedoch in Zitaten, die Benennung *»laciniata gracilis»* gebraucht.

Ausser diesen vier Klonen, also *dalecarlica*, s- und b-*laciniata* sowie *»laciniata gracilis»*, habe ich im sog. Schulpark in Pietarsaari eine angepflanzte schlitzblättrige Weissbirke gefunden *(P 1)*, die sich sowohl in be-

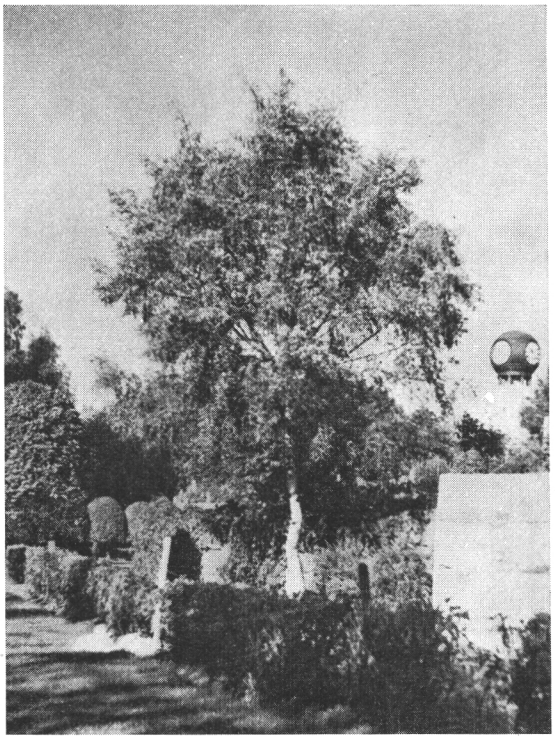


Abb. 7. Die schlitzblättrige Birke im Schulpark von Pietarsaari. — 8. VIII. 1959.

zug auf ihre Blätter (Abb. 6: 2) als auch die Deckschuppen und Früchte (Abb. 5: 3) recht deutlich von ihnen unterscheidet. Da nun die Herkunft auch dieses etwa 8 m hohen dichtästigen und in seinen Umrissen kugelförmigen Baumes (Abb. 7) unermittelt geblieben ist, wird sie hier lediglich die Schulpark-Birke von Pietarsaari genannt.

Schliesslich möge noch erwähnt werden, dass ausser der schon früher an einem Wildstandort in St: Loimaa entdeckten, zunächst wohl gerade der Formengruppe *laciniata* zuzuzählenden, vorläufig aber noch sterilen schlitzblättrigen Birke (siehe Saarnijoki 1956; Salo 1956, p. 57; vgl. auch Hylander 1957 b, p. 425) neuerdings in EH: Pälkäne, Töyräniemi eine gleichfalls »wildwachsende» schlitzblättrige Birke *(T 1)* angetroffen worden ist (siehe Kangas 1957, p. 44; Saarnijoki 1957, p. 8), die, trotzdem auch sie in erster Linie wohl gerade der *laciniata*-Form zufällt, sich sowohl durch ihre Blätter (Abb. 6: 1) als auch durch ihre Deckschuppen und Früchte (Abb. 5: 6) von den anderen Vertretern dieser Gruppe unterscheidet[1].

[1] Erwähnt sei weiter, dass im Sommer 1960 dem Finnischen Naturschutzverein Blattproben von zwei in PH: Pihtipudas, Muurasjärvi stehenden etwa 1 und 2—3 m hohen schlitzblättrigen Wildbirken zugesandt wurden, die ihrem Blattyp nach gleichfalls unzweideutig zur *laciniata* gehören. Das kleinere von den Bäumchen ist ins Kirchdorf übergeführt worden, der andere, 2—3 m hohe Baum soll unter den Naturschutz gestellt werden.

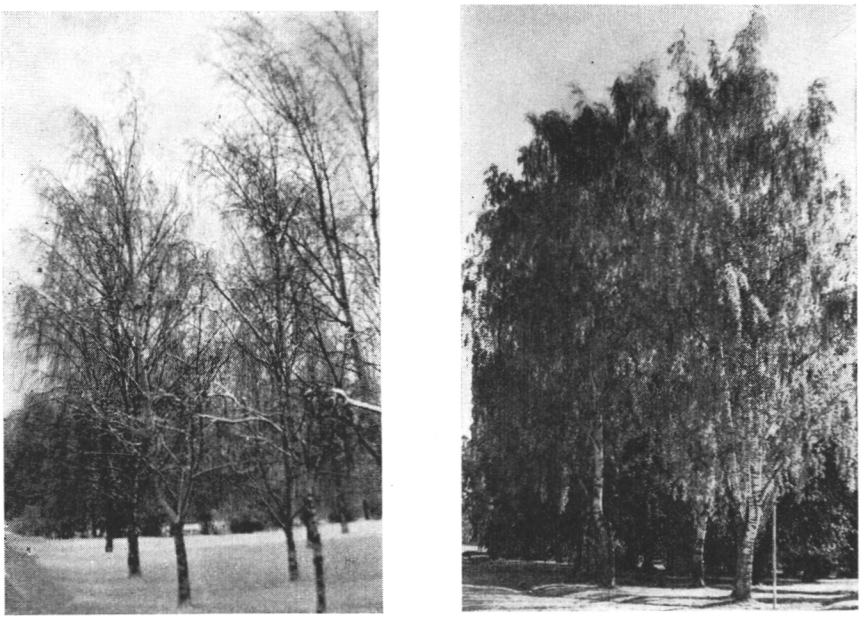


Abb. 8. Die schlitzblättrigen Birken im Westteil des Concordia-Parks in Pietarsaari, links 1935, rechts 1959. Die erste Birke im Vordergrund im Bilde rechts *(C 15)* ist eine b-*laciniata*.

Aus dem Obigen dürfte also hervorgegangen sein, dass in Finnland ausser der *dalecarlica*-Birke mindestens vier, zunächst der *laciniata*-Gruppe zuzuzählende Klone der Weissbirke, *Betula verrucosa*, angepflanzt vorkommen, die nicht nur durch ihre Blätter, sondern vor allem durch Merkmale der Deckschuppen und Früchte voneinander ziemlich leicht trennbar sind. Hinsichtlich der eingangs erwähnten zwei schlitzblättrigen Hängebirken im Salakkalahti-Park von Viipuri bleibt die Frage nach dem Ursprung der Bäume einigermassen offen, weil weder Deckschuppen noch Früchte vorhanden sind. Die wenigen Blattproben dieser Bäume lassen es aber wahrscheinlich erscheinen, dass es sich um b-*laciniatae* gehandelt hat.

Die Alleebirken von Punkaharju, die, wie auf S. 5 erwähnt wurde, schlitzblättrige Keimlinge geliefert haben, sind aus Samen hervorgegangen, die laut den Pflanzgartenformularen von Forstmeister Hugo Roos in Pietarsaari erhalten wurden. Aus denselben Formularen sowie aus einem am 30. I. 1935 datierten Brief von Forstm. Roos geht weiter hervor, dass die Samen im sog. Küchenpark der Stadt im Jahr 1934, also zwei Jahre später als die der Viipuri-Birken eingesammelt wurden, und zwar von dort stehenden schlitzblättrigen Bäumen, die, wie verlautet, Ornäs- oder *dalecarlica*-Birken sein und aus Stockholm stammen sollen. Auf wie viele Birken sich das Samenmaterial bezieht, ist aus dem Brief nicht zu entnehmen, die bei-

gefügten zwei Photographien, von denen die eine hier wiedergegeben ist (Abb. 8 links), lassen aber schliessen, dass an der Stelle damals zumindest 6 Birken gestanden haben, die durch ihre sehr ähnliche hängeästige Wachstumsweise ebensogut alle in Betracht kommen könnten. Blattproben waren dem Brief und der anschliessenden Samensendung nicht beigegeben.

Da nun aber sowohl in Finnland als auch anderwärts die schlitzblättrigen Birken trotz ihrer verschiedenen klonalen Herkunft meistens schlechthin als f. *dalecarlica* bezeichnet werden (vgl. z. B. Mela — Cajander 1906, p. 202; Gunnarsson 1925, p. 102—104; Hiitonen 1933, p. 244), kann auf Grund der vorliegenden Tatsachen nicht sicher gesagt werden, ob die Birken von Pietarsaari wirklich den aus Dalarne stammenden Klon repräsentieren. Als ich nun von Forstmeister Eric Appelroth, dem Schwiegersohn des inzwischen verstorbenen Forstm. Roos, als Erwiderung auf meine briefliche Anfrage erfuhr, dass im Küchenpark von Pietarsaari auch fortwährend solche schlitzblättrigen Birken stehen, besuchte ich am 16. VIII. 1958 und dann noch am 8. VIII. 1959 selbst die Stelle.

In dem inzwischen zum Concordia-Platz umgetauften kleinen dreieckigen Park standen in der Tat neben einem normalblättrigen Baum nicht minder als 15 schön hängeästige, schlitzblättrige Birken *(C 1—15)*, darunter auch die in Abb. 8 sichtbaren Bäume, deren Anzahl sich allerdings seit 1935 um zwei vermindert hatte. Unter den Bäumen befand sich keine einzige *dalecarlica*, sondern schon beim ersten Blick konnte festgestellt werden, dass es sich sowohl in bezug auf Wachstumsweise als Blattform um unverkennbare *laciniatae* handelte. Die meisten Bäume, so auch die auf der Photographie von Forstm. Roos sichtbaren, waren bei meinem ersten Besuch am Platze steril; im Sommer 1959 dagegen konnten von allen 15 Bäumen Deckschuppen und Früchte gewonnen werden. Auf Grund dieser Proben zeigten sich 12 der Bäume als s-*laciniatae* und 3 als b-*laciniatae*. Zu bemerken ist jedoch, dass von diesen letztgenannten zwei im westlichen Teil des Platzes standen (vgl. Abb. 8 rechts), die dritte wiederum etwas weiter nach der Mitte hin.

Indem nun auf dem Concordia-Platz in Pietarsaari zwei verschiedene *laciniata*-Klone vertreten sind und keine Kunde vorliegt, von welchem Baum bzw. welchen Bäumen der Samen i. J. 1934 eingesammelt wurde, scheint auch die Frage nach dem Ursprung der Alleebäume von Punkaharju zu einem Teil offen zu bleiben. Stammt der Samen aus dem westlichsten Teil der Anlage, wie ja auf Grund der Photographien zu schliessen wäre, so haben sowohl der schlanke als auch der breite *laciniata*-Typ annähernd gleich grosse Voraussetzungen, im Samenmaterial vertreten zu sein. Da aber hier ursprünglich 6 Bäume statt der heutigen 4 gestanden haben, kann, jedenfalls theoretisch, auch noch mit einem dritten schlitzblättrigen Klon, am nächsten wohl eben mit der *dalecarlica* zu rechnen sein. Indem

nun aber alle auf den erwähnten Photographien vom Jahr 1935 sichtbaren Bäume stärker hängeästig wirken als die *dalecarlica*-Birke insgemein und es überdies unter den gegenwärtigen 15 schlitzblättrigen Birken der Anlage keine einzige *dalecarlica* gibt, erscheint dies weniger wahrscheinlich. Ebenso dürfte der »*laciniata gracilis*»-Klon ausscheiden, vor allem weil er wenigstens hierzulande erst während ziemlich kurzer Zeit existiert zu haben scheint. Endlich dürfte auch der Umstand, dass diese Bäume des Concordia-Platzes in Pietarsaari nach Angabe des heutigen Stadtgärtners, Herrn B. Liljekvists, seinerzeit (1905) vom Stockholmer Experimentalfeld lediglich unter einem einzigen Namen, »*Betula verrucosa lac. nov.*», erhalten wurden, darauf hindeuten, dass es sich in erster Linie gerade um *laciniatae* gehandelt hat.

Dem Obigen gemäss schienen also die Mutterbäume sowohl der Birken von Ruotsinkylä als Punkaharju demselben schlitzblättrigen Klon, nämlich der b-*laciniata*, anzugehören. Im Falle der Pietarsaari-Bäume kann es sich allerdings teilweise, eventuell ausschliesslich, auch um die s-*laciniata* handeln. Die Gegenwart des erstgenannten Klons an beiden Orten braucht indes nicht nur ein Zufall zu sein, ist es doch bekannt, dass jedenfalls in Finnland die meisten in Parken und sonstigen Anlagen gezogenen schlitzblättrigen Birken gerade ihm zuzuzählen sind (siehe Saarnijoki 1956, p. 18). Dass es sich tatsächlich so verhält, wird recht überzeugend z. B. dadurch erwiesen, dass ich in den vier letzten Sommern *dalecarlica*-Birken (insges. 5) nur an drei neuen Orten angetroffen habe [1], *laciniata*-Birken dagegen an 15 Orten zusammen 23 [2], und auch unter diesen befanden sich 16 b-*laciniatae* gegen nur 3 s-*laciniatae* (bestimmt an den Deckschuppen und Früchten, die anderen 4 Bäume waren steril).

Auch einige andere Umstände scheinen darauf hinzuweisen, dass vor allem die *laciniata*-Formen, namentlich gerade die b-*laciniata*, die grössten Voraussetzungen besitzen, als Mutterklon für die sowohl in Ruotsinkylä als in Punkaharju aufgewachsenen Bäume gedient zu haben. Schon bei meinen früheren Untersuchungen (Saarnijoki 1946, 1955) hat es sich nämlich herausgestellt, dass die Schlitzblättrigkeit bei der Birke wie auch bei vielen anderen Hölzern und Sträuchern eigentlich nur die Folgeerscheinung einer entwicklungsmechanischen Störung darstellt, bei der alle Teile der Pflanze bis auf die Blätter, Sprosse, Knospen, Blüten und Blütenstände schmäler und zarter als normal bleiben, und zwar wegen einer Reduktion der Zell-

[1] U: Karkkila (Bibliothek). — St: Pori (Krankenhauspark, 2 Bäume). — PH: Jyväskylä (Harju-Park, 2 Bäume).

[2] U: Hanko (Kirchpark), Tammisaari (Kirchpark). Helsinki (Gut Haltiala). Järvenpää (Haushaltungslehrerinneninstitut, 2 Bäume). Porvoo (auf dem Hof von Lundstr. 20). Elimäki (Mustila, dendrol. Park, 4 Bäume). — St: Nakkila (Lederfabrik, 2 Bäume). Rauma (Nortamo-Platz). — EH: Riihimäki (Bahnhofsplatz), 3 Bäume). Lahti (Gemeinschule; Paasi-Platz). Heinola (Seminarium). Janakkala (Gut Virala, Irmeli Ståhlberg 1959 leg.). Orivesi (Hörtsänä). — PP: Oulu (Ainola-Park).

gewebe, die sich schliesslich auch in einer Schwächung der Fertilität äussert, die um so stärker ist, je weiter die Blattschlitzung fortgeschritten ist. Bei der *dalecarlica* und auch bei den *laciniatae* beider Typen sind die ♂-Blütenstände schon bis zu dem Grade reduziert, dass sie überhaupt nicht mehr zur Pollenproduktion fähig sind, sondern eingehen und schon früh abfallen. Ganz ebenso scheint es sich nach hiesigem Lebend- und ausländischem Herbarmaterial auch mit dem vordem (S. 10) erwähnten »*laciniata gracilis*»-Klon zu verhalten. Auch bei der Schulpark-Birke von Pietarsaari (S. 12) wurden in den Sommern 1958 und 1959 keine männlichen Infloreszenzanlagen beobachtet. Nur die Pälkäne-Birke (S. 13) bildet eine Ausnahme, denn wenigstens im Herbst 1957 trug der Baum reichlich ♂-Blütenstände. Diese waren aber kürzer und auch zarter als normal, und bei ihrer näheren Untersuchung konnte festgestellt werden, dass etwa 50 % von den Antherenhälften der Seitenblüten des Dichasiums und etwa 16 % von denen der Mittelblüten teilweise oder ganz verkümmert waren. Dies bedeutet, dass in Wirklichkeit also auch bei diesem Baum ein Antherenschwund eingetreten ist, obschon nicht in dem Masse wie bei den vorhergehenden. Demnach verhielte es sich auch mit der Pälkäne-Birke genau ebenso wie z. B. mit *Betula verrucosa* f. *bircalensis*, *B. pubescens* f. *urticifolia*, *Alnus incana* f. *laciniata* nebst f. *pinnatipartita* sowie *Corylus avellana* f. *laciniata*, bei denen es stets wenigstens einigermassen zu der Bildung von Staubblättern und auch Pollen kommt.

Entsprechenden Veränderungen begegnet man auch bei den weiblichen Blütenständen. So sind bei diesen schlitzblättrigen Birken z. B. die Deckschuppen und Früchte im allgemeinen schmäler und zarter als bei Normalindividuen (Saarnijoki 1946, 1956). Gleiches betrifft die Samenanlagen. Bei näherer Untersuchung der *dalecarlica*, der »*laciniata gracilis*», der beiden *laciniata*-Typen sowie der Schulpark-Birke von Pietarsaari und der Pälkäne-Birke konnte nämlich gefunden werden, dass in deren Früchten nicht immer die normalen zwei Samenanlagen vorhanden waren, sondern es konnte die eine, mitunter auch beide, fehlen; im ersteren Falle war oft auch die noch vorhandene Samenanlage in verschiedener Weise missgebildet. Eine Übersicht über diese Verhältnisse gibt Abb. 9.

Allerdings kann auch bei der Normalbirke die Anzahl der Samenanlagen schwanken (vgl. Abb. 9: 5), anderseits findet man aber hier auch erhöhte Zahlen, vollends bis 4 (vgl. z. B. Nawaschin 1894). Doch scheinen bei den *typica*-Bäumen solche Früchte ziemlich wenig vorzukommen, und ein noch deutlicherer Unterschied besteht darin, dass man bei ihnen nie solche anomalen Samenanlagen vorfindet, wie sie bei den schlitzblättrigen Birken vorkommen.

Die anomalen Samenanlagen der schlitzblättrigen Birken lassen sich nach zunehmendem Grad der Verkümmerung zu einer Reihe ordnen, aus

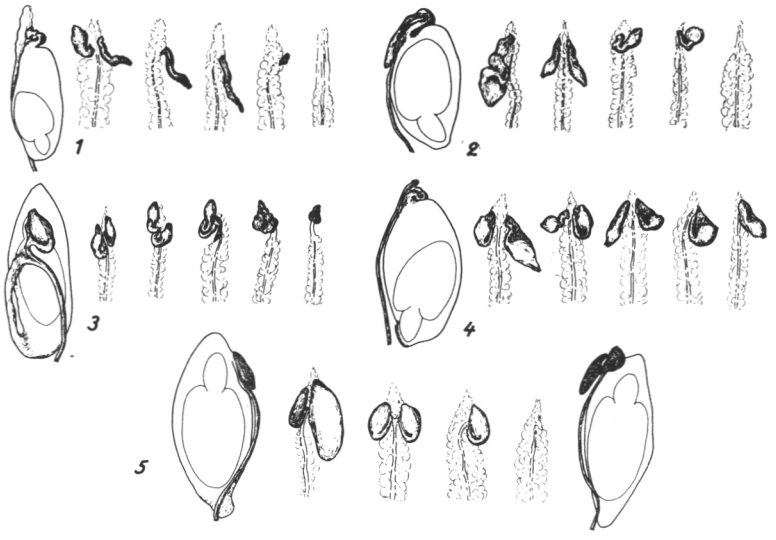


Abb. 9. Samen und Samenanlagen verschiedener Formen der *Betula verrucosa*, aus den Früchten hervorpräpariert. 1: f. *dalecarlica*, 2: f. *»laciniata gracilis»*, 3 und 4: f. *laciniata* schmalen und breiten Typs, 5: f. *typica*. — $^{15}/_{1}$.

der zu folgern ist, dass sie offenbar gleichfalls nur als ein Ausdruck eben jener erwähnten Verschmälerungs- und Verzartungserscheinung zu deuten sind. Damit einhergehend findet man in diesen Samenanlagen auch andere Veränderungen. Vor allem zeigen sie die Neigung, von ihrer ursprünglichen aufsteigend anatropen Stellung halb oder vollends in die hängend atrope abzubiegen. Offenbar darum kann man bei diesen Bäumen auch voll ausgebildete Früchte mit kopfstehendem Samen nebst Embryo antreffen (Abb. 9: 1, 2 und 4). Nur bei der s-*laciniata* sind die Samenanlagen fast ausnahmslos aufsteigend atrop und reichen oft sogar am Spitzenteil der Plazenta vorbei, manchmal vollends aus der apikalen Öffnung der Frucht herausragend, gleichsam wie eine kurze überzählige Narbe.

Weil sich bei der Birke die Samenanlagen in dem spitz zulaufenden Endteil des Fruchtknotens befinden und weil gerade bei der s-*laciniata* die Frucht selbst in Gänze ausserordentlich eng geworden ist (vgl. Abb. 5: 2), wäre die diesem Klon eigene aufrechte oder besser vorgeschobene Lage der Samenanlagen gerade dadurch erklärlich, d. h. es ist ihnen wegen des spärlichen zur Verfügung stehenden Raumes gar nicht möglich gewesen, ebenso leicht wie bei der b-*laciniata*, der *»laciniata gracilis»* oder der *dalecarlica*, bei denen allen ja die Fruchtknoten und Früchte auch in ihrem oberen Abschnitt bedeutend geräumiger sind, seitwärts oder nach unten abzubiegen. Diesen Unterschieden schliessen sich aber auch noch andere an. So sind bei der am stärksten schlitzblättrigen *dalecarlica* auch

die Samenanlagen am weitgehendsten verändert, lang, schmal und oft sogar wurmförmig geschlängelt. Etwas gemässigter wiederholen sich diese Züge bei der »*laciniata gracilis*», danach folgt die s- und zuletzt schliesslich die b-*laciniata*.

Bei der Pälkäne-Birke mit ihren am wenigsten vom Normalblatt abweichenden Blättern (Abb. 6: 1) und einer noch vorhandenen Fähigkeit zur Pollenbildung (siehe S. 17) wurde auch die Missbildung der Samenanlagen am schwächsten gefunden (das hierüber vorliegende Material ist allerdings verhältnismässig gering). Dagegen waren die Anomalien der Samenanlagen bei der deutlich stärker geschlitzten Schulpark-Birke von Pietarsaari (vgl. Abb. 6: 2) schon mehr der s-*laciniata* ähnlich.

Zwischen den verschiedenen schlitzblättrigen Birkenformen scheinen äusserst deutliche Unterschiede auch in den Prozentanteilen der deformierten Samenanlagen zu bestehen. Freilich kann dieses Verhältnis auch innerhalb ein und desselben Fruchtstandes variieren, indem die Abweichungen am Grunde und im Endabschnitt des Kätzchens im allgemeinen zahlreicher als im Mittelabschnitt zu sein scheinen, und ähnlich scheint es sich auch mit den Randblüten eines Dichasiums im Vergleich zu der Mittelblüte zu verhalten. Aus diesem Grunde wurde versucht, die in Tab. 1 wiedergegebenen Mengen der Früchte mit anomalen Samenanlagen aus einem gründlich durchmischten Material von mehreren Fruchtständen zu ermitteln.

Da es sich als ausserordentlich schwierig erwies, eine klare Grenze zwischen schwächer anomalen und normalen, aber unbefruchtet gebliebenen Samenanlagen zu ziehen — von den Samenanlagen der Birke wächst ja gewöhnlich nur die eine zum vollentwickelten Samen aus, während die andere zu einem braunen, vertrockneten Gebilde zusammenschrumpft (vgl. z. B. Nawaschin 1894; Sarvas 1952, p. 20) — musste den Zählungen die Menge der völlig verschwundenen Samenanlagen zugrundegelegt werden, d. h. es wurde ermittelt, in wie vielen Früchten die eine oder beide Samenanlagen ganz fehlten. Weil aus diesen Zahlen also nicht die Menge derjenigen Früchte hervorgeht, die zwar zwei Samenanlagen enthalten, bei denen aber die eine oder vollends beide anomalisiert sind (vgl. Abb. 9), vermitteln sie von der in Rede stehenden Reduktionserscheinung begreiflicherweise ein verschönertes Bild. Anderseits werfen aber diejenigen Prozentwerte der Tabelle, die angeben, in wie vielen Früchten es bei diesen schlitzblättrigen Birken trotz der Verkümmerungstendenz der Samenanlagen zu der Bildung eines vollwertigen Samens gekommen ist, ein vom Standpunkt der vorliegenden Untersuchung noch wertvolleres Licht auf die hier besprochene Sterilitätserscheinung.

Wie man aus der Tabelle schon beim ersten Blick ersehen kann, hat sich die f. *dalecarlica* auch in dieser Hinsicht als meist abweichend erwiesen. So waren bei vier Bäumen dieses Klons die Früchte in verschiedenen Jahren

Tabelle 1. Mengen, Vollsamenprozent und prozentische Verteilung der untersuchten Früchte nach der Anzahl der Samenanlagen bei einigen schlitzblättrigen Birken verschiedenen Ursprungs.

Betula verrucosa f. *dalecarlica*		Früchte untersucht Stück	Früchte voll %	Prozentische Verteilung der Früchte nach der Anzahl der Samenanlagen 0	1	2	3	Anomalitäts- %
1886 Dalarna, Lilla Ornäs		232	1.3	60.8	35.3	3.9	—	96.1
1950 Hämeenlinna, Sibelius-Park..	*S 1*	112	0	96.4	3.6	—	—	100.0
1956 » » ..	*S 1*	131	0.8	93.1	5.4	1.5	—	98.5
1958 » » ..	*S 1*	2 439	0.1	96.9	3.0	0.1	—	99.9
1957 Pohja, Villa Billnäs	*V 1*	106	0	97.2	2.8	—	—	100.0
1958 Helsinki, Observatoriumpark	*O 1*	224	0	96.0	3.6	0.4	—	99.6
f. *»lacinata gracilis»*		3 244	0.2	94.1	5.5	0.4	—	99.6
1957 Kauniainen, Baumschule	*B 1*	249	18.1	71.9	22.9	5.2	—	94.8
1958 Helsinki, Munkkiniemi	*M 1*	333	26.4	55.9	36.0	8.1	—	91.9
1959 » »	*M 1*	1 010	27.0	28.5	50.9	20.6	—	79.4
f. *laciniata* (schmaler Typ)		1 592	25.5	41.0	43.4	15.6	—	84.4
1957 Helsinki, Observatoriumspark	*O 10*	344	15.4	2.3	39.3	58.4	—	41.6
1958 » »	*O 10*	250	24.8	24.8	50.0	25.2	—	74.8
1958 Hanko, Kirchpark		427	20.6	6.1	50.1	43.8	—	56.2
1959 Pietarsaari, Concordia-Platz	*C 1*	850	50.2	13.0	54.3	32.6	0.1	67.4
1959 » »	*C 2*	724	55.4	19.5	53.6	26.9	—	73.1
1959 » »	*C 3*	796	68.0	8.9	54.4	36.7	—	63.3
1959 » »	*C 4*	846	54.5	18.2	59.2	22.6	—	77.4
1959 » »	*C 5*	841	61.0	9.3	57.9	32.8	—	67.2
1959 » »	*C 6*	661	71.3	4.5	47.5	48.0	—	52.0
1959 » »	*C 8*	671	47.7	12.1	51.8	36.1	—	63.9
1959 » »	*C 9*	557	33.9	21.0	59.2	19.8	—	80.2
1959 » »	*C 10*	704	66.9	5.4	45.2	49.4	—	50.6
1959 » »	*C 11*	506	68.6	5.9	54.8	39.3	—	60.7
1959 » »	*C 12*	452	72.6	4.6	42.5	52.9	—	47.1
1959 » »	*C 14*	505	73.5	4.9	44.8	50.3	—	49.7
f. *laciniata* (breiter Typ)		9 134	55.2	10.9	52.0	37.1	0.0	62.9
1948 Halikko, Distriktsirrenanstalt	*D 1*	386	42.2	0.8	6.7	92.5	—	7.5
1956 Helsinki, Hietaniemi	*H 1*	142	76.8	2.1	6.3	91.6	—	8.4
1958 » »	*H 1*	139	60.4	2.9	12.9	84.2	—	15.8
1956 » »	*H 2*	115	58.3	2.6	8.7	88.7	—	11.3
1958 » »	*H 2*	358	40.5	2.0	8.9	89.1	—	10.9
1956 » »	H 3	152	54.6	—	4.6	95.4	—	4.6
1957 » It. Puistotie 9	*I 1*	211	37.4	1.0	1.4	97.6	—	2.4
1959 Pietarsaari, Concordia-Platz	*C 7*	933	69.6	2.2	14.1	83.7	—	16.3
1959 » »	*C 13*	590	70.3	1.7	15.9	82.2	0.2	17.8
1959 » »	*C 15*	240	80.8	2.5	12.5	85.0	—	15.0
1957 Järvenpää, Haushaltungs-	*J 1*	209	46.4	—	2.4	97.6	—	2.4
1957 » lehrerinneninstitut	*J 2*	202	53.5	3.5	2.5	94.0	—	6.0
1957 Elimäki, Mustila	*E 1*	199	13.1	—	6.5	93.5	—	6.5
1957 » »	*E 2*	179	50.8	—	5.0	94.4	0.6	5.6
1958 Kuopio, Kasernenpark	*K 1*	326	55.2	2.5	7.7	89.8	—	10.2
f. *laciniata*		4 381	56.8	1.7	9.6	88.7	0.0	11.3
1959 Pietarsaari, Schulpark	*P 1*	347	10.1	3.8	32.2	64.0	—	36.0
1958 Pälkäne, Töyräniemi	*T 1*	74	48.6	6.8	5.4	83.8	4.0	16.2

fast hundertprozentig auf die oben geschilderte Weise anomal. Aus den Prozenten der vollen, samenversehenen Früchte ist weiterhin zu ersehen, dass auch die wenigen bei den betreffenden Bäumen noch vorhandenen Samenanlagen bis zu dem Masse beeinträchtigt waren, dass die Vertreter dieses Klons nur äusserst selten zu der Bildung vollwertiger Früchte fähig gewesen sind. Weiter ist zu beobachten, dass sich diese Verhältnisse bei dem einstigen Stammbaum des Klons in Lilla Ornäs und dessen gezogenen Abkömmlingen in Finnland auf sehr ähnliche Weise äussern. Auch zwischen den Materialien der verschiedenen Jahre scheinen keine Unterschiede vorgekommen zu sein.

Ausserordentlich hoch ist die Rückbildungstendenz der Früchte auch bei den zwei Vertretern des »*laciniata gracilis*»-Klons gestiegen, von denen Material erhältlich war. Doch sind bei ihnen die Samenanlagen bei weitem nicht in dem Grade deformiert wie bei der *dalecarlica*-Birke. Dies geht ausser aus den Prozentanteilen der anomalen Früchte auch aus denen der vollen Nüsse hervor, denn der Mittelwert der letzteren beträgt im ganzen untersuchten Material nicht minder als 23.8 %.

Bei der s- und b-*laciniata* sowie bei der Schulpark-Birke von Pietarsaari und der Pälkäne-Birke sind dagegen solche anomalen Früchte mit nur einer oder überhaupt keiner Samenanlage bedeutend weniger als bei den vorgenannten vorgekommen. Auch wenn man von der offenbar durch die Materialknappheit bedingten recht grossen individuellen Variation absieht, findet man ihre Menge bei der s-*laciniata* durchgehends bedeutend grösser (41.6—80.2 %) als bei der b-*laciniata* (2.4—17.8 %). Die Schulpark-Birke von Pietarsaari nähert sich mit ihren 36.0 % der s-*laciniata*, die Pälkäne-Birke mit ihren 16.2 % wiederum der b-*laciniata*. Ausserdem scheinen sich diese Bäume dreien verschiedenen Ursprungs auch darin voneinander zu unterscheiden, dass, während sich die Früchte mit keiner oder nur einer Samenanlage bei der Pälkäne-Birke zahlenmässig ungefähr aufwiegen, ist der Anteil der völlig leeren Früchte bei der Schulpark-Birke von Pietarsaari und den Vertretern der beiden *laciniata*-Klone im allgemeinen kleiner als der der Früchte mit einer Samenanlage. Dabei ist die Anzahl der letzteren bei der Schulpark-Birke etwa 3mal, bei der s-*laciniata* wiederum mehr als 5mal höher als bei der b-*laciniata*.

Die mässigere Reduktion der Samenanlagen bei diesen vier schwächer geschlitzten *laciniatae* wird auch dadurch erwiesen, dass der Prozentsatz der samenversehenen Früchte bei ihnen ziemlich hoch, in manchen Fällen vollends bis nahe an den der Normalbirken heran steigen kann. Doch ist hinsichtlich der uns in diesem Zusammenhang am meisten interessierenden *laciniata*-Klone wahrzunehmen, dass die höchsten gefundenen Prozentsätze der vollwertigen Früchte bei der s-*laciniata* gewöhnlich kleiner als bei der b-*laciniata* geblieben sind. Recht deutlich äussert sich dieser Unter-

schied z. B. beim Vergleich der am gleichen Standort in Pietarsaari aufgewachsenen Vertreter dieser beiden Klone. Für die s-*laciniata* (12 Bäume) ergeben sich nämlich Werte zwischen 33.9 und 73.5 % (Mittel: 59.7 %), für die b-*laciniata* wiederum Werte zwischen 69.6 und 80.8 % (Mittel: 71.4 %).

Zusammenfassend ist also zu finden, dass dieselbe Schwächung der Fertilität, die die ♂-Blütenstände der jetzt in Rede stehenden schlitzblättrigen Bäume prägt, sich in allerdings deutlich mässigerem Grade auch bei den ♀-Infloreszenzen äussert. Da der Mittelabschnitt der letzteren deutlich weniger solche mehr oder minder deformierte Samenanlagen aufweist und sie auch in den aus der Mittelblüte der Dichasien hervorgegangenen Früchten seltener als in denen der Seitenblüten sind, können auch diese Anomalien offenbar nur als Anzeichen einer durch Reduktion der Zellgewebe verursachte Verschmälerung und Verzartung der betreffenden Pflanzenteile zu deuten sein, deren Wirkung sich in der Peripherie stärker als im Zentrum äussert. Dass die Reduktion der fertilen Teile bei den ♀-Blüten mit zentraler Plazenta nicht ebenso weit wie bei den ♂-Blüten mit den peripherer angelegten Staubblättern gegangen ist, dürfte eben dadurch erklärbar sein. Aber unabhängig von dieser verschiedengradigen Anomalität bei den beiden Geschlechtern findet man auch hier, dass um eine je stärker schlitzblättrige Form es sich handelt, desto schwächer ist die Fertilität der weiblichen Blüten. Man könnte denn auch sagen, dass bei der am stärksten geschlitzten *dalecarlica* die Reduktion der Staub- und Fruchtblätter fast bis zur völligen Sterilität geführt hat, die »*laciniata gracilis*» und die s- und b-*laciniata* wegen des hundertprozentigen Antherenschwundes gleichsam zu blossen ♀-Bäumen geworden sind, während die Pälkäne-Birke, die ja neben weiblichen Blütenständen auch fertile männliche zu produzieren vermag, noch das ursprünglichere, der Gattung *Betula* eigene Normalverhältnis zur Schau trägt.

Diese erheblichen Fertilitätsunterschiede zwischen den verschiedenen Klonen bedeuten natürlich schon an sich, dass gerade die *laciniatae* am reichlichsten vollwertige Früchte zu produzieren vermögen. Vor allem betrifft dies die b-*laciniata*. Dieser Vorsprung scheint sich aber nicht allein auf den im Vergleich zu der s-*laciniata* höheren Prozentsatz der vollentwickelten Samen zu gründen, sondern die Früchte der b-*laciniata* ergeben auch mehr Keimlinge als die der s-*laciniata* (siehe beigefügte Übersicht).

Betula verrucosa f. *laciniata*	Früchte im Keimungs-Versuch	Vollentwickelte Früchte	%	Keimlinge aus diesen	%
Schmaler Typ:					
Pietarsaari *C* 4	498	290	58.2	142	49.0
Pietarsaari *C* 5	500	302	60.4	181	59.9
Breiter Typ:					
Pietarsaari *C* 7	500	360	72.0	289	80.3
Pietarsaari *C* 13	500	351	70.2	287	81.8

Bei Untersuchung der ungekeimten Samen konnte nämlich gefunden werden, dass bei der s-*laciniata* 6.4 % und bei der b-*laciniata* 3.2 % infolge Beschädigung und anderer äusseren Ursachen zugrunde gegangen waren. Nicht ausgekeimte Normalsamen gab es 7.3 bzw. 3.0 %, während bei 8.4 bzw. 5.7 % die Embryonen mehr oder minder rückgebildet waren oder völlig fehlten. Beeinträchtigend auf die Keimlingszahl wirkten ausserdem die durch die Lage der Samen und den Bau der Früchte selbst bedingten Abnormitäten. Bei der s-*laciniata* hatten nämlich 4.8 % und bei der b-*laciniata* 1.6 % der Embryonen überhaupt nicht aus den Früchten herausgefunden, sondern waren, allerdings schon ergrünt, mit geschlängelter Keimwurzel und Hypokotyl in der Nuss eingegangen. Mit anderen Worten, laut den hier angegebenen Zahlen ergeben 1 000 Samen der b-*laciniata* 576, dieselbe Samenmenge der s-*laciniata* dagegen nur 323 Keimlinge oder also fast zweimal weniger.

Die Abkömmlinge der schlitzblättrigen Birken in der F_1-Generation

Wie wir vorhin sahen, ergaben die Samen der schlitzblättrigen Birken von Viipuri und Pietarsaari nur normalblättrige Keimlinge: in Ruotsinkylä etwa 200, in Punkaharju fast 1 000. Dieses negative Ergebnis entspricht durchaus dem, was man in betreff dieser in Parken gezogenen Bäume schon seit altem weiss. Schon Schübeler (1886, p. 76) erhielt aus den Samen eines Dalsbirke benannten Baumes ausschliesslich die gewöhnliche *Betula verrucosa*, und de Vries (1903, p. 382) erwähnt *B. verrucosa* f. *laciniata* unter denjenigen schlitzblättrigen Bäumen, deren Samen nicht dem Mutterindividuum ähnliche Nachkommen ergeben.

Es sind aber auch entgegengesetzte Fälle bekannt. So erhielt Lindgren (1878, p. 65) bei mehrjährigen Aussaaten eines Ornäs-Birke benannten Baumes auf den Stockholmer Versuchsfeldern in den 1870er Jahren neben fast 150 000 normalen Keimlingen auch zwei schlitzblättrige, und auch von diesen war nur der eine in bezug auf die Formausbildung seiner Blätter sehr dem Mutterbaum ähnlich, bei dem anderen waren die Blätter nur schwach geschlitzt. Auch der Saatversuch von Örtenblad (1902, p. 76) mit einer *dalecarlica* in Sollefteå, gleichfalls in Schweden, ergab neben normalen Pflanzen, deren Anzahl aber nicht angegeben wird, auch schwächer und stärker geschlitztblättrige Keimlinge. Von den letzteren war aber der grösste Teil, 68 Stück, stärker geschlitzt, dem Mutterbaum ähnlich; nur einer, als *lobulata* bezeichnet, trug Blätter ungefähr zwischen denen des Mutterbaumes und der *typica*.

Aus neuerer Zeit weiss man, dass nicht vor langem in der Nähe einer *laciniata* in einem Uppsalaer Park spontan ein gleichfalls schlitzblättriger

Keimling erschienen ist (Hylander 1955, p. 45). Weiter wird berichtet, dass Saatversuche mit Samen einer ebensolchen Birke des Monrepos-Parkes von Viipuri in den 1930er Jahren sogar eine grössere Anzahl ähnlich beschaffener Keimlinge ergaben (siehe Saarnijoki 1956, p. 23). Näherers über deren Beschaffenheit ist indessen nicht zu erfahren gewesen.

Nur Lindgren und Örtenblad haben ihren Aufsätzen Blatttypenbilder der betreffenden schlitzblättrigen Pflanzen beigegeben, und merkwürdigerweise nur letzterer bildet (op.c., Taf. 25: 1) dazu auch ein Blatt der gleichzeitig entstandenen normalblättrigen Keimlinge ab. Nun ergibt sich aber, dass dieses als Vertreter der Hauptform *(B. verrucosa)* gewählte Blatt klarer und tiefer doppelt gezähnt erscheint, als sonst gewöhnlich. Dies ist vordem auch schon Gunnarsson (1925, p. 102—103) aufgefallen, der in seiner allbekannten *Betula*-Monographie erwähnt, dass das Blatt der f. *serrata* (Mörner) Gunnarss. am nächsten steht, bei welcher nach ihm in Schweden recht seltenen Form die Blattränder scharf und tief doppelt gesägt bis seicht eingeschnitten mit gesägten Läppchen sind. Hylander (1957 b, p. 423; siehe auch 1957 a, p. 43) hat anlässlich dieser selben »e nonnullis locis Sueciae et Norvegiae» angetroffenen *serrata*-Form den Gedanken geäussert, dass sie mit knapper Not den Schlitzblattformen zugezählt und kaum scharf von der Hauptform abgegrenzt werden kann. Es möge erwähnt werden, dass die genannte Form anscheinend auch in Finnland ziemlich selten ist, denn z. B. in den Sammlungen der Forstlichen Forschungsanstalt befinden sich nur zwei Proben (KP: Schärenhof von Kokkola, 26. VIII. 1937 V. Kivilinna; N: Helsinki, Kuusisaari, 16. X. 1949 S. Saarnijoki), deren Blattyp dem dargestellten (siehe z. B. Gunnarsson op. c., Taf. 6: 12; Hylander 1957 b, Taf. 1) am nächsten entspricht.

Existieren bei den äusserlich normalen Nachkommen der schlitzblättrigen Birken nun also doch Anzeichen der abweichenden Eigenschaften der Mutterbäume? Die Normalblättrigen F_1-Nachkommen der hier besprochenen schlitzblättrigen Parkbirken von Viipuri und Pietarsaari sind heute schon beinahe 30 Jahre alt und haben zum Teil auch schon geblüht und gefruchtet. Wie äussern sich diese Verhältnisse möglicherweise bei ihnen? Wegen des reichlicheren Materials, das zugleich auch eine bessere Gewähr für die Abstammung liefert, beschränkt sich die nachstehende Darstellung lediglich auf die Abkömmlinge der b-*laciniata* von Viipuri in Ruotsinkylä, und auch von diesen an zwei Stellen ausgepflanzten Birken konnte nur die eine, 16 Bäume umfassende Gruppe genauer untersucht werden. In dieser Gruppe befinden sich aber alle diejenigen 12 Bäume, die sich bisher als fertil erwiesen haben.

Abb. 10 zeigt die Positionen dieser 16 Bäume auf der etwa 12 × 35 m grossen Fläche im unteren Teil des zur Hauptsache schroff nach Westen

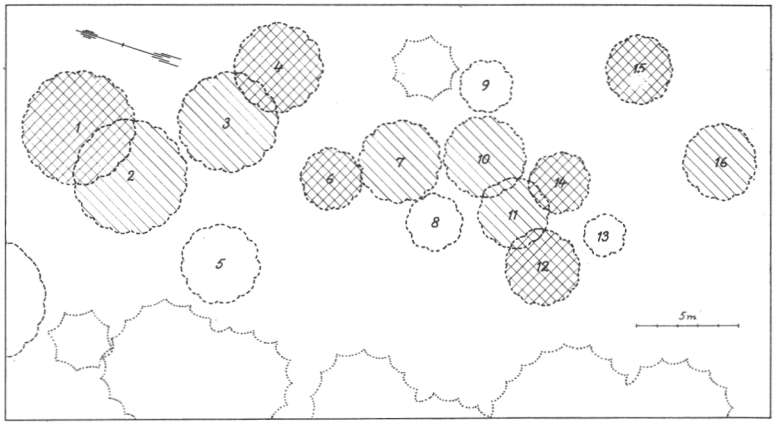


Abb. 10. Lageplan der F_1-Abkömmlinge *(R 1—16)* der Salakkalahti-Birken von Viipuri im Versuchsrevier Ruotsinkylä. Die schraffierten haben bisher geblüht. Die schrägschraffierten haben nur eine, die kreuzschraffierten zwei Arten von schlitzblättrigen Keimlingen geliefert.

abfallenden Abhangs eines Sandrückens, wohin die Bäume i. J. 1942 verpflanzt wurden (siehe Abb. 11). Im Westen und Norden grenzt die Fläche an dichten, fast 70jährigen Fichtenbruchwald, im Osten an die Landstrasse und den dahinter stehenden, gleichfalls 70jährigen Kiefern-Fichten-Mischwald. Im Süden befindet sich ein Pflanzbestand mit jungen Fichten und Birken. Die Bäume waren ursprünglich 21 an der Zahl, schon früher sind aber 5 gestorben, und im Spätwinter 1960 ging noch einer, der Baum *R 5* auf der Karte, wegen Schneebruch zugrunde.

Die heute 7—14 m hohen Bäume wirken wenigstens äusserlich in keiner Weise abweichend. Interessant ist aber festzustellen, dass sie ihre schon im Pflanzgarten erkennbare hängeästige Wachstumsweise immerfort beibehalten haben; bei einem Teil der Bäume *(R 1—3, 6, 7, 10, 11, 13* und *14)* äussert sich diese Eigenschaft deutlicher, bei den anderen *(R 4, 5, 8, 9, 12, 15* und *16)* gedeckter. Bei keinem einzigen der 16 Bäume ist sie aber so auffallend wie bei den betreffenden Bäumen von Viipuri bzw. bei anderen ihnen mutmasslich entsprechenden Vertretern des *laciniata*-Klons vom breiten Typ. Eher scheinen sie sich in dieser Hinsicht schon der s-*laciniata* oder der *dalecarlica* zu nähern, auch wenn man anderseits behaupten könnte, dass sie in bezug auf diese Eigenschaft auch der Hängeästigkeit der normalen Weissbirke in deren gewissermassen gewöhnlichster, »durchschnittlichster» Stufe entsprechen. Gerade mit Rücksicht darauf ist es also in diesem Falle nicht möglich, sicher zu entscheiden, ob sich vielleicht in der genannten Hängeästigkeit der Ruotsinkylä-Bäume irgendeine von den Mutterbäumen niedergeerbte Anomalität verbirgt, auch wenn man sich dessen bewusst ist, dass die vorerwähnte Verzartungserscheinung der Pflanzenteile

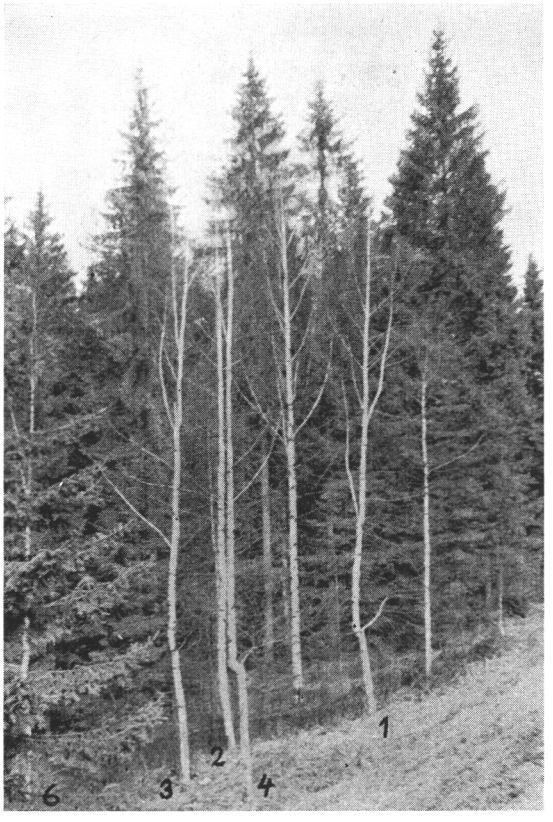


Abb. 11. Die Birken *R 1—4* und *6* im Nordteil der Pflanzfläche in Ruotsinkylä. Im Hintergrund zwei aus Naturbesamung hervorgegangene Birken, die grössere ist eine *Betula verrucosa*. — 30. IV. 1959.

bei schlitzblättrigen Bäumen und Sträuchern neben anderen Einwirkungen auch zur Hängeästigkeit führen kann.

Auch sonst wirken diese schon in recht weit fortgeschrittenem Stadium ausgepflanzten Bäume recht normal. Dennoch entgeht man nicht der Tatsache, dass sie im Vergleich zu den nebenan stehenden mehr oder minder gleich hohen aus Naturbesamung entstandenen Weiss- und Moorbirken etwas krümmiger und auch in bezug auf den Bau ihres Geästs derber und unregelmässiger geformt sind, wie auch aus Abb. 11 aus dem Nordteil der Baumgruppe zu ersehen ist.

Die erwähnten Unterschiede in der Wachstumsweise könnten indessen auch gerade von dieser verschiedenen Art der Entstehung herrühren. Da nun aber die b-*laciniata*, wie auch die schlitzblättrigen Parkbirken insgemein, bekanntlich recht derbästig und krummwüchsig ist und oft sogar eine

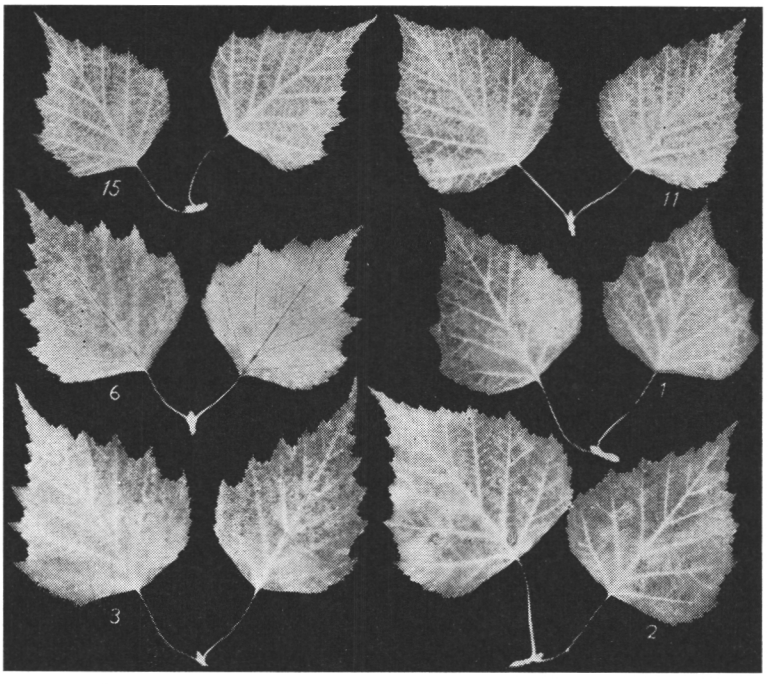


Abb. 12. Kurztriebblätter von F_1-Abkömmlingen der Salakkalahti-Birken von Viipuri im Versuchsrevier Ruotsinkylä, links mit scharfer, rechts mit stumpfer Zähnung. Die Bezifferung entspricht den Nummern der Bäume. — Photogramm, $^2/_5$.

Aufteilung in mehrere Hauptstämme aufweist (siehe Abb. 2 und 8; vgl. auch Örtenblad 1902, Taf. 12 und 13; Heydenreich 1936, p. 148; Saarnijoki 1956, Abb. 3; Hylander 1957 a, Abb. 3—5), könnten bei diesen Bäumen von Ruotsinkylä auch Anzeichen der Wachstumsweise der Mutterbäume vorhanden sein, wegen des grösseren Dichtstandes allerdings schwächer als eben bei den meistens einzelstehenden Mutterbäumen. Da aber die schlechte Schaftform der schlitzblättrigen Parkbirken anderseits auch dadurch erklärlich sein könnte, dass es sich ja um Impflinge handelt, bei denen sich die Merkmale der einem Propfreis anfangs eigenen astähnlichen Wachstumsweise in den älteren Teilen des Baumes oft mehr oder minder deutlich sichtbar erhalten können, leuchtet es ein, dass ein habitueller Vergleich von solchen auf zweierlei verschiedene Weise entstandenen Bäumen nicht dem Zweck entspricht.

Nun aber endlich der Blattyp. Abb. 12 bringt Kurztriebblätter von sechs *(R 1—3, 6, 11* und *15)* der jetzt in Rede stehenden Birken in Ruotsinkylä. Die Bäume wurden nach Möglichkeit so gewählt, dass sie im Hinblick auf ihren Blattyp einen Durchschnitt durch die ganze Baumgruppe

geben. Daher darf schon aus der Abbildung geschlossen werden, dass bei allen 16 Bäumen der Gruppe die Blätter ziemlich deutlich doppelt gesägt sind. Einige scheinen sich in dieser Hinsicht schon jenem von Örtenblad beschriebenen, der f. *serrata* nahestehenden Typ zu nähern (die drei Blattpaare links im Bilde), neben ihnen gibt es aber auch stumpfer gezähnte, unleugbar schon völlig der normalen Weissbirke entsprechende Blätter (im Bilde rechts). Auf dieser Grundlage lassen sich die Bäume nach abnehmender Zähnung zu einer Reihe anordnen: *R 3, 10, 6, 13, 4, 12, 8, 15, 2, 14, 16, 9, 7, 5, 1* und *11*. Die Reihe läuft aber nicht gleichmässig, sondern verteilt sich genau zur Hälfte einerseits auf die ebenerwähnte schärfere und anderseits die schwächere, der f. *typica* ähnliche Zähnung, mit deutlicher Grenze zwischen den Bäumen *R 15* und *2* (vgl. Abb. 12).

Auch hinsichtlich der Blattform besteht im Material eine recht erhebliche Variation. Sie scheint aber nicht mit derjenigen der Blattrandzähnung einherzugehen. Ordnet man nämlich die Bäume auf Grund des Verhältnisses Blattlänge: Blattbreite zu einer aufsteigenden Reihe *R 4, 3, 6, 10, 1, 9, 16, 15, 11, 14, 12, 5, 13, 7, 2* und *8*, so häufen sich im Gegensatz zu der vorhergehenden Reihe jetzt die mittleren Fälle. Auch die gegenseitige Ordnungsfolge der Bäume ist jetzt eine andere. Bei näherer Betrachtung findet man aber, dass die schärfer gezähnten Blätter dennoch insgemein schmäler und die stumpfer gezähnten breiter sind, denn von den ersteren sind nur drei *(R 8, 12* und *13)* in die Gruppe der breiten und von den letzteren gleichfalls nur drei *(R 1, 9* und *16)* in die der schmalen Blätter übergegangen.

Ist nun die Schlitzung der Blattfläche eine Folge der eingangs erwähnten störungsbedingten Verschmälerung der verschiedenen Pflanzenteile und folglich auch des Blattes, so wäre das Obige ziemlich leicht verständlich. Gleichzeitig bedeutete es aber offenbar auch, dass höchstens nur im halben Material die *serrata*-ähnliche Zähnung und auch hier nur bei einem Teil die schmale Blattspreite auf Schlitzblättrigkeit deuten könnte, während die übrige Hälfte des Materials schon dermassen zur normalen Weissbirke neigt, dass von Abweichungen kaum mit entschiedener Gewissheit gesprochen werden kann.

Wie verhält es sich nun aber mit den Deckschuppen und den Früchten bei diesen Bäumen, also mit denjenigen Pflanzenteilen, die nicht nur bei den mutmasslichen Mutterbäumen dieser F_1-Generation, sondern bei schlitzblättrigen Birken insgemein zahlreiche strukturelle Anomalien aufzuweisen haben und die anderseits auch in der Taxonomie der Birken eine nicht geringe Rolle spielen? Über diese Verhältnisse gibt Abb. 13 Aufschluss, die die Deckschuppen und Früchte derjenigen zwölf Bäume zeigt, die in Ruotsinkylä bisher gefruchtet haben.

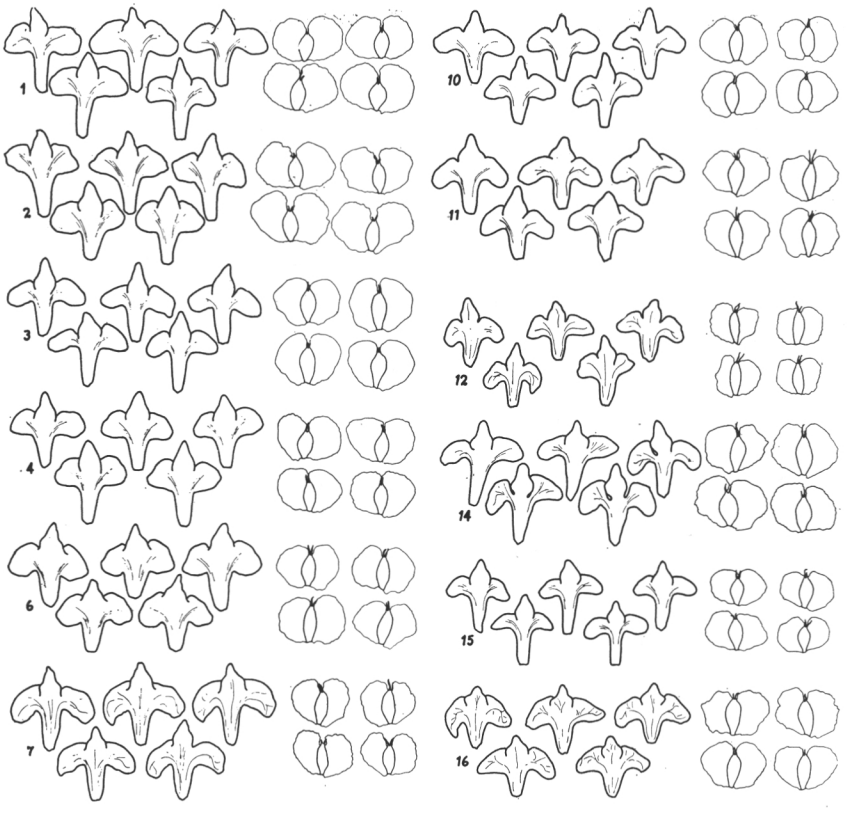


Abb. 13. Deckschuppen und Früchte derjenigen 12 F_1-Abkömmlinge der Salakkalahti-Birken von Viipuri im Versuchsrevier Ruotsinkylä, die bisher geblüht haben. Die Bezifferung entspricht den Nummern der Bäume. — $^2/_1$.

Schon beim ersten Blick findet man im Material so grosse Verschiedenheiten in bezug auf die Deckschuppen, dass man sich verwundert fragt, ob denn diese Bäume überhaupt am gleichen Standort entstandene Abkömmlinge von Mitgliedern ein und desselben Klons sein können? Im ganzen genommen wirken aber die Deckschuppen ziemlich normal, so dass sich unter ihnen keine befinden, die z. B. den zarten Deckschuppen des vermuteten Mutterbaumes, also denen einer b-*laciniata* (vgl. Abb. 5: 1) glichen.

Anderseits scheint das Material, ähnlich wie vorhin bei Rede von der Blattzähnung, auch in bezug auf die Form der Deckschuppen eine Teilung in zwei mehr oder minder klar umrissene Gruppen zu erlauben, denn bei einem Teil der Bäume sind die Schuppen mehr ankerförmig mit schroff abstehenden und am Ende herabgebogenen Seitenlappen (z. B. *R 3, 6, 7, 11* und *16)*, bei anderen wieder sind die Seitenlappen schräg vorwärtsgerichtet und von quadratischer Form *(R 2, 4, 14* und *15)*.

Auch das Verhältnis Länge : Breite scheint bei den Deckschuppen ähnlichen Schwankungen wie bei den Blättern unterworfen zu sein, und zwar sind die erwähnten ankerförmigen Schuppen im Material gewöhnlich kürzer und breiter als die mit vorwärtsgerichteten Seitenlappen. Teilt man die zusammengerechnete Länge von Mittel- und Basallappen mit der Breite des letzteren allein, so lassen sich die Bäume zur folgenden aufsteigenden Reihe ordnen: *R 1, 15, 14, 3, 7, 2, 4, 11, 10, 12, 6* und *16*.

Auch hier findet man also eine Zweiteilung des Materials. Dabei entsprechen die kurzen, ankerförmigen Schuppen unleugbar dem bei *Betula verrucosa* am häufigsten vorhandenen Typ, die langen und schlanken wirken schon deutlich fremder, etwa wie bei *B. pubescens*, vertreten also gewissermassen die anomalere Komponente des Materials.

Da sich nun aber unter den Bäumen mit ankerförmigen Schuppen mehrere befinden, die mit Bezug auf die Blattzähnung in die anomalere Gruppe, also in die mit schmäleren und schärfer gezähnten Blättern gestellt wurden *(R 4, 6, 10* und *12)*, und unter den durch ihre Deckschuppen auf Schlitzblättrigkeit hindeutenden wiederum entsprechend solche mit normaleren, also breiten und stumpf gezähnten Blättern *(R 1, 2, 7* und *14)*, so kommt man natürlich dahin, dass Blattform und Deckschuppenform voneinander unabhängige Eigenschaften wären. Berücksichtigt man aber, dass auch bei normalen Weiss- und Moorbirken die Deckschuppenform so erheblichen Schwankungen unterworfen sein kann, dass man bei beiden Arten Schuppentypen der anderen Art antreffen kann (vgl. z. B. Johnsson 1941; Kujala 1946), so braucht das Obengesagte gar nicht zu bedeuten, dass die Deckschuppen bei einem Teil des Materials etwa normaler gebaut wären, beim anderen wiederum auf Schlitzblättrigkeit hindeuteten. Auch im Hinblick auf die Deckschuppen ist es also nicht möglich mit Gewissheit zu sagen, ob in ihnen etwas vom Gewöhnlichen Abweichendes zum Ausdruck kommt.

Weniger klar sind die Unterschiede in der Form der Früchte, z. B. im Verhältnis Länge : Breite des eigentlichen Nüsschens, in der Höhe der Flügel, usf. Auf Grund des Längenverhältnisses ergibt sich folgende Reihe, von den schmäleren beginnend: *R 12, 7, 11, 6, 16, 3, 14, 2, 10, 15, 4* und *1*. Auch sie ist deutlich zweigeteilt, denn für die fünf ersteren ergeben sich Mittelwerte zwischen 38 und 44, für die anderen dagegen Werte zwischen 49 und 60. Vergleicht man diese Zahlen z. B. mit früher bei schlitzblättrigen Birken, vor allem bei der b-*laciniata* gefundenen (42—48, vgl. Saarnijoki 1956, p. 17), so deutet nun die durch schmale Früchte gekennzeichnete Gruppe der Ruotsinkylä-Bäume ausgesprochen in die Richtung des mutmasslichen schlitzblättrigen Mutterklons, während die Gruppe mit den breiteren Früchten in dieser Hinsicht offenbar einen normaleren Grad vertritt, denn z. B. bei drei in der Nähe der Pflanzfläche stehenden gewöhn-

lichen Weissbirken wurden für das Längenverhältnis der Früchte Mittelwerte zwischen 48 und 55 gefunden. Zieht man aber in Betracht, dass bei der Weissbirke auch die Breitenmasse der Früchte erheblich variieren (vgl. K u j a l a op.c., p. 8), so braucht die Zweiteilung der Reihe auch in diesem Fall nicht zu bedeuten, dass die Früchte bei einem Teil der Bäume normaler, bei den anderen wiederum anomaler, Schlitzblättrigkeit andeutend sind. Ausserdem käme man auch zutreffendenfalls dahin, dass das Verhältnis Länge : Breite der Früchte in noch schwächerer Beziehung zu den entsprechenden Eigenschaften beim Blatt und bei der Deckschuppe steht, als wie sie zwischen diesen zwei Pflanzenteilen gefunden wurde, denn z. B. die Bäume mit schmalen Früchten haben durchgehends ankerförmige und, 6:s auf einen *(R 7)*, breite Deckschuppen, und in bezug auf den Blattyp fallen in dieser Gruppe drei Bäume *(R 7, 11* und *12)* den breitblättrigen und nur zwei *(R 6* und *16)* den schmalblättrigen zu. Ebenso schwach ist anscheinend auch die Beziehung zwischen dem Längenverhältnis der Frucht und der Zähnung des Blattrandes, denn unter den Bäumen mit schmalen Früchten befindet sich nur einer mit scharf gezähnten Blättern *(R 6)*, bei allen anderen sind die Blätter stumpf gezähnt; entsprechend zählt die Gruppe der breiten Früchte vier Bäume *(R 3, 4, 10* und *15)* mit scharf, aber nur drei *(R 1, 2* und *14)* mit stumpf gezähntem Blattrand.

Was die Höhe des Flügelsaumes betrifft, d. h. um wieviel der Flügelsaum die Fruchtspitze überragt, so ähneln gerade diejenigen Bäume, bei denen die Flügelsäume der Früchte am höchsten reichen (in aufsteigender Folge *R 2, 7, 1, 14, 10* und *4)*, in dieser Hinsicht am nächsten der b-*laciniata* (vgl. Abb. 5: 1). Auch ein Vergleich z. B. mit der Blattform und der Zähnung des Blattrandes ergibt keine festen gegenseitigen Beziehungen, dagegen ist eine solche anscheinend zur Breite der Deckschuppe vorhanden, denn in beiden Fällen haben sich in der auf Schlitzblättrigkeit deutenden Gruppe vier *(R 1, 2, 7* und *14)* und in der normaleren Gruppe gleichfalls vier *(R 6, 11, 12* und *16)* gemeinsame Bäume befunden.

Tab. 2 bringt schliesslich eine Statistik über die Anzahl der Samenanlagen in den Früchten dieser Bäume sowie in denen von sieben f. *typica* und einer f. *serrata*. Die Jahreszahl gibt das betreffende Samenjahr an. Schon sofort ist zu sehen, dass bei den Ruotsinkylä-Bäumen lange nicht so grosse Unterschiede vorkommen, wie sie bei den schlitzblättrigen Birken festzustellen sind (vgl. Tab. 1), sondern die Bäume erweisen sich auch in dieser Hinsicht als ziemlich normal, indem die Prozentsätze der als anomal bezeichneten Früchte, d. h. derjenigen mit 0, 1 und 3 Samenanlagen, bei einem Teil der Bäume ungefähr denen der Normalbäume entsprechen; bei einigen anderen liegen sie allerdings etwas höher. Wegen der beträchtlichen Variation von Samenjahr zu Samenjahr ist es aber schwer mit Ge-

Tabelle 2. Mengen, Vollsamenprozent und prozentische Verteilung der untersuchten Früchte nach der Anzahl der Samenanlagen bei den F_1-Bäumen von Ruotsinkylä.

Betula verrucosa f. *laciniata* × *typica*	Früchte untersucht Stück	Früchte voll %	Prozentische Verteilung der Früchte nach der Anzahl der Samenanlagen 0	1	2	3	Anomalitäts-%
1958 Ruotsinkylä, *R 1*	381	56.7	—	2.6	97.1	0.3	2.9
1959 » *R 1*	740	41.4	0.3	2.3	97.3	0.1	2.7
1958 » *R 2*	683	57.2	1.3	3.1	95.0	0.6	5.0
1958 » *R 3*	291	58.8	0.3	—	99.7	—	0.3
1958 » *R 4*	377	29.7	1.1	3.5	95.4	—	4.6
1956 » *R 6*	647	39.6	—	0.3	99.7	—	0.3
1958 » *R 6*	385	47.1	—	1.0	98.7	0.3	1.3
1957 » *R 7*	730	58.4	0.4	1.7	97.5	0.4	2.5
1958 » *R 7*	320	58.1	—	—	99.7	0.3	0.3
1959 » *R 7*	640	40.2	0.1	1.0	98.7	0.2	1.3
1958 » *R 10*	379	61.2	0.5	8.7	90.8	—	9.2
1959 » *R 10*	671	74.4	0.2	2.8	97.0	—	3.0
1960 » *R 10*	559	70.2	—	0.9	99.1	—	0.9
1958 » *R 11*	239	12.6	0.4	2.5	97.1	—	2.9
1958 » *R 12*	382	34.6	—	3.7	96.3	—	3.7
1958 » *R 14*	516	32.4	—	0.2	99.6	0.2	0.4
1960 » *R 15*	415	36.9	—	1.4	98.6	—	1.4
1960 » *R 16*	406	42.1	—	—	100.0	—	0.0
	8 761	48.8	0.3	1.9	97.6	0.2	2.4
f. *serrata*							
1937 Schärenhof von Kokkola ..	542	51.1	—	0.2	99.8	—	0.2
f. *typica*							
1938 Ruotsinkylä	398	83.9	1.0	0.5	98.0	0.5	2.0
1946 Vilppula	1 074	57.3	0.1	0.5	99.4	—	0.6
1956 Helsinki, *Nr. 1*	606	44.2	0.2	0.3	98.8	0.7	1.2
1956 » *Nr. 2*	472	27.8	—	0.9	98.3	0.8	1.7
1957 » *Nr. 2*	205	9.7	0.5	3.4	95.1	1.0	4.9
1958 Kuopio	261	93.1	0.4	1.1	97.7	0.8	2.3
1959 Kajaani, *Nr. 1*	345	72.2	—	0.3	99.7	—	0.3
1959 » *Nr. 2*	328	93.0	—	0.3	99.7	—	0.3
	3 689	58.7	0.2	0.7	98.7	0.4	1.3

wissheit zu sagen, ob diese etwas höheren Prozente als Anzeichen von Schlitzblättrigkeit gedeutet werden müssen — um so mehr, als ja z. B. bei der *serrata*-Birke der Tabelle das Anomalitätsprozent nur 0.2 beträgt.

Dass sich die zahlenmässige Variation der Samenanlagen bei diesen F_1-Bäumen von Ruotsinkylä offensichtlich durchaus mit der bei Normalbirken vorkommenden deckt (vgl. N a w a s c h i n 1894), wird recht überzeugend auch dadurch angedeutet, dass unter den mehr als 8 000 untersuchten Früchten keine einzige gefunden wurde, bei der die Samenanlagen wie bei den schlitzblättrigen Birken verändert und rückgebildet gewesen wären (vgl. Abb. 9), sondern alle vorhandenen Samenanlagen wirkten in jeder Hinsicht normal und anscheinend fertil.

Auch die ♂-Blütenstände und Blüten sowie die Staubblätter dieser Bäume zeigen einen dermassen normalen Bau, dass bei ihnen keine deutlichen Anzeichen von Gewebsdeformationen nachgewiesen werden konnten. Bei schlitzblättrigen Birken liegen ja die Verhältnisse, wie eingangs besprochen, ganz anders.

Auf Grund des Obigen schiene es also, wie wenn bei den in Rede stehenden F_1-Bäumen von Ruotsinkylä keine entscheidenden Anzeichen von Schlitzblättrigkeit vorhanden wären, sowie dass auch diejenigen, die hierbei wohl am nächsten in Frage kommen könnten, nämlich die *serrata*-ähnliche Zähnung des Blattrandes und die schlanke Ausbildung des Blattes und einiger anderen Pflanzenteile, nur bei einem Teil des Materials deutlicher, und auch dann in weniger enger Verknüpfung miteinander zum Ausdruck kommen. Verhält es sich so, so ist ebenfalls klar, dass man auch auf diesem Wege nicht dem Ursprung dieser Bäume auf die Spur kommen kann, d. h. Klarheit darüber gewinnen kann, zu welchem schlitzblättrigen Klon ihre einstigen Mutterbäume in Viipuri gehört haben.

Aber in einer Hinsicht scheinen sich die Bäume dennoch ausschlaggebend von den Weissbirken der nächsten Umgebung zu unterscheiden und deuten so ihren fremden Ursprung an. Diese Bäume beginnen nämlich auszuschlagen und öffnen ihre Blüten 2—3 Tage früher als ihre lokalen Artgenossen und verfärben sich und fällen ihr Laub im Herbst eine halbe bis eine Woche später als diese. Da nun z. B. bei den angepflanzten *laciniata*- und *dalecarlica*-Bäumen in Helsinki der Laubfall, wie es bei südlicheren, an eine längere Vegetationsperiode angepassten Provenienzen überhaupt der Fall zu sein pflegt, etwa anderthalb bis zwei Wochen später als bei den wilden Weissbirken der Gegend eintritt (vgl. Saarnijoki 1956, p. 8), mögen die genannten periodischen Unterschiede zwischen den Bäumen der Pflanzfläche und deren Umgebung in Ruotsinkylä offenbar nicht standortsbedingt sein können, sondern sind ein Ausdruck für die fremde, ausländische Herkunft der ersteren.

Die Sämlingskulturen der F_2-Generation

Wie eingangs schon erwähnt wurde, hat die F_1-Generation der schlitzblättrigen Birken von Viipuri in Ruotsinkylä und entsprechend der von Pietarsaari in Punkaharju in den letzten Jahren neben normalblättrigen Sämlingen auch schlitzblättrige zu liefern begonnen. Aus dem i. J. 1955 gesätem Samen von sechs hierhergehörigen Alleebirken entstanden insgesamt 320 schlitzblättrige Keimlinge. Diese waren aber nicht alle völlig gleich, sondern bei 50 waren die Blätter stärker, bei den anderen 270 schwächer geschlitzt. Im Beginn der folgenden Vegetationsperiode befanden sich

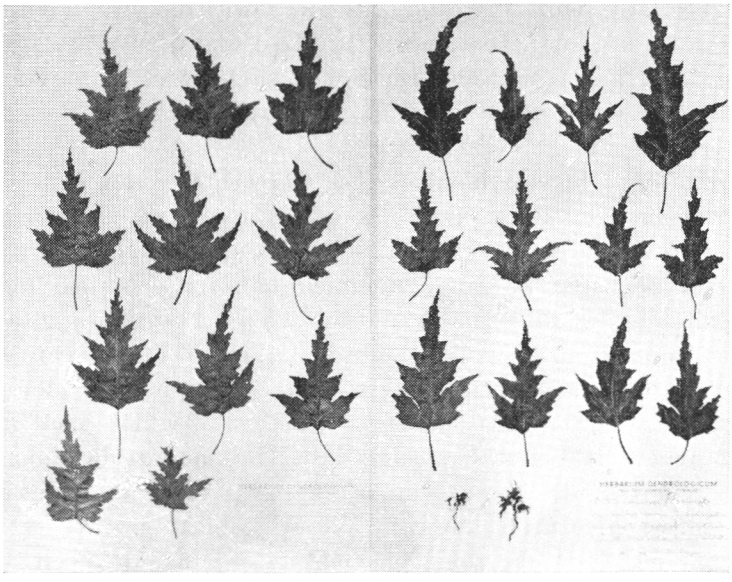


Abb. 14. Blattypen der im Versuchsrevier Punkaharju aufgezogenen 23 schwächer und (die Sämlinge rechts unten) 2 stärker schlitzblättrigen Birken. — $^1/_5$.

im Pflanzgarten von den letzteren 23, von den ersteren aber nur noch 2 am Leben. Abb. 14 zeigt den Blattyp dieser Pflanzen im Alter von 2 Jahren.

Da aber die Samen der genannten sechs Bäume leider vermischt zur Aussaat gelangten und auch die Anzahl der normalblättrigen Keimlinge nicht ermittelt wurde, entschloss man sich für neue, eingehendere Saatversuche, diesmal aber mit den schon vorhin besprochenen 16 F_1-Bäumen in Ruotsinkylä *(R 1—16)*, einmal wegen ihrer grösseren Zahl und zweitens weil ja diese Bäume mit grösserer Gewissheit als die möglicherweise zweien oder sogar mehreren Klonen angehörenden Bäume von Punkaharju als Vertreter ein und desselben Klons, mutmasslich der b-*laciniata*, anzusehen waren. Das Samenmaterial dieser Versuche entstammt folgenden Bäumen und Jahren

	1	2	3	4	6	7	10	11	12	14	15	16
1956	O	O	—	—	O	O	—	—	—	—	—	—
1957	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	—	O
1958	O	O	O	O	O	O	O	—	—	—	O	—
1959	O	O	—	O	O	O	O	—	—	O	—	—

und wurde unter genauer Auseinanderhaltung der Bäume und Jahrgänge im Gewächshaus ausgesät, wo man die Pflanzen die ersten zwei Jahre stehen liess. Tab. 3 gibt eine Übersicht über die gewonnenen Keimlinge und deren Blattypen nach grober Einteilung.

Alle 12 Bäume lieferten also neben Keimlingen mit normalen auch solche mit geschlitzten Blättern, allerdings in relativ geringen Anteilen, von etwa 1 bis 19 %. Bei ein und demselben Baum erweist sich der Prozentsatz in den verschiedenen Jahren als auffallend gleich; die grösste Differenz, 9.9, ergibt sich beim Baum *R 2*. Weiter findet man, dass die im Nordteil der Pflanzfläche stehenden Bäume mit den niedrigsten Ordnungsnummern reichlicher schlitzblättrige Keimlinge geliefert haben als die Bäume im Südteil der Fläche.

Tabelle 3. Mengen und blattypenmässige Verteilung der in den Jahren 1956—59 gewonnenen Keimlinge der F_1-Bäume von Ruotsinkylä.

	Samenjahr	Pflanzen zus.	Blattypenprozente			Schlitzblättrige Pflanzen	
			Normale	Schwächer geschlitzte	Stark	%	Stück
R 1	1956	2 165	93.8	5.2	1.0	6.2	134
R 1	1957	1 685	88.4	9.6	2.0	11.6	195
R 1	1958	388	92.0	6.4	1.6	8.0	31
R 1	1959	1 407	87.8	10.7	1.5	12.2	171
R 2	1956	662	91.1	8.9	—	8.9	59
R 2	1957	573	89.0	11.0	—	11.0	63
R 2	1958	210	85.2	14.8	—	14.8	31
R 2	1959	1 316	81.2	18.8	—	18.8	248
R 3	1957	1 486	89.3	10.7	—	10.7	159
R 3	1958	131	90.8	9.2	—	9.2	12
R 4	1957	1 734	94.7	3.7	1.6	5.3	91
R 4	1958	184	91.8	4.4	3.8	8.2	15
R 4	1959	1 435	89.8	5.2	5.1	10.3	147
R 6	1956	731	90.4	7.7	1.9	9.6	70
R 6	1957	1 057	91.2	7.6	1.2	8.8	93
R 6	1958	69	85.5	10.1	4.4	14.5	10
R 6	1959	188	89.4	7.4	3.2	10.6	20
R 7	1956	276	87.7	12.3	—	12.3	34
R 7	1957	1 275	90.6	9.4	—	9.4	120
R 7	1958	123	87.8	12.2	—	12.2	15
R 7	1959	705	83.5	16.5	—	16.5	116
R 10	1957	1 413	95.3	4.7	—	4.7	66
R 10	1958	147	93.2	6.8	—	6.8	10
R 10	1959	1 533	94.0	6.0	—	6.0	92
R 11	1957	145	97.9	2.1	—	2.1	3
R 12	1957	904	98.1	1.7	0.2	1.9	17
R 14	1957	173	95.4	3.5	1.1	4.6	8
R 14	1959	171	90.1	7.0	2.9	9.9	17
R 15	1958	679	99.1	0.7	0.2	0.9	6
R 16	1957	1 230	98.9	1.1	—	1.1	14

Ganz wie in Punkaharju, haben sich also nun auch in Ruotsinkylä unter den Sämlingen zweierlei schlitzblättrige Pflanzen befunden. Neu ist aber, dass dies nur für sechs von den zwölf Bäumen zutrifft, bei den anderen ist das Keimlingsmaterial in dieser Hinsicht einheitlich. Die Bäume *R 1, 4, 6, 12, 14* und *15* lieferten nämlich sowohl schwächer als stärker, die Bäume *R 2, 3, 7, 10, 11* und *16* wiederum nur schwächer schlitzblättrige Keimlinge. Dabei haben sich die Bäume, von denen verschiedene Samenjahrgänge zur Aussaat gelangten, jedesmal gleich verhalten. Weiter ist zu

ersehen, dass wie in Punkaharju stärker schlitzblättrige Keimlinge viel weniger als schwächer geschlitzte entstanden.

Wie bereits auf S. 28 erwähnt wurde, sind die Blätter bei sechs von den jetzt in Rede stehenden F_1-Bäumen von Ruotsinkylä stumpfer, bei den anderen sechs wiederum schärfer, etwa der *serrata*-Form ähnlich gezähnt. Interessant ist nun festzustellen, dass im allgemeinen die ersteren *(R 2, 7, 11* und *16)* schwächer, die letzteren *(R 4, 6, 12* und *15)* wiederum sowohl schwächer als stärker schlitzblättrige Keimlinge geliefert haben. Die Bäume *R 1* und *14* bzw. *R 3* und *10* verhalten sich allerdings in der genannten Beziehung direkt entgegengesetzt. Interessant ist auch zu finden, dass die Mutterbäume der Keimlinge unabhängig von den Blattypenverhältnissen der letzteren sehr gleichmässig über die Pflanzfläche verteilt sind (siehe Abb. 10, S. 25).

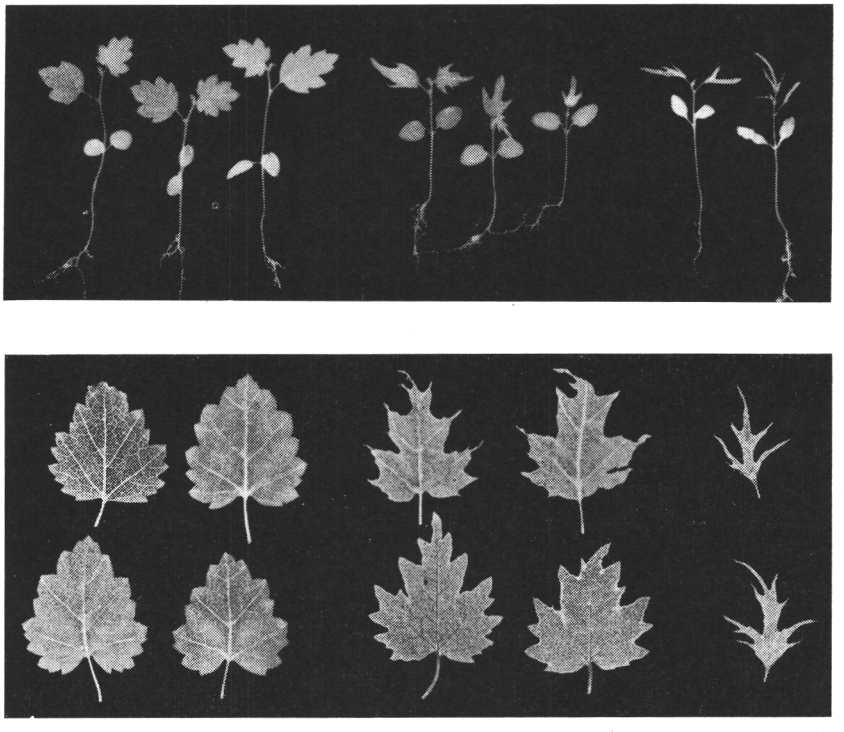


Abb. 15. Oben normal sowie schwächer und stärker geschlitztblättrige F_2-Sämlinge der Birken von Ruotsinkylä, unten Primordialblätter entsprechender, etwas älterer Pflanzen. — Photogramm, etwa $^1/_1$.

Der Blattyp der Keimlinge zeigt sich schon früh (Abb. 15 oben). Seine nähere Analysierung wurde indessen noch nicht in diesem Stadium vorgenommen, sondern erst etwas später, als schon 3—5 voll entfaltete Primor-

dialblätter vorhanden waren, die eine sichere Bestimmung des Typs erlauben (Abb. 15 unten). Dann findet man bei der schwächeren Schlitzung die Blätter fiederspaltig, bei der stärkeren fiederteilig. Die Blattspreite, die bei den Normalkeimlingen in diesem Stadium der Entwicklung noch deutlich herzförmig ist, zeigt bei den stärker geschlitzten Blättern einen scharf keilförmigen Blattgrund, während sich die schwächer geschlitzten etwa mittelwegs zwischen beide einfügen.

Interessant ist nun festzustellen gewesen, dass die Keimlinge in diesen Zuchten desto trägwüchsiger und sterblicher gewesen sind, um eine je stärkere Schlitzung der Blattfläche es sich gehandelt hat — eine Erscheinung, die man auch bei anderen Pflanzen kennt (J a h n 1933, p. 296; S a a r n i j o k i 1946; vgl. auch Abb. 17). Für die frühesten Entwicklungsstadien der Schlitzblattkeimlinge scheint dies indessen nicht zuzutreffen, denn trotz ihrer Trägwüchsigkeit scheinen diese im Gegenteil zählebiger als ihre normalblättrigen Altersgenossen zu sein. Erst am Ende der ersten und in den folgenden Vegetationsperioden beginnt sich die geschwächte Vitalität der schlitzblättrigen Keimlinge deutlicher in den reduzierten Keimlingszahlen bemerkbar zu machen, und als ein weiterer Faktor kommt offenbar auch noch die weniger gute Winterfestigkeit der Pflanzen hinzu. Da nun die Keimlingsanalysen schon während der ersten Vegetationsperiode durchgeführt werden konnten, kann der Umstand, dass normalblättrige Keimlinge am reichlichsten, schwächer geschlitzte weniger reichlich und stärker geschlitzte am spärlichsten erhalten wurden, nicht von der unterschied-

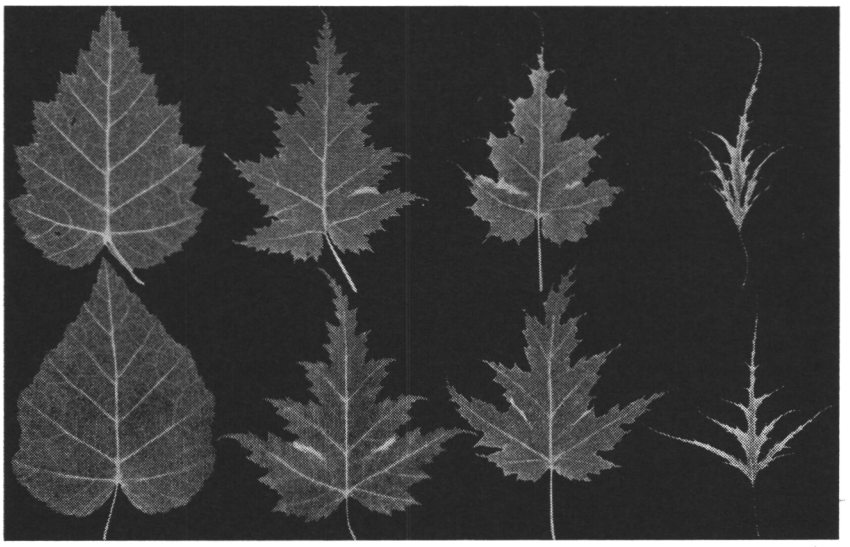


Abb. 16. Blattypen von zweijährigen F_2-Sämlingen im Gewächshaus.— Photogramm, $^1/_3$.

lichen Vitalität dieser Keimlingsgruppen herrühren, sondern die Ursache ist anderswo zu suchen. Es ist ebenfalls klar, dass eine solche frühe Analyse von den Keimlingsverhältnissen ein viel richtigeres Bild als eine später vorgenommene vermittelt (bei meiner oben zitierten Untersuchung vom Jahr 1946 über die Schlitzblättrigkeit bei Erle und Birke z. B. konnte sie wegen der schwächeren Teilung der Blattspreite erst in der dritten Vegetationsperiode vollzogen werden).

Mit zunehmendem Alter werden die Unterschiede zwischen den Blatttypen immer deutlicher (Abb. 16). Gleichzeitig bemerkt man aber, dass auch innerhalb der Blattypen selbst nicht alle Blätter unter sich gleich sind. So findet man einerseits in den Umrissen schmälere, anderseits breitere Blätter (obere und untere Reihe der Abbildung). Dieser Unterschied ist oft schon bei den Primordialblättern einjähriger Sämlinge mehr oder minder klar erkennbar (Abb. 15 unten). Das Verhältnis ist also das gleiche wie bei den Mutterbäumen (vgl. Abb. 12), mit dem Unterschied natürlich, dass jetzt auch schlitzblättrige Pflanzen mit dabei sind.



Abb. 17. Im Gewächshaus aufgewachsene stärker (links) und schwächer (rechts) geschlitztblättrige Birkensämlinge am Ende der zweiten Vegetationsperiode.

Auch in bezug auf die Zähnung des Blattrandes spiegeln sich im Keimlingsmaterial die bei den Mutterbäumen waltenden Verhältnisse wider, denn wie man aus Abb. 16 sieht, gibt es unter den Keimlingen sowohl solche mit stumpf, als auch solche mit scharf gezähnten Blättern. Vor allem gerade bei den schwächer schlitzblättrigen Keimlingen scheint dies besonders kennzeichnend zu sein (vgl. auch Abb. 15). Weiter ist zu finden, dass nicht alle Keimlinge mit Blättern vom breiten Typ immer stumpfe und die mit Blättern vom schmalen Typ scharfe Blattzähne haben, sondern es finden sich unter ihnen auch breitblättrige scharf gezähnte und schmalblättrige stumpf gezähnte, also ganz wie dies auch bei den Mutterbäumen der Fall war (siehe Abb. 12). Allerdings scheinen diese Unterschiede in der Zähnung nur die normalblättrigen und die schwächer schlitzblättrigen Pflanzen zu betreffen, während die Blätter bei den stärker schlitzblättrigen durchgehends ziemlich scharf gezähnt wirken.

Diese Variation in bezug auf die Form und die Zähnung der Blätter ist jedoch wenigstens vorläufig in dem grösstenteils noch ziemlich jungen Keimlingsmaterial nicht so klar hervorgetreten, dass eine eingehendere Analyse der diesbezüglichen Verhältnisse angemessen wäre.

Das bescheidene Alter der Keimlinge hindert auch ein sicheres Urteil über das Verhältnis dieses Materials zu den eingangs besprochenen kultivierten Klonen, vor allem zu der b-*laciniata*, die ja hier am nächsten in Verdacht steht. Doch zeigt, wie es auch schon die oben mitgeteilten Blattabbildungen erkennen lassen, der extremste Teil des Keimlingsmaterials eine dermassen weitgehende Aufschlitzung der Blattspreite, dass man es hier auf keinen Fall mit der erwähnten breiten *laciniata* zu tun haben kann, sondern eher auf Beziehungen zu der *dalecarlica* oder der »*laciniata gracilis*» schliessen muss.

Hinsichtlich der Keimlinge mit schwächer geschlitzten Blättern verhält es sich schon deutlich anders. Von diesen scheinen vor allem die breitblättrigen und scharf gezähnten am nächsten der b-*laciniata* entsprechen zu können (vgl. Abb. 1: 1). Da sich aber unter ihnen auch solche befinden, die durch ihre schmalen Blätter und die verhältnismässig stumpfe Blattrandzähnung schon der s-*laciniata* nahe kommen, scheinen auch die Blatttypen anderer kultiviertern Klone in diesem Keimlingsmaterial mit vertreten sein zu können.

Schon jetzt ist es jedoch offenbar, dass die Typenverwandtschaft der Blätter einerseits bei den am stärksten schlitzblättrigen Keimlingen des Materials und anderseits bei der *dalecarlica* und der »*laciniata gracilis*» lediglich eben auf die starke Schlitzung der Blattspreite und die scharfe Keilform der Blattbasis beschränkt ist. Schon in bezug auf die Zähnung des Blattrandes unterscheiden sie sich sehr distinkt voneinander. Bei der *dalecarlica* (vgl. Abb. 4: 2; siehe auch z. B. Blom 1786; Hylander

1957 b, Taf. VI und VII) und auch bei der »*laciniata gracilis*» (Abb. 4: 1) ist nämlich der Blattrand bedeutend gröber und stumpfer gezähnt als bei den jetzt in Rede stehenden extrem schlitzblättrigen Keimlingen, bei denen die Blattzähne eigentlich schon in äusserst schmale, pfriemförmige Gebilde umgewandelt erscheinen. Auch der Blattumriss scheint bei weitem nicht derselbe zu sein. Keimlinge mit derart rautenförmigen Blättern wie bei der »*laciniata gracilis*» oder quadratischen wie bei der *dalecarlica*, wurden unter diesen stärker schlitzblättrigen Keimlingen überhaupt nicht gefunden. Der gewaltigste Unterschied besteht jedoch in dem die beiden vorgenannten Klone weit übertreffenden Grad der Blattschlitzung. Während nämlich der sog. Schrumpfungswert der Blattfläche (siehe Saarnijoki 1946, p. 19) bei dem am stärksten schlitzblättrigen der hier besprochenen Klone, der f. *dalecarlica*, 48 beträgt, beläuft er sich beim extremsten Typ des vorliegenden Keimlingsmaterials auf nicht minder als 84 und 92. Das Verhältnis dieser Keimlinge zu den anderen eventuell gezüchteten Klonen, darunter möglicherweise auch die vordem schon erwähnte *laciniata gracilis*, deren Blätter nach Krüssmann (1951) und Rehder (1956) noch stärker als bei der *dalecarlica* geteilt sein sollen, bleibt einstweilen ungeklärt.

Ein Vergleich dieser extrem schlitzblättrigen Keimlinge mit dem übrigen Teil des Keimlingsmaterials ergibt aber namentlich in bezug auf Blattform und Blattzähnung Berührungspunkte mit dem letzteren und durch seine Vermittlung mit der *laciniata*-Formengruppe selbst sogar mehr als nach den *dalecarlica*- und »*laciniata gracilis*»-Klonen hin. Man könnte fast sagen, dass dieser am stärksten schlitzblättrige Typ im Grunde genommen eigentlich gar nichts anderes ist als ein fortgeschrittener Extremfall des schwächer geschlitzten Typs, bei dem vor allem die Kennzeichen der b-*laciniata*, besonders die scharfe Zähnung des Blattrandes nur nachdrücklicher als sonst zum Ausdruck gelangen. Da es wenigstens jetzt scheint, dass diese Keimlinge mit keiner anderen mir gegenwärtig bekannten schlitzblättrigen Birkenform identisch sein können, sondern offenbar eine neue, bisher nicht bekannte extreme *laciniata*-Form repräsentieren, habe ich im folgenden für diesen Blattyp den Namen *hyperlaciniata* benutzt.

Wie verhalten sich nun diese schlitzblättrigen *laciniata*- und *hyperlaciniata*-Pflanzen zu den gleichfalls zweierlei schlitzblättrigen F_2-Keimlingen von Punkaharju? Bei einem Vergleich der Blätter zweijähriger Keimlinge (Abb. 14 und 16) ist nicht schwer zu finden, dass wenigstens die schwächer geteilten sehr aneinander erinnern, ja es scheinen sich unter den Punkaharju-Pflanzen ganz wie in Ruotsinkylä solche mit Blättern sowohl vom breiten (links im Bilde) als vom schmalen Typ (rechts) und mit sowohl scharf als stumpf gezähntem Blattrand befinden. Und trotzdem die beiden stärker schlitzblättrigen Punkaharju-Keimlinge im Wachs-

tum mehr zurückgeblieben sind als die unter den günstigeren Bedingungen des Gewächshauses aufgewachsenen Pflanzen von Ruotsinkylä (siehe z. B. Abb. 14 und 17), kann man in ihnen unzweideutig denselben *hyperlaciniata*-Typ wie vor erkennen. Weiter stellt man die auffallende Einheitlichkeit des Keimlingsmaterials fest, denn trotzdem die F_1-Bäume von Ruotsinkylä nur einem, die von Punkaharju aber möglicherweise zweien oder mehreren Klonen angehören, findet man in beiden Fällen neben normalblättrigen Keimlingen auch sehr ähnlich beschaffene *laciniatae* und *hyperlaciniatae*.

Zwischenformen einerseits zwischen normalblättrigen und schwächer schlitzblättrigen und anderseits zwischen schwächer und stärker schlitzblättrigen Pflanzen sind in diesem zur Zeit schon 2 067 schlitzblättrige Keimlinge umfassenden Material nicht vorgekommen. In dieser Hinsicht besteht ein deutlicher Unterschied gegenüber *Betula verrucosa* f. *bircalensis* und *B. pubescens* f. *urticifolia*, unter deren Nachkommen regelmässig alle Zwischenformen vom *typica*- bis zum extremsten Schlitzblattkeimling in variierenden Anteilen gefunden wurden (vgl. Jahn 1932; Saarnijoki 1946). Weit geringer sind dagegen die Unterschiede gegenüber den Keimlingen einiger anderen hier schon früher erwähnten schlitzblättrigen Parkbirken.

Wie man sich erinnert, ergaben nach Lindgren (1878) teilweise recht gross angelegte Saatversuche mit einem Dals- oder Ornäs-Birke benannten Baum auf dem Stockholmer Experimentalfeld gleichfalls zweierlei Keimlinge, so auch der von Örtenblad (1902) mit einer ebensolchen Birke in Sollefteå durchgeführte Versuch.

Nun ist aber bei einem Vergleich der Abbildungen in den zitierten Arbeiten und der Blätter der Ruotsinkylä-Keimlinge zu finden, dass der schwächer geschlitzte *lobulata*-Typ von Sollefteå in meinem Material nicht vertreten ist, wahrscheinlich auch nicht der entsprechende Typ unter den Stockholmer Pflanzen, von dem es aber keine Abbildung gibt. Dagegen erinnern die nach Angabe stärker schlitzblättrigen schwedischen Keimlinge sehr an den schwächer geschlitzten Typ sowohl in Ruotsinkylä als Punkaharju. Daraus folgt, dass also der *hyperlaciniata*-Typ meines Materials überhaupt nicht unter den schwedischen Keimlingen vorgekommen ist.

An sich ist dieses abweichende Ergebnis verständlich, wenn man bedenkt, dass es sich ja bei den schwedischen und finnischen Bäumen um verschiedene Klone gehandelt hat. Merkwürdig erscheint aber hier der Umstand, dass jene schwedischen angeblichen *dalecarlicae* immerhin so grosse Keimlingsmengen geliefert haben, müsste doch dieser Klon, wie wir eingangs sahen, in bezug auf seine Fruchtbildung fast hundertprozentig steril sein. Verwunderung erweckt auch der Umstand, dass die gewonnenen schlitzblättrigen Keimlinge hinsichtlich ihrer Blattform weitaus mehr der *laciniata* als der *dalecarlica* ähneln.

Diese Widersprüche finden aber gewissermassen eine Erklärung durch die spätere Angabe von Lindgren (1886), dass der Mutterbaum der Stockholmer schlitzblättrigen Keimlinge gar nicht eine Ornäs-Birke, sondern eine *laciniata* gewesen ist, und er belegt nun den Keimling mit den stärker geteilten Blättern mit dem Namen *laciniata nova*, der schon eingangs bei Rede von der Herkunft der Bäume von Pietarsaari genannt wurde.

Ähnlich dürfte offenbar auch der Fall von Örtenblad erklärbar sein. So bildet Gunnarsson (1925, Taf. 1, Fig. 9; vgl. auch p. 103—104) in seiner *Betula*-Monographie Deckschuppen und Früchte möglicherweise gerade dieser schlitzblättrigen Sollefteå-Birke ab. Aus den Bildern kann man nur zu dem Schluss kommen, dass auch dieser Baum eine *laciniata*, und ganz zweifellos eine b-*laciniata* ist. Zum ähnlichen Ergebnis ist auch Hylander (1957 a, p. 50) auf Grund von Herbarproben gekommen, die, wie man vermutet, gleichfalls von dieser selben Birke stammen. Er sagt nämlich, dass es sich in keinem Fall um eine Ornäs-Birke gehandelt haben kann, sondern wahrscheinlich um eine f. *crispa* — also eine f. *laciniata* im Sinne des vorliegenden Textes — trotzdem, wie er sagt, gewisse Ähnlichkeiten mit Lindgrens »*laciniata nova*» vorhanden sind.

Sind also die zwei hier besprochenen schwedischen Schlitzblattbirken *laciniatae* gewesen, nicht aber vom breiten Typ, sondern Vertreter irgendeines anderen Klons, eventuell gerade der s-*laciniata*, so könnte das abweichende Ergebnis der schwedischen Saatversuche vielleicht gerade auf diesem Wege verständlich sein. Erinnert man sich aber, dass die Bäume des Concordia-Platzes in Pietarsaari, trotzdem man es zum überwiegenden Teil gerade mit der erwähnten s-*laciniata* zu tun hat und die Bäume überdies unter dem Namen »*Betula verrucosa lac. nov.*» vom Stockholmer Experimentalfeld geliefert wurden, in Punkaharju dennoch ähnliche *laciniatae* und *hyperlaciniatae* wie die Viipuri-Bäume ergeben haben, Keimlinge letzterer Art sogar noch zahlreicher als in Ruotsinkylä, verwickelt sich die Sache von neuem. Anderseits deuten aber die zwei schon auf S. 24 erwähnten Angaben aus späterer Zeit in dieselbe Richtung wie die vorgenannten schwedischen Ergebnisse. Erinnert man sich nun, dass diese früheren aus schlitzblättrigen Parkbirken sowohl in Schweden als Finnland hervorgegangenen Keimlinge erst die F_1-Generation, die Nachkommen der Bäume von Ruotsinkylä und Punkaharju aber schon die F_2-Generation vertreten, kann die genannte Unterschiedlichkeit der schlitzblättrigen Keimlinge vielleicht auch dadurch ihre Erklärung finden.

Besprechung der Ergebnisse

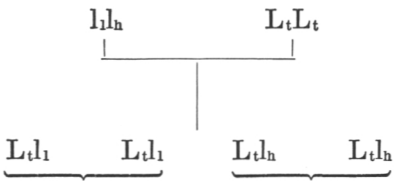
Da die F_1-Nachkommen der schlitzblättrigen Birken von Viipuri und Pietarsaari in jeder Hinsicht normal wirken und sich erst unter den F_2-

Pflanzen solche mit geschlitzten Blättern befinden, ist also die Schlitzblättrigkeit auch bei den Birken eine erbliche, zugleich aber rezessive Eigenschaft. Nur wenn die weiblichen Blüten dieser Bäume eigenen Pollen erhalten oder von einer anderen schlitzblättrigen Birke bestäubt werden, kann die F_1-Generation den Mutterbäumen ähnliche Individuen erzeugen. Da die Birke bekanntlich weitgehend selbststeril ist und man sich erinnert, dass die in Rede stehenden Vertreter der in Parken gezogenen Birkenklone anscheinend von einem vollständigen Antherenschwund betroffen worden sind, wäre also zunächst anzunehmen, dass die F_1-Nachkommen dieser Bäume vielleicht Ergebnisse von Kreuzungen mit den gewöhnlichen Weissbirken der nächsten Umgebung darstellen, bei denen die Schlitzblättrigkeit unter der Normalblättrigkeit verdeckt worden ist.

Auf Grund der Rezessivität der Schlitzblättrigkeit ist es ferner klar, dass bei gegenseitiger Kreuzung dieser F_1-Birken neben normalblättrigen auch schlitzblättrige Nachkommen entstehen. Sowohl in Ruotsinkylä als in Punkaharju ergaben aber die Saaten zweierlei schlitzblättrige Pflanzen, nämlich schwächer geschlitzte, den Bäumen von Viipuri und Pietarsaari ähnliche *laciniatae* und stärker geteilte *hyperlaciniatae*. Da das Samenmaterial sowohl aus Viipuri als Pietarsaari möglicherweise von mehr als einem Baum stammt, liesse sich vielleicht die verschiedene Beschaffenheit der Keimlinge auf das Vorhandensein zweier Klone im Elternmaterial zurückführen. Da aber die Viipuri-Bäume mit ziemlich grosser Wahrscheinlichkeit b-*laciniatae* (siehe S. 14) gewesen sind und da von ihren F_1-Nachkömmlingen in Ruotsinkylä genau die Hälfte *laciniata*-, die andere Hälfte wiederum neben solchen auch *hyperlaciniata*-Pflanzen geliefert hat, wäre dies ein recht überzeugender Beweis dafür, dass die b-*laciniata* in Wirklichkeit eine Art von Heterozygoten, d. h. einen Bastard zwischen zwei verschieden schlitzblättrigen Birken darstellt. Da gemäss meinen früheren Kreuzungsversuchen mit Birken und Erlen (S a a r n i j o k i 1946) nicht nur die Normalblättrigkeit über die Schlitzblättrigkeit, sondern auch die schwächere Schlitzblättrigkeit über die stärkere dominiert, wären also in der b-*laciniata* zwei Schlitzblättrigkeitsgene vorhanden, nämlich einmal das zu schwächerer Anomalie führende, dominierende *laciniata*-Gen und das stärkere Anomalien zustandebringende, aber rezessive *hyperlaciniata*-Gen.

Bezeichnet man nach der in der Genetik üblichen Weise die Anlage für die *laciniata*-Blattform mit l_l und für die *hyperlaciniata* mit l_h, so würde also die Konstitutionsformel der b-*laciniata* $l_l l_h$ lauten. Gibt man wiederum der Normalblättrigkeit das Symbol L_t, so ist es klar, dass die aus Naturbestäubung entstandenen F_1-Nachkommen der $l_l l_h$-Individuen, weil ja Selbstbestäubung infolge des vollständigen Antherenschwundes nicht stattfinden kann, laut Formel (1)

(1)

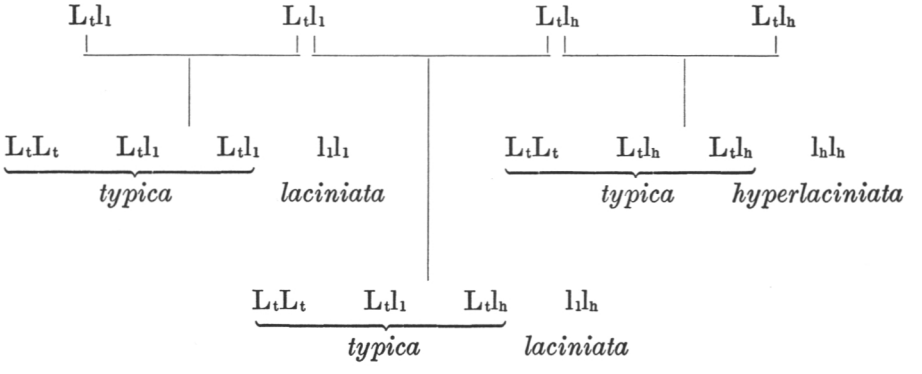


genotypisch zweierlei sind: 50 % gehorchen der Formel L_tl_1, die anderen 50 % der Formel L_tl_h.

Wenn nun aber die Normalblättrigkeit über die Schlitzblättrigkeit dominiert, müssten natürlich diese F_1-Pflanzen durchgehends normalblättrig sein. Wie wir aber sahen, ist dies dennoch nicht der Fall gewesen, denn z. B. von den eingangs erwähnten 16 Bäumen in Ruotsinkylä haben 8 scharf und die anderen 8 stumpf gezähnte Blätter. Indem aber vielfach die rezessive Eigenschaft auch bei Gegenwart des dominierenden Gens wenigstens einigermassen zum Vorschein kommen kann, könnte man in den scharf gezähnten »*serrata*»-Bäumen von Ruotsinkylä vielleicht L_tl_h- und in den stumpf gezähnten Bäumen L_tl_1-Individuen zu erblicken haben. Dies wäre um so leichter verständlich, als ja die letzteren im allgemeinen *laciniatae*, die ersteren wiederum neben solchen auch *hyperlaciniatae* ergeben haben.

Bei Kreuzung der L_tl_1-und L_tl_h-Bäume erhält man aus den drei hierbei möglichen Kombinationen gemäss Formel (2)

(2)



schon sechs genotypisch verschiedenerlei Pflanzen. Da die L_tL_t-, L_tl_1- und L_tl_h-Pflanzen durch Einwirkung des dominierenden L_t-Gens normalblättrig wären, die l_1l_1- und l_1l_h-Pflanzen entsprechend wegen des l_1-Gens *laciniata*-Blätter und die l_hl_h-Pflanzen wiederum *hyperlaciniata*-Blätter trügen, ergäben also diese Kreuzungen stets 75 % normal- und 25 % geschlitzblättrige Nachkommen, und ausserdem wären die Sämlinge der L_tl_1-Bäume, da sie ja nur aus l_1l_1 oder l_1l_h bestehen könnten, unabhängig von der Art der Kreuzung nur schwächer geschlitzt, während die L_tl_h-Bäume in entsprechenden Kreuzungen ent-

weder schwächer schlitzblättrige $l_l l_h$- oder stärker geschlitzte $l_h l_h$-Pflanzen liefern würden.

Hat man es aber mit der unkontrollierten, aus Naturbestäubung entstandenen Nachkommenschaft in einer geschlossenen Gruppe stehender $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume zu tun, so ist es von vornherein klar, dass jenes Verhältnis von 75 zu 25 % nicht mehr bestehen kann. Vor allem der Anflugpollen von *typica*-Bäumen ausserhalb der Baumgruppe verursacht natürlich eine Steigerung des Anteils der Normalblättrigkeit. Das sieht man auch an den Zahlen für die Schlitzblättrigkeit bei den F_2-Pflanzen in Ruotsinkylä, die in keinem einzigen Fall den theoretischen Wert von 25 % erreicht haben (1956: 6.2—12.3 %; 1957: 1.1—11.6 %; 1958: 0.9—14.8 %; 1959: 6.0—18.8 %). Der Umstand, dass die Bäume mit der grössten schlitzblättrigen Nachkommenschaft *(R 1—4, 6* und *7)* im nördlichen und mittleren, die mit der schwächsten *(R 10—12* und *14—16)* wiederum im südlichen Teil der Pflanzfläche stehen, deutet darauf hin, dass die $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume im ersteren Falle reichlicher Schlitzblättrigkeit auslösenden Pollen als im letzteren empfangen haben.

Aus den schlitzblättrigen Nachkommenschaften der einzelnen Bäume wäre es geradezu möglich zu ermitteln, wieviel befruchtenden Pollen die 12 fertilen Bäume von Ruotsinkylä von aussen her und wieviel aus dem Bestand selbst erhalten haben. Berücksichtigt man, dass das aus den verschiedenen Kreuzungen der $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume hervorgegangene Keimlingsmaterial auch normalblättrige Pflanzen umfasst, die es laut Formel (2) dreimal soviel wie schlitzblättrige geben müsste, so wäre zu finden, dass z. B. i. J. 1957, als die Bäume am ausgiebigsten blühten, die Bäume im mittleren und nördlichen Teil des Bestandes 37.9 (21.2—46.4) % und in dessen südlichem Teil 11.5 (4.4—18.8) % des befruchtenden Pollens aus dem Bestand selbst erhalten haben.

Das Mengenverhältnis der schwächer und stärker schlitzblättrigen Pflanzen unter diesen Keimlingen hängt natürlich einerseits von dem Mengenverhältnis der $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume am Standort sowie davon ab, in welchem Umfang diese geblüht und sich gegenseitig bestäubt haben. Da gemäss Formel (2) die schlitzblättrigen Sämlinge der $L_t l_l$-Bäume nur schwächer geschlitzt sein können, wären also von den F_1-Bäumen in Ruotsinkylä *R 1, 4, 6, 12, 14* und *15* $L_t l_h$- und *R 2, 3, 7, 10, 11* und *16* $L_t l_l$-Bäume. Gleichzeitig müssten aber auch die $L_t l_h$-Bäume einen »*serrata*»-Blattrand aufweisen, während dieser bei den $L_t l_l$-Bäumen normal gezähnt wäre. Nun haben auch tatsächlich vier von den sechs *serrata*-ähnlichen Bäumen schwächer und stärker schlitzblättrige Keimlinge ergeben, von den sechs *typica*-Bäumen gleichfalls vier nur schwächer geschlitzte.

Ständen auf der Fläche genau ebenso viele $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume und wären sie ausserdem selbststeril und bestäubten sich gegenseitig stets im

gleichen Verhältnis, so wären hier von allen entstandenen schlitzblättrigen Keimlingen nur 25 % *hyperlaciniatae*, und es hätten von den entsprechenden Nachkommen der L_tl_h-Bäume 50 % schwächer geschlitzte Blätter. Weil aber eine derartige Regelmässigkeit ja nicht vorausgesetzt werden kann, versteht es sich, dass in allen hier in Rede stehenden vier Jahren durchgehends ziemlich wenig *hyperlaciniatae* entstanden sind, sowie dass sich solche auch unter den Nachkommen der L_tl_h-Bäume fast immer weniger als *laciniatae* befunden haben (1956: 16.4—20.0 %; 1957: 11.8—29.7 %; 1958: 17.7—46.7; 1959: 12.3—49.7 %). Da ausserdem die im nördlichen und mittleren Teil der Pflanzfläche stehenden L_tl_h-Bäume *(R 1, 4* und *6)* auch in diesem Falle relativ mehr *hyperlaciniatae* als die südlichen *(R 12, 14* und *15)* geliefert haben, ist auch dies nur ein Zeichen davon, dass es im erstgenannten Teil des Bestandes, wo die betreffenden Bäume regelmässiger geblüht haben, leichter zu $L_tl_h \times L_tl_h$-Bestäubungen gekommen ist, aus denen die *hyperlaciniatae* ja einzig hervorgehen können, als im letztgenannten, wo ein solches regelmässiges Blühen nicht stattgefunden hat.

Der Umstand aber, dass die Anzahl der entstandenen *hyperlaciniata*-Keimlinge in diesen vier Jahren kein einziges Mal die Mengen der aus diesen Bäumen hervorgegangenen *laciniatae* erreicht bzw. übertroffen hat, dürfte als ein recht überzeugender Hinweis auch darauf gelten können, dass der eigene Pollen der L_tl_h-Bäume, trotzdem ja offenbar gerade er am nächsten zu Gebote gestanden hat, keinen erwähnenswerten Anteil an der Entstehung der *hyperlaciniata*-Keimlinge gehabt haben kann. Sind ausser diesen L_tl_h-Bäumen auch die L_tl_l-Bäume entsprechenderweise selbststeril gewesen, so stünden diese Ergebnisse der Keimlingszuchten von Ruotsinkylä recht gut mit der Annahme im Einklang, dass der Stammklon der b-*laciniata* von Viipuri l_ll_h-heterozygotisch gewesen ist.

Die Übereinstimmung scheint aber noch weiter zu gehen. Gemäss Formel (2) müssten also die aus den verschiedenen Kreuzungen der L_tl_l- und L_tl_h-Bäume hervorgegangenen Pflanzen genotypisch sechserlei sein, nämlich normalblättrige L_tL_t, L_tl_l und L_tl_h sowie schlitzblättrige l_ll_l, l_ll_h und l_hl_h. Von den ersteren wären also die homozygotischen L_tL_t völlig normalblättrig, und von den heterozygotischen L_tl_l und L_tl_h, indem diese ja den schon aus der F_1-Generation bekannten Fällen entsprechen, wären die ersteren natürlich stumpf gezähnte *typicae*, die letzteren scharf gezähnte *»serratae»*.

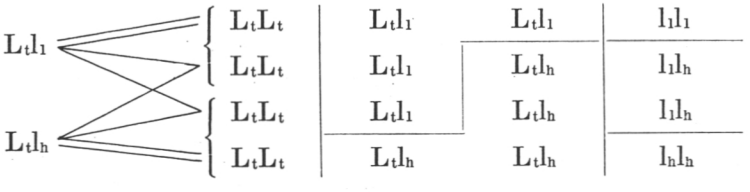
Von den schlitzblättrigen Kombinationen wäre l_ll_h gleichfalls ein alter Bekannter, nämlich ein dem Stammklon von Viipuri entsprechender Heterozygote. Diese Kombination wäre also gleich der b-*laciniata*. Von den neuen homozygotischen Kombinationen wäre l_hl_h natürlich eine *hyperlaciniata* und l_ll_l zunächst eine *laciniata*. Da aber die letztgenannte zwei identische l_l-Gene enthält, während bei der heterozygotischen l_ll_h neben l_l das eine

stärkere Schlitzblättrigkeit auslösende Gen l_h auftritt, so könnte in dem Falle, dass die Dominanz auch hier nicht eine ganz vollständige ist, angenommen werden, dass die Schlitzblättrigkeit bei den Pflanzen mit der neuen Kombination $l_l l_l$ auch gar nicht genau so stark wie bei den $l_l l_h$-Pflanzen hervorzutreten brauchte.

Nun ist ja bei den Ruotsinkylä-Sämlingen tatsächlich eine derartige Variation nachweisbar gewesen, und zwar bemerkenswerterweise gerade hinsichtlich der Blattrandzähnung (Abb. 12). So haben sich unter den als normalblättrig gedeuteten Pflanzen ausser mehr oder minder stumpf gezähnten *typicae* auch unverkennbar *serrata*-ähnliche Keimlinge befunden, dazu noch der Regel nach in stark zurücktretenden Anteilen. Auch unter den schlitzblättrigen Keimlingen findet man verschiedene Zähnungstypen, im ganzen drei. Alle *hyperlaciniata*-Pflanzen sind übereinstimmend extrem scharf gezähnt, die *laciniata*-Pflanzen sind teils schärfer, teils stumpf gezähnt. Indem nun diese schärfer gezähnten *laciniatae* dem als *b-laciniata* gedeuteten Stammklon am nächsten kommen, wäre auch das ein recht überzeugender Hinweis darauf, dass man es bei den scharf gezähnten Pflanzen mit heterozygotischen $l_l l_h$ und bei den stumpf gezähnten mit homozygotischen $l_l l_l$ zu tun hat.

Aber ähnlich wie aus $L_t l_h \times L_t l_h$ nur *hyperlaciniatae* entstehen können, können $L_t l_l \times L_t l_h$ nur $l_l l_h$- und $L_t l_l \times L_t l_l$ nur $l_l l_l$-*laciniatae* ergeben. Und weiter, während $L_t l_h \times L_t l_h$ zweimal soviel »*serratae*» ergeben wie $L_t l_h \times L_t l_l$, entstehen solche aus $L_t l_l \times L_t l_l$ überhaupt nicht. Anderseits bedeutet es aber auch, dass man aus solchen in geschlossener Gruppe stehenden $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäumen gemäss Formel (3)

(3)



stets, obschon in wechselnden Mengen, $L_t L_t$- und $L_t l_l$-*typicae*, $L_t l_h$-»*serratae*» und scharf gezähnte $l_l l_h$-*laciniatae* erhalten könnte. Hinsichtlich der $l_l l_l$- und $l_h l_h$-Keimlinge dagegen würden sich die Bäume auf die Weise unterscheiden, dass die $L_t l_h$ zu den vorigen nur *hyperlaciniatae*, die $L_t l_l$ entsprechend nur stumpf gezähnte *laciniatae* ergeben könnten.

Wäre es möglich, diese genotypischen Unterschiede schon auf dem Keimpflanzenstadium auch phänotypisch sicher zu erfassen, so könnte man noch genauer angeben, in welchem Verhältnis sich die $L_t l_l$- und $L_t l_h$-Bäume von Ruotsinkylä in den verschiedenen Jahren gekreuzt haben.

Geben nämlich die aus den l_tl_h-Bäumen gewonnenen *hyperlaciniatae*, wie aus obiger Formel zu ersehen ist, die Menge der $L_tl_h \times L_tl_h$-Kreuzungen an, so ist der Anteil der scharf gezähnten *laciniatae* ein Indikator für die Menge der $L_tl_h \times L_tl_l$-Kreuzungen. Und anderseits, wenn auf Grund der aus den L_tl_l-Bäumen hervorgegangenen stumpf gezähnten *laciniatae* die $L_tl_l \times L_tl_l$-Kreuzungen nachweisbar sind, so deuten entsprechend die scharf gezähnten *laciniatae* und die *serratae* auf die stattgefundenen $L_tl_l \times L_tl_h$-Kreuzungen hin.

Eine solche genauere Analyse ist aber wegen des geringen Alters der Pflanzen vorläufig nicht möglich gewesen. Da es jedoch im Hinblick auf die Gründung von forstlichen Samenkulturen wichtig ist, Aufschlüsse über die Ausbreitungsverhältnisse sowohl des bestandesinneren als auch des von aussen her angeflogenen Pollens zu erhalten, beabsichtige ich künftig noch eingehender auf diese Frage zurückzukommen, und zwar auf Grund meiner Beobachtungen eben in diesem aus L_tl_l- und L_tl_h-Bäumen gebildeten Bestand.

Ist nun aber die Schlitzblättrigkeit die Folge einer entwicklungsmechanischen Störung, bei der alle Teile der Pflanze schmäler und zarter als im Normalfall geblieben sind, wie kommt es denn, dass diese zwei Eigenschaften weder bei der F_1- noch bei der F_2-Generation so fest miteinander verbunden waren, dass sie ohne Ausnahme im gegenseitigen Gefolge aufgetreten wären? Schon jetzt deutet nämlich der Umstand, dass sich das vorliegende Keimlingsmaterial in der einen Richtung nach dem Blattrand *(typica, »serrata», laciniata, hyperlaciniata)* und in der anderen nach der Blattform (schmaler und breiter Typ) gruppieren lässt, offenbar darauf hin, dass in dieser Nachkommenschaft der Viipuri-Birken neben dem Faktorenpaar Schlitzblättrigkeit — Normalblättrigkeit auch ein zweites, von diesem unabhängiges Faktorenpaar Schmalblättrigkeit — Breitblättrigkeit vorhanden ist. Wäre überdies vom letzteren die Schmalblättrigkeit dominierend, wie aus den F_2-Keimlingen geschlossen werden kann, so entsteht dadurch, da ja wiederum die mit der Schlitzblättrigkeit verbundene Verschmälerungs- und Verzartungserscheinung rezessiv ist, eine schon recht grosse Buntheit der Eigenschaften.

Berücksichtigt man, dass es sich bei den Nachkommen des oder möglicherweise zweier b-*laciniata*-Bäume von Viipuri nicht um kontrollierte Bestäubungen, sondern um freie Naturbestäubungen handelt, mit eventuell einer grossen Zahl von Vaterbäumen, so wäre das Geraten der beiden eben besprochenen, einigermassen ähnlich wirkenden Faktorenpaare in das jetzt in Rede stehende Keimlingsmaterial auf diesem Wege leicht verständlich. Anderseits wundert man sich aber, dass auch unter dem F_2-Nachkommen der Birken von Pietarsaari in Punkaharju eine ähnliche Schmal- — Breitblättrigkeit vorgekommen ist (vgl. Abb. 14). Ebenso sei erwähnt, dass

auch Jahn (1933, p. 297) bei schlitzblättrigen Keimlingen von *Acer saccharinum* f. *laciniatum*, also einem Baum mit verhältnismässig breiten Blättern, neben dem Eigenschaftspaar »wenig eingeschnitten — tief eingeschnitten» ein Faktorenpaar »abgerundet — verlängert» nachgewiesen hat.

Ist nun also jener von der Gärtnern vegetativ durch Pfropfung weitergeführte b-*laciniata*-Klon, zu dem auch die schlitzblättrigen Birken von Viipuri gehört haben, offenbar ein *laciniata* × *hyperlaciniata*-Bastard, wann und wo hat dieser dann entstehen können? Im Schrifttum habe ich hierauf Bezügliches nicht gefunden. Da jedoch schlitzblättrige Birken schon recht lange, bereits von der Mitte des vorigen Jahrhunderts, als Zierbäume gepflegt worden sind, könnte dieser *laciniata*-Klon recht gut von irgendwo stammen, wo schlitzblättrige Birken gezogen worden sind und wo es auf diese oder jene Weise zu Kreuzungen zwischen den verschiedenen Formen gekommen sein kann. Indem diese kultivierten Birkenklone neben der schwächer schlitzblättrigen Formengruppe *laciniata* auch solche mit stärker geschlitzten Blättern umfassen (z. B. *dalecarlica* L. f. und *laciniata gracilis* hort.), wären die Voraussetzungen zu der Entstehung solcher Bastarde recht wohl vorhanden. In der Tat sind einige sowohl in Schweden (Gunnarsson 1925, p. 103; Hylander 1955, p. 45) als Norwegen (Lid 1944, p. 177; Lagerberg 1947, p. 469; Lagerberg, Holmboe & Nordhagen 1952, p. 178) in der Natur aufgefundene schlitzblättrige Birken als solche parkbürtige Wildlinge gedeutet worden.

Gerade die *laciniata* vom breiten Typ scheint nun aber nicht nur der häufigste, sondern wahrscheinlich auch der älteste jener schlitzblättrigen Birkenklone zu sein, die von den Gärtnern zu verschiedenen Zeiten in Zucht genommen worden sind. Einzig schon deshalb dürfte die *dalecarlica*, die man erst 1878 vegetativ zu vermehren begann (vgl. z. B. Lindgren 1884, p. 42; Hylander 1957 a, p. 35), nicht an der Entstehung der in Rede stehenden Kreuzung teilhaftig sein können. Gleiches betrifft offenbar auch den *laciniata gracilis*-Klon, der erst gegen Ende der 1880er Jahre in den Muskauer Baumschulen entstand (siehe z. B. Dippel 1892, p. 167; Winkler 1904, p. 77) und demnach als Zuchtklon noch jünger ist. Wünscht man aber die *laciniata gracilis* irgendwie mit der einer *laciniata* × *hyperlaciniata*-Kreuzung entsprungenen b-*laciniata* in Verbindung zu bringen, so scheint es, wie wenn — falls sich nun wirklich eine solche im Vergleich zu der *dalecarlica* noch stärker schlitzblättrige, der *hyperlaciniata* der vorliegenden Untersuchung entsprechende Form in Kultur befindet — sie ihre Existenz eher der b-*laciniata* zu verdanken hätte, als umgekehrt.

Da es nun weniger wahrscheinlich erscheint, dass der *laciniata* × *hyperlaciniata* irgendwelche kultivierten schlitzblättrigen Birken zugrundeliegen, bliebe nur die Alternative übrig, dass die Kreuzung irgendwann durchaus spontan in natürlicher Umgebung entstanden ist und dann seinerzeit vege-

tativ weitergeführt worden ist. Angesichts der allgemeinen schwachen Fertilität der schlitzblättrigen Birkenformen, die bei der *hyperlaciniata* wahrscheinlich schon bis zur völligen Sterilität gediehen ist, fragt man sich aber, wie denn solche, überdies noch konkurrenzschwache Individuen sich auch in der Natur je kreuzen können. In der Tat muss diese Entstehungsweise als weniger wahrscheinlich bezeichnet werden. Die Kreuzung kann aber auch so zustandekommen, dass der Einfluss der schwächere und stärkere Schlitzblättrigkeit hervorrufenden l_l- und l_h-Gene bei den Mutterbäumen gar nicht zum Vorschein zu kommen braucht, sondern hinter der Normalblättrigkeit verborgen ist. Dann ist es denkbar, dass die b-*laciniata* auf solchem Wege als Kreuzung von nicht nur vegetativ, sondern auch generativ normaleren L_ll_l- und L_tl_h-Bäumen entstanden ist. Zwar erscheint es sehr seltsam, dass diese Schlitzblättrigkeitsgene eine unter sich verschiedene, nicht ähnliche Schlitzblättrigkeit ausgelöst haben, wie man es ja von solchen einander genäherten Individuen einer bestimmten Baumpopulation am nächsten zu erwarten hätte. Ist aber das gegenseitige Verhältnis der *laciniata*- und *hyperlaciniata*-Gene in dem jetzt vorliegenden Fall derart, dass man im letzteren in Wirklichkeit nur einen weiter fortgeschrittenen Grad der Schlitzblättrigkeit, d. h. eine Multipelallele des l_l-Gens zu erblicken hat, so brauchte auch das nicht gegen eine solche spontane Entstehungsweise zu sprechen.

Die Ergebnisse in Lichte einiger Rückkreuzungen

Wie eingangs erwähnt wurde, besteht auf Grund der nur wenigen vorhandenen Blattproben keine volle Gewissheit, ob es sich bei den Bäumen des Salakkalahti-Parkes in Viipuri tatsächlich um b-*laciniatae* gehandelt hat. Sind es aber hinsichtlich ihrer Allele l_ll_h-Heterozygoten gewesen, wie es ja unsere vorhergehenden Auseinandersetzungen offenbar erscheinen lassen, so mag das nur bedeuten können, dass auch alle anderen zu diesem selben vegetativ vermehrten b-*laciniata*-Klon gehörenden schlitzblättrigen Parkbirken in bezug auf diese Schlitzblättrigkeitsgene gleichartig beschaffen sein müssen. Um dies zu ermitteln, wurden im Frühjahr 1957 einige künstliche Kreuzungen durchgeführt und dann noch in den drei folgenden Jahren fortgesetzt, in der Bestrebung, nach Möglichkeit auch andere schlitzblättrige Birkenformen, sowohl Park- als Naturbäume, in die Versuche miteinzubeziehen.

Wegen der fehlenden Pollenproduktion bei diesen Bäumen wurde der nötige Pollen von den L_tl_l- und L_tl_h-Bäumen der F_1-Generation in Ruotsinkylä eingesammelt. Demgemäss müssten also die ausgeführten Kunstbestäubungen wenigstens in betreff der b-*laciniata* Rückkreuzungen darstellen.

Weil es sich durchgehends um Zierbäume in den öffentlichen Parken der Stadt Helsinki gehandelt hat, konnte bei den Versuchen keine vorangehende Isolation (Papier-, Cellophan- oder sonstige Isolationstüten) verwendet werden, sondern die Bestäubungen mussten so ausgeführt werden, dass die Narben der an bestimmten Zweigen der Objektbäume sitzenden ♀-Infloreszenzen im Beginn des Blühens lediglich mit dem Versuchspollen bestrichen wurden. Tab. 4 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 4. Mengen und blattypenmässige Verteilung der aus künstlichen (nebst natürlichen) Bestäubungen von schlitzblättrigen Parkbirken in Helsinki 1957—59 hervorgegangenen Keimlinge.

Betula verrucosa	Pflanzen zus.	Normale	Schwächer geschlitzte	Stark geschlitzte	Schlitzblättrige Pflanzen %	Schlitzblättrige Pflanzen Stück
1957						
f. *laciniata* (breiter Typ)						
H 1 × *R 1* ($L_t l_h$)	470	289	85	96	38.5	181
H 1 × *R 4* »	228	168	28	32	26.3	60
H 2 × *R 1* »	470	314	74	82	33.2	156
H 2 × *R 2* ($L_t l_l$)	529	397	132	—	25.0	132
H 3 × *R 2* »	719	507	212	—	29.5	212
H 3 × *R 4* ($L_t l_h$)	1 305	1 024	139	142	21.5	281
H 3 × *R 6* »	353	264	49	40	25.2	89
H 1 / 1957	280	280	—	—	—	—
H 1 / 1956	61	60	1	—	1.6	1
1958						
f. *laciniata* (breiter Typ)						
St 2 × *R 1* ($L_t l_h$)	1 994	1 793	85	116	10.1	201
St 2 × *R 3* ($L_t l_l$)	513	492	21	—	4.1	21
St 2 × *R 4* ($L_t l_h$)	1 447	1 338	49	60	7.5	109
f. *laciniata* (schmaler Typ)						
O 10 × *R 1* ($L_t l_h$)	122	110	3	9	9.8	12
O 10 × *R 3* ($L_t l_l$)	—	—	—	—	—	—
f. *dalecarlica*						
O 2 × *R 4* ($L_t l_h$)	—	—	—	—	—	—
1959						
f. »*laciniata gracilis*»						
M 1 × *R 1* ($L_t l_h$)	658	615	43	—	6.5	43
f. *laciniata* (schmaler Typ)						
O 10 × *R 1* ($L_t l_h$)	—	—	—	—	—	—
f. *dalecarlica*						
O 7 × *R 1* ($L_t l_h$)	—	—	—	—	—	—
O 7 × *R 6* »	—	—	—	—	—	—
O 2 × *R 6* »	—	—	—	—	—	—

H = Hietaniemi, *R* = Ruotsinkylä, *St* = Stadtgarten, *O* = Observatoriumpark, *M* = Munkkiniemi.

Im Frühjahr 1957 betrafen die Bestäubungen drei b-*laciniatae (H 1—3)* im Friedhofpark von Hietaniemi. Diese etwa 10 m hohen, noch verhältnismässig jungen Bäume stehen in geschlossener Gruppe und sind, wie seinerzeit auch die Salakkalahti-Birken von Viipuri, ausserordentlich schön hängeästig, mit fast bis zum Boden herabhängenden Ästen (vgl. Saarnijoki 1956, Abb. 3). Auch diese Bäume ergaben neben normalblättrigen auch schlitzblättrige Keimlinge, aber bedeutend mehr (21.5—38.5 %), als die Naturbestäubungen in Ruotsinkylä auch bestenfalls lieferten. Ausserdem befanden sich unter den Keimlingen auch jetzt schwächer und stärker schlitzblättrige. Stammte der Pollen von einem L_tl_l-Baum, so waren die Keimlinge durchgehends schwächer schlitzblättrig, bei Bestäubung mit L_tl_h-Pollen ergaben die Bäume ungefähr gleich viel schwächer und stärker geschlitzte Pflanzen.

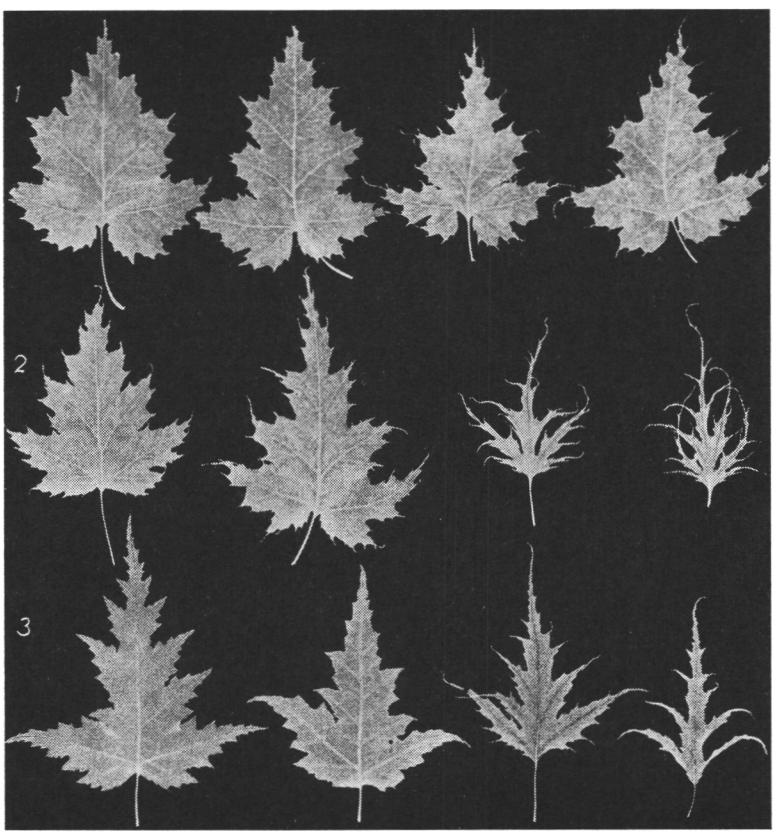


Abb. 18. Blattypen aus künstlichen Kreuzungen hervorgegangener geschlitztblättriger Birkenpflanzen *Betula verrucosa* 1: b-*laciniata* × L_tl_l, 2: desgl. × L_tl_h und 3: s-*laciniata* × L_tl_h. — Photogramm, $^1/_2$.

Abb. 18: 1 und 2 zeigt die Blattypen bei den aus diesen zwei Kreuzungen hervorgegangenen schlitzblättrigen Keimlingen. Auch hier treten uns also genau dieselben stumpf und scharf gezähnten *laciniatae* und scharf gezähnten *hyperlaciniatae* entgegen wie bei den vorhin besprochenen F_2-Pflanzen von Ruotsinkylä (vgl. Abb. 16). Weiter kann so gut wie bis in Einzelheiten festgestellt werden, dass sich unter den aus L_tl_l-Bestäubung hervorgegangenen Keimlingen auch in diesem Falle stumpf und scharf gezähnte *laciniatae*, also l_ll_l- und l_ll_h-Pflanzen und unter den aus L_tl_h-Bestäubung entstandenen nur scharf gezähnte *laciniatae* und *hyperlaciniatae*, d. h. l_ll_h- und l_hl_h-Pflanzen befinden. Diese Befunde bedeuten also, dass die b-*laciniatae* von Hietaniemi ähnliche l_ll_h-Heterozygoten wie die Viipuri-Bäume darstellen. Und da anderseits die Mengen der gewonnenen Keimlinge recht überzeugend erweisen, dass die in Rede stehenden Bestäubungen offenbare Rückkreuzungen repräsentieren, wäre das ein Beweis auch dafür, dass die Bäume des Salakkalahti-Parkes von Viipuri und des Hietaniemi-Friedhofs von Helsinki nach verschiedenen Orten geratene Mitglieder ein und desselben Klons, nämlich der b-*laciniata*, darstellen.

Allerdings müssten bei Rückkreuzung des l_ll_h-Heterozygoten mit L_tl_l zur Hälfte normalblättrige L_tl_l und L_tl_h und zur Hälfte l_ll_l- und l_ll_h-*laciniatae* und bei seiner Bestäubung mit L_tl_h 50 % normalblättrige L_tl_l und L_tl_h sowie 25 % l_ll_h- *laciniatae* und 25 % l_hl_h-*hyperlaciniatae* entstehen. Dass aber diese Kreuzungen bedeutend mehr normalblättrige als schlitzblättrige Pflanzen ergaben, ist natürlich nur eine Folge davon, dass die Bestäubungen ohne Isolation durchgeführt wurden.

Trotzdem aus der Kreuzung $l_ll_h \times L_tl_h$ stets gleiche Mengen von *laciniatae* und *hyperlaciniatae* hervorgehen müssten, haben diese Bestäubungen fast regelmässig etwas mehr von den letzteren ergeben. Dies kann möglicherweise von ihrer früher schon erwähnten Zählebigkeit herrühren. Erinnert man sich aber, dass die in Rede stehenden Parkbirken neben normalblättrigen Keimlingen auch solche mit geschlitzten Blättern ergeben können, liesse sich der Unterschied vielleicht auch so erklären. Wenigstens bei demjenigen Hietaniemi-Baum *(H 1)*, bei dem Bestäubungen durchgeführt wurden, konnte derartiges nicht beobachtet werden, denn unter den aus dem gleichzeitig mit dem Kreuzungssamen, aber im Wipfelteil des Baumes eingesammelten Samen hervorgegangenen 280 Keimlingen befand sich kein einziger schlitzblättriger. Das Ergebnis hätte aber ebensogut auch ein anderes sein können, da es ja bei der Durchführung der Kreuzungen nicht möglich war, das Geraten des L_tl_l- und L_tl_h-Pollens in die anderen Teile des Baumes ganz zu verhindern. Da es aber von diesem Baum älteren (1956) Samen gab, wurde auch diese Samenpartie zur Kontrolle gleichzeitig mit den vorerwähnten Saaten ausgesät. Trotzdem diese Aussaat nur 61 Pflanzen ergab, befand sich unter ihnen überraschenderweise ein Schlitz-

blattkeimling, aber keine *hyperlaciniata*, sondern eine recht typische b-*laciniata*. Das Ergebnis ist also ähnlich dem für jene schon früher erwähnten schwedischen und hiesigen Parkbirken bekannten, die bei Aussaaten schlitzblättrige Keimlinge geliefert haben.

Im Frühjahr 1958 wurde für die Versuche eine andere b-*laciniata* gewählt, nämlich ein im Stadtgarten von Helsinki stehender, gleichfalls sehr hängeästiger, aber bedeutend älterer, schon etwa 16 m hoher Baum *(St 2)*. Auch in diesem Fall decken sich die Ergebnisse sowohl hinsichtlich Art als Menge der Keimlinge durchaus mit denen des Vorjahres, doch entstanden schlitzblättrige Keimlinge jetzt bedeutend weniger. Bei Bestäubung mit Pollen von einem L_tl_l-Baum (diesmal *R 3)* entstanden stumpf und scharf gezähnte *laciniatae*, während der L_tl_h-Pollen teils *laciniatae*, teils (und auch diesmal reichlicher) *hyperlaciniatae* ergab.

Im gleichen Jahr konnten die Versuche auch auf das s-*laciniata*-Klon erweitert werden, nämlich auf einen am Südhang des Observatoriumberges in Helsinki stehenden Baum *(O 10*, Abb. 2), der wegen des schwachen Blühens der diesbezüglichen Bäume einzig verwendbar war. Die sechs Versuchsäste mit insgesamt 68 ♀-Infloreszenzen ergaben indessen nur 122 Keimlinge, entsprechend der Kreuzung s-*laciniata* × L_tl_h. Überraschend war aber festzustellen, dass, indem auch diese Kreuzung neben normalblättrigen zweierlei schlitzblättrige Keimlinge, nämlich schwächer und stärker geschlitzte ergab, folglich auch der s-*laciniata*-Klon hinsichtlich seiner Schlitzblättrigkeitsgene als ein ähnlicher Heterozygote wie die b-*laciniata* zu betrachten wäre.

Vergleicht man aber die Blattypen der aus dieser Kreuzung hervorgegangenen schlitzblättrigen Keimlinge (Abb. 18: 3) mit dem der entsprechenden Kreuzung b-*laciniata* × L_tl_h (Abb. 18: 2), so findet man neben Übereinstimmungen auch offenbare Unterschiede.

Erstens sind die Blätter bei den schwächer schlitzblättrigen Nachkommen der s-*laciniata* deutlich schmäler und länger als bei den entsprechenden Keimlingen der b-*laciniata*. Hinsichtlich der einzelnen Blattlappen kommt noch hinzu, dass sie bei jenen mehr oder minder deutlich zurückgebogen, bei diesen vorwärtsgerichtet sind. Ein sehr deutlicher Unterschied besteht auch in der Zähnung des Blattrandes. Während nämlich bei den l_tl_h-Keimlingen der b-*laciniata* die Blattrandzähne pfriemförmig zart und spitz sind, zeigen sie bei denen der s-*laciniata* eine bedeutend stumpfere Form.

Zweitens wiederholen sich dieselben Unterschiede jedenfalls in bezug auf Blattform, Richtung der Blattlappen und Zähnung des Blattrandes womöglich noch distinkter zwischen den Blättern der aus den Kreuzungen b-*laciniata* × L_tl_h und s-*laciniata* × L_tl_h hervorgegangenen stärker schlitzblättrigen Keimlingen (Abb. 18). Dagegen scheinen sie in bezug auf die Breite der Blattlappen nicht zu existieren, eher wirken diese bei den Nach-

kommen der s-*laciniata* jetzt breiter als bei denen der $l_h l_h$-Keimlinge der b-*laciniata*. Dieser Widerspruch erklärt sich vielleicht dadurch, dass diese am stärksten schlitzblättrigen Nachkommen der s-*laciniata* in ihrer Blattschlitzung offenbar gar nicht den extremen *hyperlaciniata*-Grad erreicht haben. Ist es doch klar, dass je tiefer sich das Blatt schlitzt, eine desto schlankere Form auch die Blattlappen selbst annehmen (vgl. z. B. Abb. 1 und 4).

Ist also auch die s-*laciniata* ein Heterozygote, so würde sie sich also von der $l_l l_h$-heterozygotischen b-*laciniata* dadurch unterscheiden, dass das extreme Schlitzblättrigkeitsgen bei ihr gar nicht l_h, sondern ein etwas gemässigteres l_{hk}-Gen wäre. Die Eigenschaften der aus den hier besprochenen s-*laciniata*-Kreuzungen hervorgegangenen schwächer schlitzblättrigen Keimlinge erweisen auch, dass im Vergleich zu der $l_l l_h$-*laciniata* breiten Typs die s-*laciniata* auch hinsichtlich ihres schwächere Schlitzblättrigkeit auslösenden Gens nicht mit l_l völlig identisch ist, sondern dass es sich auch hier um eine Art l_{lk} handelt, weil die aus den Kreuzungen b-*laciniata* × $L_t l_h$ und s-*laciniata* × $L_t l_h$ hervorgegangenen schwächer schlitzblättrigen Pflanzen gleichfalls nicht erschöpfend einander entsprachen. Wäre also noch die s-*laciniata* identisch mit der auf dem Stockholmer Experimentalfeld entstandenen *laciniata nova*, so wäre also der in Rede stehende Klon in bezug auf seine Schlitzblättrigkeitsgene ein $l_{lk} l_{hk}$-Heterozygote. Dadurch wäre auch das zahlreiche Auftreten von zweierlei schlitzblättrigen Pflanzen unter den Nachkommen der Pietarsaari-Birken in Punkaharju recht verständlich erklärbar.

Die mit Spannung entgegengesehenen Ergebnisse der Bestäubung einer ebenfalls im Observatoriumpark von Helsinki stehenden *dalecarlica (O 2)* mit $L_t l_h$-Pollen im Frühjahr 1958 blieben leider aus, denn alle 114 auf vier Äste verteilten Blütenstände gingen schon fast im Beginn ihrer Entwicklung ein. Eine beitragende Ursache mag vielleicht die wegen der Anomalität der Samenanlagen fehlgeschlagene Samenbildung gewesen sein (siehe S. 21)[1].

Im Frühjahr 1959 wurden die Kreuzungsversuche mit der s-*laciniata* und der *dalecarlica* fortgesetzt. Die ersteren fielen diesmal völlig negativ aus, trotztdem sich am Versuch dieselbe *O 10* wie im Vorjahr beteiligte. Alle 30 $L_t l_h$-bestäubten Blütenstände gingen jetzt nämlich mitten in der Entwicklung ein. Hierzu mag allerdings wohl zur Hauptsache die grosse Dürre des genannten Sommers beigetragen haben, denn bei der Samen-

[1] Das braucht aber nicht immer der Fall zu sein. Bei Untersuchung der am 7. VIII. 1958 eingesammelten ♀-Blütenstände eines im Sibelius-Park in EH: Hämeenlinna stehenden ausserordentlich reichlich fruchtenden Baumes wurde gefunden, dass trotz völligen Fehlschlagens aller 505 bzw. 604 Früchte zweier analysierten weiblichen Infloreszenzen die Blütenstände sich dennoch ebenso weit entwickelt hatten wie die zwei anderen, 411 und 556 Früchte zählenden Infloreszenzen, bei denen Samenbildung (allerdings nur ein Samen je Blütenstand) eingetreten war.

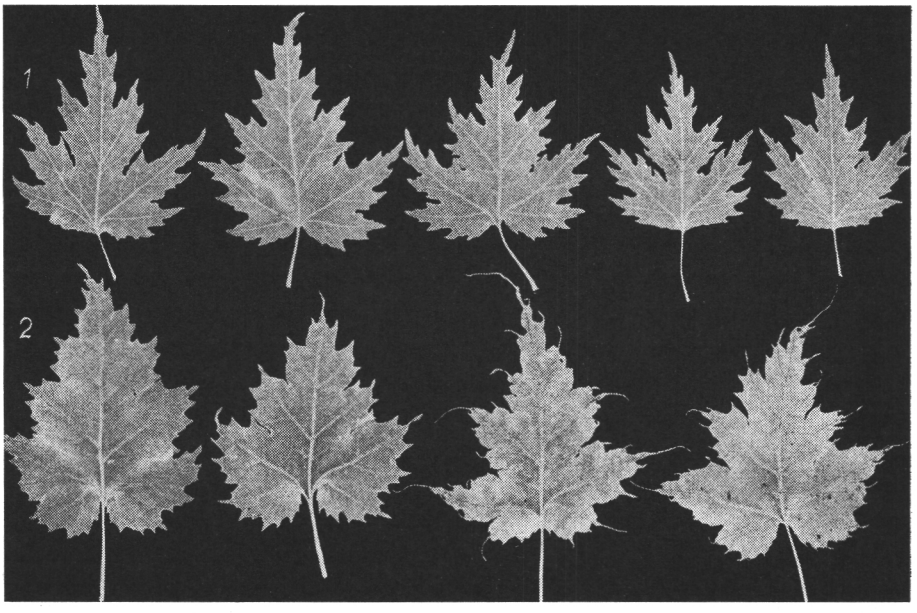


Abb. 19. Blattypen auf zweierlei Weise entstandener schlitzblättriger junger Birken *(Betula verrucosa)*. 1: Aus »*laciniata gracilis*» × L_tl_h nach künstlicher Bestäubung, 2: aus b-*laciniata* nach Naturbestäubung. — Photogramm, $^1/_2$.

ernte am 28. VII. schienen die ♀-Infloreszenzen auch in den anderen Teilen dieses an sonnigem Abhang stehenden Baumes ähnlich beschaffen.

Die *dalecarlica O 2* gab auch jetzt, wie im Vorjahr, ein negatives Resultat. Trotzdem sich von den insgesamt 123 mit L_tl_h- *(R 1)* und L_tl_h-Pollen *(R 6)* bestäubten Blütenständen dieses und eines zweiten Baumes *(O 7)* 97 äusserlich bis zur Vollreife entwickelten, ergaben die ausgesäten Früchte keinen einzigen auch nur normalblättrigen Keimling.

Dagegen fiel der Versuch mit der schon früher (S. 10) erwähnten etwa 6 m hohen »*laciniata gracilis*» *(M 1)* in den Anlagen von Kalastajatorppa recht interessant aus. Die mit L_tl_h-Pollen *(R 1)* bestäubten Blütenstände ergaben nämlich 46 schlitzblättrige Keimlinge, die von den vordem besprochenen Kreuzungsergebnissen mit demselben L_tl_h-Pollen abweichend durchgehends schwächer geschlitzt und auch in bezug auf den Blattyp sehr einheitlich beschaffen waren.

Wie man aus Abb. 19: 1 ersehen kann, weichen die Blätter auch sonst deutlich von denen der im vorhergehenden besprochenen *laciniatae* und *hyperlaciniatae* ab. Schon ihre Allgemeinform ist eine bedeutend breitere und kürzere, mehr oder minder dreieckige oder rautenförmige, der Blattrand ist ziemlich grob gezähnt, die Blattlappen vorwärtsgerichtet und die Blatteinschnitte deutlich abgerundet — mit einem Wort, die typischen Kennzeichen der »*laciniata gracilis*» treten hier überraschend deutlich zum

Vorschein (vgl. Abb. 4: 1), trotzdem die Pflanzen einer Kreuzung entsprungen sind, an der ein aus einer b-*laciniata* hervorgegangener L_tl_h-Baum und damit also auch ein *hyperlaciniata*-Gen beteiligt gewesen ist. Dominiert also die schwächere Schlitzblättrigkeit auch in diesem Falle über die stärkere, so kann der »*laciniata gracilis*»-Klon nicht ein solcher Heterozygote sein, wie die s- und die b-*laciniata*, sondern ist im Gegenteil ein Homozygote, der bei Kreuzung mit L_tl_h unter sich völlig ähnliche Pflanzen ergibt, bei denen das rezessive zur *hyperlaciniata* führende l_h-Gen unter dem schwächere Schlitzblättrigkeit hervorrufenden, der »*laciniata gracilis*» entsprechenden l_{1g}-Gen verdeckt bleibt.

Recht interessant wäre es natürlich auch zu erfahren, welcherlei Pflanzen die Kreuzung »*laciniata gracilis*» × L_tl_1 ergeben würde, d. h. wie sich das l_1- und das l_{1g}-Gen zueinander verhalten würden. Leider wagte man es jedoch wegen der Vermischungsgefahr des Pollens nicht, solche Bestäubungen an der noch ziemlich kleinen *M 1* von Munkkiniemi durchzuführen.

Im Frühjahr 1959 wurde auch eine im Park des Freiluftsmuseums von Seurasaari in Helsinki stehende angepflanzte *Betula pubescens* f. *urticifolia* (vgl. Saarnijoki 1946, p. 17) mit L_tl_1- und L_tl_h-Pollen *(R 7* bzw. *R 1)* bestäubt. Dieser Versuch fiel ganz anders als alle vorhergehenden aus. Die Saaten haben nämlich neben normalblättrigen bisher insgesamt 46 mehr oder minder schlitzblättrige Keimlinge ergeben, deren Blätter ver-

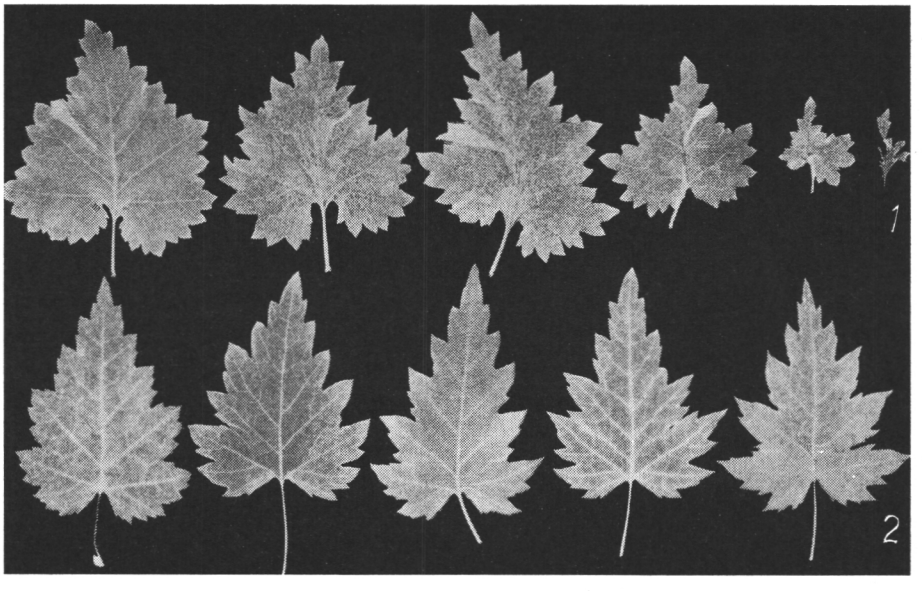


Abb. 20. Blattypen aus künstlichen Bestäubungen hervorgegangener schlitzblättriger Birkenpflanzen. 1: *Betula pubescens* f. *urticifolia* × L_tl_1, 2: b-*laciniata* × *B. verrucosa* f. *bircalensis*. — Photogramm, $^3/_4$.

schiedene Übergangsformen zwischen dem Normalblatt und einem recht extremen Schlitzblatt darstellen (Abb. 20: 1). Man hat zwar auch schon früher gewusst, dass aus den Samen dieser in Parken gezogenen, ursprünglich in Värmland in Schweden beheimateten Birke solche verschiedengradig geschlitzt- oder besser wohl nesselblättrige Pflanzen hervorgehen. Vergleicht man aber die Blätter der früher gewonnenen Keimlinge (siehe Jahn 1932, Abb. 1: c; Saarnijoki 1946, Abb. 16: 3) oder auch der *B. pubescens* f. *urticifolia* selbst (zu den obigen noch Jahn op. c., Abb. 1 und Saarnijoki op. c., 4: 7; auch Schneider 1906, p. 118, Abb. 64: m—m^4; Hylander 1957 a, p. 65, Abb. 8: 1—n) mit denen der jetzt entstandenen Pflanzen, so ist zu finden, dass bei den letzteren neben der Nesselblättrigkeit auch die b-*laciniata* recht deutlich durchgeschlagen hat. Man bemerkt es nicht nur in der tieferen Schlitzung der Blattfläche, sondern auch in der der b-*laciniata* eigenen Tendenz des Blattes, sich in einen Mittellappen und zwei von diesem mehr oder minder deutlich abgesetzte Basallappen aufzuteilen.

Zum ganz ähnlichen Ergebnis führte auch die schon 1954 durchgeführte Bestäubung der b-*laciniata (St 2)* mit Pollen einer *Betula verrucosa* f. *bircalensis* des Sorsalampi-Parkes in EH: Tampere. Auch jetzt befanden sich nämlich unter den etwa 50 Keimlingen zahlreiche Übergänge von der normalblättrigen zur extrem schlitzblättrigen Form. Interessant ist festzustellen, dass z. B. die Blattrandzähnung bei den am stärksten geteilten Pflanzen weder der *laciniata* noch der *bircalensis* entspricht, sondern sich zwischen diesen beiden einfügt; bei der b-*laciniata* sind ja die Blattlappen stumpf gezähnt (vgl. Abb. 1: 1), bei der *bircalensis* wiederum fast oder völlig ganzrandig (Mela — Cajander 1906, p. 202; Hiitonen 1933, p. 244; vgl. auch Collander 1947, Abb. 133; Ulvinen 1949, p. 166; Saarnijoki 1956, Abb. 2; 1957, Abb. 1; Hylander 1957 a, Abb. 6 und 8: d).

Dieses vom bisherigen abweichende Vorkommen einer ganzen Reihe von Übergangsformen zwischen Normalblatt und extremem Schlitzblatt bei den Nachkommen der *urticifolia*- und *bircalensis*-Kreuzungen dürfte wohl offenbar entweder dadurch zu erklären sein, dass man es mit irgendeinem anderen Allelenpaar zu tun hat, oder auch durch die Labilität der Schlitzblättrigkeitsgene (siehe Saarnijoki 1946, p. 55), d. h. es handelt sich im vorliegenden Fall um sowohl in den somatischen als generativen Zellen über Zwischenformen zur Normalblättrigkeit zurückmutierende Pflanzen.

Gemäss Tab. 4 steht für die Zeit der Versuche nur von der b-*laciniata H 1* Kontrollsamen zur Verfügung. Darum ist auch eine Untersuchung der in diesen Jahren aus Naturbestäubung hervorgegangenen Nachkommenschaft wegen der vorhin schon erwähnten Vermischungsgefahr des Pollens nicht möglich gewesen. Zwar lieferten die Kontrollsaaten des Jahres 1957

nur normalblättrige Keimlinge, dagegen befand sich unter den aus dem Samen des Jahres 1956 hervorgegangenen Nachkommen dieses Baumes, wie wir uns erinnern, überraschenderweise eine *laciniata*. Da es aber möglich war, dass dem ein Fehler bei der Etikettierung des Samenmaterials zugrunde lag, wurde die Sache erneut einer eingehenderen Untersuchung unterworfen. Diese auf das von den drei Hietaniemi-Bäumen sowie von einigen anderen schlitzblättrigen Parkbirken in den Jahren 1956 und 1958 eingesammelte Samenmaterial bezüglichen Ergebnisse sind genauer aus Tab. 5 ersichtlich.

Tabelle 5. Mengen und blattypenmässige Verteilung der in den Jahren 1956 und 1958 gewonnenen Keimlinge einiger schlitzblättrigen Parkbirken.

Betula verrucosa		Samenjahr	Pflanzen zus.	Normale	Schwächer geschlitzte	Stark geschlitzte	Schlitzblättrige Pflanzen %
f. *laciniata* (breiter Typ)							
Helsinki, Hietaniemi	*H 1*	1956	61	60	1	—	1.6
» »	*H 2*	»	347	346	1	—	0.3
» »	*H 3*	»	121	121	—	—	—
» »	*H 1*	1958	4 167	4 134	33	—	0.8
» »	*H 2*	»	1 609	1 600	9	—	0.6
» »	*H 3*	»	660	654	6	—	0.9
Järvenpää, Haushaltungslehrerinneninst.	*J 1*	»	135	135	—	—	—
» »	*J 2*	»	8	8	—	—	—
Kuopio, Kasernenpark	*K 1*	»	2 670	2 670	—	—	—
f. »*laciniata gracilis*»							
Helsinki, Munkkiniemi	*M 1*	»	262	262	—	—	—

Wie man mit gewisser Überraschung feststellt, haben alle drei b-*laciniatae* von Hietaniemi — also nicht nur *H 1*, sondern auch *H 2* und *H 3* — ausser i. J. 1956 auch i. J. 1958 neben normalen auch einen, allerdings geringen Prozentsatz von schlitzblättrigen Keimlingen ergeben, trotzdem in den genannten Jahren keine künstlichen Kreuzungen an der Stelle durchgeführt wurden. Es kann also in diesen Fällen nicht die Rede von der eben angedeuteten Fehlermöglichkeit sein, sondern das Ergebnis ist offenbar auch hinsichtlich dieser Bäume vergleichbar mit dem, was früher für die schlitzblättrigen Parkbirken sowohl bei uns als auch in Schweden gefunden wurde. Weiter findet man, dass sich auch unter diesen schlitzblättrigen Pflanzen keine *hyperlaciniatae* befinden, sondern alle 50 stellen unverkennbare *laciniatae* dar (siehe Abb. 19: 2), und zwar scheinen sie sich auf den scharf und den stumpf gezähnten Typ zu verteilen.

Die drei anderen in dieser Hinsicht untersuchten b-*laciniatae*, nämlich zwei im Park des Haushaltungslehrerinneninstituts von U: Järvenpää dicht beieinander stehende Bäume und eine einzelne Birke im Kasernenpark in PS: Kuopio (vgl. W u o r i 1918, p. 61) haben dagegen wenigstens aus der

Samenernte des Jahres 1958 keine schlitzblättrigen Keimlinge ergeben. Gleiches gilt auch der »*laciniata gracilis*» *M 1* von Munkkiniemi, denn die Samenernte des Jahres 1958 ergab bei diesem schon bei den Kreuzungsversuchen erwähnten Baum 262 ausschliesslich normalblättrige Keimlinge, ebenso befand sich unter den allerdings nur 180 nach einmaliger und gemischter Saat aufgewachsenen Nachkommen mehrerer s-*lacinatae* des Concordia-Platzes von KP: Pietarsaari kein einziger schlitzblättriger Sämling.

Tabelle 6. Mengen und blattypenmässige Verteilung der in den Jahren 1959 und 1960 gewonnenen Keimlinge einiger schlitzblättrigen Parkbirken.

Betula verrucosa f. *laciniata* (breiter Typ)		Samenjahr	Pflanzen zus.	Normale	Schwächer geschlitzte	Stark geschlitzte	Schlitzblättrige Pflanzen %
Helsinki, Hietaniemi	*H 1*	1959	330	325	5	—	1.5
» »	*H 2*	»	561	560	1	—	0.2
» »	*H 1*	1960	2 976	2 964	12	—	0.4
» »	*H 2*	»	2 029	2 016	13	—	0.6
» »	*H 3*	»	1 118	1 112	6	—	0.5
Pietarsaari, Concordia-Platz	*C 7*	1959	1 189	1 186	2	1	0.3
» »	*C 13*	»	1 136	1 135	—	1	0.1
Riihimäki	*Ri 1*	1960	868	868	—	—	—
f. *laciniata* (schmaler Typ)							
Pietarsaari Concordia-Platz	*C 1*	1959	718	717	—	1	0.1
» »	*C 2*	»	133	133	—	—	—
» »	*C 3*	»	317	315	—	2	0.6
» »	*C 4*	»	497	497	—	—	—
» »	*C 5*	»	400	400	—	—	—
» »	*C 6*	»	1 618	1 614	2	2	0.2
» »	*C 8*	»	187	186	1	—	0.5
» »	*C 9*	»	132	132	—	—	—
» »	*C 10*	»	1 380	1 377	2	1	0.2
» »	*C 11*	»	1 012	1 011	—	1	0.1
» »	*C 12*	»	146	146	—	—	—
» »	*C 14*	»	1 347	1 347	—	—	—
f. »*laciniata gracilis*»							
Helsinki, Munkkiniemi	*M 1*	1960	495	495	—	—	—

Wegen der zahlenmässig unbefriedigenden Ergebnisse einiger Kontrollsaaten wurden in den Herbsten 1959 und 1960 ergänzende Sameneinsammlungen u. a. an den Birken des Concordia-Platzes in Pietarsaari vorgenommen. In betreff der »*laciniata gracilis*» von Munkkiniemi war das Ergebnis auch jetzt negativ (Tab. 6), und gleiches gilt auch einer zu dritt wachsenden b-*laciniata* in EH: Riihimäki. Ein positives Resultat lieferten abermals die Hietaniemi-Birken und überraschenderweise auch einige der Birken in Pietarsaari. Von den 14 dortigen in dieser Hinsicht untersuchten Birken ergaben 8 schlitzblättrige Keimlinge, allerdings in noch geringeren Prozentanteilen als die Hietaniemi-Bäume. Unter den 14 259 Nachkommen der Hietaniemi-Birken waren nämlich im ganzen 87 (0.61 %) schlitz-

blättrig, von den 10 392 Pietarsaari-Pflanzen dagegen nur 16 (0.15 %).

Während aber die Nachkommen der Hietaniemi-Bäume in allen diesen fünf Jahren nur schwächer schlitzblättrig gewesen sind, haben die Pietarsaari-Bäume in ungefähr gleichen Anteilen sowohl schwächer als stärker schlitzblättrige Pflanzen geliefert, und zwar durchgehends alle 8, trotzdem sich ja unter ihnen sowohl b-*laciniatae* (2) als s-*laciniatae* (6) befanden. Aber auch bei den Pflanzen selbst scheinen gewisse Unterschiede erkennbar zu sein. Während nämlich die Hietaniemi-Keimlinge scharf und stumpf gezähnte *laciniatae* waren (vgl. Abb. 19: 2), scheinen die entsprechenden Pietarsaari-Pflanzen nur stumpf gezähnt zu sein. Doch scheinen auch unter den letzteren zweierlei Pflanzen vorzukommen. So erinnern die allerdings nur von einer b-*laciniata (C 7)* erhaltenen zwei Keimlinge zunächst an die schwächer schlitzblättrigen $l_{lk}l_h$-Pflanzen aus der oben schon besprochenen künstlichen Kreuzung s-*laciniata* × L_tl_h (Abb. 18: 3 links). Die fünf schwächer schlitzblättrigen Nachkommen dreier s-*laciniatae (C 6, 8* und *10)* sind im Vergleich zu diesen noch stumpfer gezähnt.

Doch auch die 9 stärker geschlitzten Nachkommen der Pietarsaari-Bäume sind unter sich nicht völlig gleich, sondern verteilen sich gleichfalls auf zwei Typen. Auch sie sind also nicht ohne weiteres mit den l_hl_h-*hyperlaciniatae* der Ruotsinkylä-Bäume oder ihrer Kreuzungen mit der b-*laciniata* vergleichbar. Zwar erinnert von den zwei Nachkommen zweier b-*laciniatae (C 7* und *13)* der eine an diese scharf gezähnten l_hl_h-*hyperlaciniatae*, der andere ist dagegen schon mehr von dem stumpfer gezähnten $l_{hk}l_h$-Typ, der aus der Kreuzung s-*laciniata* × L_tl_h gewonnen wurde (Abb. 18: 3 rechts) und dem auch sechs von den sieben Nachkommen von fünf s-*laciniatae* von Pietarsaari *(C 1, 3, 6, 10* und *11)* zuzuzählen sind (einige mögen indessen noch stumpfer gezähnt sein), während der siebente sich schon mehr den scharf gezähnten l_hl_h-*hyperlaciniatae* nähert. Von den vorigen abweichend befinden sich aber unter den Nachkommen der Pietarsaari-Bäume, sowohl der b-*laciniatae (C 7)* als auch der s-*laciniatae (C 4, 10* und *14)*, vier sehr trägwüchsige, zwerghafte Pflanzen, die hinsichtlich ihrer Blätter schon mehr oder minder in die *arbuscula* — *Palmerii*-Formengruppe der *Betula verrucosa* gehören (vgl. z. B. Hylander 1957 a, p. 54).

Nun kann man sich natürlich fragen, warum denn die Hietaniemi und die Pietarsaari-Bäume entgegen den anderen in diesem Zusammenhang untersuchten schlitzblättrigen Parkbirken und ähnlich den schon eingangs erwähnten Birken in Stockholm, Uppsala, Sollefteå und Viipuri (Monrepos) neben normalen Keimlingen auch schlitzblättrige ergeben haben?

Ist es in diesen Baumgruppen bzw. bei den schon verhältnismässig stattlichen Einzelbäumen vielleicht doch zu der Bildung irgendeines einsamen ♂-Kätzchens gekommen, dass dann die nahegelegenen ♀-Kätzchen bestäubt hat.

Allein: warum ist das nicht z. B. bei den gleichfalls nahe beieinander stehenden Bäumen von Järvenpää und Riihimäki geschehen? Und warum haben sich die Hietaniemi- und Pietarsaari-Bäume hinsichtlich ihrer Nachkommen sowohl unter sich als auch angesichts jener früheren Angaben abweichend verhalten?

Da sich unter den 87 schlitzblättrigen Keimlingen der b-*laciniatae* von Hietaniemi keine einzige *hyperlaciniata* befindet, kann hinsichtlich dieser Bäume offenbar weder von Selbstbestäubung noch von gegenseitigen Kreuzungen der Mitglieder des in Frage stehenden Klons die Rede sein, denn von den so entstandenen Nachkommen der heterozygotischen $l_l l_h$-Bäume müssten begreiflicherweise 75 % schwächer und 25 % stärker schlitzblättrig sein.

Und aber die schlitzblättrigen $l_{lk} l_{hk}$-Birken von Pietarsaari? Diese haben zwar auch stärker schlitzblättrige Keimlinge geliefert, schon der Umstand aber, dass solche sogar zahlreicher als schwächer geschlitzte gebildet wurden, deutet recht überzeugend darauf hin, dass auch in diesem Fall die in Rede stehende Nachkommenschaft nicht aus Kreuzungen dieser gleich- oder verschiedenklonigen schlitzblättrigen Birken entstanden sein kann.

Es ist auf Grund der erzielten Keimlingsmengen tatsächlich viel wahrscheinlicher, dass die schlitzblättrigen Keimlinge sowohl der Hietaniemi- als auch der Pietarsaari-Birken ähnliche Rückkreuzungen darstellen, von denen bei den künstlichen Bestäubungen oben schon die Rede war. Dies setzt natürlich voraus, dass es in der Nähe der betreffenden Baumgruppen eine oder mehrere heterozygotische, verdeckt schlitzblättrige Birken geben müsste.

Auf dem Hietaniemi-Friedhof kann aber dieses Gen nicht vollends bis zur *hyperlaciniata* führen. Da die erzielten schlitzblättrigen Keimlinge sehr ähnlich stumpf bzw. scharf gezähnt sind, wie auch die aus den Kreuzungen b-*laciniata* × $L_l l_l$ hervorgegangenen, kommt es mir denn auch vor, dass es sich zunächst wohl gerade um das l_l-Gen der b-*laciniata* handelt.

Was die Pietarsaari-Bäume betrifft, so kann das in Betracht kommende Gen wohl nur ein starkes Schlitzblättrigkeitsgen sein, war doch von den Keimlingen ungefähr die Hälfte schwächer, die andere Hälfte stärker schlitzblättrig. Da die ersteren durchgehends stumpf gezähnt und die extremsten von ihnen den aus der Kreuzung s-*laciniata* × $L_l l_h$ hervorgegangenen $l_{lk} l_h$-Pflanzen ähnlich sind, und da auch von den stärker geschlitzten Keimlingen der grösste Teil entsprechenderweise den aus den Kreuzungen gewonnenen $l_{hk} l_h$-Pflanzen gleicht und sogar noch stumpfer gezähnt ist als diese, deutet dies wiederum darauf hin, dass jenes stärkere Schlitzblättrigkeit auslösende Gen in Wirklichkeit ein l_{hk} ist. Demnach könnten die am stumpfsten gezähnten sowohl schwächer als stärker schlitzblättrigen Keimlinge als $l_{lk} l_{hk}$ und $l_{hk} l_{hk}$ aufgefasst werden, also als neue

Kombinationen, bei denen die Zähnung wohlbegreiflich auch gar nicht so deutlich sein dürfte wie bei den $l_{lk}l_h$- und $l_{hk}l_h$-Pflanzen. Der Umstand wiederum, dass sich unter diesen Nachkommen der Pietarsaari-Birken ausser unverkennbaren $l_{lk}l_h$-Pflanzen auch l_hl_h-*hyperlaciniatae* befunden haben, kann wohl nur so zu deuten sein, dass auch das l_h-Gen der b-*laciniata* an diesen Kreuzungen mitbeteiligt gewesen ist. Auf diesem Wege wäre vor allem gerade die Entstehung der aus der b-*laciniata C 13* von Pietarsaari hervorgegangenen *hyperlaciniata* verständlich. Unerklärt bleibt dagegen, warum auch unter den Nachkommen der s-*laciniata* ein solcher Keimling vorgekommen ist, desgleichen, von woher die Vertreter der *arbuscula* — *Palmerii*-Formengruppe der *Betula verrucosa* stammen.

Vorläufig hat sich nicht ermitteln lassen, wo in der Nähe der in Rede stehenden schlitzblättrigen Parkbirken diese angedeuteten L_tl_l- und L_tl_{hk}-Bäume wachsen und von wo sie zum Ort gelangt sind. Jedenfalls in Hietaniemi kann die Quelle des Schlitzblättrigkeitspollens kaum weit entfernt sein, da ja diese b-*laciniatae* in den letzten Jahren fast regelmässig solche schlitzblättrigen Keimlinge zu produzieren vermocht haben. Es möge erwähnt werden, dass im Umkreis von etwa 100 m von der Baumgruppe 85 und im Umkreis von 200 m 201 Birken wachsen, davon 25 bzw. 72 *B. pubescens*. Da sich unter ihnen keine naturbürtigen, schon blühenden Nachkommen der noch verhältnismässig jungen Hietaniemi-Birken befinden können, muss ihre Herkunft eine andere sein. Dabei kann auch das Ausland in Betracht kommen, denn ein Teil der hier angepflanzten Bäume und Sträucher, darunter auch die Birken einiger Alleen, sind aus Dänemark eingeführt.

In Pietarsaari kann es sich dagegen anders verhalten, denn die dortigen *laciniatae* haben schon seit 1905 an der Stelle existiert, und ausserdem gibt es in der Nähe des an sich recht kleinen Concordia-Platzes auch heute noch schwach bebaute Flächen, wo sich die Birke fortwährend natürlich verjüngen kann. Zu bemerken ist denn auch, dass indem von den betreffenden Bäumen 12 s-*laciniatae* und nur 3 b-*laciniatae* sind, sich als Schlitzblättrigkeitsgen gerade das vorhin schon erwähnte l_{hk}-Gen der s-*laciniata* herausgestellt hat, obschon anderseits begreiflicherweise auch die b-*laciniata* trotz der geringen Zahl der Bäume offenbar gerade vermöge ihrer stärkeren Fertilität (vgl. S. 23) durch Vermittlung ihres l_h-Gens an diesen aus Naturbestäubung hervorgegangenen Rückkreuzungen mitbeteiligt sein könnte.

Wie ist nun im Lichte des Obigen die Entstehung der schlitzblättrigen Keimlinge der früher schon erwähnten hiesigen (Viipuri: Monrepos) und schwedischen (Stockholm: Lindgren 1878, 1886; Sollefteå: Örtenblad 1902), Parkbäume zu erklären? Da es sich auch bei diesen Bäumen um *laciniatae*, wohl zunächst um Vertreter des b- und des s-Typs gehandelt hat und da unter deren Nachkommen keine noch schlitzblättrigere

oder vollends der *hyperlaciniata* zuzählbare Pflanze vorgekommen sein soll, können wohl auch sie schwerlich aus Selbstbestäubung bzw. aus gegenseitiger Kreuzbestäubung der genannten Klone hervorgegangen sein, sondern sind wohl in erster Linie als das Ergebnis von Rückkreuzungen zwischen diesen Parkbäumen und ihren in der Nähe aufgesprossenen L_1l_1-Nachkommen zu betrachten. Da solche Keimlingsangaben von Orten stammen, wo man jene Zierbäume schon lange gezogen hat, spräche auch dies zugunsten der letzteren Alternative. Wiederum der Umstand, dass wenigstens unter den von Örtenblad und offenbar auch Lindgren gewonnenen Keimlingen auch *lobulata*-Pflanzen, also schwächer geschlitzte als die *laciniata*, vorgekommen sind, könnte vielleicht als ein Hinweis darauf zu deuten sein, dass es sich statt um Rückkreuzungen hier in Wirklichkeit um Kreuzungen zwischen Formen anderer Herkunft handeln könnte. Und indem endlich der bestäubende Pollen auch von Bäumen stammen kann, bei denen die Schlitzblättrigkeit unter der dominierenden Normalblättrigkeit verborgen liegt, wäre folglich die Entstehung schlitzblättriger Keimlinge auch davon abhängig, wie allgemein es in unseren Birkenpopulationen unter der Normalblättrigkeit verdeckte Schlitzblättrigkeit gibt.

Rückblick

Aus dem Obigen ist also hervorgegangen, dass die Schlitzblättrigkeit auch bei den jetzt besprochenen kultivierten und wegen Rückbildung der Staubblüten feminisierten Mitgliedern verschiedener Birkenklone gegenüber der Normalblättrigkeit rezessiv ist, wonach also nur im Falle einer Fremdbestäubung mit Schlitzblättrigkeitspollen mit der Entstehung mehr oder minder dem Mutterindividuum ähnlichen Nachkommen zu rechnen sein kann. Ausserdem beweisen die mit diesen Birken durchgeführten künstlichen Bestäubungen, dass bei diesen morphologisch mehr oder minder deutlich voneinander unterscheidbaren Klonen nicht nur die Normalblättrigkeit, sondern auch die schwächere Schlitzblättrigkeit über die stärkere dominiert. Darum ist es auch verständlich, dass Bäume verschiedener Herkunft genetisch, in bezug auf ihr Schlitzblättrigkeitsgen, sehr verschieden sein können.

Die genetische Beschaffenheit des am stärksten schlitzblättrigen von den untersuchten Klonen, der *Betula verrucosa* f. *dalecarlica*, hat sich nicht ermitteln lassen, weil die Bäume in den Versuchen völlig steril aufgetreten sind. Die etwas schwächer geschlitzte »*laciniata gracilis*» hat sich hinsichtlich ihres Schlitzblättrigkeitsgens als ein unverkennbarer Homozygote er-

wiesen[1], als Heterozygoten dagegen die *laciniatae* schlanken und breiten Typs, die in ihrer Blattform einander recht nahe stehen, sich aber z. B. in bezug auf die Anomalien ihres Fruchtbaus schon deutlicher voneinander unterscheiden; bei der ersteren findet man aber die Gene der schwächeren und stärkeren, bei der letzteren die der schwächeren und ausserordentlich starken Schlitzblättrigkeit. Und als Gegensatz zu diesen hinsichtlich ihrer Schlitzblättrigkeitsgene stabilen Klonen haben sich auch bei diesen Kreuzungsversuchen *B. verrucosa* f. *bircalensis* und *B. pubescens* f. *urticifolia* als ähnlicherweise empfindlich zurückmutierend erwiesen wie in früheren Versuchen zusammen mit *Alnus incana* f. *laciniata*. Da nun die Versuche mit diesem schlitzblättrigen Erlenklon gleichfalls schon bis zur F_2-Generation fortgeschritten sind und somit also der näheren Analyse zugänglich geworden sind, wird auf diese labilen Verhältnisse bei der Vererbung der Schlitzblättrigkeit in diesem Zusammenhang nicht näher eingegangen, sondern es ist die Absicht, die Erscheinungen in einer späteren Arbeit eingehender zu diskutieren.

[1] Laut Bestäubungsversuchen im Jahr 1960 scheint auch die Pälkäne-Birke (S. 13) ein ähnlicher Homozygote wie die »*laciniata gracilis*» *M 1* von Munkkiniemi (S. 10) zu sein. So hat eine b-*laciniata* von Hietaniemi bei Bestäubung mit Pollen der Pälkäne-Birke neben normalblättrigen Sämlingen auch schlitzbättrige ergeben, die alle unter sich sehr ähnlich, zunächst wohl der *laciniata* zuzuzählen sind, bei denen jedoch die Merkmale der Pälkäne-Birke, die spitzigen und vorwärtsgerichteten Blattlappen, ziemlich deutlich hervortreten.

Literaturverzeichnis

Blom, C. M. 1786. *Betula hybrida*, Ornäs-björken. — Sv. Vet.-Akad. Handl. 1786, p. 186—192.

Boom, B. K. 1949. Nederlandse dendrologie. 3. Aufl. — Wageningen.

Collander, Runar. 1947. Kasvifysiologian perusteet. II. Kehitys, periytyminen ja liikkeet. — Helsinki.

Dippel, L. 1892. Handbuch der Laubholzkunde. II. — Berlin.

Gunnarsson, J. G. 1925. Monografi över Skandinaviens *Betulae*. — Arlöv.

—»— 1934. Tillägg til »Monografi över Skandinaviens *Betulae*». 1. Några egendomliga, huvudsakligen i Finland anträffade *Betula*-former. — Memor. Soc. F. Fl. Fenn. 10, p. 371—378.

Hiitonen, I. 1933. Suomen kasvio. — Vanamon kirjoja 32. Helsinki.

Heydenreich, Karl. 1936. Trauer- und Hängeformen der Gehölze. — Gartenflora 85, p. 147—148.

Hylander, Nils. 1955. Träd och buskar i Uppsala. — Lustgården 35/36, p. 18—101.

—»— 1957 a. Om falsk och äkta ornäsbjörk ock om några andra avvikande björkformer. — Ibid. 37/38, p. 31—84.

—»— 1957 b. On cut-leaved and small-leaved forms of Scandinavian birches. — Svensk Bot. Tidskr. 51, p. 417—436.

Jahn, E. 1932, 1933. Bemerkenswerte Gehölze im Botanischen Forstgarten der Forstlichen Hochschule in Hann.-Münden. III. 4. *Betula urticifolia* Regel. — Mitt. Deutsch. Dendrol. Ges. 44, p. 69—72; Id. 6. Über das genetische Verhalten eines schlitzblättrigen Silberahorns. — Ibid. 45, p. 293—298.

Johnsson, Helge. 1941. Växtförädling av björk — mål och medel. — Medd. Fören. f. växtförädling av skogsträd 20; Svensk Papperstidning 25.

Kangas, J. 1957. Pälkäneen puuerikoisuuksista. — Pälkäneen Joulu 1957, p. 44—45.

Krüssmann, Gerd. 1951. Die Laubgehölze. 2. Aufl. — Berlin.

Kujala, Viljo. 1946. Koivututkimuksia. (English summary: Some recent research data on birches.) — Comm. Inst. Forest. Fenn 34: 1, p. 1—36.

Lagerberg, T. 1947. Vilda växter i Norden. 2. Aufl. II. — Stockholm.

—»— Holmboe, J. & Nordhagen, R. 1952. Våre ville planter. I. — Oslo.

Lid, J. 1944. Norsk Flora. — Oslo.

Lindgren, E. 1878. Om uppkomsten af nya afarter bland de odlade växterna samt om tvenne å Kongl. Landtbruks-Akademiens Experimentalfält uppkomna äpplevarieteter med hängande grenar. — Tidning för Trädgårdsodlare 17, p. 65—66.

—»— 1884. Redogörelse för verksamheten vid Kongl. Landtbruks-Akademiens Experimentalfälts Trädgårdsafdelning under år 1882. — Ibid. 23, p. 41—44.

—»— 1886. Ornäsbjörken. — Ibid. 25, p. 81—82.

Mela, A. J. — Cajander, A. K. 1906. Suomen kasvio. 5. Aufl. — Helsinki.

Mikola, Peitsa. 1954. Hugo Hörtsänä ja hänen puutarhansa. — Metsätal. aikakausl. 71 (17), p. 60.
Nawaschin, S. 1894. Über die gemeine Birke (*Betula alba* L.). — Mém. Acad. Sc. St. Petersburg, VII. sér., 42: 12, p. 1—40.
Örtenblad, Th. 1902. Anteckningar om trädens biologi. — Bihang till Årsskrift fr. Föreningen f. Skogsvård i Norrland år 1901. — Stockholm.
Rehder, A. 1956. Manual of cultivated trees and shrubs. 2. Aufl. — New York.
Reichenbach, L. 1850. Icones florae germanicae et helveticae. XII. — Lipsiae.
Saarnijoki, S. 1946. Die Schlitzblättrigkeit der Erlen und Birken im Lichte von Rückschlägen und einigen Kreuzungen. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 34: 2, p. 1—68.
—»— 1955. Anatomisch-morphologische Untersuchungen über die Schlitzblättrigkeit bei einigen Bäumen und Sträuchern. — Ibid. 44: 2, p. 1—118.
—»— 1956. Über die Loimaa-Birke nebst einigen anderen in Finnland hauptsächlich zu Zierzwecken gezogenen schlitzblättrigen Birken. — Ibid. 47: 3, p. 1—29.
—»— 1957. Koivun liuskalehtisistä muodoista. — Suomen Luonto 15, p. 3—8.
Salo, Niilo T. 1956. Harvinaisia puita Loimaalla (St). — Luonnon Tutkija 60, p. 57—58.
Sarvas, Risto. 1952. On the flowering of birch and the quality of seed crop. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40: 7, p. 1—39.
Schneider, C. K. 1906. Illustriertes Handbuch der Laubholzkunde. I. — Jena.
Schübeler, F. Ch. 1886. Ornäsbirken. — Norsk Havetidende 20, p. 73—76.
Ulvinen, A. 1949. Luonnonkasvien parissa. — Porvoo—Helsinki.
Vries, H. de. 1903. Die Mutationstheorie. II. — Leipzig.
Winkler, H. 1904. *Betulaceae*. — Engler: Das Pflanzenreich IV: 61, p. 1—149.
W(uori), M. 1918. Omituinen lehtimuodostuma koivulla. — Metsämies 9, p. 61.

TUTKIMUKSIA ERÄIDEN PUISTOISSA VILJELTYJEN LIUSKALEHTISTEN KOIVUJEN LEHTIMUODON PERIYTYMISESTÄ

Selostus

Käsillä oleva tutkimus on jatkoa niille aikaisemmille julkaisuille, jotka ovat ensi sijassa koskeneet koivulla ja lepällä esiintyvän, faktorimutaationa ilmenevän liuskalehtisyyden periytymissuhteita. Kun tulokset varsinkin puulajeihin kohdistetuista geneettisistä selvittelyistä ovat tavallisesti vasta vuosien, jopa vuosikymmenien kuluttua lopullisesti todettavissa, on »liuskalehtisyys», joka ilmenee kasvin muissakin osissa yleisenä solukoiden hentoutumisena, osoittautunut erittäin soveliaaksi tutkimuksen kohteeksi ennen kaikkea sen vuoksi, että tämän perintötekijän vaikutus näyttäytyy hyvin selvästi lehdissä ja on täten jo puun taimiasteella todettavissa. Tämän takia on tässäkin tutkimuksessa ollut jo mahdollista päästä geneettisesti ratkaisevaan F_2-polven analysointiin käsiksi.

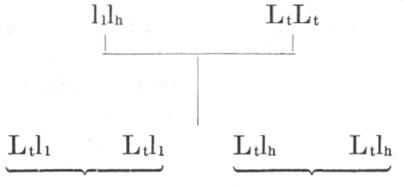
Selvittelyn lähtökohtana ovat eräät Viipurin Salakkalahdenpuistossa ja Pietarsaaren Concordia-aukiolla kasvaneet liuskalehtiset *Betula verrucosa* f. *laciniata*-muotoon kuuluneet koristekoivut. Metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueella sijaitsevaan taimitarhaan kylvettiin nimittäin keväällä 1933 kahdesta edelliseen paikkaan istutetusta koivusta kerättyä siementä. Kahta vuotta myöhemmin tehtiin Punkaharjun taimitarhassa sama koe Pietarsaaressa kasvaneiden puiden siemenillä. Kummassakin paikassa kylvöksistä saatiin kuitenkin vain normaalilehtisiä koivuntaimia.

Vuodesta 1955 lähtien, jolloin ko. taimista kehittyneet, nykyisin sekä Ruotsinkylässä että Punkaharjullakin ryhmänä kasvavat puut ovat alkaneet kukkia ja risteytyä keskenään, on niistä ruvettu saamaan tavallisten koivuntaimien ohella vaihtelevin määrin myös liuskalehtisiä. Erikoista on ollut vielä se, että nämä viimeksi mainitut ovat olleet kahdenlaisia, nimittäin lievemmin ja voimakkaammin liuskaisia. Edelliset ovat vastanneet Viipurissa ja Pietarsaaressa kasvaneiden *laciniata*-kantapuiden lehtimuotoa, jälkimmäiset taasen ovat olleet aivan uutta, ennestään tuntematonta muotoa, jolle on annettu nimi *hyperlaciniata*. Sitä paitsi on voitu vielä panna merkille, että suunnilleen puolet näistä ensimmäisen polven kukkineista puista on antanut *laciniata*-, toinen puoli taasen *laciniata*- ja *hyperlaciniata*-taimia.

Julkaisussa selostettujen jälkeläiskasvatusten perusteella on käynyt selville, että liuskalehtisyys on näidenkin *Betula verrucosa* f. *laciniata*-nimisten puistokoivujen kohdalla niin kuin eräiden muidenkin aikaisemmin tutkimieni puuvartisten kasvilajien vastaaviin muotoihin kuuluvilla edustajilla periytyvä, mutta laadultaan resessiivinen ominaisuus. Se seikka, että F_1-polven puut risteytyessään keskenään ovat antaneet seuraavassa, F_2-polvessa kahdenlaisia liuskalehtisiä taimia, joista lievemmin liuskaisten lehtityyppi vastaa kantapuiden lehtityyppiä, on merkinnyt taasen sitä, että kyseiset Viipurin ja Pietarsaaren puistokoivut ovat olleet liuskalehtisyysgeeneiltään heterozygootteja, so. *laciniata* × *hyperlaciniata*-risteymiä, joissa lievempi liuskalehtisyys vuorostaan peittää voimakkaamman liuskalehtisyyden.

Kun *laciniata*-lehtimuotoa aiheuttavaa perintötekijää ilmaistaan merkillä l_l, *hyperlaciniataa* l_h ja normaalilehtisyyttä L_t, ovat kyseiset Viipurin ja Pietarsaaren *Betula verrucosa* f. *laciniata*-emopuut olleet siis l_ll_h-yksilöitä, joista niiden risteytyessä normaalilehtisen L_tL_t-rauduskoivun kanssa syntyy, niin kuin seuraavasta asetelmasta selviää,

(1)

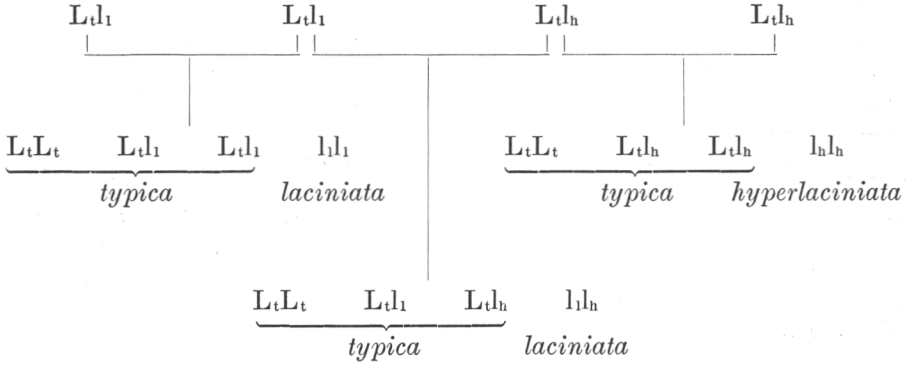


genotyyppisesti kahdenlaisia jälkeläisiä; puolet on nimittäin normaalilehtisiä L_tl_l-, toinen puoli taasen vastaavanlaisia L_tl_h-*typica*-taimia.

Vain sillä edellytyksellä, että po. puistokoivujen emikukat pölyttyisivät omalla tai toisen liuskalehtisen koivun siitepölyllä, voisi F_1-polven taimien joukossa esiintyä liuskalehtisiä. Kun tutkimuksen yhteydessä on kuitenkin käynyt ilmi, etteivät liuskalehtiset koivut hedenorkkojen hentoutumisesta johtuvan surkastumisen vuoksi pysty kehittämään lainkaan siitepölyä, on tästä johtunut, etteivät nämä Ruotsinkylässä ja Punkaharjulla kasvavat F_1-polven edustajat ole voineetkaan olla muita kuin $l_ll_h \times L_tL_t$ risteytystuloksia, joissa normaalilehtisyys peittää liuskalehtisyyden.

L_tl_l- ja L_tl_h-puiden päästessä risteytymään taas keskenään, syntyy F_2-polvessa, niin kuin seuraavasta nähdään,

(2)



genotyyppisesti jo kuudenlaisia taimia, joista L_tL_t-, L_tl_l- ja L_tl_h-yhdistelmät ovat dominoivan L_t-geenin vaikutuksesta normaalilehtisiä *typica*-, l_ll_l- ja l_ll_h-yhdistelmät vastaavasti l_l-geenin takia *laciniata*- ja l_hl_h:t taasen *hyperlaciniata*-taimia. Kun kaikkien L_tl_l-puiden liuskalehtiset jälkeläiset voivat olla vain l_ll_l- ja l_ll_h-yhdistelmiä ja L_tl_h-puiden taasen l_ll_h- ja l_hl_h-yhdistelmiä, niin tämän perusteella on selvää myös, minkä takia toinen puoli näistä F_1-polven puista on voinut kehittää vain *laciniata*-, toinen puoli taasen *laciniata*- ja *hyperlaciniata*-muodon edustajia.

Kyseessä olevalle geneettiselle selvittelylle on tuottanut kuitenkin hankaluutta se, ettei enää ole ollut saatavissa varmuutta siitä, mitä alkuperää nuo Viipurin ja Pietarsaaren puut ovat olleet, sillä puistoissa viljeltyihin *Betula verrucosa* f. *laciniata*-nimisiin puistokoivuihin sisältyy useampia puutarhurien varttamalla lisäämiä ja eri aikoina viljelykseen tulleita klooneja. Niinpä Pietarsaaren Concordia-aukiolla nykyisin kasvavien kaikkiaan 15 liuskalehtisen koivun joukossa on kahden eri kloonin, nimittäin

ns. kapeatyyppisen ja leveätyyppisen *laciniata*n edustajia. Viipuriin jääneistä, nyt jo kuolleista puista on taasen ollut tallella ainoastaan muutamia ennen sotia otettuja lehtinäytteitä, joiden perusteella niiden on otaksuttu kuuluneen viimeksi mainittuun klooniin. Näiden kahden *laciniata*n lisäksi meidän puistoissamme kasvaa vielä eräitä muitakin rauduskoivun liuskalehtisiä klooneja, niiden joukossa mm. *dalecarlica*-, *bircalensis*- ja *laciniata gracilis*-nimiset.

Tämän Viipurin ja Pietarsaaren puiden alkuperää koskevan epävarmuuden selvittämiseksi on tutkimuksen yhteydessä tehty eräitä keinollisia tarkistusristeyksiä, joilla on koetettu saada selville, millaisia nämä meidän puistoissamme viljellyt, eri nimiset ja alkuperältään erilaiset koivukloonit ovat liuskalehtisyysgeeneiltään. Kun po. puista ei kuitenkaan sataprosenttisen hedekadon vuoksi ole voitu saada risteytyksiin tarvittavaa siitepölyä, on kokeet suoritettu siten, että näiden ♀-yksilöiksi muuttuneiden koivujen emikukintoja onkin pölytetty Ruotsinkylän täysin normaalisesti suhtautuvista F_1-polven puista kerätyllä siitepölyllä. Varsinkin L_tl_h-yksilöiden siitepöly, jossa normaalilehtisyyden rinnalla on voimakkainta liuskalehtisyyttä aiheuttava, resessiivinen *hyperlaciniata*-geeni, on näissä risteytyskokeissa näyttäytynyt erittäin soveliaaksi »avaimeksi».

Tutkituista klooneista kaikkein voimakkaimmin liuskalehtisen *Betula verrucosa* f. *dalecarlica*n geneettistä laatua ei ole kuitenkaan saatu selvitetyksi, koska ko. puut ovat olleet ei vain hede- vaan myöskin eminorkoissa pitkälle menneen solukoiden surkastumisen vuoksi kokonaan steriilejä. Sitä vastoin Taalainmaan koivua jonkin verran lievemmin liuskalehtinen, mutta tätä paljon harvinaisempana esiintyvä *laciniata gracilis*-klooni on osoittautunut liuskalehtisyysgeeneiltään homozygootiksi. Kaikki risteyksistä saadut liuskalehtiset taimet ovat olleet nimittäin keskenään täysin samanlaisia.

Puistoissamme yleisimpänä kasvavasta, leveätyyppisestä *laciniata*-kloonista on käynyt taasen ilmi, että se on heterozygootti. Mutta yllättäen on myös kapeatyyppinenkin *laciniata* näyttäytynyt vastaavanlaiseksi. Erona on kuitenkin se, että kun jälkimmäisellä on lievempää ja voimakkaampaa, niin edellisellä on lievempää ja erittäin voimakasta liuskalehtisyyttä aiheuttavat geenit. Kun näistä leveätyyppisellä *laciniata*-kloonilla tehdyistä risteytyksistä syntyneet liuskalehtiset taimet ovat olleet täysin identtisiä vastaavien Ruotsinkylän ja Punkaharjun puista saatujen jälkeläisten kanssa, ovat suoritetut kokeet voineetkin osoittaa, että leveätyyppinen *Betula verrucosa* f. *laciniata* on juuri tuo *laciniata* × *hyperlaciniata*-heterozygootti, jota kloonia siis myös Viipurin ja Pietarsaaren liuskalehtiset koristekoivut ovat edustaneet.

POLTTOHAKEPUUN KUIVUMINEN METSÄSSÄ

PENTTI HAKKILA

FOREST SEASONING OF WOOD INTENDED FOR FUEL CHIPS

SUMMARY

HELSINKI 1962

Helsinki 1962. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto suoritti marraskuun 1958 ja lokakuun 1960 välisenä aikana tutkimuksen, jossa pyrittiin löytämään polttohakepuun kuivumisen kannalta mahdollisimman edullinen ja samalla taloudellinen hankintamenetelmä.

Koealoja sijoitettiin kuudelle paikkakunnalle. Tuusulan tutkimukset tapahtuivat metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa. Kirkkonummen, Siuntion ja Lopen koealat sijaitsivat Valtionrautateiden Polttoainetoimiston (VAPO) hankintatyömailla. Näillä koealoilla VAPO avusti metsäntutkimuslaitosta kenttätöiden suorittamisessa. Jyväskylän ja Rovaniemen tutkimukset hoidettiin VAPOn toimesta.

Kahdelta viimeksi mainitulta paikkakunnalta saadut tulokset on julkaistu VAPOn monisteena (A u l a m o 1960). Kaikista vuoden 1959 tuloksista on julkaistu ennakkotiedot (H e i s k a n e n ja H a k k i l a 1960). Milloin käsillä olevassa tutkimuksessa on esitetty kyseisissä julkaisuissa mainittuja tietoja, siitä ei ole erikseen huomautettu.

Tutkimuksen eri vaiheissa on esimieheni professori P a a v o A r o ohjannut työn kulkua ja antanut arvokkaita neuvoja. Hän on myös tarkastanut käsikirjoituksen ja tehnyt siihen korjauksia. Pyydän lausua kaikesta vilpittömät kiitokseni professori A r o l l e. Erittäin kiitollinen olen myös maat. ja metsät. tri V e i j o H e i s k a s e l l e, joka metsäntutkimuslaitoksessa ollessaan pani tutkimuksen alulle ja myöhemmin toisiin tehtäviin siirryttyään on edelleen antanut neuvoja tutkimustyön suorittamisessa. Lisäksi hän on tarkastanut käsikirjoituksen. Edelleen tahdon kiittää metsänhoitaja T a p i o K o r p e l a a ja metsänhoitaja A r v o T a i p a l e t t a, jotka ovat suorittaneet osan kenttätöistä ja osallistuneet niitten suunnitteluun.

Valtionrautateiden Polttoainetoimistolle olen kiitollinen, koska sen panos on tehnyt tutkimuksen toteuttamisen mahdolliseksi. Erityisesti ovat vaivaa nähneet metsänhoitaja O l a v i A u l a m o ja metsäteknikko T a u n o T u u k k a n e n.

Lopuksi kiitän Pienpuualan Toimikuntaa, joka on huolehtinut tutkimuksen rahoituksesta.

Julkaistavista valokuvista on metsänhoitaja K o r p e l a ottanut kuvan n:o 7. Muut kuvat ovat kirjoittajan ottamia.

Helsingissä kesäkuussa 1961.

Pentti Hakkila

Sisällysluettelo

Sivu

Käytettyjä lyhennyksiä 6

1. Johdanto 7
2. Tutkimusmenetelmä ja aineisto 8
3. Tuoreen puun kosteus 20
   - 31. Kuusi 20
   - 32. Mänty 23
   - 33. Koivu 25
   - 34. Harmaaleppä 28
4. Rasipuitten kuivuminen 30
   - 41. Kuusi 30
   - 42. Mänty 34
   - 43. Koivu 36
   - 44. Harmaaleppä 38
5. Yksityisten rasipuitten ja rankojen kosteus syksyllä 41
   - 51. Kuusi 41
   - 52. Mänty 44
   - 53. Koivu 47
   - 54. Harmaaleppä 49
6. Läpimitan vaikutus polttohakepuun kosteuteen 51
   - 61. Kuusi 51
   - 62. Mänty 53
   - 63. Koivu 55
   - 64. Harmaaleppä 57
7. Käsittelytavan ja kaatoajan vaikutus polttohakepuun kosteuteen 58
   - 71. Kuusi 58
   - 72. Mänty 60
   - 73. Koivu 63
   - 74. Harmaaleppä 64
8. Käytännöllisiä näkökohtia 66
   - 81. Kosteuden polttohakepuun arvoa alentava vaikutus 66
   - 82. Edullisin polttohakepuun käsittelytapa 69
   - 83. Edullisin polttohakepuun kaatoaika 72

Kirjallisuusluettelo 75

Summary 78

Liitetaulukko 82

Käytettyjä lyhennyksiä

Taulukoissa on tilan säästämiseksi jouduttu käyttämään seuraavia lyhennyksiä.

T = Tuusula
K = Kirkkonummi
S = Siuntio
L = Loppi
J = Jyväskylä
R = Rovaniemi
T—60 = Tuusula, vuoden 1960 tutkimus
ais. = aisattu
t = 0.5 metrin etäisyys tyvestä
h 1/4 = rungon tai karsitun rangan 1/4-korkeus
h 1/2 = rungon tai karsitun rangan 1/2-korkeus
h 3/4 = rungon tai karsitun rangan 3/4-korkeus
D 1/4 = läpimitta kuoretta 1/4-korkeudella

Abbreviations used

To save space, the following abbreviations have been employed in the tables.

T = Tuusula
K = Kirkkonummi
S = Siuntio
L = Loppi
J = Jyväskylä
R = Rovaniemi
T—60 = Tuusula, the 1960 investigation
ais. = barked in strips
t = at a distance of 0.5 metres from butt
h 1/4 = 1/4 height of stem or trimmed bole
h 1/2 = 1/2 height of stem or trimmed bole
h 3/4 = 3/4 height of stem or trimmed bole
D 1/4 = diameter excluding bark at 1/4 height
Rasi = stems have been left to season untrimmed (Figs. 6 and 7)
Kasa, tela, roukku = piles of different types (Figs. 1, 2 and 3)

1. Johdanto

Pienpuusta valmistettavasta hakkeesta on kehittynyt kilpailukykyinen polttoaine. Tutkijain ja käytännönmiesten ponnistelu on johtanut hakepuun hankinnan, hakkeen lastutuksen ja hakkeen kuljetuksen kustannuksien alentumiseen kohtuulliselle tasolle. Samoin hakkeen polttolaitteita on kehitetty yhä taloudellisemmiksi. Sitä vastoin hakkeen laadun ja arvon kohottaminen hakkeen valmistamiseen käytettävän pienpuun kuivattamisen kautta on jäänyt toistaiseksi vain vähäisen tutkimuksen kohteeksi.

Tämän tärkeän seikan selvittämiseksi metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosasto otti syksyllä 1958 käsiteltäväkseen kysymyksen tarkoituksenaan löytää polttohakepuun kuivumisen kannalta mahdollisimman tehokas ja samalla taloudellinen hankintamenetelmä. Koska polttohakkeen käytön kannattavuuden edellytyksenä ovat halvat hankintakustannukset, oli selvää, että tutkittavan menetelmän käyttö ei saa aiheuttaa huomattavia lisäkustannuksia. Siten esimerkiksi polttohakepuun kosteuden alentaminen kuorimisen avulla oli jätettävä ilman muuta laskelmista pois.

Päähuomio kiinnitettiin rasiinkaadon tarjoamiin mahdollisuuksiin. Rasiinkaatoahan on totuttu pitämään tehokkaana keinona uitettavien vanerikoivujen kuivattamisessa. Toisaalta sen avulla saavutettavissa olevaa havupuitten kosteuden alentumista ei ole katsottu niin riittäväksi, että havupuuta kannattaisi kaataa rasiin. Koska havupuitten rasiinkaadosta saadut epätyydyttävät kokemukset koskevat vain polttohakepuita suurempia runkoja, päätettiin tutkia pienikokoisten puitten kuivumista rasissa. Ennen kaikkea pyrittiin saamaan selville edullisin rasipuitten kaatoaika.

Rasipuitten kuivumisen ohella tutkittiin myös kasaan, telaan ja roukkupinoon varastoitujen rankojen kuivumista.

Kuusen, männyn ja koivun lisäksi sisällytettiin tutkittaviin puulajeihin harmaaleppä, koska sillä on huomattava merkitys polttohakkeen raaka-aineena.

2. Tutkimusmenetelmä ja aineisto

Polttohakepuun kuivumistutkimus suoritettiin kuudella paikkakunnalla, nimittäin Tuusulassa, Kirkkonummella, Siuntiossa, Lopella, Jyväskylässä ja Rovaniemellä. Tutkimuksen ensimmäinen osa pantiin alulle marras- joulukuussa 1958 ja päätettiin marraskuussa 1959. Tästä vaiheesta käytetään lyhyesti nimitystä vuoden 1959 tutkimus. Joulukuussa 1959 aloitettiin tutkimuksen toinen osa, joka päättyi vuoden 1960 lokakuussa. Jälkimmäisestä vaiheesta käytetään nimitystä vuoden 1960 tutkimus.

Polttohakepuista osa kaadettiin rasiin, osa valmistettiin suoraan rangoiksi. Huolimatta siitä, että rasiinkaatoa nimitetään myös lehteenkaadoksi, on rasiinkaadoksi katsottava talvisaikaankin tapahtuva lehti- ja havupuitten kaato, kun puut jätetään katkomattomina ja karsimattomina maahan. Niinpä J a l a v a (1943) esittää seuraavan määritelmän: »Rasiin eli lehteen kaadolla ymmärretään sitä menettelytapaa, että puut kaadetaan ja jätetään karsimattomiksi joksikin aikaa». Käsillä olevassa tutkimuksessa puita kaadettiin rasiin kaikkina vuodenaikoina. Rasiin kaadettuja puita kutsutaan rasipuiksi (vrt. H e i s k a n e n ja H a k k i l a 1960). Polttohakerangoilla tarkoitetaan pieniläpimittaisia, tyvestä alle 15 cm:n vahvuisia kuorellisia rankoja, jotka on tarkoitettu polttohakkeen valmistukseen (H e i s k a n e n 1959 a). Koepuita kaadettiin eri koealoilla kerran kuukaudessa lukuunottamatta muutamia syys- ja talvikuukausia.

Rangoille ei määrätty ensimmäisenä vuonna maksimipituutta, ja pisimmistä rangoista tehtiinkin jopa viisimetrisiä. Kun näin pitkien rankojen käsittely on osoittautunut hankalaksi muun muassa syötettäessä rankaa hakkuriin, määrätään käytännössä usein rangan suurimmaksi sallituksi pituudeksi neljä metriä (H e i s k a n e n 1959 a). Jälkimmäisenä tutkimusvuonna noudatettiin tätä neljän metrin enimmäisrajaa, joten järeimmistä puista tehtiin kaksi rankaa. Tyvi- ja latvarankoja ei eroitettu toisistaan. Rangat varastoitiin joko kasaan, telaan tai roukkuun eli roukkupinoon.

Kasalla tarkoitetaan tässä metsävarastomuodostelmaa, jossa rangat ovat samansuuntaisina ilman välipuita aluspuitten päällä (kuva 1). Aluspuut tehtiin niin huolellisesti, että rangat eivät ottaneet maahan kiinni. Rankoja varastoitiin kasoihin molempina tutkimusvuosina.



Kuva 1. Kasaan varastoituja mäntyrankoja. Tuusula.
Figure 1. Pine boles stored in a pile called a »kasa». Tuusula.

Telalla tarkoitetaan metsävarastomuodostelmaa, jossa rangat ovat yhdensuuntaisina useassa kerroksessa ja jossa poikittaissuuntaiset välipuut erottavat kerrokset toisistaan (kuva 2). Aluspuut tehdään samoin kuin kasaa käytettäessä. Jokaisessa kerroksessa järeimmät rangat ovat reunoilla. Polttohakerankoja varastoitiin telaan vuonna 1959, jolloin yhteen telaan sijoitettiin 25 rankaa eli sama määrä kuin kasaan vastaavana aikana. Telan rangat olivat viidessä kerroksessa. Heiskanen ja Hakkila (1960) ovat käyttäneet nimityksen tela sijasta sanaa tapuli.

Roukulla tarkoitetaan tässä yhteydessä kasaa, joka poikkipuitten varassa on nostettu useita kymmeniä senttimetrejä maanpinnan yläpuolelle. Roukkupinolla pyritään helpottamaan polttohakerankojen kuormausta rekeen. Roukku voidaan tehdä joko siten, että rangat ovat kokonaan ilmassa, tai siten, että vain rankojen tyvipää on ilmassa. Tässä tutkimuksessa käytettiin edellistä menetelmää (kuva 3) tarkoituksena selvittää edistääkö roukun käyttö polttohakerangan kuivumista. Rankoja varastoitiin roukkuun vuo-



Kuva 2. Telaan varastoituja mäntyrankoja.
Tuusula.
Figure 2. Pine boles stored in a pile called a »tela».
Tuusula.

den 1960 tutkimuksessa, jolloin sekä roukkuun että kasaan sijoitettiin 30 rankaa.

Tavanomaisen rasiinkaadon ohella kaadettiin Tuusulassa vuonna 1960 mäntyjä rasiin myös siten, että kaadettavan puun tyvi aisattiin kahdelta puolelta ennenkuin puu kaadettiin. Aisaus ulottui rinnankorkeudelta puun tyveen saakka (kuva 4). Kuvatulla tavalla käsitellyistä männyistä käytetään jäljempänä nimitystä aisatut, rasiin kaadetut männyt. Aisaaminen suoritettiin joko vesurilla tai kirveellä siitä riippuen, mitä työkalua hakkuumies käytti kaatotyössä. Tehokkaimmaksi vesurimalliksi polttohakepuun kaatoja karsintatyössä osoittautui kuvassa 5 näkyvä professori A r o n kehittämä »pisaramallinen» vesuri.

Koepuiksi kelpuutettiin kaikki koealoilta kaadetut terveet puut, joiden läpimitta rinnankorkeudella oli vähintään 2 cm ja enintään 14 cm kuoren päältä mitattuna. Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 9 cm:n koepuita oli aineistossa vain vähän.



Kuva 3. Roukkupinoon varastoituja mäntyrankoja. Tuusula.
Figure 3. Pine boles stored in a pile called a »roukku». Tuusula.

Kaatohetkellä määritettiin tuoreen puun kosteus. Tähän tarkoitukseen valittiin vuonna 1959 kullakin paikkakunnalla jokaista tutkittavaa puulajia viisi runkoa kaatoerää kohti lukuunottamatta Lopen kuusia ja koivuja, joista otettiin 3—5 tuoretta puuta kaatoerää kohti. Tuusulassa ei määritetty kuitenkaan lainkaan tuoreen kuusen ja koivun kosteutta vuonna 1959. Vuonna 1960 mitattiin eri koealoilla tutkittavien puulajien kosteus tuoreena kymmenestä puusta kaatoerää kohti.

Rasipuitten kuivumista seurattiin ottamalla rasissa olevista puista kosteusnäytteitä määräväliajoin. Vuonna 1959 sahattiin kerran kuukaudessa jokaisen kaatoerän kolmesta rasipuusta kosteusnäytteet Tuusulassa, Kirkkonummella ja Lopella. Jyväskylässä ja Rovaniemellä otettiin kosteusnäytteitä joka toinen kuukausi viidestä puusta kaatoerää kohti. Vuonna 1960 näytepuitten lukumäärä oli vastaavasti 7—10 kuukaudessa kaatoerää kohti. Edellä mainituista luvuista jouduttiin muutamissa tapauksissa tinkimään, kun kaadettujen rasipuitten määrä osoittautui tarkoitettua pienemmäksi.



Kuva 4. Kaksi rasimäntyä, joitten tyvi on aisattu ennen kaatamista. Tuusula.

Figure 4. Two pines left to season at the felling site with butts barked in strips before felling. Tuusula.

Eräinä talvi- ja syyskuukausina kuivumisen edistymistä kuvaavia näytteitä ei otettu lainkaan. Näitten havaintojen perusteella piirrettiin rasipuitten kuivumisen kulkua kuvaavat tasoitetut käyrät. Rankojen kuivumisesta ei kerätty väliaikatietoja.

Rangoista ja vielä jäljellä olleista rasipuista otettiin loppunäytteet syksyllä lämmityskauden alkaessa. Vuoden 1959 syksyllä määritettiin tutkimuksen päättyessä Tuusulassa 10, Kirkkonummella 10, Lopella 3—5, Jyväskylässä 5 ja Rovaniemellä samoin 5 rasipuun kosteus kaatoerää kohti kustakin tutkittavasta puulajista. Vuonna 1960 kaikilla koealoilla otettiin näytteitä vastaavasti 20 rasipuusta lämmityskauden alkaessa. Näyterankoja tutkittiin vuonna 1959 10 ja vuonna 1960 30 kappaletta metsävarastomuodostelmaa kohti. Koepuitten määrä poikkesi kuitenkin edellä esitetyistä luvuista joissakin tapauksissa — ei tosin mainittavasti.

Taulukosta 1 selviää rasipuitten lukumäärä. Tällöin on rasipuihin luettu myös ne rungot, joista otettiin kosteusnäytteet välittömästi kaadon jälkeen.

Taulukko 1. Rasipuitten lukumäärä ja keskimääräinen läpimitta kuoretta ¼-korkeudella

Table 1. Number and mean diameter, excluding bark, of trees left to season untrimmed on felling site, at ¼ height.

Puulaji *Species*	Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	D ¼, cm	Runkoja yhteensä *Stems, total*
Kuusi — *Spruce*	1959	Kirkkonummi	6.9	250
»	1959	Loppi	6.9	80
»	1959	Jyväskylä	5.3	220
»	1959	Rovaniemi	6.0	220
»	1960	Kirkkonummi	5.5	361
Mänty — *Pine*	1959	Tuusula	4.9	230
»	1959	Loppi	6.5	210
»	1959	Jyväskylä	6.0	220
»	1959	Rovaniemi	5.1	220
»	1960	Tuusula	4.9	374
» ais.	1960	Tuusula	5.7	276
Koivu — *Birch*	1959	Kirkkonummi	6.6	250
»	1959	Loppi	6.6	80
»	1959	Jyväskylä	5.5	220
»	1959	Rovaniemi	4.6	220
»	1960	Kirkkonummi	5.2	376
Leppä — *Alder*	1960	Siuntio	4.2	332

Taulukko 2. Rankojen lukumäärä ja keskimääräinen läpimitta kuoretta ¼-korkeudella.

Table 2. Number and mean diameter, excluding bark, of boles, at ¼ height.

Puulaji *Species*	Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	Varastoimistapa *Method of storage*	D ¼, cm	Rankoja yhteensä *Boles, total*
Kuusi — *Spruce*	1959	Tuusula	Tela	4.5	90
»	1959	Tuusula	Kasa	4.4	100
»	1960	Kirkkonummi	Roukku	6.0	205
»	1960	Kirkkonummi	Kasa	5.8	196
Mänty — *Pine*	1959	Tuusula	Tela	5.1	90
»	1959	Tuusula	Kasa	4.8	140
»	1960	Tuusula	Roukku	5.6	208
»	1960	Tuusula	Kasa	5.7	207
Koivu — *Birch*	1959	Tuusula	Tela	5.5	80
»	1959	Tuusula	Kasa	4.8	100
»	1960	Kirkkonummi	Roukku	4.9	205
»	1960	Kirkkonummi	Kasa	5.0	196
Leppä — *Alder*	1960	Siuntio	Roukku	4.9	179
»	1960	Siuntio	Kasa	5.0	177

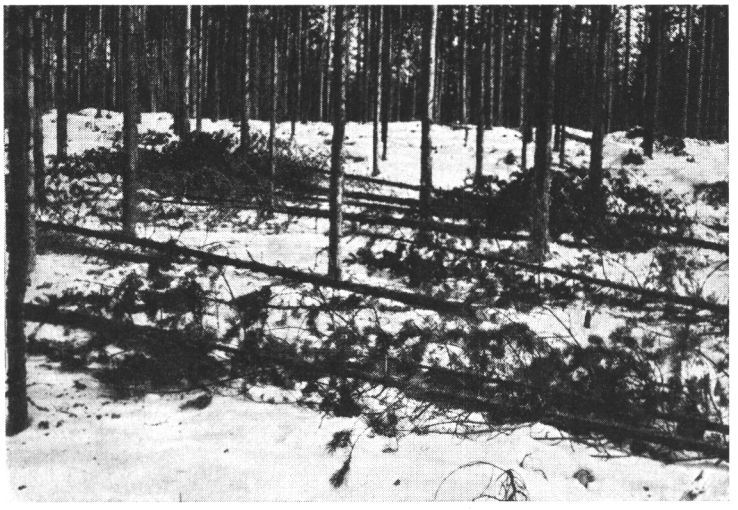


Kuva 5. Lähikuva männyn tyven aisaamisesta. Etualalla professori Aron kehittämä uusi vesurimalli.

Figure 5. Close view of barking the pine butt in strips. To the fore, the new type of billhook designed by Professor Aro.

Taulukosta 1 nähdään edelleen rasipuitten keskimääräinen läpimitta ¼-korkeudella. Vaikka rinnankorkeusläpimitta yleisen käyttönsä ansiosta olisi ollut havainnollisempi rungon järeyden tunnus kuin ¼-korkeudelta mitattu läpimitta, määritettiin tässä tutkimuksessa jokaisen koepuun läpimitta kuoretta ¼-korkeudelta käytännöllisistä syistä. Näin meneteltiin, koska kaikista koepuista sahattiin kyseiseltä korkeudelta kosteusnäytekiekko, jonka kuoreton läpimitta oli joka tapauksessa mitattava rungon keskimääräisen kosteuden laskemisessa tarvittujen painotuslukujen selvittämiseksi. Kun rungon pituus on suurempi kuin 5.2 metriä, ¼-korkeuden läpimitta on rinnankorkeusläpimittaa pienempi. Polttohakepuut ovat pienikokoisia ja verraten lyhyitä, joten mainittujen läpimittojen absoluuttinen ero ei ole suuri.

Tiedot rankojen lukumäärästä ja keskimääräisestä läpimitasta on esitetty taulukossa 2. Rangoista ilmoitetut kappaleluvut tarkoittavat niitä rankoja, joitten kosteus tutkittiin syksyllä. Koska rankojen suurin pituus oli yleensä neljä metriä ja vain poikkeuksellisesti ensimmäisenä tutkimusvuonna yli viisi metriä, niitten läpimitta oli ¼-korkeudella suurempi kuin rinnankorkeudella. Kun siis myöhemmin verrataan rankojen ja rasipuitten kosteutta läpimittaluokittain, on muistettava, että käsillä olevassa tutkimuksessa samassa läpimittaluokassa olevista puista rasipuut ovat todellisuudessa rankoja järeämpiä, koska täyspitkässä rungossa ¼-korkeus on ylempänä kuin latvasta katkaistussa rangassa.

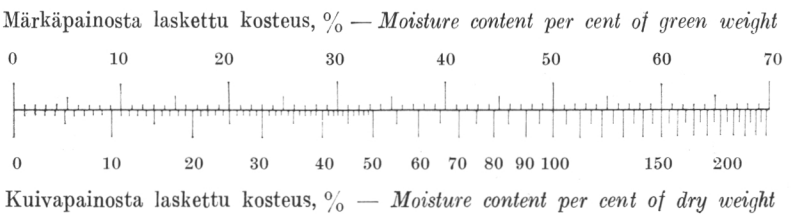


Kuva 6. Rasimäntyjä. Tuusula.
Figure 6. Pines left to season untrimmed on the felling site. Tuusula.

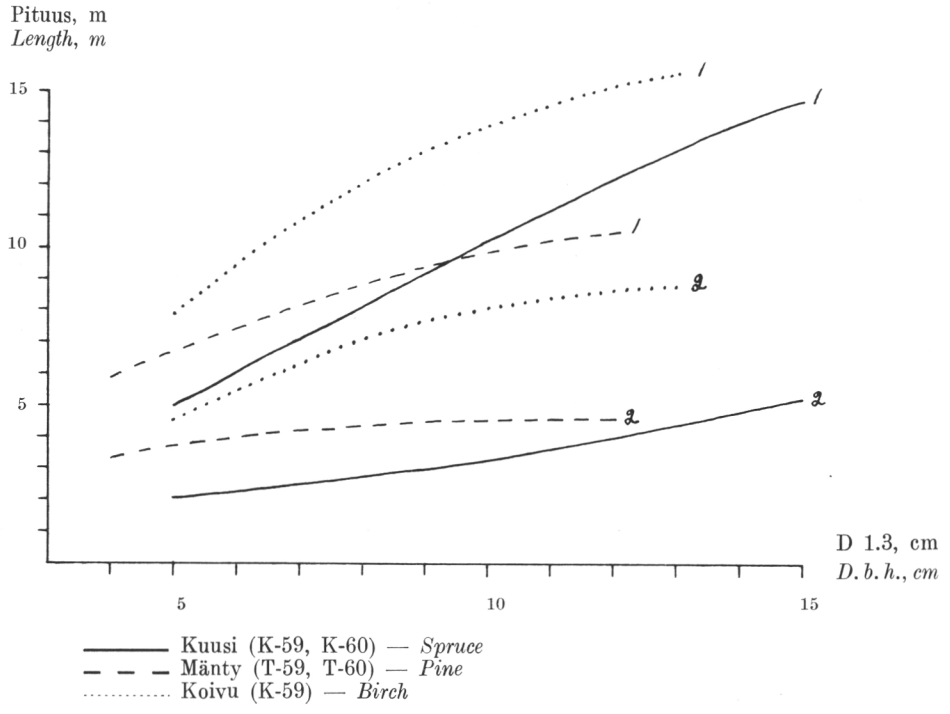
Tutkimusaineisto sisältää yhteensä 4 210 rasipuuta. Tällöin on luettu mukaan myös ne rungot, joista otettiin kosteusnäytteet heti kaatamisen jälkeen. Rankoja tutkittiin 2 200 kappaletta. Lisäksi selvitettiin vähäisellä aineistolla muutamia erikoiskysymyksiä, kuten rasiinkaadetun lepän kuivumista silloin, kun runko jää kiinni kantoon, tyvi- ja latvarankojen kosteuseroa syksyllä maantienvarsivarastossa ja rankojen kosteuseroa kasan ala- ja yläosassa maantienvarsivarastossa. Kun kaikista tutkituista rasipuista ja rangoista otettiin vähintään 3 kosteusnäytettä ja vuonna 1960 osasta aineistoa 4 näytettä, kosteusnäytteiden lukumäärä nousi yli 20 000.

Koepuitten kosteus määritettiin näytekiekkojen avulla. Kiekot punnittiin välittömästi sahaamisen jälkeen tuoreina metsässä ja uudelleen myöhemmin laboratoriossa absoluuttisen kuivina laboratoriovaa'alla, jolla voitiin päästä 0.01 g:n tarkkuuteen.

Kaikki tässä tutkimuksessa käytetyt kosteusluvut tarkoittavat puun vesimäärän suhdetta veden ja puuaineen yhteispainoon eli kosteusprosentit on laskettu puun märkäpainosta. Tämä on lämpöteknikkojen käyttämä tapa ja siksi paikallaan tutkimuksessa, jossa pyritään etsimään keinoja polttohakepuun kosteuden alentamiseksi ja polttoarvon lisäämiseksi. Kun puuteknologisissa tutkimuksissa kosteus on totuttu laskemaan prosentteina puuaineen kuivapainosta, esitetään piirroksessa 1 kummallakin tavalla lasketut kosteusprosentit toisiinsa verrattuina (vrt. N y l i n d e r 1950). Milloin toisesta tutkimuksesta lainattu kosteusluku on ilmoitettu kuivapainosta laskettuna, se on muunnettu märkäpainosta lasketuksi. Alkuperäinen kuivapainosta las-



Piirros 1. Puun kosteus laskettuna märkäpainosta ja kuivapainosta.
Drawing 1. Moisture content of wood calculated from green weight and from dry weight.



Piirros 2. Koepuitten runkomuoto ja karsiutuminen tärkeimmillä koealoilla (1 = rungon pituus, 2 = elävän latvuksen alaraja).
Drawing 2. Stem form and self-pruning of experimental trees in the most important sample plots (1 = height of stem, 2 = lower limit of living crown).

kettu kosteusprosentti esitetään muunnetun kosteusluvun jäljessä sulkumerkkien sisässä.

Jokaisesta puusta otettiin kosteusnäyte ¼-, ½- ja ¾-korkeudelta. Vuonna 1960 otettiin suuresta osasta puita myös neljäs kosteusnäyte 50 cm:n etäisyydeltä tyvestä. Näin saatiin selville kosteuden vaihtelu puun eri osissa. Kullakin paikkakunnalla laskettiin jokaiselle tutkitulle puulajille rungon



Kuva 7. Rasikuusia ja -koivuja. Kirkkonummi.
Figure 7. Spruce and birch left to season untrimmed on the felling site. Kirkkonummi.

keskimääräinen läpimitta ¼-, ½- ja ¾-korkeudella eri rungoista mitattujen vastaavien läpimittojen aritmeettisina keskiarvoina. Kertomalla keskimääräisiä läpimittoja vastaavat pinta-alat luvuilla 3, 2 ja 3 eli niillä suhteellisilla pituuksilla, joita kukin näytekohta edusti koko puusta, saatiin painotusluvut keskimääräisen kosteuden laskemiseksi. Painotusluvut määritettiin erikseen rasipuille ja erikseen rangoille. Esimerkkinä painotusluvuista esitetään koivujen painotusluvut Kirkkonummella vuonna 1960.

	$h^1/_4$	$h^1/_2$	$h^3/_4$
Rasipuut	9	4	3
Rangat	18	10	11

Painotusluvuista havaitaan, että ¼-korkeudelta otettujen näytteitten merkitys on suurin ja rasipuissa vielä suurempi kuin rangoissa. Koska vuonna 1959 ei otettu kosteusnäytteitä 50 cm:n etäisyydeltä tyvestä, ei näitä näytteitä käytetty myöskään vuonna 1960 keskimääräistä kosteutta laskettaessa, joten kummankin vuoden tulokset laskettiin samoilla perusteilla ja ovat siis vertailukelpoisia sellaisinaan. 50 cm:n etäisyydeltä tyvestä otetut näytteet eivät jääneet edellisestä huolimatta vaille merkitystä, sillä niiden avulla voitiin perustella käytetyn menetelmän sopivaisuus osoittamaan todellinen keskimääräinen kosteus.

Tuusulan mäntykoeala sijaitsi metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa. Metsikkö oli tasaikäinen, 35-vuotias puhdas männikkö, jonka metsätyyppi oli osaksi CT ja osaksi VT. Mäntyjen elävä latvus alkoi 3—4 metrin korkeudelta käsittäen 40—60 % rungon pituudesta (piirros 2). Männikkö jäi harvennuksenkin jälkeen tiheähköksi. Kuivumisolosuhteiltaan metsikkö oli varsin edullinen. Tällä koealalla tutkittiin vuosina 1959 ja 1960 sekä rasipuitten että rankojen kuivumista.

Tuusulan kuusi- ja koivukoeala sijaitsi myös Ruotsinkylän kokeilualueessa taimistossa, josta poistettiin luontaisesti syntyneet, noin 25-vuotiaat kuuset ja koivut istutettujen ulkolaisten havupuulajien päältä. Metsätyyppi oli MT. Metsikkö jäi voimakkaan perkauksen jälkeen harvahkoksi ja puutavaran kuivumisen kannalta edulliseksi. Koivut olivat etupäässä rauduskoivuja. Koealalla tutkittiin kuusi- ja koivurankojen kuivumista vuonna 1959.

Kirkkonummella suoritettiin kaikki tutkimukset samassa yksityismetsässä, jossa oli kaksi koealaa. Ensimmäisen koealan muodosti eri-ikäinen MT-sekametsikkö, jolla suoritettiin tyypillinen alaharvennus. Poistetut, vallittuihin latvuskerroksiin kuuluneet kuuset ja koivut olivat runkomuodoltaan hoikkia ja hentolatvuksisia (piirros 2 ja kuva 7). Tällä koealalla tutkittiin vuonna 1959 kuusen ja koivun kuivumista rasissa sekä vuonna 1960 kuusen kuivumista rasissa ja rankana. Lisäksi otettiin vuonna 1959 kosteusnäytteitä muutamista elävistä harmaalepistä.

Toinen Kirkkonummella sijainnut koeala rajoittui edelliseen. Se sijaitsi metsittyneellä, veden vaivaamalla entisellä pellolla, jossa kasvoi noin 25-vuoden ikäinen tiheä koivikko. Koivut olivat runkomuodoltaan yhtä hoikkia kuin edellisellä koealalla. Puuston runkoluvusta poistettiin runsaasti $^2/_3$. Metsikössä tutkittiin vuoden 1960 aikana koivupolttohakepuun kuivumista rasissa ja rankana. Kumpainenkin Kirkkonummen koeala oli keskinkertainen kuivumisolosuhteiltaan. Koivuissa oli rauduskoivuja enemmän kuin hieskoivuja.

Harmaaleppäkoeala oli Siuntiossa yksityismaalla, jota oli käytetty laiduntamiseen. Puuston muodosti alle 20-vuotias lepikkö, jossa kasvoi myös jokunen nuori kuusi. Tiheä metsikkö harvennettiin voimakkaasti. Paikka oli kuiva, aurinkoinen ja tuulille altis, joten kuivumisolosuhteet olivat hyvät. Kesän kuluessa nousseet rehevät leppävesat hidastivat kuitenkin vähitellen rasipuitten ja kasaan varastoitujen rankojen kuivumista. Leppärasipuitten ja -rankojen kuivumistutkimuksia suoritettiin Siuntiossa vuonna 1960.

Lopella tutkittiin ensisijaisesti mänty- ja pienellä aineistolla myös kuusi- ja koivurasipuitten kuivumista vuonna 1959. Kaikki puulajit kaadettiin samalta koealalta, joka sijaitsi VT-kankaalla eräässä yhteismetsässä mäntyvaltaisessa taimistossa. Metsikössä suoritettiin taimiston harvennus mäntyä suosien. Kuivumisolosuhteiltaan koealaa on pidettävä keskinkertaisena.

Jyväskylän kuusikoeala oli korpikankaalla, josta oli hakattu tukkeja ja pinotavaraa ennen tutkimuksen suorittamista. Koepuut olivat noin 60-vuotiaita. Mänty- ja koivukoeala sijaitsi ojitetulla rämeellä, jonka 50-vuotias puusto oli tiheätä ja hidaskasvuista. Kummallakin koealalla poistettiin vallittujen latvuskerrosten puita. Jyväskylässä tutkittiin kuusi-, mänty- ja koivurasipuitten kuivumista vuonna 1959.

Rovaniemellä suoritettiin pääosa tutkimuksista EVT-kankaalla sijainneella koealalla. Joulu—huhtikuun kuuset ja koivut kasvoivat kuitenkin korvessa. Puusto oli iältään 60—100-vuotiasta ja tiheässä hitaasti kasvanutta. Männyistä oli osa kohtalaisen nopeakasvuisia. Hakkuu oli osaksi vallittujen latvuskerrosten harvennusta ja osaksi suoranaista alikasvoksen poistoa. Koealalla tutkittiin kuusen, männyn ja koivun kuivumista rasissa vuonna 1959.

Kuivumiskauden lämpötilasta, suhteellisesta kosteudesta ja sademäärästä riippuu, miten alhaisen kosteuden polttohakepuu voi saavuttaa kesän aikana. Kesällä kuivuneen puun kosteus nousee syksyllä enemmän tai vähemmän kuivumisolosuhteitten huonontuessa. Siten myös varsinaisen kuivumiskauden jälkeiset syyssäät vaikuttavat puun lopulliseen kosteuteen.

Hyrylän, Tikkurilan, Ilmalan ja Ruotsinkylän säähavaintoasemien keräämien tietojen perusteella nähdään, että ilman suhteellinen kosteus ja sademäärä olivat vuonna 1959 Tuusulassa myöhäissyksyyn saakka selvästi normaalia alhaisemmat (liitetaulukko). Lämpötila taas oli normaalia korkeampi aina syyskuuhun saakka. Myös muitten koealojen läheisillä säähavaintoasemilla lämpötila oli normaali tai hieman sitä korkeampi ja sademäärä taas huomattavasti normaalia pienempi Jyväskylää lukuunottamatta. Erityisesti on mainittava syyskuun alhainen sademäärä. Ilman suhteellisesta kosteudesta ei ollut saatavissa pitkän aikajakson keskimääräisiä arvoja koealojen läheisiltä paikkakunnilta Ilmalaa lukuunottamatta.

Edellisen perusteella voidaan sanoa, että vuosi 1959 oli kuivumisolosuhteiltaan poikkeuksellisen edullinen. Jyväskylässä olivat olosuhteet kuitenkin keskimääräiset.

Kirkkonummen, Siuntion ja Lopen koealojen läheisyydessä ei ole säähavaintoasemia. Liitetaulukkoon on otettu kuitenkin Vihdissä mitatut havainnot, jotka Tuusulan koealojen ympäristössä sijaitsevien säähavaintoasemien antamien arvojen ohella osoittavat kuivumisolosuhteitten olleen Etelä-Suomessa vuonna 1960 lähellä keskimääräisiä olosuhteita.

3. Tuoreen puun kosteus

Tutkimukseen, jonka tarkoituksena on selvitellä puutavaran kuivumista, liittyy olennaisena osana tuoreen puun kosteuden määrittäminen. Jos mitataan ainoastaan lopullinen kosteusaste, joka on saavutettu käsittelemällä ja varastoimalla puutavara tiettyä menetelmää käyttäen, ei saada selville puutavarasta haihtuneen veden määrää. Tällöin ei myöskään voida varmuudella tietää, miten suuri etu menetelmällä on voitettu ja vastaavatko mahdolliset lisäkustannukset saavutettua hyötyä.

Koska käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on muun muassa saada selville polttohakepuun kuivumisen kannalta edullisin kaatoaika, on erityistä huomiota kiinnitetty kasvavassa puussa tapahtuviin vuodenajoittaisiin kosteusvaihteluihin ja niiden vaikutukseen puutavaran kosteuteen. Lisäksi on tutkittu kosteuseroja saman metsikön erikokoisissa rungoissa ja rungon eri korkeuksilla kuusessa, männyssä, koivussa ja harmaalepässä. Sitä vastoin koealojen pienen lukumäärän johdosta ei ole voitu tutkia kosteusvaihteluita eri metsätyypeillä ja maan eri osissa. Viitattakoon vain J a l a v a n (1937, 1938, 1940 ja 1941) tutkimuksiin vanerikoivun kosteudesta. Niitten mukaan koivun kosteus on tuoreella kasvualustalla suurempi kuin kuivalla pohjalla. S i i m e s (1938) on todennut saman seikan männyssä. A n d e r s s o n i n (1914) mukaan harventamattomasta metsiköstä tehty puutavara on kosteampaa kuin harvennetusta metsiköstä tehty puutavara. J a l a v a (1933) on havainnut, että männyn kosteus lisääntyy pohjoista kohti.

31. Kuusi

Kosteuserot havupuun elävän pintapuun ja kuolleen sydänpuun välillä ovat erittäin suuret. Tämän seurauksena havupuun keskimääräinen kosteus riippuu ratkaisevasti siitä, miten suuri sydänpuun osuus on kaikesta puuaineesta. J a l a v a n (1952) mukaan kuusen keskimääräinen kosteus on pintapuussa 59 % (146 %) ja sydänpuussa 25 % (33 %). Polttohakepuu on pienikokoista ja siten yleensä niin nuorta, että sydänpuun määrä siinä on

vähäinen. Nopeakasvuisista rungoista sydänpuu saattaa puuttua kokonaan. Koska siis sydänpuun suhteellinen osuus jää pieneksi, sydänpuun määrän vaihtelu eri rungoissa ei vaikuta runkojen kosteuseroihin niin paljon kuin suuremmissa, jo paperipuun mitat täyttävissä rungoissa.

Alla olevasta asetelmasta selviää kuusen kosteus rungon eri korkeuksilla tutkimusaineistossa keskimäärin koko vuoden aikana.

Vuosi	Paikkakunta	h ¼	h ½	h ¾
		Kosteus, %		
1959	Loppi	54	57	58
1959	Kirkkonummi	47	50	54
1960	Kirkkonummi	45	48	53

Kuusen kosteus kohoaa $^1/_4$-korkeudelta $^3/_4$-korkeudelle noustaessa erittäin selvästi. Ilmeistä on, että kosteus kasvaa edelleen $^3/_4$-korkeudelta latvaan noustaessa, mutta kosteusnäytteitä ei otettu ylempää kuin $^3/_4$-korkeudelta, koska latvan ylin osa jätetään käyttämättä polttohakepuuta valmistettaessa. Toisaalta voidaan olettaa kosteuden laskevan $^1/_4$-korkeudelta tyveen päin mentäessä. Näin todettiinkin tapahtuvan, kun lokakuussa 1960 otettiin Kirkkonummella 20 rungosta tavanomaisten kolmen kiekon lisäksi puolen metrin etäisyydeltä tyvestä neljäs näytekiekko. Eri näytteenottokorkeuksilla mitattiin tyvestä latvaan päin seuraavat kosteusprosentit: 44, 46, 48 ja 54. Kosteuden lisääntyminen latvaa kohti saattaa aiheutua osaksi sydänpuuprosentin samansuuntaisesta pienentymisestä. Tämä ei ole kuitenkaan yksinomainen syy, sillä kosteus nousee latvaa kohti myös puissa, joista sydänpuu puuttuu.

Nylinder (1950) on mitannut rungon eri korkeuksilla kuusen sydänpuun kosteuden olevan 26 % (34 %)[1]), kun taas uloimman pintapuun kosteus on ollut graafisen piirroksen mukaan kannon korkeudella 63 % (170 %) ja 70 %:n korkeudella 64 % (180 %) ja sisimmän pintapuun kosteus vastaavasti 56 % (125 %) ja 58 % (140 %). Kosteus on kuitenkin ensin vähentynyt tyvestä 10 %:n korkeudelle ja vasta sitten alkanut lisääntyä. Hakkila (1961) on tullut kaikelle puuainekselle lasketun keskimääräisen kosteuden osalta samanlaiseen tulokseen, sillä rungoissa, joista saatiin 4—18 metriä paperipuuta minimiläpimitan ollessa 7 cm kuoren alta mitattuna, kosteus laski aluksi mutta nousi sitten voimakkaasti tyvestä latvaa kohti.

Samassa metsikössä ulkoapäin täysin samannäköiset puut saattavat olla kosteudeltaan erilaisia. Näitä vaihteluita — niiden suuruutta ja syitä — ei ole tutkittu tässä yhteydessä, mutta varmaankin ne osaksi ovat seurauksena puitten fysiologisen tilan ja elinvoiman erilaisuudesta. Huomiota on kiinni-

[1]) Suluissa ilmoitetut luvut tarkoittavat alkuperäisessä tutkimuksessa esitettyjä, kuivapainosta laskettuja kosteusprosentteja.

tetty erikokoisten puuyksilöitten kosteuteen samassa metsikössä. Oheisen asetelman mukaan kuusen kosteus näyttää olleen Kirkkonummella vuonna 1960 sitä korkeampi, mitä järeämpi puu oli kysymyksessä.

	Läpimitta ¼-korkeudella, cm			
	2.1—4.0	4.1—6.0	6.1—8.0	8.1—12.0
Kosteus, %	46	47	47	50

Koealalla, jolta kuuset kaadettiin, kasvoi puita, jotka kooltaan lähentelivät tukkipuita. Ei ollut kuitenkaan mahdollisuuksia tutkia, lisääntyikö kosteus edelleen kuusen koon lähestyessä tukkipuun mittaa. Hakkila (1961) ei ole havainnut eripituisten kuusirunkojen välillä selviä kosteuseroja, mutta puut olivat sivuuttaneet polttohakepuun koon ja sydänpuun määrä vaihteli niissä paljon. Nylinder (1950) mainitsee, että kahdesta samassa metsikössä kasvavasta samanikäisestä puusta järeämmän pintapuu sisältää enemmän vettä. Kun nuorista puista puuttuu sydänpuu tai sen määrä on vähäinen, voidaan Nylinderin havainnon perusteella päätyä samaan tulokseen kuin tämän tutkimuksen aineiston perusteella, jonka mukaan nuoren, pienikokoisen kuusen kosteus kasvaa läpimitan kasvaessa.

Elävän puun kosteus ei pysy jatkuvasti samansuuruisena. Puun kosteudessa tapahtuu vaihtelua — ei ainoastaan vuodenaikojen muuttuessa, vaan jopa vuorokausittainkin. Helander (1918) mainitsee, että vuorokautinen kosteusvaihtelu on miltei yhtä suuri kuin vuodenajoittainen vaihtelu. Myös Jalavan (1952) mukaan peräkkäisinä vuorokausina saattaa puun kosteudessa tapahtua huomattavia muutoksia sääsuhteista riippuen. Kaikki tämä vaikeuttaa ja lisää työtä pyrittäessä määrittämään puun keskimääräistä kosteutta vuoden eri aikoina. Tuoreen kuusen keskimääräinen kosteus kunakin kuukautena määritettiin vuonna 1959 eri koealoilla keskimäärin viidestä ja vuonna 1960 kymmenestä koepuusta, jotka kaadettiin saman päivän aikana. Vuorokausittain tapahtuvan kosteuden vaihtelun vaikutusta kunakin kuukautena mitattuun kosteuslukuun ei siten voitu estää. Kuitenkin voidaan pitää todennäköisenä, että puun ollessa jäässä talvella ei tapahdu merkittäviä muutoksia kosteudessa (Sandmo 1948).

Taulukosta 3 nähdään, että kuusen kosteus on talvella korkeimmillaan ja alkaa laskea varhain keväällä. Alimmillaan kosteus on kesäaikana ja nousee sitten syksyllä ennen talven tuloa. Puun kosteuden alentuminen alkaa keväällä, kun neulaset haihduttavat lämpimillä ilmoilla vettä maan ollessa vielä jäässä, niin että juuristo ei voi toimia. Neulasten kautta tapahtuvan haihtumisen ollessa kesällä vilkasta rungon kosteus pysyy alhaisena talvisaikaan verrattuna juuriston esteettömästä toiminnasta huolimatta. Syksyllä juuristo jatkaa vedenottamista niin kauan kuin maa ja runko pysyvät sulina, kun taas

Taulukko 3. Tuoreen, pienikokoisen kuusen kosteuden vaihtelu vuoden eri aikoina.
Table 3. Fluctuations in the moisture content of a green smallsized spruce in different seasons of the year.

Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	Kuukausi — *Month*											
		XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*											
1959	K	50	52	53	51	49	51	46	44	46	47	..	..
1959	L	61	60	57	58	51	52	48	55	55	54	..	..
1959	J	49	51	48	44	44	42	44	47	51	48	51	54
1959	R	51	47	53	44	50	49	51	46	46	42	42	44
1960	K	..	45	50	..	48	46	45	47	46	..	48	50

neulasten haihdutustoiminta heikentyy aikaisemmin, joten rungon vesimäärä lisääntyy.

Kosteusluvuissa olevat epäsäännöllisyydet saattavat aiheutua sääsuhteitten vaihtelemisesta. Tämä koskee kuitenkin vain kasvukauden aikana mitattuja kosteusarvoja, sillä talvisaikaan elävän puun kosteus pysyy verraten vakiona. Suurimmat epäsäännöllisyydet esiintyvät Rovaniemellä mitatuissa arvoissa. Mahdollisesti sydänpuuprosentin vaihtelu on aiheuttanut Rovaniemen aineiston epäsäännöllisyydet.

Lagerbergin, Lundbergin ja Melinin (1927) mukaan kosteus on korkeimmillaan helmi—maaliskuussa ja alimmillaan kesä—heinäkuussa. Klem (1944) ilmoittaa kuusen kosteudeksi maaliskuussa 53 % (114.5 %), heinäkuussa 48 % (90.6 %) ja lokakuussa 50 % (100.4 %). Useissa muissakin tutkimuksissa on mainintoja siitä, että puun kosteus on talvella korkeampi kuin kesällä (esimerkiksi Löf 1914, Helander 1918 ja Jalava 1952).

Tuoreen kuusen kosteus keskimäärin koko vuoden aikana oli tutkimusaineistossa 49—50 %.

32. Mänty

Kuten tuoreen kuusen kosteutta käsiteltäessä on mainittu, havupuun pinta- ja sydänpuun kosteuserot ovat niin suuret, että sydänpuun suhteellinen osuus pintapuun määrään verrattuna vaikuttaa huomattavasti kaiken puuaineen keskimääräiseen kosteuteen. Siimes (1938) on saanut tukkimäntyjen kosteudeksi pintapuussa kannon korkeudella 55 (120), ensimmäisen tukin latvassa 57 (131), toisen tukin latvassa 59 (141) ja kolmannen tukin latvassa 60 % (153 %) sekä sydänpuussa vastaavasti 24, 24, 24 ja 25 % (31.9, 32.3, 32.4 ja 33.8 %). Nylinderin (1950) mukaan männyn pintapuun kosteus laskee aluksi tyvestä 20—30 %:n korkeudelle ja lisääntyy sen jälkeen

latvaa kohti. Uloimmassa pintapuussa, jossa kosteus on suurin, kosteus nousee 55 %:sta (120 %) tyvessä aina 68 %:iin (210 %) latvassa. Sydänpuun kosteuden hän mainitsee laskevan noustaessa tyvestä ylöspäin yli 23 %:n (30 %) kosteudesta alle 23 %:n (30 %).

Mäntyjen sydänpuuprosenttia ei mitattu, mutta niissä harvoissa rungoissa, joissa sydänpuuta oli, sydänpuumuodostus oli vasta alullaan ja sydänpuun määrä aivan vähäinen. On vielä huomattava, että vastikään muodostunut sydänpuu ei ole yhtä kuivaa kuin vanha sydänpuu (E n e r o t h 1922). Polttohakepuussa on sydänpuuprosentti myös yleisesti alhainen — ainakin Etelä-Suomessa.

Edellä mainittiin jo lukuja, joista nähdään männyn kosteuden kohoavan latvaa kohti suurissa rungoissa. Myös H a k k i l a (1961) on esittänyt kosteuslukuja, joista selviää kaiken puuaineksen keskimääräisen kosteuden paperipuumännyissä aluksi laskevan muutaman metrin matkalla tyvestä ylöspäin mutta sen jälkeen lisääntyvän voimakkaasti latvaa kohti. Miten pienikokoisen männyn kosteus vaihtelee rungon eri korkeuksilla, nähdään alla olevasta asetelmasta.

Vuosi	Paikkakunta	h ¼	h ½	h ¾
		Kosteus, %		
1959	Loppi	50	53	57
1959	Tuusula	47	49	51
1960	Tuusula	54	57	59

Pienikokoisen männyn kosteus nousee latvaa kohti huomattavasti. Touko —syyskuun välisenä aikana vuonna 1960 sahattiin Tuusulassa 60 kasvavasta männystä tavanomaisten näytekiekkojen lisäksi ylimääräinen näytekiekko puolen metrin etäisyydeltä tyvestä. Kosteus oli tällöin tyvestä latvaa kohti eri korkeuksilla keskimäärin 50, 53, 55 ja 57 %.

Rungon koon ja kosteuden välistä riippuvuutta samassa metsikössä tutkittiin Tuusulassa vuonna 1960. Kuten asianlaita oli kuusen kohdalla, myös männyn kosteus lisääntyi läpimitan kasvaessa. Mainittakoon kuitenkin, että H a k k i l a (1961) ei ole havainnut erikokoisissa paperipuumännyissä kosteuseroja, jotka olisivat osoittaneet rungon käyttöosan keskimääräisen kosteuden muuttuvan rungon koon muuttuessa.

	Läpimitta ¼-korkeudella, cm			
	2.1—4.0	4.1—6.0	6.1—8.0	8.1—12.0
Kosteus, %	53	54	56	59

Pienikokoisen männyn kosteuden muuttuminen vuoden eri aikoina selviää taulukosta 4. Kosteusvaihtelut ovat melko epäsäännöllisiä, joten pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei voida tehdä. Kuitenkin tuntuvat luvut viittaavan

Taulukko 4. Tuoreen, pienikokoisen männyn kosteuden vaihtelu vuoden eri aikoina.
Table 4. Fluctuations in the moisture content of a green smallsized pine in different seasons of the year.

Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	Kuukausi — *Month*											
		XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*											
1959	T	..	58	55	57	56	53	53	51	50	52	..	..
1959	L	52	55	51	54	51	50	52	51	52	52	..	..
1959	J	53	51	53	53	48	48	51	54	46	49	54	51
1959	R	53	50	54	51	54	53	54	55	48	50	51	54
1960	T	55	..	58	..	55	57	54	52	55	54	..	61

siihen suuntaan, että männyn kosteus on talvella korkeampi kuin kesällä. Talven korkea kosteus näyttää säilyneen kauimmin Rovaniemellä vuonna 1959. Koko aineiston keskimääräinen kosteus on ollut 53 %. Eri tutkijain käsityksistä havupuun kosteuden vaihtelusta vuodenajoittain on mainittu elävän kuusen kosteusvaihteluitten yhteydessä. Niitten lisäksi on syytä mainita N y l i n d e r i n (1950) saavuttamat tulokset, joiden mukaan kosteus on korkeimmillaan männyn pintapuun uloimmassa osassa heinäkuussa, keskiosassa elokuussa ja sisimmässä osassa syyskuussa.

Kuusen ja männyn välillä ei havaittu selviä kosteuseroja. Tuntuu kuitenkin siltä, että elävän puun kosteus ja sen vaihtelut ovat ulkoapäin täysin samanlaisissa puuyksilöissä kuusessa epäsäännöllisempiä kuin männyssä. Kosteuden muutokset tapahtuvat kummassakin puulajissa samoin. Koko tutkimusaineiston keskimääräinen kosteus oli tosin männyllä 53 % ja kuusella 49—50 %. Vaikkakin kysymyksessä ovat huomattavat erot puulajien sisältämissä vesimäärissä, ei näinkään suuri, satojen runkojen keskimääräinen kosteusero osoita männyn olevan kuusta kosteamman, koska puut ovat kasvaneet suureksi osaksi eri koealoilla. On kuitenkin huomattava, että mäntykoealat ovat olleet yleensä pohjaltaan kuivempia kuin kuusikoealat. Myös J a l a v a (1941) mainitsee, että kuusen ja männyn kosteudessa ei tunnu olevan selviä eroja.

33. Koivu

Havupuihin verrattuna koivun kosteuden tutkimista helpottaa kuivan sydänpuun puuttuminen. Havupuitten sydänpuuprosentin vaihteleminen saman metsikön eri rungoissa ja eri metsiköissä aiheuttaa vastaavasti vaihtelua keskimääräisessä kosteudessa. Koivun kosteusvaihtelut ovat säteensuunnassa vähäisiä. E n e r o t h i n (1922) mukaan koivun sydänpuu saattaa olla kosteampi kuin pintapuu. J a l a v a (1938) on tullut siihen tulokseen,

että koivun sydänpuun kosteus on 3 % (10 %) korkeampi kuin pintapuun kosteus. Koska kosteuserot säteensuunnassa ovat joka tapauksessa verraten vähäisiä ja ilmeisesti myös tasaisia, niiden merkitys on pieni verrattuna kuusen ja männyn säteensuuntaisiin kosteusvaihteluihin.

Oheisesta asetelmasta nähdään, että koivun kosteus nousee latvaa kohti, joskin hitaammin kuin havupuitten kosteus.

Vuosi	Paikkakunta	h¼	h½	h¾
		Kosteus, %		
1959	Loppi	42	43	45
1959	Kirkkonummi	43	43	45
1960	Kirkkonummi	45	46	48

Lokakuussa 1960 koivun kosteus oli Kirkkonummella vastaavilla korkeuksilla ja lisäksi puolen metrin etäisyydellä tyvestä — tyvestä latvaan päin lukien; 43, 45, 47 ja 48 %. Jalavan (1938) esittämän graafisen piirroksen mukaan vanerikoivun kosteus kesäaikana on tyvessä noin 38 % (60 %), nousee voimakkaasti noin metrin matkalla, lisääntyy sen jälkeen edelleen mutta verraten hitaasti saavuttaen suunnilleen viiden metrin korkeudella 44 % (80 %) ja 12 metrin korkeudella lähes 47 % (90 %). Talvella rungon pituussuuntaiset kosteuserot ovat paljon pienempiä. Bergley ja Jeffers (1955) mainitsevat, että Lounais-Englannissa koivun kosteus on kannonkorkeudella 41 % (69.5 %), rungon keskellä 44 % (78.7 %) ja latvassa 46 % (83.7 %) koivun koko rungon keskimääräisen kosteuden ollessa vastaavasti 44 % (77.3 %). Trendelenburg (1939) ilmoittaa koivun keskimääräiseksi kosteudeksi 46 % (86 %).

Koivun kosteuden ja ¼-korkeudelta mitatun läpimitan välillä ei havaittu riippuvuutta Kirkkonummen koealalla vuonna 1960.

	Läpimitta ¼-korkeudella, cm			
	2.1—4.0	4.1—6.0	6.1—8.0	8.1—12.0
Kosteus, %	45	46	45	45

Bergley ja Jeffers (1955) ovat saaneet Luoteis-Englannissa rinnankorkeudelta alle 6″ koivujen kosteudeksi 44 % (78.2 %) ja sitä suurempien koivujen kosteudeksi 43 % (76.4 %), mutta ero ei ole ollut testattaessa tilastollisesti merkitsevä. Jalava (1938) on todennut latvuksen koon vaikuttavan elävän koivun kosteuteen siten, että mitä suurempi ja haihdutuskykyisempi latvus on, sitä alhaisempi on rungon keskimääräinen kosteus. Suurilatvuksisen puun kosteus on ollut 41 % (70 %), normaalilatvuksisen 44 % (80 %) ja pienilatvuksisen 47 % (90 %) lukuunottamatta tyveä, jonka kosteus on ollut huomattavasti pienempi. Lahovikaisten koivujen kosteus on ollut suurempi kuin terveitten puitten.

Taulukko 5. Tuoreen, pienikokoisen koivun kosteuden vaihtelu vuoden eri aikoina.
Table 5. Fluctuations in the moisture content of a green smallsized birch in different seasons of the year.

Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	Kuukausi — *Month*											
		XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*											
1959	K	46	45	45	42	48	52	38	35	37	42	..	..
1959	L	45	44	44	42	46	47	41	36	39	..	..	..
1959	J	41	42	42	41	42	47	41	36	36	34	42	43
1959	R	44	44	44	43	45	49	39	37	35	38	44	43
1960	K	..	42	41	..	50	51	43	44	45	..	45	48

Pienikokoisen koivun kosteuden muutokset vuoden eri aikoina selviävät taulukosta 5. Puitten ollessa lehdettömiä syksyllä ja talvella kosteus oli 41—45 %. Talvella 1960 kosteus oli alhaisempi kuin edellisenä talvena. Tämä aiheutui kesän 1959 kuivuudesta, jolloin koivun kosteus laski alhaiseksi eikä ennättänyt nousta ennen talven tuloa normaaliksi. Keväällä, huhti—toukokuussa, koivun kosteus nousi jyrkästi. Tämä aiheutuu siitä, että juuristo aloittaa toimintansa ennen lehtien puhkeamista ja siis ennen lehtien kautta tapahtuvan haihtumisen alkamista. Kosteuden kohoaminen pääsi alulle huhtikuussa ja kosteus saavutti huippunsa toukokuussa, jolloin se Kirkkonummen koealalla kumpanakin tutkimusvuonna ylitti 50 %. Lehtien puhjettua haihdunta on niin nopeata, että puun veden kulutus on suurempi kuin veden saanti, minkä seurauksena kosteus laskee. Sääsuhteista riippuu, miten suuri on veden kulutuksen ja veden saannin erotus. Niinpä kuivana ja lämpimänä kesänä 1959 koivun kosteus laski Kirkkonummella huomattavasti alhaisemmaksi kuin kesällä 1960, joka oli edellistä kosteampi ja sateisempi. Kun juuriston välittämän veden määrä syksyllä ylittää haihdunnan, alkaa puun kosteus kohota. Tämä tapahtuu viimeistään lehtien pudotessa syksyllä. Kosteuden lisääntyminen jatkuu niin kauan kuin juurien toiminta on mahdollista hiljalleen kylmenevässä ja lopulta jäätyvässä maaperässä.

J a l a v a n (1938) mukaan koivun kosteus on tyvessä talvella korkeampi kuin kesällä, minkä seurauksena myös koko rungon keskimääräinen kosteus on talvella korkeampi kuin kesällä. J a l a v a ei ole kerännyt näytteitä koivun kosteudesta lehden puhkeamisen aikaan, mutta hän lausuu olettamuksen, että koivun kosteus on suurimmillaan mahlan aikaan. K l e m (1944) on määrittänyt koivun kosteudeksi maaliskuussa 43 % (76.1 %), heinäkuussa 34 % (51.1 %) ja lokakuussa 38 % (62.1 %). C a l l i n (1945) on osoittanut, että polttopuukoivun kosteus kohoaa jyrkästi huhti—toukokuussa ja laskee sen jälkeen nopeasti. Kolmella eri tutkimuspaikalla hän on mitannut seuraavat kosteusarvot, jotka on otettu graafisista piirroksista.

Päivämäärä	Paikka 1	Paikka 2	Paikka 3
		Kosteus, %	
4. 4	43	44	43
22. 4	46	46	46
5. 5	47	50	48
25. 5	48	49	47
26. 6	38	41	38
20. 7	40	37	45
7. 8	39	41	39
24. 8	..	36	35

Tsherentsov (1946) on mitannut Leningradin alueella koivun kosteudeksi mahlan aikana 48 % (92 %), kesällä ja syksyllä 37 % (59 %) ja talvella 45 % (83 %). Heiskanen (1954), havaitessaan toukokuussa valmistettujen koivuhalkojen menettäneen yhden kesän varastoinnin aikana tuorepainostaan enemmän kuin sitä ennen ja sen jälkeen valmistettujen halkojen, tulkitsi asian osoittavan elävän koivun kosteuden olevan korkeimmillaan keväällä mahlan aikana. Myöhemmin Heiskanen (1959) onkin osoittanut, että asianlaita on todella näin.

Gibbs (1958) on tutkinut Montrealin seuduilla Kanadassa vuosina 1935—1943 yli 300 nuoren koivun kosteuden ja mainitsee koivun vuodenajoittaisista kosteusvaihteluista seuraavaa. Kosteuden huippu saavutetaan huhtikuun lopussa tai toukokuun alussa, minkä jälkeen kosteudessa tapahtuu jyrkkä lasku kesäkuuhun saakka. Kosteus pienenee tämän jälkeen edelleen — tosin jo melko hitaasti — ja saavuttaa minimiarvonsa elokuun lopussa tai syyskuussa. Sitten kosteus lisääntyy jonkin verran marraskuun loppuun mennessä, minkä jälkeen se pysyy ennallaan huhtikuuhun saakka.

Nylinderin (1961) mukaan koivun tuorepaino on touko—kesäkuussa 10 % korkeampi kuin muuna aikana vuodesta.

Koivun vuotuinen kosteus oli käsillä olevan tutkimuksen mukaan eri paikkakunnilla keskimäärin 43 %.

34. Harmaaleppä

Koska harmaalepän taloudellinen merkitys on pieni, siihen on kohdistettu vain harvoja tutkimuksia. Siten on elävän lepän kosteudesta käytettävissä tuskin mitään tietoja. Eneroth (1922) on tosin esittänyt lepän kosteudesta muutamia lukuja, jotka ovat huomattavasti korkeampia kuin hänen esittämänsä koivun kosteusarvot. Koska harmaaleppä muodostaa monilla seuduilla tärkeän osan polttohakkeen valmistukseen käytettävästä pien-

Taulukko 6. Tuoreen, pienikokoisen harmaalepän kosteuden vaihtelu vuoden eri aikoina.

Table 6. Fluctuations in the moisture content of a green smallsized grey alder in different seasons of the year.

Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	Kuukausi — *Month*								
		I	II	IV	V	VI	VII	VIII	X	XI
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*								
1959	K	52	55	..	50	38	..	..	..	..
1960	S	..	52	48	59	51	48	47	48	53

puusta, on pyritty saamaan kuusen, männyn ja koivun rinnalla edes ylimalkainen kuva harmaalepän kosteussuhteista.

Lepän kosteus oli vuonna 1960 Siuntiossa ¼-korkeudella 50, ½-korkeudella 51 ja ³/₄-korkeudella 52 %. Lokakuussa 1960 määritettiin 20 rungosta kosteus edellä mainittujen näytekohtien lisäksi myös puolen metrin etäisyydeltä tyvestä, jolloin saatiin seuraavat kosteusluvut tyvipäästä alkaen lueteltuina: 46, 47, 49 ja 49 %. Lepän kosteus lisääntyy näin ollen hitaasti latvaa kohti. Tyven ja latvan välinen kosteusero on lepässä paljon pienempi kuin kuusessa ja männyssä, mutta suunnilleen yhtä suuri kuin koivussa.

Leppärungon koon ja kosteuden välillä vallitsee ilmeinen korrelaatio, missä suhteessa leppä tuntuu eroavan koivusta ja muistuttavan enemmän havupuita.

	Läpimitta ¼-korkeudella, cm			
	2.1—4.0	4.1—6.0	6.1—8.0	8.1—12.0
Kosteus, %	48	51	52	53

Vuodenajoittaiset kosteusvaihtelut noudattavat lepässä samaa linjaa kuin koivussa, sikäli kuin vähäisen aineiston perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä. Mainittakoon kuitenkin, että G i b b s (1958) on osoittanut, että eri lehtipuulajien kosteusvaihtelut eri aikoina saattavat erota huomattavasti toisistaan.

Taulukon 6 mukaan lepän kosteus on ollut koivun keskimääräiseen kosteuteen verrattuna korkea. Luvut viittaavat myös siihen, että lepän kosteus kohoaa samoin kuin koivun kosteus ennen lehtien puhkeamista ja laskee sen jälkeen pysyen kesän ajan keskimääräistä alhaisempana. Siuntiossa mitatut kahdeksan kuukauden kosteusarvot osoittavat, että harmaalepän keskimääräinen kosteus kyseisellä koealalla oli vuonna 1960 yli 50 %.

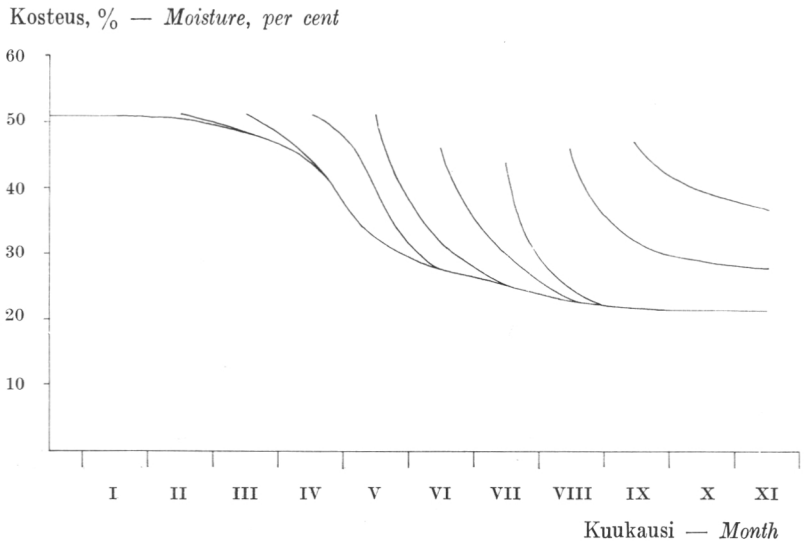
4. Rasipuitten kuivuminen

41. Kuusi

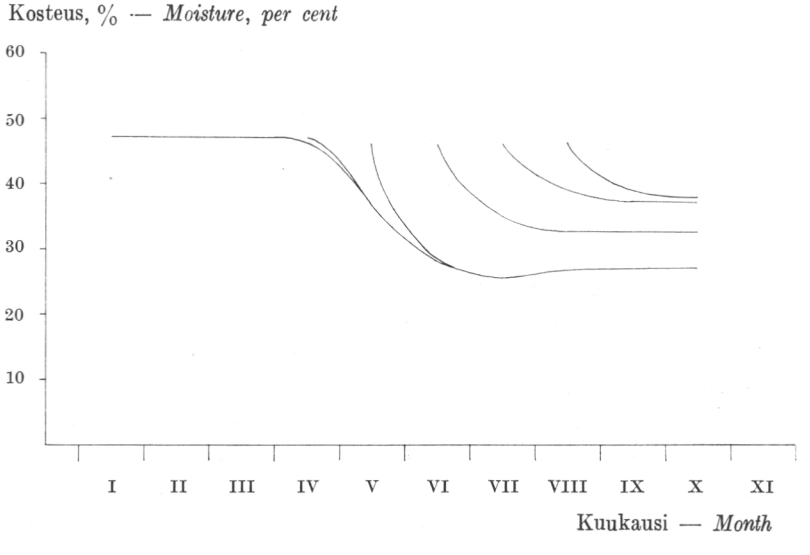
Rasipuitten kuivuminen tapahtuu lehtien kautta. Koska havupuut eivät pudota neulasiaan talven ajaksi, rasiin kaadetut havupuut voivat haihduttaa vettä milloin vain, jos ulkonaiset olosuhteet ovat riittävän edulliset. Talvella puut ovat jäässä, joten merkityksellistä kuivumista ei voi tapahtua. Lisäksi rasipuut hautautuvat lumeen. Rasipuitten paljastuessa keväällä lumen alta ja jäätyneen puuaineen sulaessa kuivuminen pääsee vähitellen alulle. Ennen lumen tuloa kaadetut puut paljastuvat myöhemmin kuin lopputalvella kaadetut, mutta lumen sulamisen aikaan tapahtuva haihduttaminen on rasipuissa niin vähäistä, että muutaman viikon ero lumen alta vapautumisessa ei vaikuta eri aikoina kaadettujen rasipuitten kuivumisessa kokonaisuuden kannalta mitään.

Kuusen kuivuminen oli huomattavaa vasta huhtikuusta lähtien. Huhtikuussa kuivumisen nopeus oli vielä kiihtyvä, mutta jo toukokuun puolivälissä ja sen jälkeen kaadettujen kuusien kuivumiskäyrät osoittavat kuivumisen hidastuneen päivä päivältä kaatohetkestä lähtien (piirrokset 3 ja 4). Ennen toukokuuta kaadettujen rasipuitten kuivuminen jatkui Kirkkonummella ensimmäisenä tutkimusvuonna elokuun loppuun saakka, mutta päättyi seuraavana vuonna jo heinäkuussa. Jyväskylässä ja Rovaniemellä, joilla paikkakunnilla suoritettiin tutkimuksia vain vuonna 1959, ennen toukokuuta kaadettujen kuusien kuivuminen pysähtyi heinäkuussa. Ennen tutkimuksien päättymistä tapahtui kaikilla koealoilla ainakin osassa runkoja kosteuden lisääntymistä. Kirkkonummen kuusien kosteus pysyi ensimmäisenä tutkimusvuonna kuitenkin syksyn aikana keskimäärin ennallaan lukuunottamatta viimeisiä kaatoeriä, joitten kosteus laski vielä marraskuussakin. Vuonna 1960 ennen kesäkuuta kaadettujen kuusien kosteus nousi Kirkkonummella heinä—elokuun vaihteessa yhden kosteusprosentin mutta pysyi myöhemmin muuttumattomana. Ennen elokuuta kaadettujen kuusien kosteus lisääntyi syyskuun puolivälistä marraskuun puoliväliin Jyväskylässä 3 ja Rovaniemellä 2—3 kosteusprosenttia.

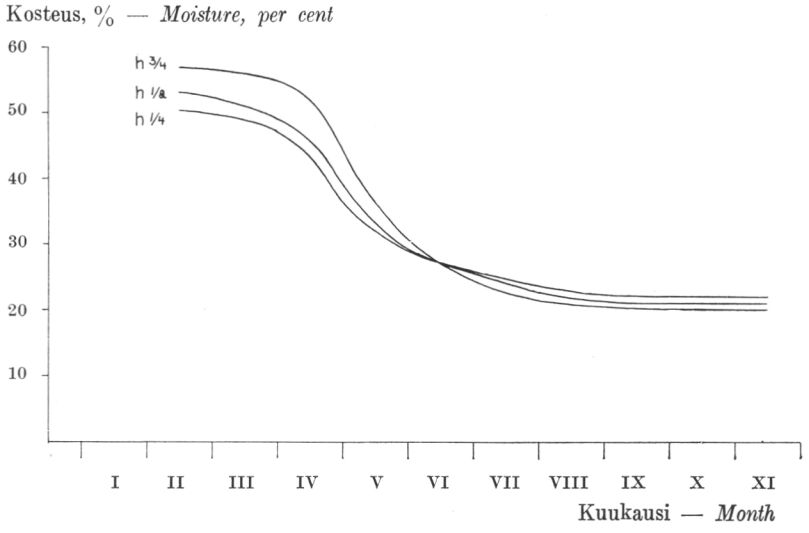
Toukokuussa kaadetut kuuset saavuttivat kuivumisessa aikaisemmin kaadetut kaikilla tutkimuspaikoilla kesä—heinäkuussa.



Piirros 3. Rasikuusien keskimääräinen kuivuminen. Kirkkonummi 1959
Drawing 3. Average seasoning of spruces left to dry on felling site, untrimmed. Kirkkonummi 1959.



Piirros 4. Rasikuusien keskimääräinen kuivuminen. Kirkkonummi 1960.
Drawing 4. Average seasoning of spruces left to dry on felling site, untrimmed. Kirkkonummi 1960.

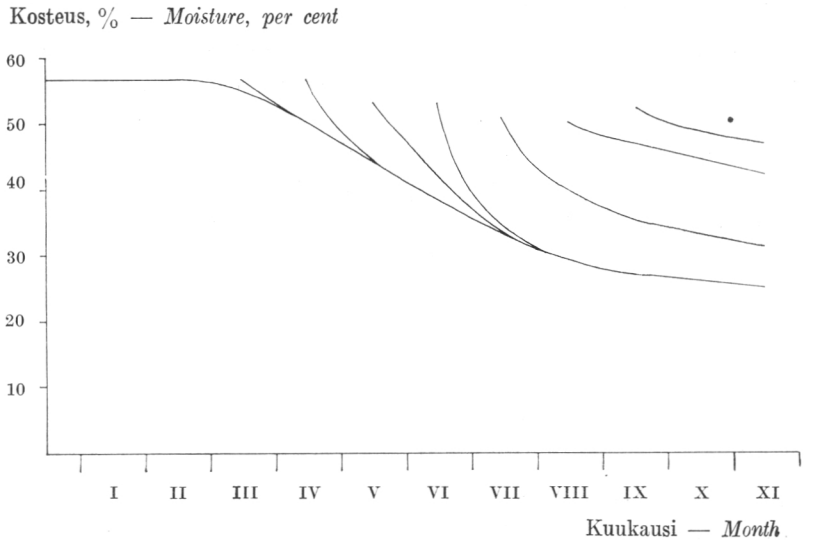


Piirros 5. Rasikuusien kuivuminen rungon eri osissa. Kirkkonummi 1959.
Drawing 5. Seasoning of spruces left to dry on felling site, untrimmed, in different parts of stem. Kirkkonummi 1959.

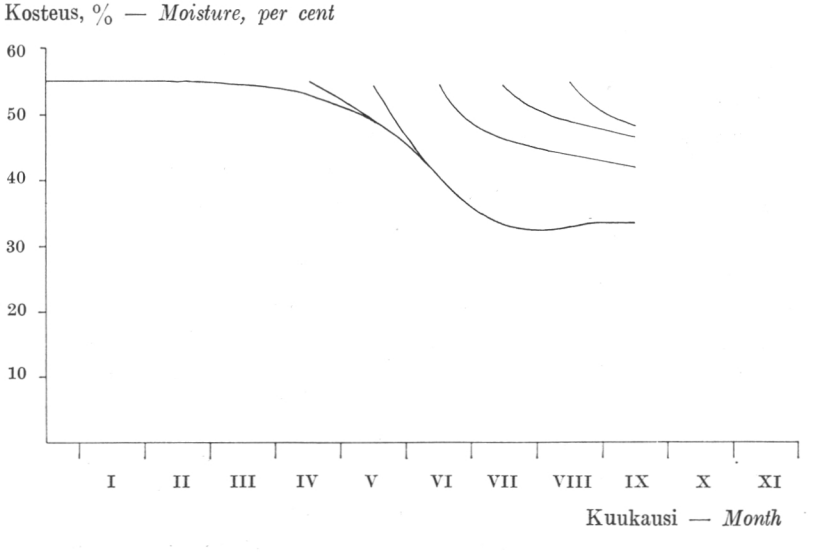
Kesäkuussa kaadettujen kuusien kosteus laski vuoden 1959 kokeissa samalle tasolle kuin ennen kesäkuuta kaadettujen kosteus elo—syyskuussa, mutta vuonna 1960, jolloin loppukesän kuivumisolosuhteet olivat paljon epäedullisemmat kuin edellisenä kesänä, kesäkuun puitten kuivuminen oli hidasta. Tällöin jäi Kirkkonummella kaikkien toukokuun jälkeen kaadettujen kuusierien kosteus korkeammaksi kuin talvella ja keväällä kaadettujen. Sitä vastoin vuonna 1959 kaikilla tutkimuspaikoilla heinäkuussa kaadetut ja Kirkkonummella vielä elokuussakin kaadetut kuuset saavuttivat syksyyn mennessä aikaisemmin kaadetut kuivumisessa. Myöhemmin kaadetut jäivät jo huomattavasti kosteammiksi.

Rungon kosteusasteen muuttuessa tuoreesta yhä kuivemmaksi eri osien kosteussuhteet eivät pysy ennallaan (piirros 5). Tuoreessa, vasta kaadetussa pienikokoisessa kuusessa kosteus nousee tyvestä latvaa kohti. Vaikka tyvipään vesi poistuu latvan kautta, kosteus alenee rasikuusen kuivuessa latvassa nopeammin kuin tyvessä. Jos kuivuminen jatkuu riittävän pitkälle, kuten esimerkiksi ennen syksyä kaadetuissa puissa vuonna 1959 Kirkkonummella, latvapään kosteus laskee pienemmäksi kuin tyvipään kosteus. Vuonna 1960 kuivuminen jäi Kirkkonummella vaiheeseen, jossa keväällä kaadettujen puitten kosteus oli syksyllä suunnilleen yhtä suuri rungon eri osissa. Silloin, kun kuivumista tapahtuu vain vähän, latva jää rungon kosteimmaksi osaksi.

Jos rasiin kaadetun kuusen neulaset säilyvät pitkään vihreinä ja tuoreina, voidaan sitä pitää merkkinä puun vaillinaisesta kuivumisesta. Jos neulaset



Piirros 6. Rasimäntyjen keskimääräinen kuivuminen. Tuusula 1959.
Drawing 6. Average seasoning of pines left to dry on felling site, untrimmed. Tuusula 1959.



Piirros 7. Rasimäntyjen keskimääräinen kuivuminen. Tuusula 1960.
Drawing 7. Average seasoning of pines left to dry on felling site, untrimmed. Tuusula 1960.

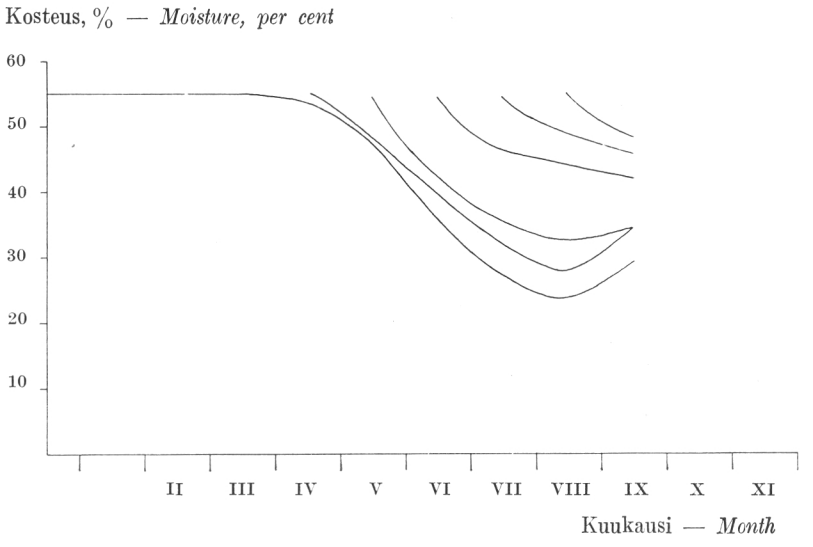
ovat kuivia ja varisevat runkoa liikuteltaessa, on kuusen kosteus laskenut niin alhaiseksi, että pitemmästä rasissaoloajasta ei ole enää hyötyä kuivumisessa. Pienten kuusien neulaset saattavat kuivua ja varista ennen syksyn tuloa, vaikka samaan aikaan kaadettu suuri kuusi säilyy vihreänä. Tämä osoittaa pienten puitten kuivuvan suuria nopeammin. Rungon alapuolella oleva osa latvusta saattaa pilaantua, jos se on tiiviisti maata vasten. Neulasten värin muuttuminen ei tällöin osoita suinkaan rungon kuivuneen, vaan rungon kosteus jää päinvastoin lopullisestikin korkeaksi (J a l a v a 1940).

42. Mänty

Talvella rasiin kaadetut männyt alkavat kuivua vasta keväällä sen jälkeen, kun jäätyneet rungot ovat sulaneet ja paljastuneet lumen alta. Rasipuitten alkuvaiheissaan hitaasti tapahtuva haihduttaminen muuttuu merkittäväksi huhtikuussa. Kuorellisen mäntypuun kuivuminen, olkoon kysymyksessä sitten rasipuu tai valmis puutavara, on epäsäännöllistä eri runkojen ja saman rungon eri osien välillä, jos sitä verrataan kuusen tai koivun kuivumiseen. Samankin rungon sisällä esiintyy jyrkkiä kosteusvaihteluita.

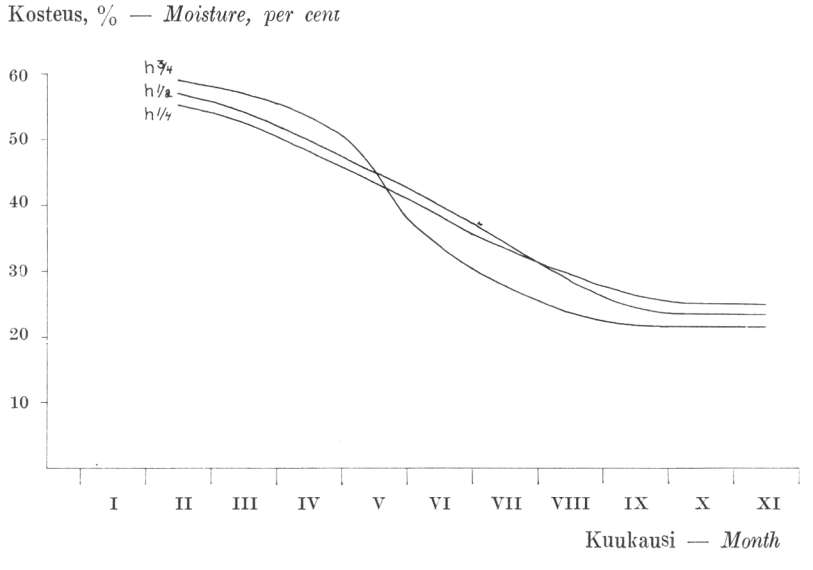
Kaikilla koealoilla huhtikuussa ja sitä ennen kaadettujen mäntyjen kosteus oli toukokuun puolivälissä keskimäärin yhtä suuri kaatoajasta riippumatta (piirrokset 6 ja 7). Talven eri kuukausina kaadettujen mäntyjen kosteus laski myöhemminkin samalla nopeudella. Touko—kesäkuun männyt saavuttivat aikaisemmin kaadettujen kosteusasteen vuonna 1959 1—2 kuukauden kuluessa. Sitä vastoin vuonna 1960 kesäkuussa kaadetut puut kuivuivat epäedullisten sääsuhteitten johdosta hitaasti eivätkä saavuttaneet kuivumisessa aikaisemmin kaadettuja. Tuusulan puitten kosteudessa ei tapahtunut syksyllä kohoamista vuonna 1959 lainkaan ja myös vuonna 1960 kosteus kasvoi syksyllä vain vähän. Sitä vastoin Jyväskylässä ja Rovaniemellä, joilla paikkakunnilla kuivumiskausi alkoi myöhemmin ja puut jäivät kosteammiksi kuin Etelä-Suomessa, ennen heinäkuuta kaadettujen mäntyjen kosteus kohosi syyskuun ja marraskuun välisenä aikana, Jyväskylässä keskimäärin 4 ja Rovaniemellä keskimäärin 6 kosteusprosenttia. Heinäkuun puitten kuivuminen oli molempina tutkimusvuosina hidasta, niin että puitten kosteus jäi korkeaksi. Elo—syyskuun mäntyjen kosteus ennätti laskea ennen talven tuloa vain vähän.

Piirros 8 kuvaa rasiinkaadettujen, tyveltä aisattujen mäntyjen kuivumista Tuusulassa vuonna 1960. Aisattujen puitten kuivuminen ei eronnut alkuvaiheissaan tavallisten rasipuitten kuivumisesta, mutta kuivumisen edistyessä ennen toukokuuta kaadettujen, aisattujen mäntyjen kosteus laski selvästi alle aisaamattomien rasipuitten kosteuden. Aisauksella voitetusta edusta



Piirros 8. Tyveltä aisattujen rasimäntyjen keskimääräinen kuivuminen. Tuusula 1960

Drawing 8. Average seasoning of pines left to dry on felling site, with tops intact but with butts barked in strips. Tuusula 1960.



Piirros 9. Rasimäntyjen kuivuminen rungon eri osissa. Tuusula 1959.

Drawing 9. Seasoning of pines left to dry on felling site, untrimmed, in different parts of stem. Tuusula 1959.

menetettiin suuri osa myöhemmin, sillä loppukesällä tapahtunut vettyminen oli suurempi alhaisemman kosteusasteen saavuttaneissa aisatuissa puissa kuin tavallisissa rasipuissa. Täysin hyödyttömäksi aisaaminen osoittautui toukokuussa tai sen jälkeen kaadetuissa puissa. Toukokuussa kaadetuista männyistä aisatut kuivuivat jopa hitaammin kuin tavalliset rasipuut, mikä tosin aiheutui ilmeisesti aineiston satunnaisesta vaihtelusta.

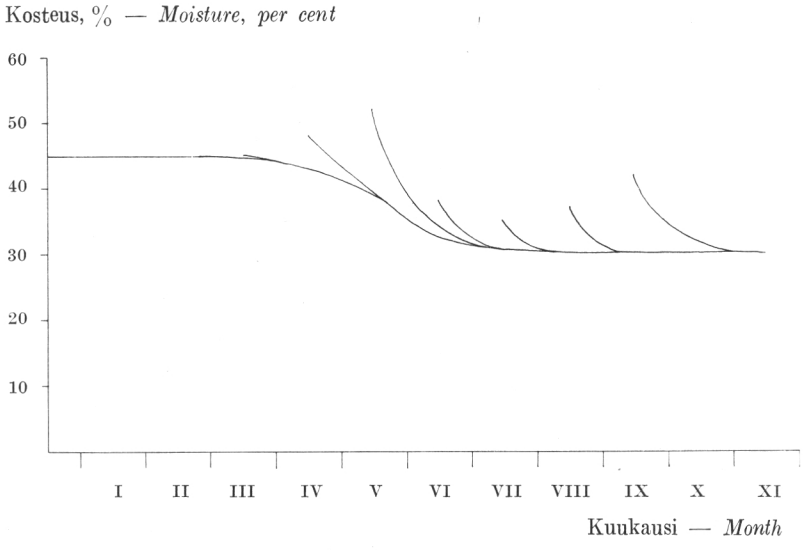
Latva saavuttaa kuivumisen edistyessä vähitellen alhaisemman kosteusasteen kuin tyvipää (piirros 9). Männyssä näin syntyvä latvan ja tyvipään välinen kosteusero on selvästi suurempi kuin kuusessa. Tämä havainto johtaa olettamukseen, että männyn kuusta huomattavasti heikompi kuivuminen rasissa ei aiheudu suinkaan neulasten haihduttamiskyvyissä olevista eroavaisuuksista. Tyvipää jää kosteammaksi siksi, että veden kulkeutuminen haihdutuspisteisiin on rasiin kaadetussa männyssä vaikeampaa kuin rasiin kaadetussa kuusessa. Tämä johtaa latvaa kohti liikkuvissa vesivirtauksissa tapahtuviin katkeamisiin, minkä seurauksena nesteyhteys tyvestä latvaan vähitellen kokonaan katoaa ja tyven kuivuminen pysähtyy tai ainakin suuresti pienenee.

Kuusen mäntyä parempi kuivuminen rasissa aiheutuu siitä, että rungon tyvipäässä kaatohetkellä oleva vesi joutuu rasikuusessa kulkemaan huomattavasti lyhyemmän matkan päästäkseen neulasiin kuin rasimännyissä. Kuusen latvushan ulottuu alemmaksi kuin männyn latvus.

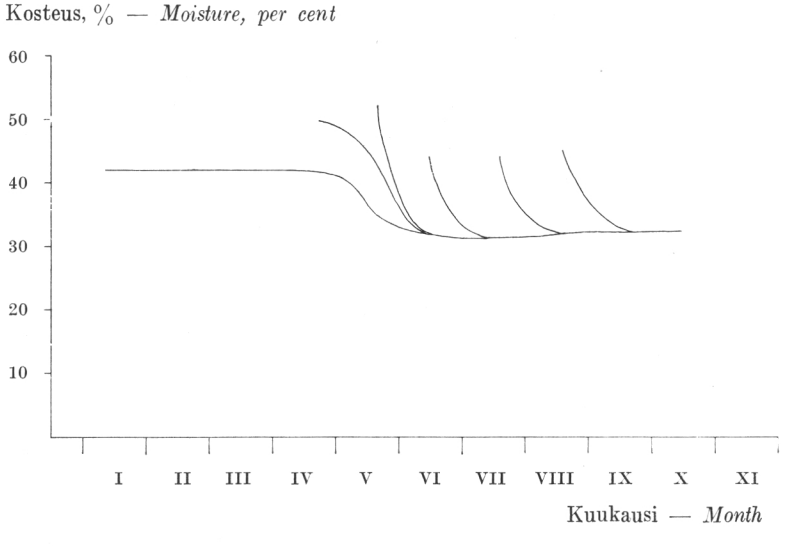
43. Koivu

Koska rasiin kaadettujen puitten kuivuminen tapahtuu lehtien haihdutustoiminnan kautta, koivu voi kuivua rasissa vain ollessaan lehdessä. Niinpä, kun havupuitten kuivuminen pääsi jo huhtikuussa hyvään vauhtiin, rasikoivujen kuivuminen oli samaan aikaan vielä hidasta ja kiihtyi vasta lehtien puhjettua toukokuussa (piirrokset 10 ja 11). Kuten aikaisemmin on selvinnyt, huhti—toukokuussa kaadetut koivut olivat kaatohetkellä talvella kaadettuja kosteampia. Toukokuun koivut olivat Etelä-Suomessa kaadettaessa »hiirenkorvalla», ja ne sekä myös huhtikuun puut puhkesivat lehteen ennen talvella kaadettuja. Sen seurauksena huhti—toukokuussa kaadetut puut kuivuivat aluksi nopeammalla vauhdilla kuin aikaisemmin kaadetut ja saavuttivat saman kosteusasteen kesäkuun puoliväliin mennessä. Touko—syyskuun koivut saavuttivat kuukauden kuluessa lähes lopullisen kosteusasteensa. Syksyllä koivut imivät kosteutta takaisin paljon vähemmän kuin havupuut vastaavana aikana, niin että kosteuden nousu eri paikkakunnilla oli vain 0—1 kosteusprosenttia.

Koska kosteusnäytteitä otettiin kesälläkin — lukuunottamatta tuoreista puista sahattuja näytteitä — ensimmäisen kerran vasta kuukauden kuluttua



Piirros 10. Rasikoivujen keskimääräinen kuivuminen. Kirkkonummi 1959.
Drawing 10. Average seasoning of birches left to dry on felling site, untrimmed. Kirkkonummi 1959.



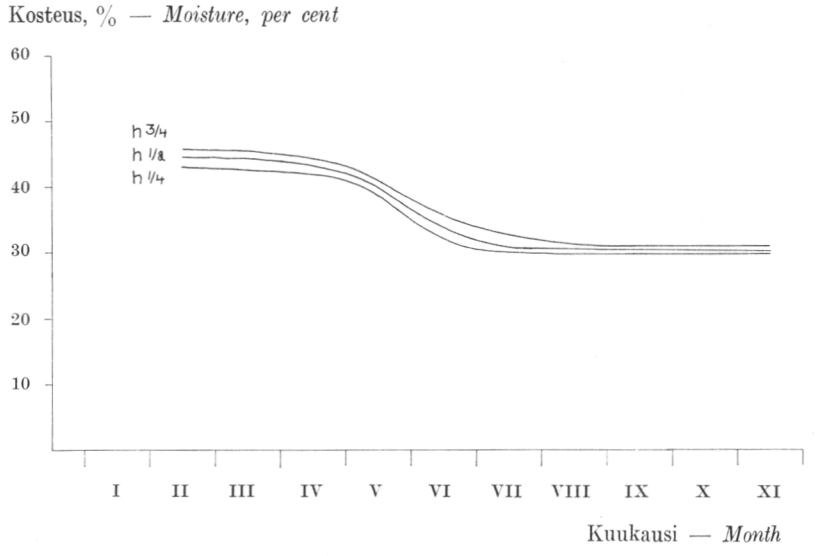
Piirros 11. Rasikoivujen keskimääräinen kuivuminen. Kirkkonummi 1960.
Drawing 11. Average seasoning of birches left to dry on felling site, untrimmed. Kirkkonummi 1960.

koivujen kaatamisesta ja tällöin havaittiin koivujen saavuttaneen lähes lopulliseksi jääneen kosteusasteen, herää kysymys, oliko kyseinen kosteusaste saavutettu kenties vieläkin nopeammin kuin kuukauden aikana. J a l a v a (1938) on tutkinut tarkoin rasikoivun kuivumisnopeutta heti kaadon jälkeen. Hän asetti tyveltä 4—5 tuuman paksuisia koivuja köysien varaan, jotka hän kiinnitti kahteen vaakaan. Vaakojen avulla voitiin jatkuvasti seurata ilmassa riippuvien koivujen painon alenemista. Koivut menettivät painostaan jo vuorokauden kuluessa yhden kymmenesosan ja 3—4 vuorokauden kuluessa yhden viidesosan, minkä jälkeen kosteus oli 31—33 % (45—50 %) eli lähes lopullinen. Maassa lojuva rasikoivu ei kuitenkaan kuivu näin nopeasti. Niinpä J a l a v a totesikin, että loppukesällä normaalisissa olosuhteissa kuivuvan vanerikoivun tyven kosteus oli viikon kuluttua laskenut alle 33 %:n (50 %) mutta että keskiosa oli samaan aikaan vielä kostea. Vanerikoivun käyttöosan kuivumiseen riitti heinä—elokuussa olosuhteista riippuen 2—3 viikkoa. J a l a v a huomauttaa vielä, että koivu kuivuu sitä nopeammin, mitä lyhyempi se on ja mitä alemmaksi sen elävät oksat ulottuvat, koska kuivumisnopeuteen vaikuttaa etäisyys rungosta haihduntakohtiin. W a r s t a n (1961) suorittamassa tutkimuksessa 20. 7. 1959 rasiin kaadettujen koivujen varsinainen kuivuminen tapahtui rungon kaikissa osissa kahdessa viikossa. Kaiken edellisen perusteella voidaan sanoa, että pienikokoiset koivut saavuttavat lähes 30 %:n kosteuden jopa kahden viikon rasissaoloajan kuluessa, jos olosuhteet ovat hyvät. Epäedullisissa olosuhteissa kosteus jää korkeammaksi, vaikka koivut saisivat olla rasissa pitkänkin ajan.

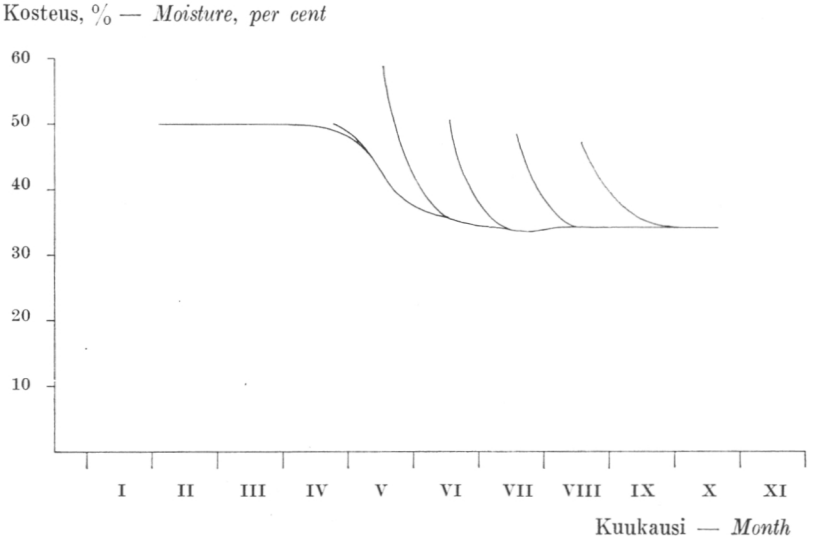
Rasiin kaadetun havupuun kuivumisen edistyessä riittävän pitkälle latvapään kosteus laskee alhaisemmaksi kuin tyvipään kosteus. Sitä vastoin koivun kosteussuhteet säilyvät kaikissa kuivumisen vaiheissa sellaisina, että latvapää on tyveä kosteampi tai ainakin yhtä kostea (piirros 12). Vasta kun rungon keskimääräinen kosteus laskee noin 30 %:iin, kosteus alkaa olla yhtä suuri rungon eri korkeuksilla mutta jää vielä tällöinkin loivasti latvaa kohti kasvavaksi.

44. Harmaaleppä

Rasiin kaadetun lepän kuivuminen tapahtuu samoin kuin rasiin kaadetun koivun kuivuminen. Vuonna 1960 lepän kuivuminen edistyi Siuntiossa (piirros 13) suunnilleen samalla vauhdilla kuin koivun kuivuminen Kirkkonummella. Lepän alkukosteus oli korkeampi kuin koivun, minkä takia lepän kuivuminen muodostui määrältään suuremmaksi, vaikka leppä jäi lopullisesti lähes 2 kosteusprosenttia kosteammaksi. Heinä—elokuun vaihteessa tapahtui vajaan yhden kosteusprosentin lisäys ennen heinäkuuta kaadettujen leppien kosteudessa, mutta myöhemmin kosteus ei enää lisääntynyt lokakuun



Piirros 12. Rasikoivujen kuivuminen rungon eri osissa. Kirkkonummi 1959.
Drawing 12. Seasoning of birches left to dry on felling site, untrimmed, in different parts of the stem. Kirkkonummi 1959.



Piirros 13. Rasileppien keskimääräinen kuivuminen. Siuntio 1960.
Drawing 13. Average seasoning of grey alders left to dry on felling site, untrimmed. Siuntio 1960.

puoliväliin mennessä. Vielä elokuussa kaadetut lepät kuivuivat niin paljon kuin näyttää olleen mahdollista vallinneissa olosuhteissa.

Kosteus säilyi kuivumisen kaikissa vaiheissa $^1/_4$-korkeudella pienempänä kuin $^3/_4$-korkeudella. Tähän tulokseen on tullut myös W a r s t a (1961). Samoin oli asianlaita koivun kohdalla. Rasiin kaadetun lehtipuun kuivuminen ei siten pääty suoranaisesti siksi, että nestevirtaukset tyvestä latvaan katkeaisivat, vaan on kuivumisen pysähtyminen pikemminkin välittömänä seurauksena lehtien haihduttamiskyvyn menettämisestä.

5. Yksityisten rasipuitten ja rankojen kosteus syksyllä

Monesta tekijästä riippuu se kosteus, jonka polttohakepuu saavuttaa lämmityskauden alkuun mennessä. Tärkeimmät polttohakepuun lopulliseen kosteusasteeseen vaikuttavat seikat ovat ilmasto-olosuhteet, puulaji, puun käsittelytapa, kaatoaika, varastoimisajan pituus ja puun järeys, joita kaikkia tutkitaan myöhemmin. Mutta yksityisten rasipuitten ja rankojen kosteudessa esiintyy myös yllämainituista tekijöistä riippumatonta vaihtelua, jota tarkastellaan seuraavassa.

51. Kuusi

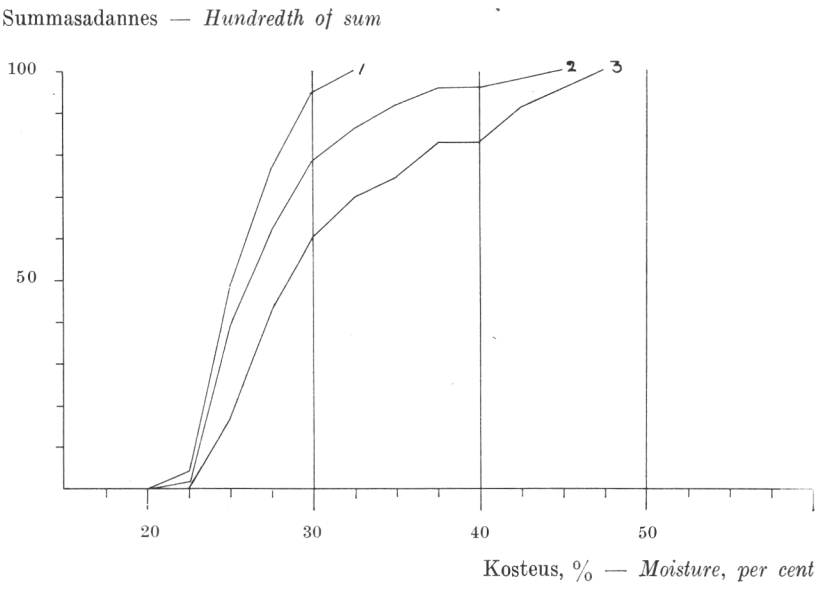
Ennenkuin ryhdytään tutkimaan runkojen välisiä kosteuseroja, on syytä selvittää kosteuden vaihtelu saman rasipuun tai rangan eri osissa. Taulukossa 7 on esitetty kuusipolttohakepuun kosteus rungon eri korkeuksilla lokakuussa 1960 Kirkkonummella.

Kuusen kosteus eri osissa runkoa muodostui erittäin tasaiseksi. Kaikkein tasaisimman kosteuden saavuttivat rasipuut. Pieniä eroja kuitenkin oli, niin että kosteus näyttää olleen alhaisin $^3/_4$-korkeudella ja puolen metrin etäisyydellä tyvestä (t). Mitä pitemmälle kuivuminen edistyy sitä tasaisemmaksi

Taulukko 7. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun kuusipolttohakepuun kosteus rasipuun ja rangan eri osissa kaatoa seuranneena syksynä.

Table 7. Moisture content in different parts of stem and bole in spruce for fuel chips, in the autumn following felling before July 1959 and that following felling before June 1960.

Varastoimistapa *Method of storage*	Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	t	h ¼	h ½	h $^3/_4$
			Kosteus, % — *Moisture, per cent*			
Rasi	1959	K	..	21.2	21.0	21.2
Kasa	1959	T	..	22.0	22.4	21.8
Tela	1959	T	..	21.4	21.3	21.1
Rasi	1960	K	27.0	27.1	27.3	26.5
Kasa	1960	K	34.2	35.6	35.7	34.6
Roukku	1960	K	31.7	31.8	32.8	31.6



Piirros 14. Ennen kesäkuuta kaadettujen kuusien keskimääräisen kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät (1 = rasipuut, 2 = rangat roukkupinossa, 3 = rangat kasassa). Kirkkonummi 1960.

Drawing 14. Illustration of the overall fluctuation of average moisture content in the autumn of spruce stems felled before June (1 = trees left to season on felling site, untrimmed, 2 = boles in »roukku» pile, 3 = boles in »kasa» pile). Kirkkonummi 1960.

muodostuu rungon eri osien kosteus, sillä kuivumisajan ollessa riittävä rungon kuivimpien osien kosteuden aleneminen hidastuu ja pysähtyy aikaisemmin kuin vaikeasti kuivuvien rungon osien kuivuminen.

Vuonna 1959 ei otettu kosteusnäytteitä puolen metrin etäisyydeltä tyvestä. Jotta kummankin tutkimusvuoden tulokset olisivat täysin vertailukelpoisia, jätettiin puolen metrin päästä tyvestä mitatut kosteusarvot pois rungon keskimääräistä kosteutta laskettaessa. Kyseiset kosteusnäytteet tosin edustivat järeintä osaa, mutta niistä saadut kosteusarvot erosivat vain vähän ¼-korkeudelta mitatuista arvoista.

Yksityisten kuusirasipuitten ja -rankojen kosteusvaihtelua valaisevat piirroksessa 14 esitetyt kumulatiiviset frekvenssikäyrät. Ne kuvaavat ennen kesäkuuta kaadettujen, ¼-korkeudella 3.1—5.0 cm:n läpimittaisten kuusirasipuitten ja -rankojen keskimääräistä kosteutta lokakuussa 1960 Kirkkonummella. Piirros osoittaa, että rasipuitten kosteusarvojen jakautuman hajoitus oli verrattain pieni, koska kaikki 24 havaintoa mahtuvat kosteusprosenttien 20.1—32.5 väliin. Sitä vastoin rankojen kosteusarvon jakautuman hajoitus oli erittäin suuri käytettiinpä sitten roukkupinoa tai kasaa, sillä rankojen joukossa oli sekä hyvin kuivuneita että täysin tuoreita.

Jos vähän järeämmille polttohakekuusille piirrettäisiin vastaavanlaiset summakäyrät, käyrät siirtyisivät piirrokseen 14 verrattuina oikealle — rasipuut vain vähän, rangat taas enemmän. Sama siirtyminen tapahtuisi, jos piirrettäisiin keskikesällä kaadettujen puitten kosteusarvojen jakaantumista kuvaavat käyrät. Vuoden 1959 kuusien, jotka kuivuivat keskinkertaista paremmin, kosteusarvojen jakaantumista kuvaavat summakäyrät puolestaan siirtyisivät vasemmalle ja tulisivat lisäksi jyrkemmiksi etenkin yläosistaan, sillä keskimääräisen kosteuden ollessa hyvin alhainen kosteusarvojen jakautuman hajoitus on pieni.

Mistä sitten aiheutuu kosteusarvojen laaja vaihtelu? Ensiksikin on huomautettava, että kun piirroksessa kuvataan ¼-korkeudelta 3.1—5.0 cm:n läpimittaisia rasipuita ja rankoja, läpimitan vaihtelua ei ole suinkaan vielä tällöin täydellisesti poistettu. Mutta myös muita tekijöitä on olemassa.

Kaikki rasiin kaadetut puut eivät joudu samallakaan koealalla aivan yhdenmukaisiin olosuhteisiin. Kun puita kaadetaan pinta-alayksikköä kohden runsaasti, puut joutuvat osaksi toistensa päälle. Alle jäävien puitten kosteus jää luonnollisesti korkeammaksi kuin päällimmäisten. Viereistenkin rasipuitten kuivumisolosuhteet saattavat olla erilaiset, kun toinen on esimerkiksi mättään päällä ja toinen taas pienessä painanteessa. Näin on asianlaita juuri silloin, kun kysymyksessä ovat pienikokoiset, maaston epätasaisuuksiin helposti mukautuvat puut. Väittämä, että erittäin edullisissa olosuhteissa rasipuitten latvus kuivuu ennen aikojaan ja koko rungon keskimääräinen kosteus ei laske alhaiseksi, tuntuu tämän tutkimusten tulosten mukaan liioitellulta.

Myös puun tila ja kunto vaikuttavat rasipuun kuivumiseen. Latvuksen pituus ja kohtalainen harvuus ja toisaalta puun elinvoimaisuus ja terveys edistävät koivun kuivumista, kun taas latvuksen liiallinen tiheys on haitaksi vaikeuttaessaan ilman vaihtumista (J a l a v a 1938). Tämä havainto soveltunee myös havupuille.

Vaikka elävän puun kosteus vaihtelee, tällä seikalla tuskin on vaikutusta polttohakepuun kosteuteen syksyllä, mikäli puut kaadetaan viimeistään heinäkuussa. Toisaalta taas silloin, kun kuivuminen on vähäistä tai sitä ei tapahdu ensinkään, juuri elävän puun kaatohetken kosteus määrää saatavan polttohakepuun kosteuden ja polttoarvon.

Merkityksetön ei ole hyönteisten vaikutus puun kuivumiseen. Kesäkuussa ja sitä ennen kaadettuihin kuorellisiin kuusirasipuihin ja -rankoihin iskeytyy miltei poikkeuksetta kaarnakuoriaisia. Tekemällä kuoreen reikiä ja syömällä pois nilaa ne edistävät rankojen kuivumista. Vaikeampi on päätellä, onko kaarnakuoriaisista etua vai haittaa rasipuitten kuivumiselle. Tuhoamalla nilaa ne lyhentävät rasipuun elinikää ja haihdutuskautta.

Mitä oksikkaammasta puusta rangat tehdään ja mitä huolellisemmin ne karsitaan, sitä paremmin rangat kuivuvat. Kuorellisten rankojen kuivumi-

nen tapahtuu sellaisten kohtien kautta, joista kuori on rikkoutunut ja puupinta paljastunut.

Lokakuun puolivälissä 1959 otettiin Kirkkonummella eräästä maantienvarsivarastosta kosteusnäytteet 60 kuusirangasta, joista puolet sijaitsivat kasan ylä- ja puolet kasan alaosassa. Rangat oli valmistettu ilmeisesti kevätkesällä ja ajettu sen jälkeen kärryillä maantien varteen. Keskimääräinen kosteus oli rankakasan yläosassa 18 % ja alaosassa 21 %. Tällöin oli kysymyksessä siis suuri varastomuodostelma, josta saatuja tuloksia ei suinkaan voida ilman muuta soveltaa tässä tutkimuksessa käytettyihin metsävarastomuodostelmiin. Muilla koealoilla suoritettujen mittausten perusteella tiedetään lisäksi, että puutavaran vettymistä ei ollut tapahtunut vielä kyseiseen ajankohtaan mennessä. Ilman lisääntyvä kosteus ja sateitten aiheuttama vettyminen, jota aina esiintyy syksyllä ennemmin tai myöhemmin, kohdistunee voimakkaimpana päällimmäisinä sijaitseviin rankoihin. Niinpä voidaankin olettaa, että roukkupinoissa, telakasassa tai kasassa, joka sisältää 20—30 rankaa, muodostelman sisällä ja pinnalla olevien rankojen kosteus on suunnilleen yhtä suuri myöhäissyksyllä. Jos kuitenkin tavallinen kasa tehdään huolimattomasti ilman kunnollisia aluspuita, niin että kasan alle ei jää vapaata ilmatilaa, vaan rangat ottavat maahan kiinni, alaosan rangat jäävät yläosan rankoja kosteammiksi.

Koska ylipitkien rankojen käsittely on hankalaa hankintatyön myöhemmissä vaiheissa, puista, joiden käyttöosan pituus ylitti kuusi metriä, tehtiin kaksi rankaa, tyviranka ja latvaranka. Latvaranka on tuoreena tyvirankaa kosteampi, mutta toisaalta ohuempana kuivuu nopeammin. Läpimitaltaan samansuuruisten, ¼-korkeudelta noin 5 cm:n paksuisten tyvi- ja latvarankojen kosteutta vertailtiin lokakuussa 1959 Kirkkonummella.

Kaatokuukausi	Tyvirankojen kosteus, %	Latvarankojen kosteus, %
III	18	21
IV	20	21
V	21	20
VI	22	22

Selvää kosteuseroa ei voitu havaita tyvi- ja latvarankojen välillä. Kuorellisen puun kuivumista vaikeuttaa kuori, joka on pienikokoisessa polttohakekuusessa samanlainen tyvessä ja latvassa.

52. Mänty

Mäntyrasipuun ja -rangan eri osissa kosteus vaihtelee suuresti. Epäsäännöllisen vaihtelun lisäksi on havaittavissa myös säännöllistä vaihtelua, niin

Taulukko 8. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun mäntypolttohakepuun kosteus rasipuun ja rangan eri osissa kaatoa seuranneena syksynä Tuusulassa.
Table 8. Moisture content in different parts of stem and bole in pine for fuel chips, in the autumn following felling before July 1959 and that following felling before June 1960.

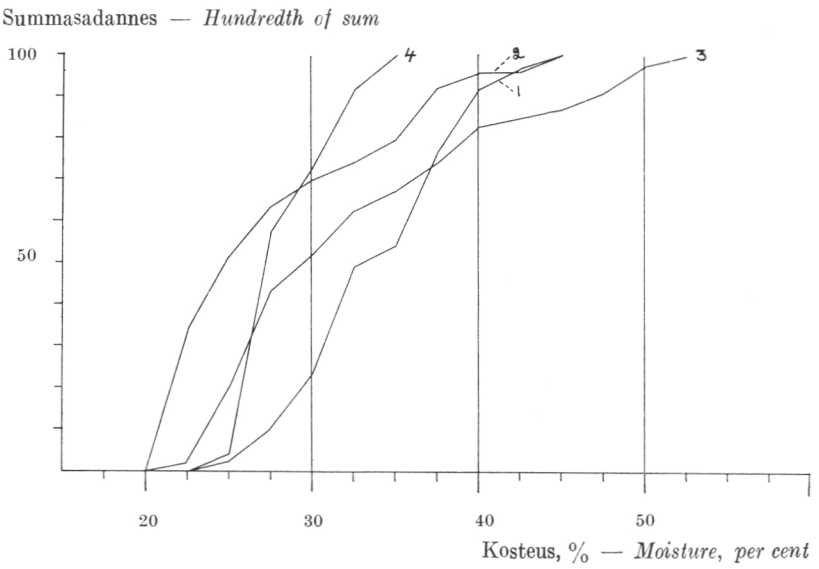
Varastoimistapa *Method of storage*	Vuosi *Year*	t	h¼	h½	h¾
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*			
Rasi	1959	..	27.1	23.8	21.8
Kasa	1959	..	33.2	29.7	24.0
Tela	1959	..	29.3	28.2	22.9
Rasi	1960	35.6	35.8	32.4	28.3
Rasi, ais.	1960	29.7	31.4	32.9	31.4
Kasa	1960	35.7	36.6	38.5	37.6
Roukku	1960	30.7	30.3	31.5	32.7

että riittävän suuren aineiston keskimääräinen kosteus muuttuu tasaisesti tyvestä latvaan siirryttäessä. Tuoreen rungon kosteus on säännöllisesti latvaa kohti lisääntyvä. Mäntyrasipuun kuivuessa latvapään kosteus laskee enemmän kuin tyvipään kosteus. Milloin kuivuminen edistyy riittävän pitkälle, rasipuun kosteus muodostuu lopulta latvaa kohti alenevaksi. Kuten taulukosta 8 nähdään, rasimännyn tyven aisaamisella saavutettiin huomionarvoinen etu sikäli, että koko puun keskimääräinen kosteus muodostui tasaiseksi, puun keskiosasta kumpaakin päätä kohti lievästi alenevaksi.

Rangoiksi tehtyjen mäntyjen kosteus oli syksyllä 1959 latvaa kohti laskeva, mutta seuraavana syksynä se jäi latvaa kohti nousevaksi. Tämä aiheutui siitä, että jälkimmäisenä vuonna kuivuminen ei ollut yhtä perusteellista kuin edellisenä vuonna. Jos siis kuivuminen ei edisty kovin pitkälle, mäntyrankojen kosteus saattaa jäädä verraten tasaiseksi, mutta kuivumisen edelleen jatkuessa se tapahtuu suhteellisesti yhä suuremmassa määrin latvassa ja kosteus muodostuu epätasaiseksi rangan eri osien välillä. Kuusella taas kosteus näytti tasaantuvan sitä enemmän, mitä pitemmälle kuivuminen edistyi.

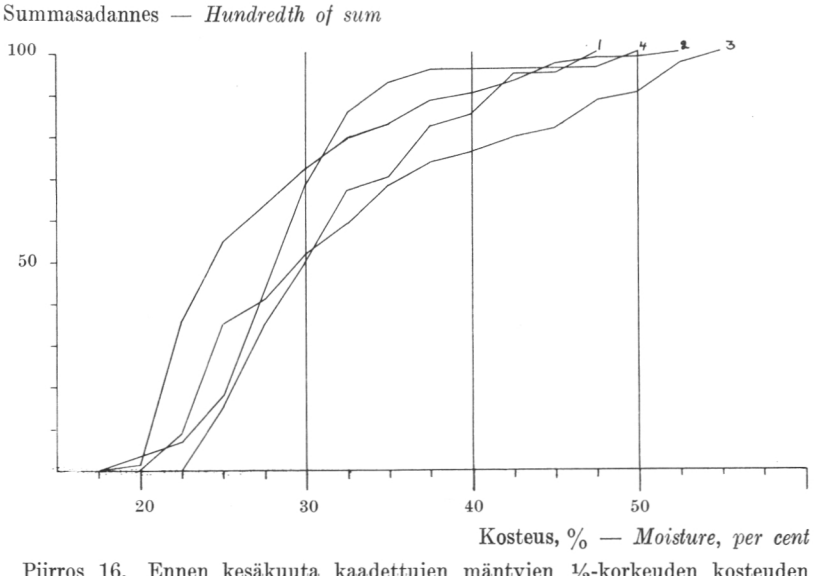
Polttohakemännyn kosteus vaihteli syksyllä suuresti sekä rasipuissa että varsinkin rangoissa. Piirros 15 osoittaa, että aisaamalla rasimännyn tyvi päästiin männylläkin verraten tasaiseen kosteuteen. Piirroksesta 16 nähdään, että eri rasipuitten ja rankojen keskeltä otettujen kosteusnäytteiden jakautuman hajoitus oli erittäin suuri puun käsittelytavasta riippumatta. Huomattavasti pienempi oli koko rungon keskimääräisestä kosteudesta kerättyjen näytteiden hajoitus. Samankokoisista, samalla tavalla käsitellyistä mäntyrangoista toiset jäivät aivan tuoreiksi, toiset taas saavuttivat alle 25 %:n kosteuden.

Lokakuun puolivälissä 1959 oli eräässä maantienvarsivarastossa Kirkkonummella kasan alaosan rankojen keskimääräinen kosteus 30 koepuun mu-



Piirros 15. Ennen kesäkuuta kaadettujen mäntyjen keskimääräisen kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät (1 = rasipuut, 2 = rangat roukkupinossa, 3 = rangat kasassa, 4 = tyveltä aisatut rasipuut). Tuusula 1960.

Drawing 15. Illustration of the overall fluctuation in average moisture content in the autumn of pine stems felled before June (1 = trees left to season on felling site, untrimmed, 2 = boles in »roukku» pile, 3 = boles in »kasa» pile, 4 = trees left to season on felling site, untrimmed but with butts barked in strips). Tuusula 1960.



Piirros 16. Ennen kesäkuuta kaadettujen mäntyjen ½-korkeuden kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät. Tuusula 1960.

Drawing 16. Illustration of the overall fluctuation in moisture content in the autumn at ½ height of pine stems felled before June. Tuusula 1960.

kaan 27 % ja yläosan rankojen kosteus vastaavasti 28 %. Koska ero ei ollut merkitsevä, voidaan olettaa, että myös pienessä metsävarastomuodostelmassa ala- ja yläosan tai pinta- ja sisäosan rankojen kosteus on keskenään yhtä suuri.

Männyn latvarangat kuivuvat tyvirankoja nopeammin. Kirkkonummella oli latvarankojen kosteus lokakuun lopussa 1959 selvästi alhaisempi kuin tyvirankojen kosteus.

Kaatokuukausi	Tyvirankojen kosteus, %	Latvarankojen kosteus, %
III	25	19
IV	29	24
V	32	32
VI	37	30

Vesi poistuu rangasta joko poikkileikkauspinnan kautta tai sitten kohdista, joissa kuori on tavalla tai toisella rikkoutunut. Kuorellisen pölkyn pään kautta tapahtuva kuivuminen ulottuu korkeintaan muutaman kymmenen senttimetrin etäisyydelle pölkyn päästä. Tällöin on selvää, että latvaranka, jossa on ohuempi kuori ja enemmän karsittaessa kuoren alta paljastunutta puupintaa, kuivuu tyvirankaa paremmin. Tyven aisaaminen parantaisi tyvirangan kuivumista (vrt. s. 34), mutta nostaisi ilmeisesti liiaksi hankintakustannuksia.

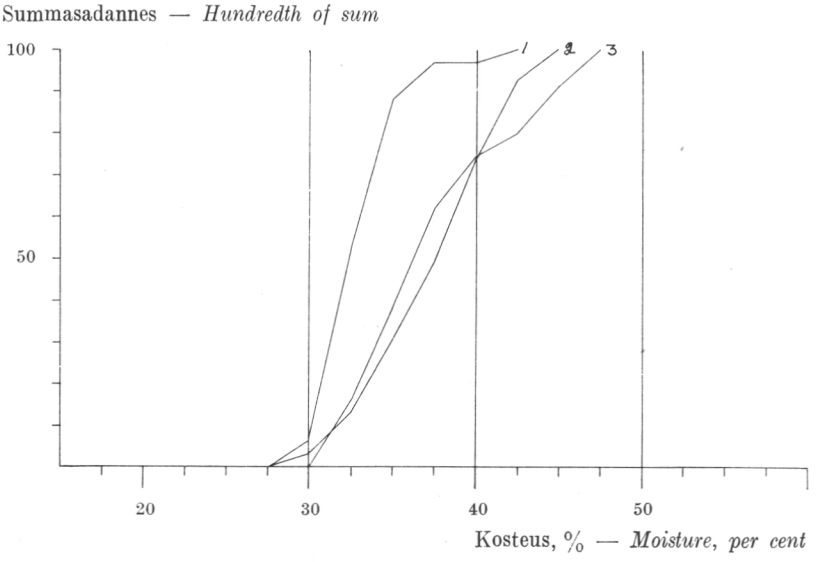
53. Koivu

Aikaisemmin on jo havaittu elävän koivun kosteuden olevan tasainen, lievästi latvaa kohti kohoava. Rasikoivun kuivuessa tyven ja latvan välinen kosteusero saattaa aluksi suurentua, mutta kuivumisen jatkuessa edelleen kosteus tasaantuu nopeasti jääden kuitenkin rasipuun latvassa korkeammaksi kuin tyvessä (vrt. s. 38). Vuonna 1959 kuivuminen oli täydellisempää

Taulukko 9. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun koivupolttohakepuun kosteus rasipuun ja rangan eri osissa kaatoa seuranneena syksynä.

Table 9. Moisture content in different parts of stem and bole in birch for fuel chips, in the autumn following felling before July 1959 and that following felling before June 1960.

Varastoimistapa *Method of storage*	Vuosi *Year*	Paikkakunta *Locality*	t	h ¼	h ½	h ¾
			Kosteus, % — *Moisture, per cent*			
Rasi	1959	K	..	30.0	30.5	31.2
Kasa	1959	T	..	30.7	28.4	26.6
Tela	1959	T	..	33.4	33.4	31.8
Rasi	1960	K	32.6	32.3	33.0	34.4
Kasa	1960	K	36.7	38.5	39.0	38.5
Roukku	1960	K	35.1	38.5	39.1	38.2



Piirros 17. Ennen kesäkuuta kaadettujen koivujen keskimääräisen kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät. Kirkkonummi 1960.

Drawing 17. Illustration of the overall fluctuation in average moisture content in the autumn of birch stems felled before June. Kirkkonummi 1960.

kuin seuraavana tutkimusvuonna ja niinpä yksityisen rasipuun kosteus muodostuikin silloin tasaisemmaksi. Rangoiksi valmistettujen koivujen kuivuminen edistyi vuonna 1959 niin pitkälle, että kosteus muuttui syksyyn mennessä latvaa kohti alenevaksi. Seuraavana vuonna rankojen kosteus jäi tasaiseksi lukuunottamatta aivan tyviosaa, joka saavutti rangan muita osia alhaisemman kosteuden.

Piirros 17 kuvaa eri tavoilla käsitellyn koivupolttohakepuun läpimitasta ja kaatoajasta riippumatonta rungon keskimääräistä kosteutta lokakuussa 1960 Kirkkonummella. Rasipuitten kosteus oli varsin tasainen, niin että yli 90 % kosteusarvoista jäi väliin 30.1—37.5 %. Koivurankojen kosteus oli tasaisempi kuin kuusi- ja mäntyrankojen.

Koivun tyvi- ja latvarankojen ja toisaalta maantienvarsivaraston ylä- ja alaosassa säilytettyjen koivurankojen kosteuseroja selviteltiin lokakuussa 1959 Kirkkonummella samanlaisella aineistolla kuin aikaisemmin on mainittu kuusi- ja mäntyrankojen yhteydessä. Koivun kosteus oli muodostelman alaosassa 36 % ja yläosassa 34 %. Syksyn mittaan ero todennäköisesti pieneni.

Kaatokuukausi	Tyvirankojen kosteus, %	Latvarankojen kosteus, %
III	33	35
IV	35	36
V	35	34
VI	31	33

Asetelma ei merkitsevästi osoita tyvirankojen saavuttaneen alhaisemman kosteusasteen kuin läpimitaltaan samankokoisten latvarankojen. Pikemminkin voidaan sanoa, että tyvi- ja latvarankojen kosteudessa ei ollut syksyllä eroa.

Yleisenä päätelmänä koivun kosteusvaihteluista on todettava, että ne ovat selvästi vähäisempiä kuin havupuitten kosteusvaihtelut ainakin niissä puitteissa, joissa polttohakepuun kosteutta on tässä luvussa käsitelty. Tasainen kosteus on eduksi puuta poltettaessa. Kosteuden tasaisuudella on tärkeä merkitys myös silloin, kun polttohakepuun tai polttohakkeen hinta määritetään osaksi kosteuden perusteella. Mitä pienempi on kosteusarvojen jakautuman hajoitus, sitä pienemmällä näytemäärällä voidaan mitata keskimääräinen kosteus, jotta vaadittu tarkkuus saavutettaisiin. N y l i n d e r (1961) mainitsee, että puutavaran mittaaminen punnitsemalla soveltuu parhaiten kuorelliselle lehtipuulle, koska kosteusvaihtelut ovat siinä pienemmät kuin havupuussa.

54. Harmaaleppä

Leppäpolttohakepuussa kosteussuhteet rungon eri osien välillä ovat samanlaiset kuin koivussa. Vuonna 1960 lepän kosteus jäi latvaa kohti kohoavaksi sekä rasipuissa että rangoissa (taulukko 10). Edullisemmissa olosuhteissa tyvipään ja latvapään kosteusero olisi ilmeisesti supistunut pienemmäksi, rangoissa olisi latvapään kosteus jopa alittanut tyvipään kosteuden.

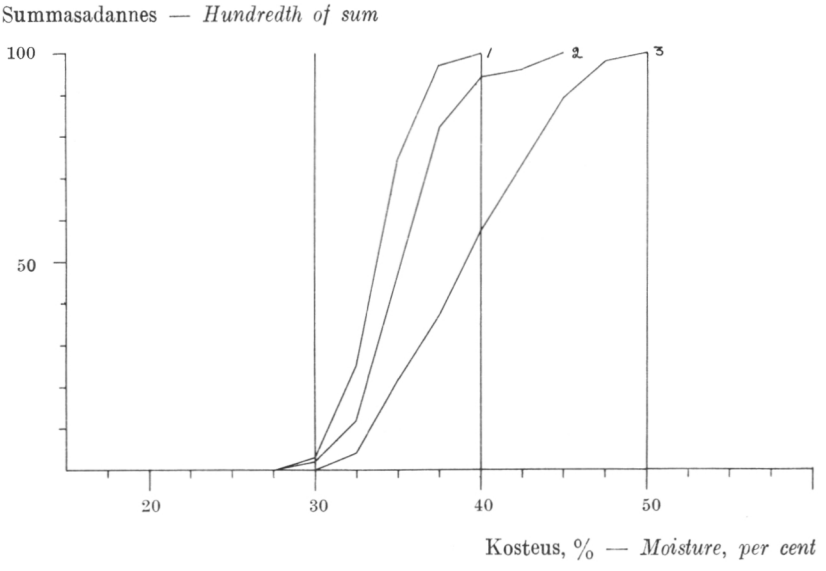
Leppärasipuissa rungon keskimääräinen kosteus muodostui tasaiseksi, vaikka kuivuminen jäi vaillinaiseksi. Lähes 95 % rungoista pysyi rajojen 30.1—37.5 % sisällä (piirros 18). Rangoista roukkupinossa säilytetyt kuivuivat kasalla olleita paremmin ja saavuttivat samalla myös tasaisemman kosteuden.

Piirros 19 kuvaa samoja puita kuin piirros 18, mutta siinä on esitetty ainoastaan rasipuun tai rangan keskeltä mitattu kosteus. Näiden kahden piirroksen summakäyrät eroavat toisistaan etenkin sikäli, että kosteuden jakautuman hajoitus on jälkimmäisessä suurempi. Luonnollista onkin, että rungon keskimääräinen kosteus vaihtelee vähemmän kuin kosteus rungon puolivälissä.

Taulukko 10. Ennen kesäkuuta 1960 kaadetun leppäpolttohakepuun kosteus rasipuun ja rangan eri osissa lokakuussa 1960 Siuntiossa.

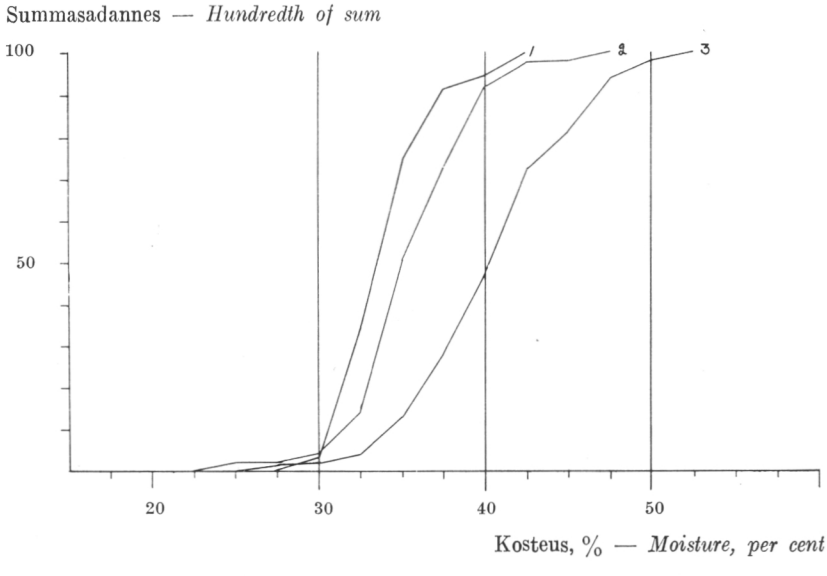
Table 10. Moisture content in different parts of stem and bole in grey alder for fuel chips, felled before June 1960 in October 1960.

Varastoimistapa *Method of storage*	t	h ¼	h ½	[h³/₄
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*			
Rasi	33.6	33.7	34.2	35.3
Kasa	37.7	39.8	40.7	40.9
Roukku	34.3	35.6	36.1	37.0



Piirros 18. Ennen kesäkuuta kaadettujen leppien keskimääräisen kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät. Siuntio 1960.

Drawing 18. Illustration of the overall fluctuation in average moisture content in the autumn of grey alder stems felled before June. Siuntio 1960.



Piirros 19. Ennen kesäkuuta kaadettujen leppien ½-korkeuden kosteuden vaihtelua syksyllä kuvaavat summakäyrät. Siuntio 1960.

Drawing 19. Illustration of the overall fluctuation in moisture content in the autumn at ½ height of grey alder stems felled before June. Siuntio 1960.

6. Läpimitan vaikutus polttohakepuun kosteuteen

Tuoreen, pienikokoisen kuusen, männyn ja harmaalepän kosteuden havaittiin olevan samassa metsikössä sitä korkeampi, mitä järeämpi puu oli kysymyksessä. Koivulla ei tuntunut esiintyvän vastaavaa vaihtelua. Tuoreen puun kosteus vaikuttaa valmiin puutavaran kosteuteen niin kauan kuin kuivumista ei tapahdu.

J a l a v a (1938) mainitsee lyhyen rasipuun kuivuvan pitkää nopeammin, koska veden kulkumatka haihdutuspisteisiin on pienessä rungossa lyhyt, kuten edellä on mainittu. Myös pienikokoinen ranka kuivuu järeämpää nopeammin, sillä ulkopinta on rangan tilavuusyksikköä kohti suurin ohuessa rangassa. Täten järeä puu jää ohutta kosteammaksi. Mitä pitempi ja edullisempi kuivumiskausi on, sitä pienemmäksi muodostuu järeyden vaikutus lopulliseen kosteuteen. Pienien rankojen kosteusasteen lähestyessä kuivumistasapainotilaa niiden kuivumisnopeus hidastuu jyrkästi. Suuret rangat taas saattavat kuivua samaan aikaan vielä nopeasti. Toisaalta on muistettava syksyllä tapahtuva puun vettyminen, joka kohdistuu haitallisimmin pieniin puihin.

Kosteuden riippuvuutta läpimitasta valaistaan taulukoissa, joita on kahta lajia. Kunkin puulajin kohdalla ensimmäisenä esitettävä taulukko osoittaa runkojen keskimääräisen kosteuden jokaisessa ¼-korkeuden läpimittaluokassa, jossa oli vähintään kolme runkoa.

Tilastollista merkitsevyyttä on tarkasteltu tutkimalla ½-korkeudelta määritettyjen kosteuslukujen keskiarvoja kahdessa yleisimmässä läpimittaluokassa, jotka ovat 3.1—5.0 cm ja 5.1—7.0 cm ¼-korkeudella kuoretta. Keskiarvojen eron merkitsevyys on selvitetty t-testillä. Jos t-testi on taannut keskiarvojen eron olevan merkitsevän 90 %:n luotettavuudella eli 10 %:n riskillä, sanotaan eron olevan »mahdollisesti merkitsevän». Vastaavasti on ero 5 %:n ja 1 %:n riskillä »merkitsevä» ja »erittäin merkitsevä» (vrt. M a t t i l a 1958).

61. Kuusi

Syksyllä 1959 — keskimääräistä paremman kesän jälkeen — rasikuusien kosteus oli erittäin alhainen ja tasainen. Kosteus näyttää kuitenkin olleen

Taulukko 11. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun kuusipolttohakepuun keskimääräinen kosteus läpimittaluokittain kaatoa seuranneena syksynä.

Table 11. Average moisture content of spruce for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, by diameter, in the autumn following the felling.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	Paikkakunta *Locality*	D ¼, cm kuoretta — *D ¼, cm excluding bark*								
		2.1—3.0	3.1—4.0	4.1—5.0	5.1—6.0	6.1—7.0	7.1—8.0	8.1—9.0	9.1—10.0	10.1—11.0
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*								
Rasi 1959....	K	..	..	20	21	21	22	22	22	..
Kasa 1959....	T	20	20	22	23	..	29	..	..	..
Tela 1959....	T									
Rasi 1960....	K	25	26	25	28	26	32	..	..	..
Kasa 1960....	K	..	27	33	35	40	39	40	42	..
Roukku 1960....	K	..	26	29	31	33	39	42	38	42

Taulukko 12. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun kuusipolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä rasipuun ja rangan ½-korkeudella.

Table 12. Moisture content of spruce for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, in the autumn following felling, at ½ height of the tree left to season untrimmed on felling site, and of the bole.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	D ¼, cm kuoretta *D ¼, cm excluding bark*		t-arvo *t-value*	Kosteuseron merkitsevyys *Significance of difference in moisture*
	3.1—5.0	5.1—7.0		
	Kosteus, % *Moisture, per cent*			
Rasi 1959	19.9	20.8	1.12	Ei merkitsevä *Not significant*
Kasa 1959	22.0	24.8	2.47	Merkitsevä *Significant*
Tela 1959	20.7	23.0	2.36	Merkitsevä *Significant*
Rasi 1960.....	25.1	27.3	1.80	Mahdollisesti merkitsevä *Possibly significant*
Kasa 1960.....	31.2	38.1	3.97	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Roukku 1960.....	27.9	32.5	3.22	Erittäin merkitsevä *Highly significant*

järeimmissä tutkituissa läpimittaluokissa kaksi kosteusprosenttia korkeampi kuin ohuimmissa. Vuonna 1960 kuivuminen oli epätäydellistä. Rasikuusien kosteus jäi paitsi edellistä vuotta korkeammaksi myös sitä epätasaisemmaksi. Järeät rasipuut jäivät nytkin ohuita kosteammiksi.

Läpimitan vaikutus kosteuteen oli rangoissa huomattavasti voimakkaampi kuin rasipuissa. Pienimmät puut kuivuivat rankoina yhtä hyvin kuin rasipuina. Kuorettoman läpimitan ¼-korkeudella noustessa yli neljän senttimetrin rangat alkoivat jäädä rasipuita kosteammiksi. Kosteusero lisääntyi läpimitan edelleen kasvaessa.

Läpimitan vaikutusta polttohakepuun kosteuteen voidaan tilastollisesti tarkastella parhaiten vertailemalla kahdessa yleisimmässä läpimittaluokassa ½-korkeudelta mitattuja kosteuksia (taulukko 12). Vertailua vaikeuttaa se, että kyseiset läpimittaluokat ovat peräkkäisiä, mutta muita luokkia valittaessa olisi ollut pakko tyytyä paljon pienempään havaintojen määrään. Tällöin olisi myös ollut muutettava tilastollisessa testaamisessa käytettyä menetelmää.

Kuusipolttohakepuu kuivuu siis sitä paremmin, mitä pienemmät puut ovat kysymyksessä. Koska läpimitan vaikutus on lievin rasipuissa, rasiinkaadolla voitettu etu on suurin sellaisessa leimikossa, josta saadaan järeätä polttohakepuuta.

62. Mänty

Puun läpimitta vaikuttaa rasipuun kuivumiseen männyissä vielä voimakkaammin kuin kuusissa (taulukko 13). Koska tutkimuksissa pyrittiin selvittämään vain polttohakepuuksi käytettävän puun kuivuminen, koepuitten joukossa ei ollut järeitä yksilöitä. Läpimitan kasvaessa sen vaikutus männyn lopullisesti saavuttamaan kosteusasteeseen muuttuu luonnollisesti vähitellen yhä pienemmäksi. Kuorettoman läpimitan ylitettyä 6—7 cm ¼-korkeudella rasimännyn kuivuminen ei enää suuresti hidastu läpimitan kasvaessa. Vielä tukkimäntyjenkin kosteus alenee jonkin verran rasissa (S e p p ä n e n 1930, T u o v i n e n 1956). Aisaaminen ei poistanut läpimitan vaikutusta kosteuteen, vaikka sillä muuten oli kosteutta tasoittava vaikutus.

Läpimitan vaikutus on suurin silloin, kun polttohakepuut tehdään rangoiksi. Pienimmät mäntyrangat, joiden kuoreton läpimitta ¼-korkeudella oli alle 5 cm, kuivuivat vuonna 1959 lähes yhtä hyvin ja vuonna 1960 jopa paremmin kuin rasipuut. Suuremmissa puissa taas rasiinkaato antoi huomattavasti parempia kuivumistuloksia.

Tilastollinen testaus osoittaa, että rungon järeys vaikuttaa männyn kosteuteen eniten silloin, kun huomattavaa kuivumista tapahtuu, mutta kuivuminen jää kuitenkin vaillinaiseksi. Kun rasipuut kuivuivat melko hyvin vuonna 1959, tilastollisesti merkitsevää kosteuseroa ei syntynyt. Seuraavana

Taulukko 13. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun mäntypolttohakepuun keskimääräinen kosteus läpimittaluokittain kaatoa seuranneena syksynä Tuusulassa.

Table 13. Average moisture content of pine for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, by diameter, in the autumn following the felling in Tuusula.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	D¼, cm kuoretta — *D¼, cm excluding bark*							
	2.1—3.0	3.1—4.0	4.1—5.0	5.1—6.0	6.1—7.0	7.1—8.0	8.1—9.0	9.1—10.0
	Kosteus, % — Moisture, per cent							
Rasi 1959	..	23	25	26	27	..	..	..
Kasa 1959 Tela 1959	23	26	28	32	32	36	..	..
Rasi 1959	28	33	35	36	36	..	..	..
Rasi, ais. 1960	25	27	30	33	37	36	33	..
Kasa 1960	31	32	32	35	45	53	46	55
Roukku 1960	25	26	29	34	38	45	..	..

Taulukko 14. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun mäntypolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä rasipuun ja rangan ½-korkeudella.

Table 14. Moisture content of pine for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, in the autumn following felling at ½ height of the tree left to season untrimmed on felling site, and of the bole.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	D¼, cm kuoretta *D¼, cm excluding bark*		t-arvo *t-value*	Kosteuseron merkitsevyys *Significance of difference in moisture*
	3.1—5.0	5.1—7.0		
	Kosteus, % *Moisture, per cent*			
Rasi 1959	23.3	25.9	1.45	Ei merkitsevä *Not significant*
Kasa 1959	25.7	36.4	4.13	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Tela 1959	26.0	31.4	2.03	Merkitsevä *Significant*
Rasi 1960	31.6	36.7	2.98	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Rasi, ais. 1960	29.0	37.6	4.80	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Kasa 1960	32.4	41.2	3.79	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Roukku 1960	27.7	36.5	4.53	Erittäin merkitsevä *Highly significant*

vuonna kosteus jäi korkeammaksi. Tällöin läpimitan vaikutus kosteuteen oli tilastollisesti merkitsevä, vaikka kosteusarvojen jakautuman hajoitus oli suuri. Rangoissa läpimitan vaikutus kosteuteen oli jokaisessa taulukon 14 esittämässä tapauksessa vähintään merkitsevä, yhtä poikkeusta lukuunottamatta myös erittäin merkitsevä.

63. Koivu

Koivupolttohakepuu saavuttaa rasiin kaadettuna rungon läpimitasta riippumatta keskimäärin lähes 30 %:n kosteuden, jos rasiinkaato suoritetaan riittävän ajoissa ennen kuivumiskauden päättymistä.

Myös polttohakepuun koon sivuuttaneet koivut saavuttavat saman kosteusasteen kuin pienikokoiset koivut. J a l a v a (1938) on todennut, että 29—33 %:n (40—50 %) kosteus muodostaa »jonkinlaisen tasapainotilan, jonka alle kosteus ei hevin voi mennä tätä kuivattamistapaa (rasiinkaatoa) käytettäessä, mutta jonka yläpuolellekaan kosteus ei jää, jos vain kuivumisolosuhteet ja -edellytykset sen tekevät mahdolliseksi». Testattaessa rasikoivujen kosteuseroa rungon ½-korkeudella kahdessa läpimittaluokassa vuonna 1960 saatiin kosteusero merkitseväksi 95 %:n luotettavuudella (taulukko 16). Huolimatta tästä voidaan sanoa, että läpimitta ei ainakaan suuresti vaikuta siihen kosteusasteeseen, jonka koivu voi rasiinkaadettuna saavuttaa. Niinpä W a r s t a (1961) mittasi heinäkuussa 1959 kaadetuille rasikoivuille 11 viikkoa kaatohetken jälkeen seuraavat rungon keskimääräiset kosteudet.

D 1.3 cm	Kosteus, %
5—10	29.7
11—15	29.8
16—20	30.2

Rangoiksi tehtyjen koivujen lopullinen kosteus riippuu läpimitasta. Läpimitan vaikutus on kuitenkin pienempi kuin havupuilla. Tähän lienee osaksi syynä se, että kuorellinen koivuranka kuivuu varsin huonosti. Kuorellisen havupuun kuivumista edistää muun muassa se, että kaarnakuoriaiset tekevät kuoreen reikiä ja irroittavat kuorta puusta syömällä pois nilan. Koivun kuori säilyy paremmin, ja vahingoittumattomana se tuskin läpäisee puuaineesta haihtuvaa vettä. Läpimitan vaikutus koivurankojen kosteuteen on suurin silloin, kun kuivumisolosuhteet ovat hyvät. Huonoissa olosuhteissahan pienetkin rangat jäävät kosteiksi, eikä suuria kosteuseroja synny.

H e i s k a n e n (1959 a) on havainnut, että läpimitta vaikuttaa kaksimetrisen, kuorellisen koivupinotavaran saavuttamaan kosteuteen. Pienet pölkyt saavuttavat alhaisemman kosteusasteen, mutta ero on erittäin vähäinen heikosta kuivumisesta johtuen. Jos koivupölkyt aisataan, kuivuminen lisääntyy ja läpimitan vaikutus tulee voimakkaammaksi.

Taulukko 15. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun koivupolttohakepuun keskimääräinen kosteus läpimittaluokittain kaatoa seuranneena syksynä.

Table 15. Moisture content of birch for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, in the autumn following felling, at ½ height of the tree left to season untrimmed on felling site, and of the bole.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	Paikkakunta *Locality*	D ¼, cm kuoretta — *D ¼, cm excluding bark*						
		2.1—3.0	3.1—4.0	4.1—5.0	5.1—6.0	6.1—7.0	7.1—8.0	8.1—9.0
		Kosteus, % — *Moisture, per cent*						
Rasi 1959	K	..	..	30	31	30	31	30
Kasa 1959	T	23	28	31	33	35	38	..
Tela 1959	T							
Rasi 1960	K	32	33	32	33	33	32	..
Kasa 1960	K	32	36	39	39	40	44	..
Roukku 1960	K	37	36	39	40	41	43	45

Taulukko 16. Ennen heinäkuuta 1959 ja ennen kesäkuuta 1960 kaadetun koivupolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä rasipuun ja rangan ½-korkeudella.

Table 16. Moisture content of birch for fuel chips, felled before July 1959 and before June 1960, in the autumn following felling, at ½ height of the tree left to season untrimmed on felling site, and of the bole.

Varastoimistapa ja vuosi *Method of storage and year*	D ¼, cm kuoretta *D ¼, cm excluding bark*		t-arvo *t-value*	Kosteuseron merkitsevyys *Significance of difference in moisture*
	3.1—5.0	5.1—7.0		
	Kosteus, % *Moisture, per cent*			
Rasi 1959	29.5	29.9	0.67	Ei merkitsevä *Not significant*
Kasa 1959	26.6	32.7	3.00	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Tela 1959	31.0	33.0	1.52	Ei merkitsevä *Not significant*
Rasi 1960	32.5	33.9	2.07	Merkitsevä *Significant*
Kasa 1960	37.8	39.8	2.22	Merkitsevä *Significant*
Roukku 1960	38.0	41.2	3.66	Erittäin merkitsevä *Highly significant*

64. Harmaaleppä

Tutkimusaineisto ei osoita, että leppärasipuitten saavuttama kosteus riippuisi puun läpimitasta. Sitä vastoin leppärankojen kosteus on erittäin merkitsevästi läpimitasta riippuvainen (taulukot 17 ja 18). Harmaalepän kuivuminen muistuttaa siis tässäkin suhteessa koivua.

Rankojen eri läpimittaluokkien väliset kosteuserot olivat pienempiä kuin havupuilla ja suuruusluokaltaan samanlaisia kuin koivulla. Pienikokoisetkin lepät jäivät verraten kosteiksi Siuntiossa vuonna 1960.

Taulukko 17. Ennen kesäkuuta kaadetun leppäpolttohakepuun keskimääräinen kosteus lokakuussa 1960.

Table 17. Moisture content of grey alder for fuel chips felled before June in October 1960.

Varastoimistapa *Method of storage*	D ¼, cm kuoretta — *D ¼, cm excluding bark*				
	2.1—3.0	3.1—4.0	4.1—5.0	5.1—6.0	6.1—7.0
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*				
Rasi	34	34	34	35	37
Kasa	38	38	40	44	43
Roukku	34	34	36	39	38

Taulukko 18. Ennen kesäkuuta kaadetun leppäpolttohakepuun kosteus lokakuussa 1960 rasipuun ja rangan ½-korkeudella.

Table 18. Moisture content of grey alder for fuel chips felled before June in October 1960, at ½ height of the tree left to season untrimmed on felling site, and of the bole.

Varastoimistapa *Method of storage*	D ¼, cm kuoretta *D ¼, cm excluding bark*		t-arvo *t-value*	Kosteuseron merkitsevyys *Significance of difference in moisture*
	3.1—5.0	5.1—7.0		
	Kosteus, % *Moisture, per cent*			
Rasi	34.0	35.1	0.87	Ei merkitsevä *Not significant*
Kasa	40.0	44.4	3.66	Erittäin merkitsevä *Highly significant*
Roukku	35.4	39.7	3.94	Erittäin merkitsevä *Highly significant*

7. Käsittelytavan ja kaatoajan vaikutus polttohakepuun kosteuteen

Tutkimuksessa pyrittiin löytämään menetelmä, jota käyttäen polttohakepuun kosteus saadaan laskemaan yhden kesän aikana mahdollisimman alhaiseksi. Erityisesti kiinnitettiin huomiota pienikokoisen puun rasiinkaadon tarjoamiin mahdollisuuksiin, mutta lisäksi tutkittiin erilaisten varastomuodostelmien vaikutusta polttohakerankojen kosteuteen syksyllä. Näihin seikkoihin liittyy olennaisesti sopivimman kaatoajan selvittäminen.

Kunkin kaatoerän lopullinen kosteus syksyllä määritettiin 10—30 koepuun perusteella. Muutamissa tapauksissa oli tyydyttävä pienempäänkin aineistoon. Koepuitten läpimittajakautuma oli laaja. Läpimitan on jo edellä osoitettu vaikuttavan voimakkaasti polttohakepuun kuivumiseen ja lopulliseen kosteuteen. Kun lisäksi samaan läpimittaluokkaan kuuluvien runkojen välillä on kuivumiskauden päätyttyä suuria kosteuseroja, koostuu eri kaatoerien keskimääräinen kosteus jyrkästi vaihtelevista yksityisten rasipuitten tai rankojen kosteusarvoista. Koska polttohakepuun kosteus vaihtelee täten suuresti paitsi useasta tunnetusta tekijästä riippuen myös epäsäännöllisesti, luovuttiin tarkastelemasta tilastollisesti kaatoajan vaikutusta polttohakepuun kosteuteen syksyllä. Sitä vastoin voitiin varastomuodostelman vaikutusta selvitellä tilastollisesti, kun usean kaatokuukauden aineisto yhdistettiin.

71. Kuusi

Käyttäen samoja lukuja, joilla tutkittiin läpimitan vaikutusta polttohakepuun kosteuteen (taulukko 12), voidaan tilastollisesti vertailla toisiinsa myös rasipuitten ja eri tavoin varastoitujen rankojen kosteutta syksyllä. Testattaessa eri tavoilla käsiteltyjen polttohakepuitten kosteuserojen merkitsevyyttä saatiin ero seitsemän kertaa erittäin merkitseväksi ja kolme kertaa merkitseväksi. Vain kahdessa tapauksessa ero ei ollut merkitsevä.

Käyttämällä rasiinkaatoa saatiin kuivempaa puuta kuin tekemällä polttohakepuut rangoiksi.

Rangoista kuivuivat roukkupinoon ja telaan varastoidut paremmin kuin kasassa säilytetyt.

Taulukko 19. Eri aikoina kaadetun kuusipolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä.

Table 19. Moisture content in the autumn following felling of spruce for fuel chips, felled at different dates.

Kaatokuukausi *Felling month*	Paikkakunta ja tutkimusvuosi — *Locality and year*								
	K—59	L—59	J—59	R—59	K—60	T—59	T—59	K—60	K—60
	Varastoimistapa — *Method of storage*								
	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Kasa	Tela	Kasa	Roukku
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*								
XII	22	..	32	25	..	..	..	..	..
I	22	20	29	29	31	24	..	37	32
II	21	19	27	28	27	21	22	35	30
III	21	19	28	25	..	21	20	..	..
IV	20	20	27	30	24	21	22	36	31
V	21	21	31	28	26	22	20	32	36
VI	22	21	31	26	32	24	23	36	36
VII	23	21	31	28	37	31	28	40	39
VIII	28	34	39	40	38	37	40	44	45
IX	37	43	49	45	..	52	51	..	..
X	..	..	48	46	..	..	..	..	..
XI	..	..	54	44	..	..	..	..	..

Telaa ja roukkupinoa ei voida suoranaisesti verrata toisiinsa, koska niitä tutkittiin eri vuosina. Vertaamalla kummallakin tavalla varastoitujen rankojen kosteutta kasaan varastoitujen rankojen kosteuteen voidaan päätellä, että roukkupino — sellaisena kuin se oli tässä tutkimuksessa — on kuivumisen kannalta ainakin yhtä edullinen kuin tela.

Varhaisimmat kaadot suoritettiin jo joulukuussa. Heiskanen ja Hakkila (1960) ovat huomauttaneet vuoden 1959 tulosten perusteella, että ennen lumen tuloa kaadetut rasipuut ja rangat kuivuivat seuraavana kesänä hiukan hitaammin kuin talvella kaadetut. Tähän saattoi kuitenkin olla syynä yhtä hyvin jokin muu tekijä kuin kaatoaika, koska eri kaatoerien välillä oli epäsäännöllistä kosteusvaihtelua. Nyt käytettävissä olevan koko aineiston perusteella näyttää siltä, että joulukuu ei ollut liian varhainen kaatoaika edes rasipuille. Tästä seuraa, että polttohakepuitten kosteus muodostui syksyyn mennessä sitä alhaisemmaksi, mitä aikaisemmin puut kaadettiin. Näin oli kuitenkin vain tiettyyn aikarajaan saakka. Jos kaato tapahtui ennen kyseistä aikaa, polttohakepuut saavuttivat saman kosteusasteen kaatoajasta riippumatta. Oli siis samantekevää, milloin puut kaadettiin, jos työ vain suoritettiin määrättyyn ajankohtaan mennessä. Tämä ajankohta riippui olosuhteista, puulajista, puun käsittelytavasta ym. tekijöistä. Koska tulevia kuivumisolosuhteita ei voida tietää etukäteen, olisi kaatoaika mahdollisuuksien mukaan valittava huonoihin sääsuhteisiin varautuen. Siirtämällä kaatoajankohtaa aikaisemmaksi ei huonojen olo-

suhteitten sattuessa voida luonnollisestikaan päästä samaan kosteuteen kuin hyvissä olosuhteissa. Kaatoajankohdan siirtämisellä voidaan vain varmistaa kyseisissä olosuhteissa mahdollisen kosteusasteen saavuttaminen.

Kuusirasipuut voitiin vuonna 1959 kaataa kaikilla paikkakunnilla vielä heinäkuussa, jotta kuivuminen olisi ollut mahdollisimman täydellinen. Jos kaato tapahtui heinäkuun puolivälin mennessä, saavutettiin seuraavat keskimääräiset kosteudet: Kirkkonummella 21—22 %, Lopella 20 %, Jyväskylässä 29—30 % ja Rovaniemellä 27—28 %. Jos kaato suoritettiin kuukautta myöhemmin, kosteus jäi kaikkialla huomattavasti korkeammaksi. Vuonna 1960 kuusirasipuut oli kaadettava Kirkkonummella jo viimeistään toukokuussa, jolloin saavutettiin 27 %:n keskimääräinen kosteus.

Kuusirangat oli valmistettava vuonna 1959 Tuusulassa viimeistään kesäkuussa, mutta mieluimmin jo toukokuussa. Tällöin rankojen kosteus oli syksyllä 21—22 %. Kuusirangat olivat $^1/_4$-korkeuden läpimitaltaan keskimäärin $2\,^1/_2$ cm ohuempia kuin kuusirasipuut, mikä seikka selittää sen, että ranka- ja rasipuuerien kosteus oli syksyllä 1959 yhtä suuri. Vuonna 1960 kuusirangat oli valmistettava viimeistään touko—kesäkuussa, mutta silloinkin kosteus jäi runsaasti yli 30 %:n. Huomautettakoon kuitenkin jälleen, että jälkimmäisenä vuonna kuusirangat olivat keskimäärin järeämpiä kuin edellisenä.

Callin (1958) tutki rasiin kaadetun polttohakepuun kuivumista kesällä 1958 Södermanlandissa Ruotsissa. Rasipuita kaadettiin 22. 5.—15. 8. 1958 ja kosteusnäytteet otettiin lokakuussa 1958. Puitten läpimitta rinnankorkeudella vaihteli 3—10 cm:n välillä kuoren päältä mitattuna. Varhaisimmissa kaadoissa kuusen kosteus, joka kaatohetkellä oli ollut 57 %, laski 27 %:iin. Mitä myöhäisemmäksi kaatohetki siirtyi, sitä korkeammaksi jäi kuusirasipuitten kosteus. Tulokset olivat siis hyvin samanlaiset kuin käsillä olevassa tutkimuksessa jälkimmäisenä tutkimusvuonna. Tutkimusaikana olosuhteet olivat kuivumiselle epäsuotuisat — näinhän oli asianlaita myös vuonna 1960. Callin tutki vielä kasaan koottujen rasipuitten kuivumista. Noin 40 rasipuun muodostamassa kasassa kuusen kosteus oli lokakuun loppupuoliskolla kasan yläosassa 26 % ja alaosassa 35 %, joten kasalle kerääminen pienensi kuivumista. Kyseiset puut kaadettiin ja kasattiin toukokuun lopussa ja kesäkuun alussa. Toukokuun lopussa tehtyjen kasaan varastoitujen kuusirankojen kosteus oli 42 %.

72. Mänty

Testattaessa käsittelytavan vaikutusta mäntypolttohakepuun kosteuteen taulukossa 14 esitetyillä luvuilla saadaan kosteusero vain kolmessa tapauksessa erittäin merkitseväksi ja samoin kolmessa merkitseväksi. Neljässä tapa-

Taulukko 20. Eri aikoina kaadetun mäntypolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä (x = tyvestä aisatut rasimännyt).

Table 20. Moisture content in the autumn following felling of pine for fuel chips, felled at different dates (x = barked in strips).

Kaatokuukausi *Felling month*	Paikkakunta ja tutkimusvuosi — *Locality and Year*									
	T—59	L—59	J—59	R—59	T—60	T—60	T—59	T—59	T—60	T—60
	Varastoimistapa — *Method of storage*									
	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi[x]	Kasa	Tela	Kasa	Roukku
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*									
XII	25	..	41	29	31	27	31	..	41	35
I	25	35	40	36	..	..	35	31	..	..
II	24	33	37	33	34	30	28	28	37	32
III	23	36	40	39	..	..	26	27	..	..
IV	29	33	38	35	37	34	30	25	35	28
V	26	33	31	34	33	34	31	27	37	30
VI	24	35	41	37	42	41	28	27	48	45
VII	31	35	35	39	44	46	42	45	51	50
VIII	42	43	48	49	48	48	46	49	54	52
IX	47	45	48	49	..	..	51	50	..	..
X	..	..	54	54	..	..	..	..	..	..
XI	..	..	51	54	..	..	..	..	..	..

uksessa kosteusero on enää mahdollisesti merkitsevä ja peräti kahdeksassa tapauksessa ero ei ole 10 %:n riskilläkään merkitsevä. Vaikka eri tavoin käsitellyissä polttohakepuissa keskimääräiset kosteuserot olivat suuria, erot eivät useinkaan olleet merkitseviä. Tämä aiheutui kosteusarvojen jakautuman laajasta hajoituksesta, mikä oli ominaista erityisesti männylle.

Taulukko 20 osoittaa, että rasiinkaadolla saavutettiin alhaisempi kosteus kuin tekemällä polttohakepuut suoraan rangoiksi.

Tyven aisaaminen edisti rasipuitten kuivumista. Myöhään — kesällä 1960 toukokuun jälkeen — kaadettujen mäntyjen aisaaminen ei lisännyt kuivumista.

Roukkuun tai telaan varastoidut rangat saavuttivat alhaisemman kosteuden kuin kasassa säilytetyt.

Jotta olisi saavutettu mahdollisimman alhainen kosteus, männyt oli kaadettava rasiin vuoden 1959 tutkimuksissa viimeistään heinäkuussa, Tuusulassa kuitenkin viimeistään kesäkuussa. Ennen heinäkuuta kaadettujen mäntyjen kosteus oli marraskuussa 1959 Tuusulassa keskimäärin vain 25 %, mutta heinäkuun mäntyjen kosteus oli jo 31 %. Muilla paikkakunnilla ennen heinäkuuta kaadettujen rasimäntyjen kosteus muodostui seuraavaksi: Lopella 34 %, Jyväskylässä 38 % ja Rovaniemellä 35 %. Vuonna 1960 rasipuut oli kaadettava Tuusulassa jo ennen kesäkuuta. Tällöinkin jäi männyn kosteudeksi 34 %. Aisattujen mäntyjen kosteus oli syksyllä 1960 vastaavasti

Taulukko 21. Heinä—syyskuussa 1959 kaadetun mäntypolttohakepuun kosteus marraskuussa 1959 ja syyskuussa 1960 Tuusulassa.

Table 21. Moisture content in November 1959 and September 1960 of pine for fuel chips felled in July—September 1959 (Tuusula).

Varastoimistapa *Method of storage*	Kaatokuukausi *Felling month*	Kosteus, % — *Moisture, per cent*	
		marraskuussa 1959 *in November 1959*	syyskuussa 1960 *in September 1960*
Rasi	VII	31	34
»	VIII	42	36
»	IX	47	40
Kasa	VII	42	33
»	VIII	46	37
»	IX	51	39
Tela	VII	45	33
»	VIII	49	35
»	IX	50	39

31 %. Tuusulassa ja Rovaniemellä koepuitten keskimääräinen läpimitta oli pienempi kuin muilla paikkakunnilla.

Vuonna 1959 mäntyrangat oli tehtävä viimeistään kesäkuussa ja seuraavana vuonna viimeistään toukokuussa mahdollisimman suuren kuivumisen saavuttamiseksi. Näin menetellen oli mäntyrankojen keskimääräinen kosteus vuonna 1959 kasassa 30 % ja telassa 27—28 % sekä vuonna 1960 kasassa 37—38 % ja roukkupinossa 31 %. Jos kaatoaika lykkääntyi mainituista ajoista kuukaudella myöhäisemmäksi, rankojen kosteus jäi korkeaksi.

Polttohakepuun kaatamisen ajankohdan sopivuuden ratkaisee loppujen lopuksi yksistään se, miten pitkä kuivumiskausi on vielä jäljellä kyseisen ajankohdan jälkeen. Tämän vuoksi tarkastellaan lyhyesti männyssä toisen kesän aikana tapahtuvaa kuivumista (taulukko 21). Kuivimpien rasipuitten kosteus lisääntyi, mutta tuoreimpien kosteus taas alentui toisena kesänä. Rankojen kosteus alentui niinikään, mutta tutkittujen rankojen joukossa ei ollut sellaisia, jotka olisivat huomattavasti kuivuneet jo ensimmäisenä kesänä. Rasipuitten kuivuminen ei tapahtunut toisena kesänä tietenkään enää neulasten kautta. Niinpä rasipuitten ja rankojen kosteus muodostuikin yhtä suureksi. Keväällä 1960 kaadetut rasipuut saavuttivat alhaisemman kosteuden kuin loppukesällä 1959 kaadetut syksyyn 1960 mennessä. Vastaavina ajankohtina tehdyt rangat saavuttivat suunnilleen saman kosteusasteen syksyyn 1960 mennessä. Kahden kesän metsävarastointi ei näin ollen osoittautunut edulliseksi ainakaan mäntypolttohakepuun kuivumiselle.

Callinin (1958) tutkimuksissa toukokuun loppupuolella rasiin kaadettujen mäntyjen kosteus laski 58 %:sta 33 %:iin lokakuuhun mennessä. Mäntyrasipuitten lopulliseksi jäänyt kosteus kasvoi nopeasti, kun kaatoaika siirtyi myöhäisemmäksi. Heinäkuussa kaadettujen rasimäntyjen kosteus jäi

50 %:n yläpuolelle. Jos rasipuut koottiin 40 puun kasaan, toukokuun lopussa ja kesäkuun alkupuoliskolla kaadettujen puitten kosteus oli lokakuussa kasan yläosassa 33 % ja alaosassa 50 %. Toukokuun lopussa tehtyjen mäntyrankojen kosteus oli lokakuussa 29 % eli pienempi kuin vastaavien rasipuitten.

73. Koivu

Taulukon 16 lukujen avulla tarkasteltiin tilastollisesti varastoimistavan vaikutusta koivupolttohakepuun kosteuteen. Rasipuitten kosteus osoittautui viidessä tapauksessa kahdeksasta olevan erittäin merkitsevästi alhaisempi kuin rankojen kosteus. Kahdessa tapauksessa ei esiintynyt eroa lainkaan. Yhdessä tapauksessa rangat olivat erittäin merkitsevästi kuivempia kuin rasipuut. Tällöin olivat kysymyksessä vuosi 1959 ja tutkituista läpimittaluokista pienempi. Myös muilla puulajeilla saattoivat pieniläpimittaiset rangat saavuttaa tuolloin alhaisemman kosteuden kuin rasipuut. Kun otetaan huomioon kaikenkokoiset polttohakepuut, rasiinkaato osoittautui siis edullisimmaksi koivun kuivumisen kannalta.

Rasiinkaadon ajankohdalla ei ole suurta merkitystä. Kaato voidaan suorittaa ennen lehtien puhkeamista. Toisaalta kaatohetki voidaan siirtää loppukesäänkin, mutta ei kuitenkaan niin myöhäiseksi, että koivun lehdet ovat kaadettaessa jo kellastuneet. Vuonna 1959 vielä syyskuussa rasiin kaadetut

Taulukko 22. Eri aikoina kaadetun koivupolttohakepuun kosteus kaatoa seuranneena syksynä.

Table 22. Moisture content in the autumn following felling of birch for fuel chips, felled at different dates.

Kaatokuukausi *Felling month*	Paikkakunta ja tutkimusvuosi — *Locality and year*								
	K—59	L—59	J—59	R—59	K—60	T—59	T—59	K—60	K—60
	Varastoimistapa — *Method of storage*								
	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Rasi	Kasa	Tela	Kasa	Roukku
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*								
XII	33	..	30	28	..	32	..	..	..
I	30	27	31	29	33	30	..	36	37
II	29	29	31	29	32	27	31	36	37
III	30	29	30	28	..	27	31	..	..
IV	30	30	29	29	34	31	34	41	41
V	31	29	32	30	33	31	35	41	39
VI	30	30	32	31	32	27	34	41	41
VII	28	..	30	30	32	34	35	43	42
VIII	29	29	32	31	41	36	36	43	43
IX	30	..	32	34	..	41	39	..	..
X	..	..	43	44	..	..	..	..	..
XI	..	..	43	43	..	..	..	..	..

koivut saavuttivat saman kosteusasteen kuin aikaisemmin kaadetut muualla paitsi Rovaniemellä, missä niitten kosteus jäi noin neljä kosteusprosenttia korkeammaksi kuin ennen syyskuuta kaadettujen koivujen kosteus. Eri paikkakunnilla rasiin kaadettu koivupolttohakepuu saavutti vuonna 1959 seuraavat kosteusasteet: Kirkkonummella 30 %, Lopella 29 %, Jyväskylässä 31 % ja Rovaniemellä 30 %. Vuotta myöhemmin koivun kosteus oli Kirkkonummella keskimäärin 32 %.

Lokakuu on jo liian myöhäinen rasiinkaatoaika, sillä lehdet eivät ole silloin enää täysin haihdutuskykyisiä myöhäisenäkään vuonna ja toisaalta sääolosuhteet estävät kuivumisen.

Kuusi- ja mäntyrangat kuivuivat telassa ja roukussa selvästi paremmin kuin kasassa. Koivurangat sitä vastoin kuivuivat vuonna 1960 yhtä hyvin roukussa ja kasassa. Vuonna 1959 kasaan varastoidut koivurangat näyttivät kuivuvan jopa paremmin kuin telaan varastoidut. Voidaan joka tapauksessa todeta, että kasa on yhtä edullinen koivurankojen kuivumisen kannalta kuin tela ja roukku.

Vuonna 1959 ennen heinäkuuta kaadettujen koivurankojen kosteus jäi kasassa 29 %:iin. Heinä—elokuun puitten kosteus oli syksyllä 35 % kaatohetken alhaisen kosteuden ansiosta. Vuonna 1960 koivurankojen kosteus jäi erittäin korkeaksi, sillä talvella kaadettujen kosteus oli syksyllä 36—37 % ja myöhemmin kaadettujen jo yli 40 %. Koivurankojen kuivuminen oli siten tyydyttävää vain erittäin hyvissä olosuhteissa.

C a l l i n (1958) tuli 22. 5.—15. 8. 1958 Södermanlandissa suorittamissaan tutkimuksisa edellä esitetyn kanssa yhdenmukaisiin tuloksiin. Kaikki rasiinkaatoajat, joita käytettiin, osoittautuivat yhtä sopiviksi. Mainittujen päivämäärien välillä kaadettujen rasikoivujen kosteus oli lokakuussa 1958 32—33 %. Osa touko—kesäkuun vaihteen tienoilla kaadetuista rasikoivuista kerättiin 40 puun kasaan, jolloin kasan yläosan koivujen kosteus oli lokakuussa 31 % ja alaosan kosteus vastaavasti 42 %. Toukokuun lopussa tehtyjen, kasaan varastoitujen rankojen kosteus oli lokakuussa 41 %. Koivut olivat samaa järeysluokkaa kuin käsillä olevassa tutkimuksessa, rinnankorkeusläpimitaltaan 3—10 cm kuoren päältä.

74. Harmaaleppä

Käsittelyn vaikutusta leppäpolttohakepuun kosteuteen selvittää taulukon 18 tilastollinen tarkastelu. Jos eri tavoin käsiteltyjen leppien keskimääräisiä kosteusarvoja verrataan kummassakin läpimittaluokassa keskenään, voidaan todeta erojen olevan viidessä tapauksessa erittäin merkitsevän ja kuudennessakin tapauksessa merkitsevän. Leppä kuivui parhaiten rasissa, sitten rankana roukussa ja huonoimmin rankana kasassa.

Taulukko 23. Eri aikoina kaadetun leppäpolttohakepuun kosteus lokakuussa 1960 Siuntiossa.

Table 23. Moisture content in October 1960 of grey alder for fuel chips, felled at different dates in Siuntio.

Kaatokuukausi *Felling month*	Varastoimistapa — *Method of storage*		
	Rasi	Kasa	Roukku
	Kosteus, % — *Moisture, per cent*		
II	32	40	37
IV	35	40	35
V	35	42	36
VI	34	38	35
VII	34	46	42
VIII	36	44	42

Helmi—elokuussa 1960 kaadetut rasilepät saavuttivat 34—35 %:n kosteuden syksyyn mennessä kaatoajasta riippumatta. Ennen heinäkuuta valmistettujen roukkupinoon varastoitujen rankojen kosteus oli lokakuussa 36 %. Myöhemmin kaadetut jäivät selvästi kosteammiksi. Kasassa säilytetyt rangat kuivuivat erittäin huonosti, sillä ennen heinäkuuta tehtyjen rankojen kosteus oli lokakuussa 40 % ja myöhemmin tehtyjen rankojen kosteus oli vielä korkeampi.

Leppärasipuut ja kasaan varastoidut leppärangat jäivät selvästi koivuja kosteammiksi. Tähän vaikutti ainakin osaksi leppäkoealan runsas vesoittuminen kesän kuluessa. Kun metsikössä suoritettiin voimakas harvennus ja maaperä oli lisäksi hyvälaatuista, koealalle nousi harvennuksen jälkeen rehevä leppävesakko. On luonnollista, että se haittasi maassa lojuvien rasipuitten ja kasaan kerättyjen rankojen kuivumista. Tämä ilmiö on yleinen sellaisissa tapauksissa, joissa harvennetaan voimakkaasti nuorta lehtipuuta kasvavaa riukumetsää.

Muutamilla koepuilla selvitettiin leppärasipuitten kuivumista silloin, kun puut kaadetaan niin huolimattomasti, että ne jäävät kantoon kiinni. Tällaisissa tapauksissa lepän kuivuminen oli hyvin vähäistä.

W a r s t a n (1961) tutkimuksessa 6. 7. 1959 kaadettujen rasileppien kosteus oli 14 viikon rasissaoloajan kuluttua 33.1 %. C a l l i n (1958) mainitsee esittämättä mitään lukuja lepän rasiinkaadon antaneen suunnilleen samanlaisia tuloksia kuin koivun rasiinkaadon.

8. Käytännöllisiä näkökohtia

Polttohakepuun kuivumisen kannalta edullisimman hankintamenetelmän löytäminen ei sellaisenaan vielä riitä, vaan on selvitettävä kokonaisuuden kannalta taloudellisesti edullisin menetelmä. Tällöin on asetettava rinnakkain toisaalta mahdollisesti aiheutuvat lisäkustannukset ja toisaalta polttohakepuun kosteuden alentumisella saavutettu hyöty. Jotta näitä seikkoja voitaisiin verrata toisiinsa, on ensiksi tarkasteltava kirjallisuuden perusteella, missä määrin kosteuden lisääntyminen alentaa polttohakkeen arvoa.

81. Kosteuden polttohakepuun arvoa alentava vaikutus

Puun palaessa syntyvästä lämmöstä kuluu osa puun sisältämän veden haihduttamiseen. Jäljelle jäävä lämpömäärä muodostaa puun tehollisen lämpöarvon. Mitä vähemmän puussa on vettä, sitä korkeampi on sen lämpöarvo.

Puun tehollinen lämpöarvo märkäpainoyksikköä kohti (Ha) voidaan laskea seuraavalla kaavalla, jossa F tarkoittaa puun märkäpainosta laskettua kosteusprosenttia.

Koivu ..... Ha (kcal/kg) = 4 510—50.95 × F
Kuusi ..... Ha (kcal/kg) = 4 530—51.15 × F
Mänty ..... Ha (kcal/kg) = 4 620—52.05 × F

Tätä kaavaa apunaan käyttäen ovat Heiskanen ja Jokihaara (1960) määrittäneet hakeirtokuutiometrin lämpöarvon puun kosteuden vaihdellessa. Hakkeen tiheys ja siten myös irtokuutiometrin sisältämä lämpöarvo riippuvat käytettävästä hakkurityypistä. Alla esitetään Heiskasen ja Jokihaaran laskemat lämpöarvot käytettäessä Lokomo $ZH_3$6A-hakkuria.

Hakelaji	Kosteus, %					Kuiva-aine paino
	20	25	30	40	50	
	Tehollinen lämpöarvo, Mcal/i-m³					kg/i-m³
Koivuhake	894	884	873	845	..	205
Havuhake	752	745	735	712	679	170

Muita hakkurimalleja käytettäessä irtokuutiometrin sisältämän hakemäärän lämpöarvo oli huomattavasti korkeampi, mutta kosteuden vaikutus lämpöarvoon oli luonnollisesti samansuuruinen kuin yllä.

B e i j b o m (1959) on esittänyt vastaavasti hakekuutiometrin lämpösisällön, kun hakekuutiometrin kiintomitasta on 40 % puuta.

Hakelaji	Kosteus, %			Kuiva-aine paino
	0	30	50	
	Tehollinen lämpöarvo, Mcal/i-m³			kg/i-m³
Koivuhake	900	855	780	195
Kuusihake	735	700	640	160
Mäntyhake	700	670	604	152

Tässä yhteydessä ei ole syytä kiinnittää huomiota mainituissa tutkimuksissa saatujen tulosten absoluuttisiin eroihin. Kosteuden laskiessa 50 %:sta 30 %:iin hakkeen lämpöarvo nousee B e i j b o m i n mukaan noin 10 %. H e i s k a s e n ja J o k i h a a r a n esittämien lukujen mukaan havuhakkeen lämpöarvo nousee vastaavasti 8 %.

Puun tehollista lämpöarvoa vastaavaa lämpömäärää ei saada talteen kokonaisuudessaan. Hyötysuhde ilmoittaa, kuinka monta prosenttia käytettävissä olevasta lämpömäärästä saadaan talteen. Puun kosteuden muuttuessa myös hyötysuhde muuttuu. B e i j b o m mainitsee, että jos hakkeen kosteuden ollessa 30 % saadaan 75 %:n hyötysuhde, ei 50 %:n kosteudessa voida saada enempää kuin 65 %:n hyötysuhde. Tämän perusteella hän ilmoittaa hyväksikäytetyn lämpömäärän eri kosteusasteissa olevan seuraavan.

Hakelaji	Kosteus 30 % Hyötysuhde 75 %	Kosteus 50 % Hyötysuhde 65 %
	Hyväksikäytetty lämpömäärä Mcal/i-m³	
Koivuhake	640	505
Kuusihake	550	415
Mäntyhake	525	393

Polttohakkeesta saatava hyötysuhde riippuu ratkaisevasti hakekattilasta. A l a r a n n a n (1960) mukaan useimmissa kattiloissa on edullisinta hake, jonka kosteus on 30—40 %. Jos kattilan suunnitteluvaiheessa tiedetään hakkeen kosteus, se voidaan ottaa huomioon kattilan mitoituksessa. Kaikesta huolimatta hyötysuhde huonontuu jyrkästi kosteusprosentin noustessa yli 50. Tämä aiheutuu siitä, että liekin lämpötila ei ole enää riittävän korkea kaikkien kehittyvien kaasujen palamiseen. Jos hakkeen kosteus nousee yli 50 %:n, tarvitaan polttamisessa erikoistoimenpiteitä, kuten hakkeen esikuivausta tai palamisilman esilämmitystä (V u o r e l a i n e n 1959). Eräässä norjalaisessa meijerissä saatiin hyötysuhde nousemaan 71.1 %:sta 82.3 %:iin,

kun hakkeen kosteus alennettiin esikuivauksella 46 %:sta 26.8 %:iin (Vuorelainen 1959).

Polttohakepuun kosteuden alentuessa samasta puumäärästä talteen saatava lämpömäärä lisääntyy. Samalla pienenee vastaavasti tietyn lämpömäärän kehittämistä varten tarvittava hakevarastotila. Jos polttohakkeen kosteus laskee 50 %:sta 30 %:iin, talteen saatava lämpömäärä kohoaa 30 %. (Beijbom 1959). Varastotilan tarve pienenee vastaavasti 30 %. Näin muodostuu huomattava kustannussäästö, sillä hakelämmityksessä tarvitaan useinkin laajoja varastotiloja. Kosteudeltaan 30-prosenttinen hake vaatii sekin vielä kivihiileen verrattuna kuusinkertaisen ja koksiin verrattuna viisinkertaisen varastotilan saman lämpömäärän kehittämiseksi. Vuorelaisen (1958) mukaan polttoainevaraston tilavuutta mitoitettaessa voidaan käyttää seuraavia arvoja.

Polttoaine	Kosteus, %	Varastoitu lämpömäärä Mcal/m³
Metsätuore havupuuhake	40	600
Kuiva koivuhake	25	1 100
Hyvät koivuhalot	..	1 400
Kivihiili	..	4 800

Hakepuun kosteuden pienentyessä hakepuun ja siitä valmistetun hakkeen paino alenee. Kevyemmän tavaran käsittely tulee kaikissa hankinnan vaiheissa halvemmaksi kuin tuoreen ja raskaan tavaran. Kosteuden laskiessa 50 %:sta 30 %:iin hakkeen paino alenee lähes 30 %.

Hakkeen korkean kosteuden tuottamista haittatekijöistä on vielä mainittava kattilan tulipintojen nokeentuminen (Kantola 1960). Tehokkaana lämmöneristäjänä noki aiheuttaa lämpöhäviöitä jo ohuinakin kerroksina (Peltola 1960). Kostea hake on lisäksi taipuvaista holvaantumaan hakesiiloissa (Kantola 1960, Hornamo 1960).

Ainakin eräissä polttolaitteissa muodostuu lentotuhkaa, jos hake on hyvin kuivaa — kosteus noin 20 % (Vuorelainen 1958).

Seuraavista luvuista nähdään, miten tuoretta haketta käytännössä usein joudutaan polttamaan. Vuorelainen (1957) on aikaisemmin käyttänyt metsätuoreelle hakkeelle kosteusarvoa 46 %, mutta myöhemmin (1958) hän mainitsee metsätuoreen hakkeen kosteuden olevan 40 %. Kantolan (1960) mukaan tuoreesta rangasta tehdyn hakkeen kosteus on 45 %, mutta jos hakkeen seassa on vettä, lunta tai jäätä, kosteus saattaa nousta jopa yli 60 %:n. Heiskanen ja Jokihaara (1961) ilmoittavat metsätuoreen koivun kosteudeksi 40—45 % ja huomauttavat, että maakuljetuspuusta tehdyn hakkeen kosteus vain harvoin ylittää 45 %. Sahanrimoista ja muista jätteistä tehdyn hakkeen kosteus on sitävastoin 55—60 %, jos kysymyksessä on uittopuu.

Ruotsissa on Garff (Elovainio ja Leskinen 1958) ehdottanut hakkeen jaettavaksi kahteen ryhmään kosteuden perusteella. »Hyvän» hakkeen kosteus saisi olla korkeintaan 40 %. Jos hakkeen kosteus olisi yli 40 %, hake luettaisiin kuuluvaksi »huonoon» hakkeeseen. Käyttöpaikalla »hyvän» hakkeen arvo olisi kolmasosan korkeampi kuin »huonon» hakkeen. Myös Hassi (1960) on ehdottanut hakkeen luokiteltavaksi hinnoittamista varten paitsi puulajin myös kosteuden mukaan. Käytettävissä olevien kokemuslukujen avulla voitaisiin määrittää »tuoreen» ja »kuivan» hakkeen hintasuhteet.

82. Edullisin polttohakepuun käsittelytapa

Esillä olevan tutkimuksen tuloksien perusteella tiedetään, miten kuivaa polttohakepuuta voidaan saavuttaa eri käsittelytavoilla. Edellisessä luvussa selvitettiin, miten polttohakkeen ja siihen käytettävän puun arvo nousee kosteuden alentuessa. Kun vielä esitetään eri käsittelytapojen aiheuttamat lisäkustannukset, saadaan lopulta selville taloudellisesti edullisin hankintamenetelmä. Lisäkustannuksilla tarkoitetaan tällöin niitä ylimääräisiä kustannuksia, joita menetelmän käyttämisen seurauksena syntyy verrattuna tavanomaiseen menetelmään valmistettaessa polttohakepuut kasalle varastoitaviksi rangoiksi.

Rankojen varastoiminen telaan lisää hakkuutyön kustannuksia, koska rangat tarvitsevat jokaiseen kerrokseen kaksi tai kolme välipuuta. Välipuitten valmistamisen ja asettelun ohella lisää työtä järeitten rankojen sovitteleminen telan reunoille. Tela on ajomiehen kannalta kasaa edullisempi. Koska saman kuutiomäärän sisältävistä muodostelmista tela on kasaa korkeampi, se on helpompi löytää lumen alta. Telassa rangat eivät myöskään jäädy toisiinsa yhtä pahoin kuin kasassa. Telan ja kasan käyttöä ei ole vertailtu aikatutkimuksin, mutta telan käytöstä aiheutuva kokonaiskustannusten lisäys jäänee pieneksi.

Roukkupinon käytön tarkoitus on polttohakerankojen hankintakustannusten alentaminen. Makkonen (1960 a) on osoittanut, että roukkupinon käyttö johtaa määrätyissä olosuhteissa ajokustannusten alentumiseen. Ajomatkan ollessa 200 m päästiin pyöräajoneuvoa m/VAPO-Ahlgren käyttämällä ihannetapauksissa jopa 42—46 %:n ajotyöajan säästöön tavanomaiseen kappaleittain käsittelyyn verrattuna. Tällöin laskettiin mukaan kuitenkin vain ne roukkupinot, jotka voitiin todella kuormata laukaisemalla. Käytännössä tulee sitä vastoin aina esiin tapauksia, joissa roukkupinoon varastoidut rangat on kuormattava yksitellen. Lisäksi mainitussa tutkimuksessa olosuhteet olivat edulliset ja ajomatka lyhyt. Toistaiseksi ei ole saatavissa tutkimustuloksia roukkupinon käytön edullisuudesta rekiajossa.

Talviajoa varten valmistetun, ns. siansorkalla varustetun roukkupinon kehysrakennelman tekeminen vie 18 1/2 % rankojen valmistuksen ja roukkupinoon keräämisen kokonaisajasta. Helpossa maastossa voidaan roukkupinon käytöllä saavuttaa ajotyössä niin suuri ajan säästö, että se vastaa rankojen tyvipäätä kannattavan kehikon valmistuksen aiheuttamia lisäkustannuksia, mikäli ajo suoritetaan pyöräajoneuvolla m/VAPO-Ahlgren (Makkonen 1961).

Jos kasaan varastoitujen polttohakerankojen kosteudeksi muodostuu lämmityskauden alkuun mennessä esimerkiksi vajaa 40 %, voidaan telan ja roukkupinon käytön varovaisesti laskien olettaa johtavan rankojen keskimääräisen kosteuden alentumiseen neljällä kosteusprosentilla. Näin näyttää olevan asianlaita kuitenkin vain kuusi-, mänty- ja leppärankojen osalta, kun taas koivurankojen havaittiin kuivuvan kasassa ainakin yhtä hyvin kuin telassa ja roukkupinossa. Jos polttohakkeen kosteus kyseisessä tapauksessa alentuu neljällä kosteusprosentilla, hakkeen arvo nousee noin kuudella prosentilla. Hakkeen hinnan ollessa käyttöpaikalla 800 mk/i-m³ mainittu arvon nousu on rahaksi muutettuna lähes 50 mk/i-m³.

Edellisen perusteella näyttää siltä, että kuusi-, mänty- ja leppärankojen varastoiminen kasan sijasta telaan on kannattavaa. Samoin roukkupino on näille puulajeille edullinen varastomuodostelma, mikäli maasto sallii roukkupinon hyväksikäytön hevosajoa suoritettaessa. On kuitenkin muistettava, että telan ja roukkupinon tehostuneen kuivumisen muodossa tarjoama etu saavutetaan vain silloin, kun rangat tehdään riittävän ajoissa — mieluimmin ennen kesäkuuta.

Kuivinta polttohakepuuta saavutetaan kaatamalla puut rasiin. Poikkeuksen muodostavat tosin aivan pienikokoiset rungot, jotka useimmiten jätetään maahan ja jotka talteen otettuinakin käsittävät vain vähäisen osan leimikon kuutiomäärästä. Valitettavasti ei ole käytettävissä sellaisia polttohakepuun hankintakustannuksia selvittäviä tutkimustuloksia, joissa vertailtaisiin rasipuitten ja rankojen hakkuu- ja ajokustannuksia.

Rasiinkaadolla saavutettava polttohakepuun kuivuminen ja sen kautta hakkeen laadun ja hinnan kohoaminen korvaavat rasiinkaadon aiheuttamat lisäkustannukset. Ylimääräinen kustannus syntyy siitä, että sama puu on hakkuuvaiheessa käsiteltävä kahdesti. Niissä tapauksissa, joissa kaato suoritetaan raivaussahalla, tätä seikkaa ei kuitenkaan voida välttää, vaikka puut tehtäisiin välittömästi rangoiksi. Raivaussahan käyttö taas lisääntynee — sehän on jo osoitettu kannattavaksi tiettyjen olosuhteitten vallitessa (Sirén 1958, Makkonen 1960 b). Rasiinkaadon yhteydessä muodostuu lisäkustannus myös siitä, että kuivuneen puun karsiminen on työläämpää kuin tuoreen puun karsiminen.

Alla olevassa asetelmassa vertaillaan rasipuitten ja kasaan varastoitujen rankojen kosteutta. Tiedot on esitetty vain niiltä koealoilta, joilla oli saman-

aikaisesti sekä rasipuita että rankoja. Vuoden 1959 kosteusluvut tarkoittavat kaikkien ennen heinäkuuta ja vuoden 1960 luvut kaikkien ennen kesäkuuta kaadettujen puitten kosteutta syksyllä.

Puulaji	Paikka ja vuosi	Rasipuut	Rangat kasassa
		Kosteus syksyllä, %	
Kuusi	K—60	27	35
Mänty	T—59	25	30
Mänty	T—60	34	38
Koivu	K—60	33	39
Leppä	S—60	34	41

Rasiinkaato sai kaikilla puulajeilla aikaan huomattavan kuivumisen lisääntymisen, joka keskimäärin oli kuusi kosteusprosenttia. Tämä merkitsee niin suurta hakkeen arvon nousua, että se korvaa varmuudella rasiinkaadon aiheuttamat lisäkustannukset.

Rasiinkaato on edullinen kaikille puulajeille, johtaen kuitenkin kuusessa ja lehtipuissa parempiin tuloksiin kuin männyssä. Suurikokoisetkin polttohakepuut kuivuvat rasissa huomattavasti, kun taas suurikokoisten rankojen kuivuminen on vähäistä.

Vielä on syytä tarkastella hankintamenetelmää, jossa rasipuut lastutetaan karsimattomina. B e i j b o m (1959) mainitsee tällä menetelmällä saavutettavan seuraavat edut.

— Oksa- ja neulasmassa lisää hakesaantoa 30—40 %. Lisäys on suurin kuusella (50—100 %) ja pienin koivulla (20—30 %).
— Oksapuun ja neulasmassan polttoarvo on korkeampi kuin runkopuun.
— Rasiinkaatoa käytettäessä oksa- ja neulasmassan kosteus on alempi kuin runkopuun.

B e i j b o m on esittänyt laskelman, jonka mukaan karsimattomista puista tehdyn hakkeen hinta on ollut lastutuspaikalla 553 mk/i-m³. Karsituista puista tehdyn hakkeen hinta on ollut vastaavasti 674 mk/i-m³. Laskelma edellyttää 570 m:n ajomatkaa ja raivaussahan käyttöä kaatotyöhön (E l o v a i n i o ja L e s k i n e n 1958).

Edelliseen on huomautettava, että karsimattomista puista tehty hakekuutiometri sisältää vähemmän puuainetta kuin karsituista rangoista lastutettu hakekuutiometri. L u o m i (1959) on mitannut koivuohutpuun hakesaannoksi rungon kiintokuutimetriä kohti karsimattomille puille 3.35 i-m³ ja karsituille rangoille 2.33 i-m³. Karsimattomat puut antoivat siis 44 % suuremman hakesaannon hakkeen tilavuusyksiköissä mitattuna. Hakkeen pienemmästä tiheydestä johtuen vastaava polttoarvon lisäys oli vain 21 %. Karsimattoman puun hankinta tien varteen tuli lämpöyksikköä kohti 11 %

kalliimmaksi kuin karsittujen rankojen hakkuu- ja ajokustannukset. Aineisto oli kuitenkin kokoomukseltaan sellainen, että se oli karsimattomille puille epäedullinen. Luomen tutkimuksessa ajomatka oli 600 m ja käytetyt hakkurit Pöttinger ja Fitchburg, jotka avara-aukkoisina rumpuhakkureina sopivat karsimattoman puun lastutukseen.

Callinin (1958) mukaan oksien ja lehtien osuus puun koko painosta oli suunnilleen sama tuoreissa ja rasissa olleissa puissa. Kaatohetkellä tämä osuus oli kuusella 50 %, männyllä 26 % ja koivulla 22%. Makkonen (1959) on mitannut karsimattomista puista saaduksi Pöttinger-hakkuria käytettäessä runkopuun kiintokuutiometriä kohti 3.7 irtokuutiometriä haketta. Karsituista rangoista saatiin vastaavasti 2.7 irtokuutiometriä haketta runkopuun kiintokuutiometriä kohti.

Karsimattomien, kesällä kaadettujen polttohakepuitten ajaminen maantienvarsivarastoon on talvisaikaan erittäin työlästä, sillä lumen alle jäävät latvukset jäätyvät kiinni maahan ja toisiinsa. Samasta syystä muodostuu kesällä varastoitujen, karsimattomien puitten lastutus talvella vaivalloiseksi ja kalliiksi. Edellä mainitut tutkimustulokset ja laskelmat soveltuvat siis vain lumettomana aikana tapahtuvaan kuljetukseen ja lastutukseen sekä sellaiseen menetelmään, jossa hakkuu, ajo ja lastutus tapahtuvat talvella suunnilleen samanaikaisesti.

Heiskanen (1961) katsoo karsimattomista polttohakepuista tehdyn hakkeen olevan teoriassa kelvollista kaikkiin polttotarkoituksiin, mutta hän huomauttaa, että sitä ei pitäisi toimittaa yleisille markkinoille syöttö- ym. häiriöiden vuoksi.

Edelleen on mainittava, että hakkeen tiheyden pienentyessä autokuljetus- ja varastoimiskustannukset lisääntyvät.

Eräänä haitallisena seurauksena siitä, että rungot kuljetetaan metsästä oksineen ja neulasineen, saattaa olla metsämaan laihtuminen. Kyseinen seikka kaipaa vielä tähänastista tarkempaa selvitystä.

Edullisimpana polttohakepuun hankintamenetelmänä on kaiken edellä luetellun perusteella pidettävä riittävän aikaisessa vaiheessa tapahtuvaa rasiinkaatoa ja rasipuitten kuljettamista ja lastuttamista karsittuina.

83. Edullisin polttohakepuun kaatoaika

Polttohakepuun kosteus muodostuu ensimmäiseen syksyyn mennessä sitä alhaisemmaksi, mitä aikaisemmin kaataminen suoritetaan. Näin on kuitenkin vain tiettyyn aikarajaan saakka, jota ennen tapahtunut kaato ei enää lisää kuivumista. Kyseinen aikaraja taas riippuu useasta eri tekijästä. Mainittakoon niistä vain tärkeimmät.

— Mitä huonommat kuivumisolosuhteet vallitsevat kyseisessä metsikössä, sitä varhaisemmin on kaataminen suoritettava. Kuivumista hidastaa jäljelle jäävä puusto sitä enemmän, mitä tiheämpää se on. Erityisesti rasipuitten kuivumista vaikeuttaa rehevä aluskasvillisuus.
— Mitä epäedullisemmat säät ovat odotettavissa, sitä aikaisemmin on pyrittävä suorittamaan kaataminen. Koska tulevan kesän säätä ei tunneta, on kaatotyön ajankohta valittava epäedullisiin sääsuhteisiin varautuen.
— Määrättyyn, saavutettavissa olevaan polttohakkeen kuivumisasteeseen pyrittäessä voidaan rasipuut kaataa myöhemmin kuin rangat.
— Rasiinkaatoa käytettäessä pisimmän kuivumisajan vaativat männyt ja lähes yhtä pitkän kuuset. Lehtipuille riittää hyvissä olosuhteissa jopa 2—3 viikon kuivumisaika.
— Polttohakepuut vaativat sitä pitemmän kuivumisajan, mitä järeämpiä ne ovat. Kuitenkin rasiin kaadettujen koivujen kuivuminen näyttää olevan läpimitasta riippumaton.

Mitä useammat mainituista vaihtoehdoista ovat kuivumisen kannalta epäedullisia, sitä pitempi kuivumisaika tarvitaan. Kaato on suoritettava tällöin mahdollisimman varhain. Epäsuotuisissa kuivumisolosuhteissa ei kuitenkaan voida päästä yhtä alhaiseen kosteuteen kuin hyvissä olosuhteissa, vaikka kaatoajankohdan aikaisemmaksi siirtämisellä pidennettäisiinkin kuivumiskautta. Kuivumiskausi alkaa huhti—toukokuussa. Kaatoajankohdan siirtäminen vielä aikaisemmaksi ei lisää mutta ei myöskään vähennä kuivumista.

Lopuksi on vielä aiheellista tehdä yhteenveto sopivimmista kaatoajoista Etelä-Suomessa käsiteltäessä eri tavoilla kuusta, mäntyä, koivua ja harmaaleppää.

Kuusirangat olisi valmistettava viimeistään toukokuussa. Jos olosuhteet ovat keskinkertaiset, kosteus jää yli 30 %:n. Erittäin hyvissä olosuhteissa vielä kesäkuussa suoritettu kaato johtaa yhtä hyviin tuloksiin kuin talvella tai keväällä suoritettu. Jos rangat ovat pienikokoisia, niitten kosteus saattaa erittäin hyvissä olosuhteissa laskea lähes 20 %:iin.

Myös kuusirasipuut olisi varmuuden vuoksi pyrittävä kaatamaan mahdollisimman aikaisin — siis viimeistään toukokuussa. Huomattavaa kuivumista tapahtuu kuitenkin vielä elokuussakin rasiin kaadetuissa kuusissa. Hyvissä olosuhteissa saattaa kesä—heinäkuussa tapahtunut kuusirasipuitten kaato johtaa lähes yhtä suureen kuivumiseen kuin ennen kesäkuuta suoritettu rasipuitten kaato.

Polttohakepuun kokoisista puista kuusi saavuttaa rasissa alhaisemman kosteuden kuin muut puulajit. Kosteus laskee alle 30 %:n — edellyttäen että kaataminen on tapahtunut riittävän ajoissa. Jos sääsuhteet ovat syksyyn saakka edulliset, kuusirasipuut voivat saavuttaa jopa 20 %:n kosteuden.

Mäntyrangoille sopivat samat kaatoajat kuin kuusirangoille. Mäntyrankojen kosteus jää kuitenkin korkeammaksi kuin kuusien. Hyvissä olosuhteissa kosteus saattaa alittaa 30 %. Keskinkertaisissa olosuhteissa se jää selvästi 30 %:n yläpuolelle telaa ja roukkupinoakin käytettäessä.

Mäntyjen rasiinkaato olisi suoritettava viimeistään toukokuun kuluessa. Mäntyrasipuitten kosteus jää yleensä yli 30 %:n mutta voi erittäin edullisissa olosuhteissa laskea aina 25 %:iin. Mänty jää rasissa kaikista puulajeista kosteimmaksi.

Koivurangat kuivuvat huonosti, niin että koivun kaatohetken kosteus saattaa tuntua rankojen kosteudessa vielä syksylläkin. Hyvissä olosuhteissa koivurangat saavuttavat lähes 30 %:n kosteuden. Tällöin voi kesäkuukin olla vielä riittävän varhainen kaatoaika. Keskinkertaisissa olosuhteissa koivurankojen kosteus laskee vaivoin 40 %:n alapuolelle. Koivurankojen valmistusajankohdan merkitys rankojen kosteuteen syksyllä on verrattain pieni. Jos rangat tehdään vasta keskikesällä, niitten kaatohetken alhainen kosteus korvaa suureksi osaksi jäljellä olevan kuivumisajan lyhyyden aikaisemmin kaadettuihin puihin verrattuina. Edullisinta olisi kuitenkin valmistaa rangat ennen heinäkuuta.

Koivurasipuut voidaan kaataa ainakin vielä elokuussa, mahdollisesti jopa syyskuussakin. Koivun kuivuminen on rasissa niin nopeata, että hyvissä olosuhteissa on 2—3 viikon kuivumisaika riittävän pitkä. Edullisissa olosuhteissa koivurasipuitten kosteudeksi muodostuu syksyyn mennessä 30 %, keskinkertaisissa olosuhteissa 2—4 kosteusprosenttia enemmän.

Harmaalepän kuivumista tutkittiin suppealla aineistolla, joten sen kohdalta ei voida esittää saavutettavissa olevia kosteusprosentteja. Näyttää kuitenkin siltä, että harmaalepälle voidaan suositella samoja kaatoaikoja kuin koivulle. Tällöin päästäneen myös suunnilleen samanlaisiin kosteusarvoihin kummallakin puulajilla.

Pohjois-Suomessa suoritettiin polttohakepuun kuivumiskokeita vain Rovaniemellä, missä tutkittiin vuonna 1959 kuusen, männyn ja koivun kuivumista rasissa. Eri puulajeille näyttävät pohjoisessa soveltuvan samat kaatoajat kuin etelässä. Havupuut eivät kuitenkaan ennätä pohjoisessa kuivua rasiin kaadettuina yhtä hyvin kuin etelässä. Sitävastoin rasikoivut kuivuvat yhtä paljon sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa.

Kirjallisuusluettelo

Alaranta, V. 1960. Hakekattilan hoidossa ja käytössä huomioon otettavia seikkoja. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 18.

Andersson, Ernst. 1914. Årstidens inverkan på flottgodsets flytförmåga. Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift ss. 739—795.

Aulamo, Olavi. 1960. Rasiinkaadettujen polttohakerankojen kuivumisesta. Jyväskylä. Moniste.

Beijbom, Lars. 1959. Hakkeen hankinta ja poltto. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 76.

Bergley, C. D. and Jeffers, J. N. R. 1955. Moisture Content of Fresh-felled Hardwoods. Report on Forest Research for the Year Ended March ss. 112—118. London.

Callin, Georg. 1945. Syrfällning och randbarkning av björkkolved. Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift ss. 135—152.

—»— 1959. Syrfällningsförsök i Södermanland 1958. Rapport till riksnämnden för ekonomisk försvarsberedskap. Stockholm. Moniste.

Elovainio, A. ja Leskinen, O. 1958. Havaintoja hakkeen hankinnasta ja polttoainekäytöstä Ruotsissa. Selostus Boråsin »hakepäiville» 13—14. 3. 1958 tehdyltä matkalta. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 51.

Eneroth, O. 1922. Vedens tyngd, vattenhalt, krympning och svällning, torkning och vattenupptagning. Handbok i skogsteknologi ss. 72—109. Stockholm.

Gibbs, R. Darnley. 1958. Patterns in the Seasonal Water Content of Trees. The Physiology of Forest Trees ss. 43—69. New York.

Hakkila, Pentti. 1961. Kesäaikana valmistetun paperipuun kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Konekirjoite.

Hassi, Yrjö. 1960. Näkökohtia polttohakkeen hankinnan järjestämisestä metsänhoitoyhdistyksiä apuna käyttäen. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 24.

Heiskanen, Veijo. 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioonottamisesta varastoinnissa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu n:o 41.4.

—»— 1954. Eri tavoin käsitellyn koivupolttopuun kuivuminen. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 11, ss. 463—464.

—»— 1959 a. Hakkeeseen ja sen hankintaan liittyviä käsitteitä. Metsälehti n:o 25—26.

—»— 1959 b. Polttohakkeen valmistuksesta. Metsämies n:o 7—8, ss. 128—131.

—»— 1959 c. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu n:o 50.7.

—»— 1961. Siirrettävät ja puolisiirretävät hakkurit I. Katsaus hakkureiden ja hakkeen käyttöön. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 124.

Heiskanen, Veijo ja Hakkila, Pentti. 1960. Polttohakepuun kuivuminen rasissa. Vuoden 1959 kokeiden tuloksia. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 17.

Heiskanen, Veijo ja Jokihaara, Lauri. 1960. Puupolttoaineiden lämpöarvoista. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 33.

Helander, A. Benj. 1918. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.

Hornamo, Pentti. 1960. Hakelaitteet soveltuvat suuriinkin voimakeskuksiin. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 18.

Jalava, Matti. 1933. Suomalaisen männyn lujuusominaisuuksista. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisu n:o 18.7.

—»— 1937. Vaneritutkimuksia I. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Moniste.

—»— 1938. Vanerikoivujen kaato ja uitto. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Julkaisu n:o 28.

—»— 1940. Rasiin kaadettujen havupuiden kuivuminen. Puutekniikan tutkimuslaitos. Moniste.

—»— 1941. Rasiin kaadettujen puiden kuivumisesta. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 6, ss. 173—176.

—»— 1943. Polttopuiden rasiin kaato. Keskusmetsäseura Tapio. Helsinki.

—»— 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Porvoo—Helsinki.

Kantola, Mikko. 1960. Hakelämmitys maatilalla. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 22.

Klem, Gustav G. 1944. Tørke og lagringsforsøk med brennved. Meddelelser fra Det norske Skogsforsøksvesen nr 30.

Lagerberg, T., Lundberg, G. och Melin, E. 1927. Biological and practical Researches into Blueing in Pine and Spruce. Svenska Skogsvårdsföreningens tidskrift ss. 692—739.

Luomi, Martti. 1959. Tutkimus Pöttinger- ja Fitchburg-hakkureilla valmistetun hakkeen ominaisuuksista. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 85.

Löf, A. 1933. Sjunkvirke vid flottning och åtgärder däremot. Svenska Flottledsförbundets årsbok nr 6, ss. 2159—2165.

Makkonen, Olli. 1959. Halkojen ja polttohakerankojen hankinnan työajan menekki. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 77.

—»— 1960 a. Polttohakerankojen metsäkujetuksesta lumettomana aikana. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 12.

—»— 1960 b. Aikatutkimuksia polttohakerankojen rasiinkaadosta. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 25.

—»— 1961. Aikatutkimuksia polttohakerankojen karsimisesta ja roukkupinoihin keräämisestä. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 39.

Mattila, Sakari. 1958. Tilastotiede. Kauppakorkeakoulun moniste n:o 15, sarja A.

Nylinder, Per. 1950. Studier över barr-rundvirkets torkning och vattenupptagning. Norrlands Skogsvårdsförbunds tidskrift ss.165—230.

—»— 1961. Kortfattad redogörelse för virkesmätningen i Sverige samt några aktuella virkesmätningsproblem avseende sågtimmer och massaved. Moniste.

Peltola, Pentti. 1960. Hakekattilan hoidossa ja käytössä huomioon otettavia seikkoja. Pienpuualan Toimikunnan tiedotus n:o 18.

Sandmo, J. K. 1948. Skogteknologi. Oslo.

Seppänen, O. 1930. Havupuiden »lehteenkaato». Metsätaloudellinen Aikakauskirja. XLVII nide, ss. 315—316.

Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikaalisista ominaisuuksista. Erikoisesti kutistumis- ja laajenemisilmiöstä puun vesipitoisuuden vaihdellessa. Puutekniikan tutkimuksen kannatusyhdistys r. y. Julkaisu n:o 29.

Sirén, Gustaf. 1958. Kokemuksia raivaussahan käytöstä metsänhoitotöissä. Silva Fennica 93.

Trendelenburg, Reinhard. 1939. Das Holz als Rohstoff. München.

Tsherentsov, I. A. 1949. Koivupuun uittokelpoisuuden lisääminen. Suomennos Neuvostoliiton Metsä- ja paperiteollisuusministeriön julkaisusta. Moskova—Leningrad.

Tuovinen, Arno. 1956. Parantaako rasiinkaato kuorellisten mäntytukkien uimiskykyä. Metsätehon tiedotus n:o 126.

Warsta, Olli. 1961. Rasiin kaadetun koivun ja lepän kuivumisesta. Vapo. Rationalisoimistoimikunnan seloste n:o 3/1961.

Vuorelainen, O. 1957. Puuhake polttoaineena. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 35.

—»— 1958. Puuhake polttoaineena. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 57.

—»— 1959. Hakkeenpolton viimeaikaisesta kehityksestä. Pienpuualan Toimikunnan julkaisu n:o 74.

FOREST SEASONING OF WOOD INTENDED FOR FUEL CHIPS

SUMMARY

The value of wood chips can be noticeably increased by reducing the moisture content of the wood to be prepared as fuel chips. Moisture lowers the effective fuel value of chips and the efficiency of heating. For chips with a high moisture content, the cost of transport in relation to the development of each heat unit is increased, and storage space for the chips increases. Damp chips are also likely to stick to chip bins, and cause the heating surfaces of boilers to get sooty.

Research workers have not yet devoted enough attention to raising the quality and value of fuel chips by reduing the moisture of the wood used. For this reason, the Forest Technology Research Section of the Forest Research Institute began to study the subject in the autumn of 1958, financed by a grant from the Small-Sized Timber Research Commission.

The study was launched at the end of 1958 and completed, as far as field work was concerned, in October 1960. Sample plots were sited in six localities: Tuusula, Kirkkonummi, Siuntio and Loppi in South Finland, Jyväskylä in Central Finland,and Rovaniemi in North Finland.

The object of the study was to discover the most effective seasoning methods for the treatment of fuel chip wood. The question is essentially connected with the determination of the most favourable felling period, and in addition the effect of diameter on the drying of fuel chip wood and the moisture fluctuations in living trees were among the subjects studied.

The principles of the research method were as follows: trees were felled at different periods of the year and left to season, untrimmed (Figs. 6 and 7). The moisture of the fresh tree at the moment of felling was recorded, and moisture specimens were taken thereafter at monthly intervals from the trees so felled, thus to observe the progressive drying. The final specimens were taken in the autumn following the felling — in November 1959 and September-October 1960. At these dates moisture specimens were taken of all the trees felled to season untrimmed and still remaining on the spot.

In addition to the trees felled to season untrimmed, the drying of boles prepared at differet dates was studied. Moisture specimens were only taken from all the boles in the autumn. The boles were stored in piles of different types, illustrated in Figs. 1, 2 and 3.

In addition to the customary felling of trees left to season untrimmed, pines were felled and left to season after they had been barked in strips on two sides from breast height to the base (Figs. 4 and 5).

The moisture of each tree felled to season untrimmed was recorded by means of sections sawn at $1/4$, $1/2$ and $3/4$ heights. From some trees, a sample section was also

taken 0.5 metre from the base. The moisture of the section was determined be weighing it immediately after sawing and again after it had become absolutely dry. All moisture figures were calculated from the green weight (Drawing 1). The moisture values refer to the moisture of the wood excluding bark.

The tree species studied were spruce (Picea abies), pine (Pinus silvestris), birch (Betula verrucosa and B. pubescens not distinguished) and the grey alder (Alnus incana).

All healthy trees felled from the sample plots, with diameters at breast height ranging from 2 to 14 cm including bark, were considered eligible samples. The material comprised a total of 4 210 trees felled to season with tops intact, and 2 200 boles. The total number of moisture sections exceeded 20 000.

The climatic conditions in 1959 were extremely favourable for the seasoning of trees. In 1960, the conditions were favourable in the early part, but unfavourable in the latter half, of the summer.

The abbreviations used in the tables are explained on p. .

A brief summary of the most important results of the study, applicable to conditions in South Finland, follows:

The moisture content of a living small-sized tree increases towards the top, more rapidly conifers than in hardwoods. In one and the same stand, the moisture of a large-sized tree is greater than that of a thin tree, except for birch, in which no correlation between moisture and diameter was observed.

The moisture of a living spruce and pine varies at different seasons of the year, and is higher in the winter than in the summer. The moisture content of the birch and the grey alder is at its highest in the spring just before leafing, drops below the average after bursting into leaf, and rises again in the autumn to the average level. The moisture content of the grey alder seems to be higher than that of the birch but is definitely lower than that of conifers. The average annual moisture content of a living conifer was 51—52 per cent; that of a living birch 43 per cent.

Seasoning of conifers felled in the winter with tops intact starts as soon as the trees are free of snow, but is not really remarkable until May. Conifers felled with tops intact require the whole summer season to dry well, and if climatic conditions are unfavourable the moisture content of such conifers increases by several per cent in the autumn.

Birches and grey alders felled in the winter with tops intact begin to season after they have burst into leaf, which occurs only after the leafing of growing trees is complete. The main seasoning of untrimmed hardwoods felled in the summer takes place within a month, and in good conditions may even occur in a forthnight. The moisture content of hardwoods felled to season untrimmed increases little in the autumn.

The more advances the drying, the more uniform is the moisture content of different trees and of different parts of the individual tree. The moisture content of trees felled to season untrimmed is lower in the autumn than that of the boles. The moisture content of the spruce is more even than that of the pine, and that of hardwoods is more even than that of conifers. The moisture content of pines felled to season with tops intact is more regular than the average if the bases are barked in strips at felling. The thin barked top-boles of pine dry considerably better than the butt-boles.

Large-sized trees dry more slowly than thin. The effect of diameter on the seasoning of chip fuelwood is considerable for all species of tree if the trees are made into boles, but is smaller for hardwoods than for conifers. The effect of diameter on the seasoning of trees felled to dry untrimmed is much smaller than on that of the boles. The seasoning of birch felled to dry untrimmed was found to be completely independent of the diameter of the tree.

Very small trees, 2—3 cm in diameter at a quarter height, are best seasoned as boles if the seasoning period is sufficiently long. The bigger trees are best left untrimmed. The gain in leaving trees to season with tops intact is the greater, compared with storage as boles, the larger the chip-fuel trees involved. On the other hand, even seasoning of trees with tops intact cannot alter the fact that the moisture content of fuel chip, after a seasoning of one summer, remains higher the larger the trees involved, unless they be birches.

Felling trees to season with tops intact is one method of attaining the lowest moisture content of fuel chip wood. The method is also an economic proposition. Before transportation from the forest, seasoned trees must be trimmed, bucked and piled, since the chipping of untrimmed seasoned trees is not, at the moment, at least advantageous. If the chip fuel trees are to be prepared directly as boles, the piles in Figs. 2 and 3 are more effective storage formations from the drying point of view than that illustrated in Fig. 1. Birch boles, however, seem to dry just as well in any of these storage formations.

In conclusion, it may be useful to summarize the most suitable dates for felling in South Finland when treating spruce, pine, birch and grey alder in different ways.

Spruce boles should be prepared not later than May. If conditions are mediocre, the moisture content will remain above 30 per cent. In particularly good conditions, felling in June may still lead to results as good as felling in winter or spring. If the boles are small-sized their moisture content may in exceptionally good conditions drop to nearly 20 per cent.

Spruce left to season untrimmed should also, to be sure, be felled as early as possible, that is to say, in May at the latest. There is considerable drying, however, even in August in spruces felled to season on the spot. In good conditions, fellings of spruce to season in the forest in June—July may still result in a seasoning almost as good as that for fellings prior to June.

Among trees of a size suitable for fuel chip wood, the spruce has a lower moisture content than the other species when left to season with top intact. The moisture content falls below 30 per cent, provided that felling has taken place sufficiently early. If weather conditions hold good until autumn, spruce so treated may even fall in moisture content to a mere 20 per cent.

The felling dates for spruce boles are also well suited to pine boles. The moisture content of pine boles, however, remains higher than that of spruce. In good conditions the moisture content may be less than 30 per cent, but in fair conditions it will remain distinctly above 30 per cent, irrespective of the type of pile employed.

Pines to be left to season untrimmed should be felled at the latest in May. The moisture content of pines so treated usually remains above 30 per cent but may in favourable conditions fall to 25 per cent. Pine is the tree species retaining the highest moisture content when left to season on the spot.

Birch boles dry poorly, and the moisture at the moment of felling may even be reflected in the moisture content of the boles in the autumn. In good conditions, birch boles attain a moisture content of nearly 30 per cent, and June may be still a sufficiently early felling period. In fair conditions, the moisture content of birch boles barely falls below 40 per cent. Birch boles should be prepared as early in the spring as possible.

Birches to be left to season untrimmed may still be felled in August and possibly even in September. The drying of birch treated like this is so rapid that in good conditions a period of 2—3 weeks is sufficient for seasoning. If conditions are favourable,

the moisture content of birch felled to season on the spot will be 30 per cent by the autumn, and in fair conditions some 2—4 per cent more.

The seasoning of grey alder was studied from limited material, and no attainable moisture percentages can therefore be quoted. It seems, however, that the felling dates that can be recommended are the same as those for birch. The moisture contents reached will probably also be roughly similar for these two species.

In North Finland, seasoning experiments with wood for fuel chips were carried out only in Rovaniemi, where the drying of spruce, pine and birch left untrimmed on the felling site was studied in 1959. The suitable felling times of the different tree species seem to be the same in North and South Finland. Conifers, however, when left untrimmed on the felling site, had not had time to dry so well in the north as in the south, though birch thus treated dried just as well in South as in North Finland.

LIITETAULUKKO

Liitetaulukko. Tutkimusajan sääsuhteet verrattuina keskimääräisiin sääsuhteisiin koealoja lähinnä sijaitsevilla Ilmatieteellisen Keskuslaitoksen säähavaintoasemilla.

Havainto-asema	Havainto-aika	Kuukausi						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
		Kuukauden keskilämpö, C°						
Hyrylä	1959	3.7	9.5	14.8	18.2	17.0	8.8	4.1
Hyrylä	1960	1.5	10.9	16.0	17.8	15.0	9.9	3.1
Tikkurila	1921—1950	2.5	9.0	13.5	16.7	15.0	10.7	5.2
Vihti	1959	3.6	9.3	14.4	17.0	15.6	8.2	4.4
Vihti	1960	1.1	10.6	15.8	17.4	14.6	9.4	2.9
Vihti	1921—1950	2.4	9.4	13.6	17.0	14.9	10.0	4.6
Jyväskylä	1959	2.0	8.2	14.1	16.8	14.8	7.2	3.0
Jyväskylä	1921—1950	1.3	8.4	13.1	16.2	14.1	8.7	2.8
Rovaniemi	1959	—2.3	6.3	12.6	15.2	13.4	5.6	0.2
Rovaniemi	1921—1950	—0.8	6.0	11.8	15.6	12.6	7.0	0.3
		Kuukauden keskimääräinen suhteellinen kosteus, %						
Hyrylä	1959	74	64	67	62	67	75	..
Hyrylä	1960	..	63	65	76	82	86	..
Ilmala	1901—1930	76	73	72	73	80	82	88
Jyväskylä	1959	75	67	67	69	78	84	90
Rovaniemi	1959	76	67	61	62	74	78	90
		Kuukauden sademäärä, mm						
Hyrylä	1959	38	26	36	81	39	4	34
Hyrylä	1960	47	15	87	87	118	44	18
Ruotsinkylä	1886—1930	39	46	60	77	97	77	76
Vihti	1959	34	28	38	55	56	3	31
Vihti	1960	50	11	89	105	100	51	25
Vihti	1921—1950	36	43	51	70	79	73	70
Jyväskylä	1959	37	54	33	71	121	34	66
Jyväskylä	1921—1950	35	45	64	68	81	72	67
Rovaniemi	1959	20	41	21	20	52	12	29
Rovaniemi	1921—1950	25	28	45	65	65	49	47

TUTKIMUKSIA METSÄTUHOJEN ESIINTYMISESTÄ MÄNNYN JA KUUSEN VILJELYTAIMISTOISSA ETELÄ - SUOMESSA

PAAVO JUUTINEN

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS AUFTRETEN VON WALDSCHÄDEN IN DEN KIEFERN- UND FICHTENKULTUREN SÜDFINNLANDS

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1962

Helsinki 1962. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Keväällä 1954 sain yhdessä metsänhoitaja Olavi Huurin kanssa tehtäväksi suorittaa Metsäntutkimuslaitoksen työohjelman puitteissa inventoivan tutkimuksen männyn ja kuusen viljelytaimistojen tilasta Etelä-Suomessa. Oma osuuteni rajoittui tässä työssä nimenomaan metsätuhojen esiintymistä ja merkitystä koskeviin selvityksiin. Vaikkakin tutkimuksen tämän osan tulokset saatetaan nyt julkisuuteen, olen täysin tietoinen siitä, että tutkimus antaa aiheen laajuudesta johtuen taimistotuhoista ja metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutuksesta niiden esiintymiseen eräissä kohdin vaillinaisen kuvan. Yksityiskohtaisten tulosten saamiseksi olisi koeala-aineiston täytynyt olla paljon suuremman tai olisi inventoinnin lisäksi ollut suoritettava laajahkoja kokeellisia tutkimuksia. Useista syistä ei enempää kenttätöiden jatkamiseen kuin kokeellisten tutkimusten suorittamiseenkaan näytä tällä hetkellä kuitenkaan olevan riittäviä mahdollisuuksia. Kun tutkimusta olisi nähdäkseni jatkettava nimenomaan kokeellista tietä, muodostaa käsillä olevaa työtä varten koottu aineisto näin ollen oman kokonaisuutensa ja kun tuloksista joka tapauksessa saanee yleiskuvan tärkeimpien metsätuhojen esiintymisestä ja merkityksestä viljelytaimistoissa, lienee tutkimuksen julkaiseminen tällaisenaankin puolustettavissa.

Tutkimuksen käsikirjoitus oli suurimmalta osalta valmis jo vuoden 1960 alussa. Pitkäaikaisen sairauteni takia on sen painokuntoon saattaminen kuitenkin valitettavan paljon viivästynyt.

Käsikirjoituksena ovat tutkimukseen tutustuneet professorit Esko Kangas, Viljo Kujala ja Risto Sarvas sekä mh Huuri. Prof. Kujala on lisäksi ystävällisesti määrittänyt suurehkon joukon koealoilta talletettuja sieninäytteitä. Kenttätöitä suoritettaessa olen saanut suuriarvoista apua varsinkin tutkimusalueiden metsänhoitolautakuntien ja metsänhoitoyhdistysten ammattimiehiltä. Lukuisat metsänomistajat, joiden puoleen on aineiston saamiseksi jouduttu kääntymään, ovat poikkeuksetta suhtautuneet suopeasti tutkimustöiden suorittamiseen. Kenttä- ja laskentatöissä välttämättömien apulaisten palkkaaminen on käynyt päinsä Valtion luonnontieteellisen toimikunnan myöntämien apurahojen turvin.

Kaikesta saamastani avusta pyydän lausua parhaat kiitokseni.

Helsingissä syyskuussa 1961

Paavo Juutinen

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 5

Tutkimustapa ja -aineisto 7

Eri tuhonaiheuttajien esiintyminen 14

Hyönteiset 14

Sienet 26

Muut tekijät 34

Taimistojen kunto 41

Taimihäviö 41

Muotoviat 45

Elävien taimien yleinen kunto 51

Tulosten tarkastelu 57

Taimistotuhojen ehkäiseminen metsänhoidollisin keinoin 62

Lyhennelmä 68

Kirjallisuusluettelo 70

Referat 76

Johdanto

Metsäkirjallisuudessamme on tähän mennessä ilmestynyt jo useitakin kotimaisten havupuiden viljelytaimistoissa joko tietyillä alueilla tai yleensä esiintyneitä metsätuhoja kokonaisuudessaan käsitteleviä tutkimuksia. Vanhin niistä on E l f v i n g i n 1905 julkaistu tutkimus »Sjukdomar och sjukdomsorsaker i skogskulturer», joka käsitteli Karjalan kannaksella Vierusten kankaalla ja paikoitellen muuallakin jo 1870-luvulta lähtien perustetuissa taimistoissa esiintyneitä vakavia tuhoja. Myöhemmistä on mainittava ennen kaikkea K a n k a a n (1931 a, 1940) eräillä länsisuomalaisilla kangasalueilla suoritettuja metsänviljelyjä ja niiden epäonnistumisen syitä käsittelevät tutkimukset sekä varsinkin saman tekijän 1937 julkaistu niin Etelä- kuin Pohjois-Suomen käsittänyt, osaksi myös luonnontaimistoista koottuun aineistoon perustuva »Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä». Myöskin useat lähinnä metsänhoidon tekniikan alaan kuuluvat eri metsänuudistusmenetelmiä tai viljelytaimistojen kehitystä selvitelleet taimistotutkimukset sisältävät ainakin lyhyitä mainintoja tutkituissa taimistoissa esiintyneistä tuhoista ja niiden merkityksestä. Lisäksi luonnollisestikin myös monet taimistoissa tuhoa aiheuttavat sieni- ja hyönteislajit samoin kuin eräät muutkin tekijät ovat joutuneet tutkimuksen kohteeksi.

Kun mainittujen varsinaisesti taimistotuhoja käsittelevien tutkimusten suorittamiseen antoivat aiheen paikoitellen nimenomaan Etelä-Suomessa kuivilla kankailla jo kauan aikaa erittäin pahanlaatuisina esiintyneet tuhot, joista oli ollut seurauksena suoranaisia metsittämisvaikeuksiakin, kohdistuivatkin ko. tutkimukset tämän mukaisesti jo ennakolta heikkokuntoisiksi ja tuhoista kärsiviksi tiedettyihin taimistoihin, ja oli niiden tarkoituksena lähinnä selvitellä taimien ja taimistojen kitumiseen tai täydelliseen tuhoutumiseen johtaneiden syiden laatua, vasta tavallaan toissijaisesti eri tuhojen määrää tutkituissa taimistoissa (vrt. K a n g a s 1937:39). Käsillä oleva työ poikkeaa näistä tutkimuksista oleellisesti siinä suhteessa, että sen pääasiallisena tarkoituksena on pyrkiä selvittämään juuri tuhojen määrää eli eri tuhonaiheuttajien k e s k i m ä ä r ä i s t ä esiintymisrunsautta sekä eräiden metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutusta näiden tuhojen esiintymiseen männyn ja kuusen viljelytaimistoissa yleensä, ja on tähän tavoitteeseen pyritty pääsemään kokoamalla aineisto valikoimatta tutkimuskohteiksi otetuista taimistoista, joiden kunnosta tutkijalla ei ole ollut mitään ennakkotietoja olemassa.

Vaikkakin on kysymys vain kahdesta puulajista, ovat taimistotuhot erittäin laaja tutkimusaihe osittain jo tuhonaiheuttajien lajirunsaudesta, mutta varsinkin niiden esiintymiseen monin tavoin vaikuttavien ympäristötekijäin vaihtelevuudesta johtuen. Lisäksi saattaa ympäristötekijöillä olla tuhojen esiintymiseen varsin erilainen merkitys ilmastollisesti melkoisesti toisistaan poikkeaviin vyöhykkeisiin kuuluvan maamme eri osissa, ja huomioon on otettava myös varsinkin nuorimpien ja vanhimpien yleisessä käytännössä »taimistoina» pidettävien metsikön ensimmäisten kehitysasteiden moninaiset rakenteelliset eroavuudet. Varsinkin kun vakinaista aputyövoimaa ei ollut käytettävissä, olikin tutkimuksen kohdetta eräin tavoin rajoitettava.

Tärkein rajoitus koskee taimistojen ikää. Kuten tunnettua ovat kaikkein nuorimmissa taimistoissa esiintyvät tuhot taimien pienuudesta ja hentoudesta johtuen laadultaan suurimmaksi osaksi sellaisia, ettei niillä vanhemmissa taimistoissa ole minkäänlaista käytännöllistä merkitystä, ts. nämä tuhot, joita voidaan nimittää taimiaineksen tuhoiksi, poikkeavat aivan oleellisesti vähän varttuneemmissa taimistoissa esiintyvistä tuhoista (vrt. L e h t o 1956). Kun lisäksi inventoiva tutkimustapa on tällaisten jatkuvaa tarkkailua vaativien taimiaineksen tuhojen selvittelyyn täysin sopimaton, onkin ne jätetty käsillä olevan tutkimuksen ulkopuolelle. Nuorimmat varsinaisesti tutkimuksen piiriin kuuluvat taimistot ovat näin ollen sellaisia, joissa taimien ikä on vähintäänkin kaksi vuotta. Toiselta puolen tultiin jo kenttätöiden alkuvaiheessa havaitsemaan, että taimihäviön ja useimpien taimistojen kuntoon muutoinkin vaikuttavien tekijäin määrittämiseksi tutkimukset kuitenkin oli keskitettävä verraten nuoriin taimistoihin, vanhoissa oli tällaista selvitystä mahdoton suorittaa.

Uudistustapaan nähden on kuusen kohdalla rajoituttu yksinomaan istutukseen, koska kylvö on jäänyt pois yleisestä käytännöstä. Niissä lähteissä, kortistoissa tai luetteloissa, joista tutkittavat taimistot otettiin, esiintyikin kuusen kylvötaimistoja vain Itä-Suomessa, ja olivat nämäkin jo varsin vanhoja, yleensä ennen talvisotaa perustettuja. Männyn osalta käsittää tutkimus niin istutus- kuin kylvötaimistotkin lukuun ottamatta sellaisia, jotka on perustettu hajakylvöä käyttäen. Erikoisesti lienee vielä syytä mainita, ettei tutkimus koske soitten eikä kalliometsien metsänviljelyksiä.

Alueellisesti on — kuten jo nimestäkin käy selville — rajoituttu vain Etelä-Suomeen. Mitään jyrkkää rajaa Etelä- ja Pohjois-Suomen välillä ei taimistotuhojen esiintymistavan tai -runsauden perusteella ole tietenkään vedettävissä, mutta on tutkimusalueen pohjoisrajana pidetty käytännössä Oulun läänin etelärajaa. Tosin myöskään Etelä-Pohjanmaalta ei aineistoa ole, lähinnä siitä syystä, että tällä alueella on kulttuuritaimistoja koskevia tutkimuksia suoritettu toiselta taholta (vrt. Y l i - V a k k u r i 1956:3 — 4).

Tutkimustapa ja -aineisto

Metsänviljelytoiminnan keskittyessä maamme eteläosassa pääasiassa yksityismetsiin kohdistettiin myöskin käsillä olevan tutkimuksen aineistoa koottaessa päähuomio yksityismetsien metsänviljelyksiin. Tällaisista otettuja koealoja onkin 232 kpl. eli 68 % aineistosta. Tämän lisäksi käytettiin hyväksi myös Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueissa ja metsähallinnon kahdessa osaksi opetustarkoituksiin käytettävässä hoitoalueessa olevia metsänviljelyksiä (59 ja 49 koealaa).

Kun tutkimusalueella luontosuhteet ja mm. metsien historiallisen kehityksen erilaisuudesta johtuen metsänviljelyn rakennekin (vrt. Yli-Vakkuri 1958) huomattavasti vaihtelevat, pidettiin välttämättömänä, että tutkimuskohteet sijoitettiin mahdollisuuksien mukaan hajoittaen eri puolille Etelä-Suomea siitäkin huolimatta, että aineisto tällaista tapaa käytettäessä olosuhteiden pakosta jäi vähäisemmäksi kuin jos tutkimukset olisi keskitetty vain muutamiin paikkoihin. Tästä johtuen katsottiin ensiksi suotavaksi tutkimusten suorittaminen Lounais-Suomen, Itä-Hämeen, Keski-Suomen ja Pohjois-Karjalan metsänhoitolautakuntien alueilla. Lisäksi aineistoa täydennettiin yksityismetsien osalta vielä varsinkin Satakunnassa sekä Pohjois- ja Etelä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueista tarkastetut koealat edustavat nekin — kokeilualueiden sijainnista johtuen — ainakin jossain määrin eri puolilla Etelä-Suomea vallitsevia olosuhteita. Kenttätyöt suoritettiin vv. 1954—55 ja 1957—58.

Kunkin metsänhoitolautakunnan piiristä valittiin tutkimuskohteiksi 1—5 kuntaa, joissa metsänviljelytöitä tiedettiin runsaasti ja ehkä jo kauankin aikaa suoritetun. Jokaisesta kunnasta poimittiin kulloinkin tutkimukseen käytettävissä olevaan aikaan nähden sopivaksi katsottu määrä taimistoja käyttäen lähteinä ensi sijassa metsänparannusvaroin ja jossain määrin myös yksityismetsälain 2 §:n mukaan suoritetuista keinollisista metsänuudistuksista pidettyjä luetteloita. Muiden kuin yksityismetsien osalta käytettiin saatavissa olevia metsänviljelykortistoja. Näistä lähteistä ei tutkittavia taimistoja kuitenkaan voitu ottaa puhtaasti otantaan perustuen useammastakin syystä. Ensiksikin haluttiin aineiston jakautuvan eri ikäluokkiin tietyssä suhteessa, mikä varsinkin kenttätöiden loppuvaiheessa asetti materiaalin kokoamiselle eräänlaisia rajoituksia. Toiseksi eräitä vaikeasti saatavia ikäluokkia, varsinkin vanhempia männyn istutuksia, oli otettava sieltä missä

niitä oli saatavana ja kolmanneksi tällainen menettely olisi melkoisesti lisännyt kohteesta toiseen siirtymiseen kuluvaa hukka-aikaa. Varsinkin viimeksi mainitusta syystä oli laajoissa kunnissa koetettava keskittyä muutamiin harvoihin kyliin. Kun kuitenkaan tutkimuksen suorittajat eivät tutkittavia taimistoja kortistoista poimittaessa olleet tietoisia niiden kunnosta, voitaneen tällaistakin menettelyä pitää tyydyttävään sattumanvaraisuuteen johtavana. Eräissä tutkimuspaikoissa ei sopivia kortistoja tahi luetteloita syystä tai toisesta ollut käytettävissä, joten tutkimuskohteiden saamiseksi oli turvauduttava paikallisten metsäammattimiesten apuun, vaikkakin tällaista menettelyä pyrittiin välttämään.

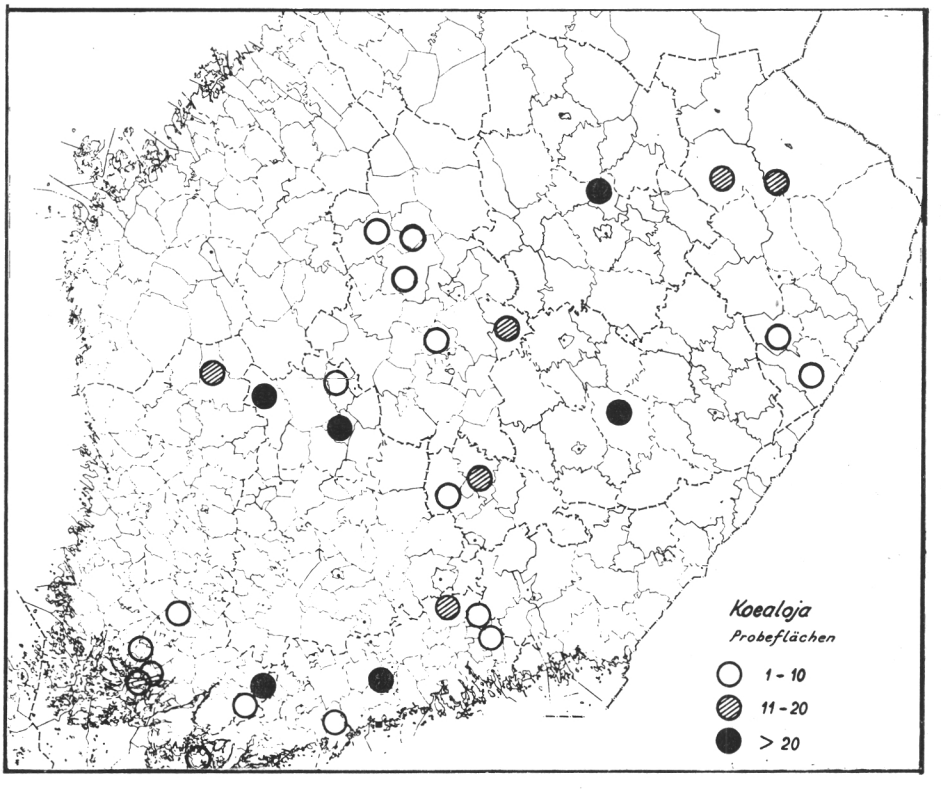
Kun kortistoista oli poimittu tutkimuskohteiksi tarpeellinen määrä taimistoja, oli ensimmäisenä tehtävänä tietenkin niiden etsiminen maastosta. Tämä ei kuitenkaan aina johtanut tulokseen, varsinkin jos ao. tila oli viljelyksen perustamisen jälkeen vaihtanut omistajaa ja lisäksi myös työtä valvonut metsäneuvoja oli siirtynyt pois paikkakunnalta. Myöskin saattoi osoittautua, että taimisto oli tutkimuskohteeksi kelpaamaton sikäli, että sitä oli perustamisen jälkeen täydennetty niin, ettei alkuperäisten ja täydennystaimien erottaminen toisistaan ollut mahdollista tahi oli istutus tai kylvö sellaisella uudistusalalla, jossa oli runsaasti luonnontaimia, esim. maastosuhteista johtuen suoritettu niin epäsäännöllisin välein, ettei alkuperäisten laikkujen tai istutuskohtien toteaminen voinut käydä päinsä. Täydennettyjen vanhempien taimistojen jättäminen pois aineistosta on tietenkin jonkin verran vaikuttanut lopputulokseen, mutta voitaneen hyvällä syyllä olettaa, että niiden mukaan ottaminen olisi johtanut vielä suurempaan, taimistojen kuntoon nähden positiiviseen suuntaan tapahtuneeseen virheeseen.

Kussakin tutkittavassa taimistossa suoritettiin ensiksi sen kunnon summittainen yleisarviointi. Jos taimisto osoittautui niin tasaiseksi, että siinä voitiin havaita joko laadullisesti tai määrällisesti korkeintaan vain vähäisiä kunnon eroavuuksia, voitiin — varsinkin jos oli pienistä pinta-aloista kysymys — tyytyä yhteenkin paikkaa valikoimatta otettuun koealaan. Suurista taimistoista otettiin kuitenkin tällaisissakin tapauksissa usein kaksi tai kolmekin koealaa. Mikäli kunto huomattavasti vaihteli, otettiin 2—3 koealaa sijoittamalla ne eriarvoisiin taimiston osiin. Kaikkien koealojen koko oli 1 aari. Tutkittujen taimistojen pinta-aloista ei usein ollut tarkkaa tietoa saatavissa, pienin oli 1.5 a, suurin samanaikaisesti perustettu 15 ha (suurempiakin yhtenäisiä uudistusaloja sisältyy aineistoon, mutta olivat taimistot näillä useammassa vaiheessa perustettuja). Keskimäärin oli pinta-alaltaan tunnettujen taimistojen laajuus hieman alle 1.5 ha, ja tarkastettiin kutakin tutkittua taimistoa kohti keskimäärin n. 1.5 koealaa.

Kun koeala oli rajoitettu, merkittiin jäljellä olevat viljelytaimet (tai -ryhmät) samoin kuin ns. »0-ruutujen» paikat kepeillä, mikä toimenpide osoittautui välttämättömäksi varsinkin viimeksi mainittujen lukumäärän

toteamista varten, ja muodostui monesti — etenkin vahvasti heinittyneissä taimistoissa — eniten aikaa vaatineeksi työvaiheeksi. Tämän jälkeen arvioitiin istutustaimistoissa kunkin taimen, kylvötaimistoissa ryhmien valtataimien yleiskunto, todettiin taimissa esiintyneet muotoviat sekä merkittiin muistiin vielä määritettävissä olevien tuhonaiheuttajien kussakin taimessa aikaan saaman tuhon suuruus samoin kuin taimien tuhoutumisen aiheuttaneet syyt käyttäen jonkin verran muunneltuna K a n k a a n (1937:40—44) mäntytaimistojen tuhoja koskevassa tutkimuksessaan käyttämää merkitsemistapaa.

Yleisen kuntonsa puolesta elävät taimet jaettiin kolmeen luokkaan. Näistä ensimmäinen käsitti täysin terveet tai sellaiset taimet, joissa oli vikoja niin vähäisessä määrässä, ettei niillä arvion mukaan ollut tai voinut tulla olemaan taimien kehitykseen mitään selvästi havaittavaa haitallista vaikutusta. Toisen luokan taimet olivat jo selvästi tuhoista kärsiviä tai ilman todettavissa olevaa syytä kituvia, mutta kuitenkin toipumiskykyisiä, tai sitten täysin elinvoimaisia taimia, joihin — ehkä ei enää todettavissakaan



Kuva 1. Koealojen sijainti paikkakunnittain.
Abb. 1. Die Lage der Probeflächen nach Ortschaften.

olleen tuhonaiheuttajan esiintymisen seurauksena — oli syntynyt sellaisia muotovikoja, että ne olisivat tulleet säilymään ulkoapäin todettavina vielä varsinaisen taimistoiän jälkeenkin. Kolmannen luokan taimet olivat pahasti muotovikaisia tai kunnoltaan niin huonoja, että niiden toipumista oli pidettävä vähintäänkin kyseenalaisena. Tällainen luokittelu pysyy tietystikin aina — samankin henkilön suorittamana — subjektiivisena, koska mitään eksaktia asteikkoa tai mittaa ei voida käyttää. Kuitenkin luokittelua pidettiin tarpeellisena yleiskuvan saamiseksi, sillä useastikin taimissa esiintyy monien tuhonaiheuttajien aikaan saamia vikoja, eivätkä siis esim. näitten tekijäin yleisyydestä esitetyt sadannekset sinänsä vielä pysty tarpeellisessa määrässä kuvaamaan taimistojen kuntoa, ja toiselta puolen eräiden taimien viallisuuden tai kitumisen aiheuttaja ei ollut enää tarkastushetkellä tai ylipäänsä ollenkaan määritettävissä. Suuremman tasaisuuden aikaan saamiseksi ei tältä osalta ole otettu huomioon tutkimusta aloitettaessa ensimmäisenä kesänä männyn taimistoista koottua aineistoa (22 koealaa), koska on ollut todettavissa, etteivät luokittelun perusteet vielä tällöin olleet täysin vakiutuneet. Myöskin eri tuhonaiheuttajien esiintymistä kuvaamaan käytettiin luokkia 1—3. Asteikko oli kuitenkin jonkin verran »lievempi» kuin taimien kuntoa arvioitaessa, ts. esim. männyn neulasruosteen *(Coleosporium)* erittäin runsasta esiintymistä merkittiin 3:lla, vaikkakaan tämä sieni tuskin koskaan pystyy taimia tuhoamaan.

Havainnot koealalta koottiin erityiseen lomakkeeseen, jossa kunkin viljelytaimen (kylvötaimistoissa ryhmien valtataimien) tunnuksena käytettiin taimelle annettua juoksevaa järjestysnumeroa. Eri tuhonaiheuttajien esiintyminen merkittiin käyttämällä tainta osoittavan numeron yläindeksinä tuhon voimakkuusastetta ja alaindeksinä (milloin tuho oli paikallista laatua) pikkukirjainta, joka osoitti minkä vuoden kasvaimeen päärangassa tuho oli kohdistunut. (Esim. merkintä $5^{1}{}_{b}$ sarakkeessa »*Melampsora*» = lievä *Melampsora*-vioitus taimen N:o 5 päärangassa tarkastusvuotta edeltäneen kesän kasvaimessa.) Oksistossa esiintyneistä tuhoista ei »vuosikertoja» merkitty. Kun myöskin muotoviat — ranganvaihdot, monilatvaisuus ja mutkat — kunkin taimen kohdalta merkittiin samaan tapaan, voidaan koealalomakkeesta saada melko yksityiskohtaiset tiedot jokaisen taimen yleisestä kunnosta, siinä esiintyneiden muotovikojen runsaudesta, laadusta ja myöskin niiden aiheuttajista milloin nämä vielä olivat määritettävissä sekä eri tuhonaiheuttajien aikaan saamien vioitusten voimakkuudesta ja osittain myös niiden kohdistumisesta taimen eri osiin.

Koealaa koskevista yleisistä tiedoista mainittakoon, että kun pintakasvillisuudella epäiltiin joissakin tapauksissa olevan merkitystä eräiden tuhojen esiintymiseen, senkin runsaus pyrittiin määrittämään käyttämällä asteikkoa 1—3, ensimmäisen luokan käsittäessä mm. vain hieman kanervaa tai puolukkaa kasvavat kuivien kankaiden ja äsken kulotetut uudistusalat, kolman-

nen vahvasti heinittyneet taimistot. Edelleen pyrittiin jo kortistoista ottamaan selville käytettyjen taimien ikä, viljelmän tarkka perustamisaika sekä uudistusalalla ennen ja jälkeen istutuksen tai kylvön suoritettujen hakkuiden ajankohta. Milloin näitä tietoja ei kortistoista ollut saatavissa, oli turvauduttava metsänomistajan tai viljelmän perustamista valvoneen ammattimiehen tietoihin.

Paikkakunnittain jakautuu koottu aineisto seuraavasti (kts. myös kuva 1):

	Koealoja kpl.			
	Kuusi istutus	Mänty istutus	Mänty kylvö	Yhteensä
Kaarina	—	6	1	7
Kakskerta	—	5	—	5
Rusko	—	6	1	7
Pöytyä	—	2	—	2
Bromarv	4	3	1	8
Kisko	—	6	—	6
Suomusjärvi	—	18	7	25
Kirkkonummi	—	—	2	2
Tuusula	—	16	9	25
Lapinjärvi	2	3	—	5
Artjärvi	3	—	—	3
Orimattila	3	2	8	13
Sysmä	6	—	—	6
Hartola	13	5	—	18
Juupajoki	4	10	7	21
Vilppula	2	1	4	7
Kuru	—	13	21	34
Parkano	—	18	—	18
Karstula	—	1	6	7
Kannonkoski	—	—	3	3
Saarijärvi	—	—	6	6
Jyväskylän mlk.	—	2	2	4
Hankasalmi	2	3	10	15
Juva	18	5	1	24
Siilinjärvi	12	11	2	25
Kitee	8	2	—	10
Rääkkylä	4	3	1	8
Juuka	11	—	1	12
Pielisjärvi	10	4	—	14
Yhteensä	102	145	93	340

Jo edellä mainitut metsänviljelyn rakenteelliset eroavuudet kuvastuvat jossain määrin tämänkin aineiston kokoonpanossa. Varsinkin kuusen taimistoista otettujen koealojen havaitaan selvästi keskittyvän Itä-Hämeeseen, Savoon ja Pohjois-Karjalaan. Männyn kohdalla ei alueellisuus ole niin selvä, mikä suurelta osalta johtuu siitä, että kaiken kaikkiaan on männyllä yksi-

tyismetsien metsänviljelyksissä Etelä-Suomessakin huomattavasti suurempi osuus kuin kuusella (vrt. Yli-Vakkuri 1958).

Mitä aineiston ikäsuhteisiin tulee, otettiin koealoja istutustaimistoissa tarkastuksesänä istutetuista alkaen. Vanhimmat kuusen taimistot olivat tarkastettaessa 22 v. ja männyn taimistot 19 v. sitten perustettuja. Männyn kylvötaimistoista tarkastettiin tosin joitakin koealoja aivan nuoristakin taimistoista, mutta jätettiin ne aineistoa käsiteltäessä pois ja mukaan otettiin vain vähintään kolmen kasvukauden ikäiset. Vanhin tutkittu kylvötaimisto oli 24 v:n ikäinen. Vaikkakin siis vanhimmat taimistot olivat jo yli 20 v. vanhoja, pääosa aineistosta on alle 10—12 v:n ikäisistä viljelyksistä.

Tuhojen esiintymisen eroavuuksia eri ikäisissä taimistoissa voidaan kootun aineiston perusteella selvitellä vain aivan ylimalkaisissa puitteissa, joten myöskin koealamateriaalin jakautuminen esitettäköön vain karkeasti ryhmiteltynä.

	Ikä kasvukautta viljelmän perustamisesta lukien	
	0—5	6—24
Koealoja kuusen istutuksista	60 kpl.	42 kpl.
» männyn istutuksista	90 »	55 »
» männyn kylvöistä	42 »	51 »
Yhteensä	192 kpl.	148 kpl.

Kuusen istutusten joukossa oli sekä keväällä että syksyllä istutettuja (edellisiä tosin melkoisesti enemmän, n. $^2/_3$ aineistosta), mutta sen sijaan kaikki männyn kylvötaimistot oli perustettu keväällä, ja myöskin männyn istutustaimistoista otettujen koealojen joukossa on vain viisi syksyllä istutetuista taimistoista otettua. Männyn syysistutuksista olikin vaikea saada aineistoa, koska tapa ei ainakaan tähän mennessä ole suurimmassa osassa Etelä-Suomea ollut ollenkaan käytännössä. Syysistutusten suorittamismahdollisuuksien selvittämiseksi pantiinkin maassamme syksyllä 1957 alkuun varsin laajat vertailevat kokeet (kts. Huuri 1958), ja oli tekijällä syksyllä 1958 tilaisuus olla mukana ensimmäisen vuoden koesarjoja tarkastettaessa Vehmaalla, Pöytyällä, Paimiossa, Halikossa, Uskelassa, Vanajalla, Hollolassa, Orimattilassa, Pyhtäällä, Mäntyharjussa, Suomenniemellä, Mikkelin maalaiskunnassa sekä Haukivuorella. Näiltä koealoilta (yhteensä 108 kpl. 4 aarin suuruista, 100 tainta käsittävää koealaa) tehdyt havainnot eivät kuitenkaan — koska aineiston katsottiin laadultaan oleellisesti poikkeavan käsillä olevan tutkimuksen yleisistä puitteista — sisälly mihinkään jäljempänä esitettäviin keskimääräisiin lukuihin tai tutkimuksen tuloksiin. Niitä on käytetty hyväksi ainoastaan eräänlaisina lisähavaintoina esiteltäessä joittenkin tuhonaiheuttajien esiintymistapaa (ss. 14—40) ja on tällöinkin kussakin tapauksessa erikoisesti mainittu mistä ko. havainto on peräisin.

Muusta tutkimuksen lisäaineistosta voitaisiin ehkä mainita eräät keväällä 1951 Helsingin ympäristössä, Tuusulassa ja Sipoossa alun pitäen toisia tarkoituksia varten suorittamani kuusen silmuja tuhoavia tekijöitä koskevat tutkimukset. Kaikkiaan otettiin 47 enimmäkseen 0.5 tai 1 aarin suuruista koealaa erilaisista (osaksi myös luonnon-) taimistoista. Koealoilta tarkastettiin 2 106 tainta ja rangan päätesilmua sekä 6 600 sivusilmua. Tästä ennen julkaisemattomasta aineistosta tullaan eräitä havaintoja esittämään käsillä olevan tutkimuksen yhteydessä.

Eri tuhonaiheuttajien esiintyminen

Hyönteiset

K i r v a t. Kirvat saattavat nimenomaan kuivien kankaiden männyn taimistoissa vähentää merkittävällä tavalla taimien elinvoimaisuutta (K a n g a s 1931 a:46, 1937:95), jopa eräissä tapauksissa aiheuttaa taimien tuhoutumistakin (S a a l a s 1949:183; L e k a n d e r 1951:6). Kotimaisessa kirjallisuudessa on esitetty havaintoja myös ison havukirvan *(Sacchiphantes abietis L.)* esiintymisellään kuusen taimistoissa aikaan saamista pahanlaatuisista vioituksista (L i n n a n i e m i 1920:207; R u m m u k a i n e n 1952). Koottaessa aineistoa käsillä olevaa tutkimusta varten ei yhdessäkään taimistossa voitu havaita kirvojen esiintyneen niin runsaslukuisina, että niillä olisi ollut todettavaa käytännöllistä merkitystä. Korkeintaan voitiin joissakin poikkeuksellisissa tapauksissa havaita yksittäisissä pienissä männyn taimissa neulaston värin vaalenemista, jota mahdollisesti voidaan pitää merkkinä kirvojen aiheuttamasta taimen kunnon alenemisesta. Harvinaisuutena tulkoon mainituksi, että Juvalla tavattiin 14. 8. 1957 eräästä kuusen taimistosta kahdesta seitsemän vuoden ikäisestä taimesta vähäisessä määrässä kerkkäkilpikirvaa *(Physokermes* sp.). Kysymyksessä oli 0.5 ha:n suuruinen voimakkaasti heinittynyt, runsaasti haavan ja lepän vesaa kasvava uudistusala, jolle oli jätetty harvakseltaan mänty-ylispuita. Kerkkäkilpikirvaa on kirjallisuuden mukaan tavattu maastamme tähän mennessä Karjalohjalta (1943), Punkaharjulta (1945) (S a a l a s 1946) sekä Perniöstä (1948) (H e i k i n h e i m o 1948). Sen lisäksi on mainittava, että kesällä 1956 osoitti metsätekn. V i l j o V e s t a l a Metsäntutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualueessa retkeilleille Pohjoismaitten metsäentomologeille kuusen taimiston, jossa kerkkäkilpikirvaa oli paikoitellen erittäinkin runsaasti. — Lajin nimenä on kirjallisuudessa tavallisimmin esiintynyt *Physokermes piceae* Schrk., mutta sittemmin on S c h m u t t e r e r (1956) osoittanut, että kysymyksessä onkin kaksi lajia, *P. piceae* ja *P. hemicryphus* Dalm., eikä liene tietoa kumpaan lajiin meillä tavatut yksilöt kuuluvat.

P i i l o p ä ä t *(Cryptocephalus)*, n e u l a s s a r v i a i n e n *(Luperus pinicola* Duft.). Nimenomaan viimeksi mainitun lajin aiheuttamista tuhoista männyn taimistoissa mainitsee K a n g a s (1937: 76): »Yleisyytensä vuoksi ne kuuluvat varsinaisten tuhojen tärkeimpiin, vaikkakin on huomautettava, että niitä vain poikkeustapauksissa on esiintynyt muualla kuin laajemmilla yhtenäisillä taimistoilla — —». Neulassarviai-

sen vioittamien taimien määrän hän totesikin olleen peräti 32.7 % koko taimiluvusta. Käsillä olevan tutkimuksen aineistoa koottaessa ei mitään näistä lajeista tavattu yhdestäkään tarkastetusta taimesta niin runsaasti, että niiden aiheuttamilla vioituksilla olisi voitu olettaa olleen taimen kuntoon jonkinlaista vaikutusta.

K e r ä k ä r s ä k k ä ä t *(Strophosomus)*. Keräkärsäkkäiden ei voitu todeta aiheuttaneen männyn taimistoissa mitään tuhoja, mutta sen sijaan havaittiin varsinkin *S. rufipes* Steph. -aikuisten keväällä 1951 vioittavan nuorissa kuusen taimistoissa Helsingin ympäristössä juuri avautuvia silmuja. Kun tarkastetuista taimien päärangan päätesilmuista oli kärsäkkäiden vioittamia 2.4 %, oksien silmuista vain 0.5 %, oli kärsäkkäiden aikaan saama vahinko kuitenkin kokonaisuudessaan varsin vähäinen.

H a r m a a m ä n t y k ä r s ä k ä s *(Brachyderes incanus* L.). Tämäkin laji lienee luettava nimenomaan kuivien kankaiden männyn taimistojen tuholaisiin (vrt. esim. S a a l a s 1949: 306), ja näissäkin sen tuhoilla jo sinänsä vain poikkeustapauksissa on mainittavaa merkitystä taimien kehitykselle (K a n g a s 1937: 77). Käsillä olevaa tutkimusta suoritettaessa sen aiheuttamia vioituksia, jotka kaiken lisäksi olivat laadultaan täysin merkityksettömiä, tavattiin vain neljältä koealalta.

T u k k i k ä r s ä k k ä ä t *(Hylobius)*. Vaikkakin tukkikärsäkkäiden aikaan saamat tuhot lienevät suurimmalta ja merkittävimmältä osalta tukkimiehen täin *(H. abietis* L.) aiheuttamia, tulee sen lisäksi kuitenkin kysymykseen ainakin pieni tukkikärsäkäs *(H. pinastri* Gyll.), ja lienee kyseenalaista voidaanko näiden lajien aiheuttamia vioituksia maastossa toisistaan erottaa.

Ensimmäiset tiedot kirjallisuudessamme *Hylobius*-tuhoista lienevät B l o m q v i s t i n esittämiä. Tunnetussa mäntyä koskevassa tutkimuksessaan (B l o m q v i s t 1883, I:82) hän kirjoittaa: »På de få ställen i landet, der skogsplantering blifvit utförd, har snytbaggen icke underlåtit att infinna sig och göra kännbar skada». Myöskin F u r u h j e l m i n muistiinpanoissa (E l f v i n g 1904:43—44) on *H. abietiksen* esiintymisestä lukuisiä havaintoja, ja näiden jälkeen E l f v i n g i n huomautus: »Också denna art har de senaste åren gjord icke ringa skada i tall och lärkträdskulturer på Evois». Kuten näistäkin tiedoista ilmenee, liittyvätkin *Hylobius*-tuhot aivan oleellisesti juuri kulttuuritaimistoihin.

Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa esiintyi *Hylobius*-tuhoja seuraavasti:

	Kuusi istutus %	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
Kuolleista taimista *Hylobiusten* tuhoamia	16.0	33.7	26.9
Muotovioista *Hylobiusten* aiheuttamia	*Δ*	8.9	1.7
Elävistä taimista *Hylobiusten* vioittamia	3.7	15.4	7.6

Elävistä taimista todettujen tuhojen jakautuminen eri voimakkuusasteisiin (1 = lievimmät vioitukset) oli seuraavanlainen:

Vioituksen voimakkuusaste	Kuusi istutus %	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
1	40	38	44
2	27	43	45
3	33	19	11

Tukkikärsäkkäiden tuhoamien taimien osuus kaikista löydetyistä kuolleista taimista oli siis suurin männyn istutustaimistoissa ja männyn taimistoissa kokonaisuudessaan huomattavasti suurempi kuin kuusen taimistoissa. Muotovikoja aiheuttavina *Hylobius*-tuhot esiintyivät käytännöllisesti katsoen vain männyn istutustaimistoissa ja kaiken kaikkiaan oli elävistä taimista todettuja vioituksia männyn istutustaimistoissa noin kaksi kertaa niin paljon kuin männyn kylvötaimistoissa (kylvöryhmien valtataimissa) ja noin neljä kertaa niin paljon kuin kuusen taimistoissa. Sen sijaan todetaan, että elävien taimien vioituksista oli pahanlaatuisia (3. aste) suhteellisesti enimmän kuusen taimistoissa, vähimmän männyn kylvötaimistoissa. Kun otetaan huomioon, että männyn kylvötaimistoista otetuilta koealoilta voitiin todeta kaiken kaikkiaan vain kolme kylvöruutua, joissa *Hylobius*-vioitukset olivat aiheuttaneet täydellisen tuhon eli 0-ruudun, on tuhoja kylvötaimistoissa pidettävä merkitykseltään erittäin paljon pienempinä kuin männyn istutustaimistoissa, jopa selvästi vähäisempinä kuin kuusenkin istutustaimistoissa.

Kun nykyoloissa — sen takia, että kuusta istutetaan ennen kaikkea sellaisille uudistusaloille, joilla on yleensä vähän havupuiden kantoja — *Hylobius*-tuhojen uhka kohdistuu lähinnä nuoriin männyn istutuksiin, esitellään seuraavassa yksityikohtaisemmin tuhojen esiintymistä vain istutetuissa männyn taimistoissa. Jos ensiksi tarkastellaan miten tuhot riippuvat siitä, monentenako talvella suoritettua hakkuuta seuranneena keväänä istutus oli suoritettu, saadaan seuraava tulos:

Istutusajankohta hakkuusta lukien	Tuhonalaisia taimia keskim. %	Koealoja kpl.
1. kevät	25.4	21
2. »	14.3	13
3. »	4.8	11
4.—5. »	4.1	7

Mukaan ei ole otettu sellaisille uudistusaloille, joissa ennen uudistamista kasvanut metsä oli ollut hyvin voimakkaasti lehtipuuvaltaista, perustettuja taimistoja, eikä myöskään sellaisia uudistusaloja, joilta puusto oli ennen istutusta poistettu 2—3 vuoden aikana useammassa vaiheessa tai jotka oli kulotettu. Edelleen on selvää, että tässä täytyi rajoittua suhteellisen nuoriin taimistoihin — taimien ikä korkeintaan 7—8 vuotta — koska ainakaan tätä vanhemmista *Hylobiusten* tappamat taimet eivät enää ole löydettävissä.

Tuhonalaisten taimien määrä käsittääkin niin tässä kuin kahdessa seuraavassakin asetelmassa myös kuolleet taimet. Pintakasvillisuuden runsauden todettiin vaikuttavan tuhojen esiintymiseen seuraavasti:

	Tuhonalaisia taimia %	Koealoja kpl.
Pintakasvillisuus niukka (1)	31.2	17
» kohtalainen (2)	30.1	16
» runsas (3)	15.8	18

Asetelmaan sisältyvät vain ensimmäisenä ja toisena keväänä hakkuun jälkeen istutetuista taimistoista otetut koealat, koska myöhemmin istutetuissa tuhot olivat kuten edellä on käynyt ilmi varsin vähäisiä. Koealojen suurempi lukumäärä verrattuna ensimmäiseen asetelmaan johtuu siitä, että mukaan on otettu kulotetutkin uudistusalat sekä sellaiset taimistot, joista saatiin tietää istutuksen tapahtuneen joko ensimmäisenä tai toisena hakkuuta seuranneena keväänä, mutta tarkempi aika ei kuitenkaan ollut tiedossa. Koska myöskin kulotuksen voidaan olettaa vaikuttavan *Hylobius*-tuhojen esiintymiseen, esitettäköön vielä tuhojen määrä erikseen kulotetuilta ja kulottamattomilta uudistusaloilta (vain ensimmäisenä tai toisena hakkuuta seuranneena keväänä perustetut taimistot):

	Tuhonalaisia taimia keskim. %	Koealoja kpl.
Kulotetut uudistusalat	49.7	13
Kulottamattomat uudistusalat	21.4	40

Voidaan siis todeta, että niin istutuksen ajankohdalla edeltävästä hakkuusta lukien, pintakasvillisuuden runsaudella kuin kulotuksellakin on vaikutusta *Hylobius*-tuhojen esiintymiseen.

Tarkasteltaessa istutusajankohdan merkitystä havaitaan, että tuhot olivat selvästi suurimmat välittömästi hakkuuta seuranneena keväänä istutetuissa taimistoissa, merkittäviä vielä toisena keväänä, mutta vailla käytännöllistä merkitystä myöhemmin perustetuissa taimistoissa. Samalla on kuitenkin todettava, että aineisto, jota kokonaisuudessaankin on melko vähän, jakautuu varsin epätasaisesti. Mainittakoon, että S y l v é n (1927) on todennut heti hakkuun jälkeisenä keväänä istutetuilla koealoilla runsaastikin vioituksia vielä kolmantenakin kesänä.

Myöskin kylvötaimistoissa todetut tuhot voivat johtua välittömästi edeltäneestä hakkuusta jos kylvö on toimitettu heti hakkuun jälkeen. Kun kuitenkin vioituksia todettiin vielä kolmantena, neljäntenä jopa kuudentenakin hakkuuta seuranneena keväänä kylvetyissä taimistoissa, lienee selvää, että

vioitusten esiintyminen on ollut seurauksena muista, esim. lähimetsiköissä suoritetuista hakkuista, varsinkin kun uudistusalat olivat keskimäärin suhteellisen pienikokoisia (vrt. Vaartaja 1951:25—26). Se seikka, että viimeksi mainitusta syystä johtuvia vioituksia esiintyi runsaammin kylvötaimistoissa, saanee selityksensä siten, että lähekkäin sijaitsevien metsiköiden hakkuiden välillä silloin kun ne suoritetaan eri aikoina, kulunee tavallisesti useampia vuosia. Jos ensimmäiselle uudistusalalle on uusi metsikkö perustettu istuttamalla, ovat taimet tänä aikana ehtineet kasvaa niin suuriksi, etteivät kärsäkkäät ehkä ollenkaan vioita niitä tai ei vioituksilla enää ole mitään merkitystä, sen sijaan saattaa samalla paikalla oleva kylvötaimisto taimien kehitysasteeseen nähden olla vielä »vaaravyöhykkeessä.»

Toisena ja ehkä edellä selostettua tärkeämpänä syynä *Hylobius*-tuhojen esiintymiseen usean vuoden kuluttua kylvön tai istutuksen suorittamisesta on se, että uudistus-, varsinkin kylvöaloille jätetään jokseenkin usein siemenpuita, joiden kannot sitten aikanaan jälleen houkuttelevat kärsäkkäät taimistoon. Jos siemenpuut poistetaan melko pian varsinaisen uudistushakkuun tapahduttua, on niiden kannoilla tuhojen esiintymisajan pidentymiseen tietenkin vain vähän vaikutusta, mutta sen sijaan saattavat tuhot tällaisissa tapauksissa muodostua varsin haitallisiksi. Mainittakoon eräs esimerkki. Kuivahkolla kankaalla kasvavasta metsiköstä oli talvella 1953 hakattu kaikki kuuset, mutta alueella olevat suuret männyt oli jätetty siemenpuiksi. Toukokuun puolivälissä 1954 ala oli istutettu 1+1-vuotisella männyllä ja siemenpuut oli poistettu seuraavana talvena. Kun taimisto kesäkuussa 1955 tarkastettiin, havaittiin löydettävissä olleista taimista joka toisessa kärsäkkäiden vioituksia ja lähes joka kolmas taimi oli *Hylobiusten* tappama. Lisäksi oli ilmeistä, etteivät tuhot olleet vieläkään päättyneet. Eräänä syynä odottamattoman »myöhäisten» *Hylobius*-tuhojen esiintymiseen on vielä lopuksi mainittava puutavaraa kuorittaessa taimistojen läheisyyteen syntyvät kuorikasat, joilla otollisissa olosuhteissa saattaa tukkikärsäkkäiden lisääntymispaikkoina olla varteen otettava merkitys (Brammanis 1956).

Tarkasteltaessa pintakasvillisuuden vaikutusta tuhojen esiintymiseen, todetaan vioituksia olleen runsaimmin sellaisilla uudistusaloilla, joilla kasvillisuus oli niukkaa ja vain jonkin verran vähemmän hieman rehevämmillä kasvupaikoilla. Sen sijaan vahvasti heinittyneissä taimistoissa oli niiden määrä edellisiin luokkiin verrattuna vain noin puolet. Kun otetaan huomioon, että koealojen jakaminen eri luokkiin perustui tarkastushetkellä vallinneisiin olosuhteisiin ja että tuhot olivat saattaneet tapahtua jopa useita vuosiakin aikaisemmin, voitaneen olettaa, että todellisuudessa tuhojen runsaus riippuu vielä selvemmin kuin esitetyssä asetelmassa pintakasvillisuuden määrästä, ts. mitä niukempi kasvillisuus sitä suuremmat ovat tuhojen esiintymismahdollisuudet muuten toisiinsa verrattavissa oloissa.

Kulotetuilta uudistusaloilta otetut koealat ovat valitettavasti lähes kaikki sellaisista taimistoista, joissa istutus oli toimitettu toisena hakkuun jälkeisenä keväänä. Näin ollen ei voida saada selville, onko tuhojen esiintyminen eri ajankohtina istutetuissa taimistoissa myöskin kulotetuilla uudistusaloilla samankaltainen kuin kulottamattomilla. Kaiken kaikkiaankin on kulotetuilta uudistusaloilta otettuja koealoja varsin vähän, mikä suureksi osaksi johtuu siitä, että kulotuksen yhteydessä oli useimmassa tapauksessa käytetty kylvöä. Kuitenkin on ero kulottamattomien ja kulotettujen alojen välillä niin suuri ja olivat *Hylobius*-tuhot viimeksi mainituilla niin yleisiä, että tuskin voitaneen asettaa kyseenalaiseksi, etteikö kulotus yleensä lisäisi ja vieläpä varsin tuntuvasti kärsäkästuhojen vaaraa (vrt. Sylvén 1927:544; Nenonen & Jukola 1960). Mainittakoon, että Häggströmin (1958: 175) Pohjois-Ruotsissa suorittamissa kokeissa todettiin, että sellaisissa taimistoissa, jotka oli istutettu (2+0 -v. mänty) samana vuonna kuin kulotus oli suoritettu, olivat hyönteistuhot selvästi suurimmat, toisena kulotuksen jälkeisenä vuonna istutetuissa niiden määrä väheni noin puoleen ja kolmantena kesänä istutetuissa tuhoilla ei enää ollut mitään merkitystä, ts. tulos oli täysin samansuuntainen kuin s. 16 olevassa asetelmassa kulottamattomilta uudistusaloilta esitetty. *Hylobius*-tuhojen voimakkuuteen kulotetuilla aloilla vaikuttanevat useammatkin syyt. On mm. esitetty, että palaneet kannot houkuttelisivat aikuisia hakkuualoille jopa paremmin kuin palamattomat (Munro 1928). Toisena ja ehkä tärkeämpänä tekijänä on se, ettei kulotetuilla aloilla ole ollenkaan tai on vain niukasti pintakasvillisuutta, luonnon taimia ja hakkuutähteitä (vrt. Sylvénin, 1927, havaintoja tukkikärsäkkäiden eri ravintokasvilajeista sekä kärsäkkäiden esiintymisestä eri tavoin käsitellyillä uudistusaloilla). Edelleen on huomattava, että tutkittaessa maan lämpötiloja kulotuksen aikana (Uggla 1957) on voitu todeta, että vaikkakin lämpötila maan pinnalla olisi huomattavan korkea, siinä vain jo muutaman senttimetrin syvyydessä on havaittavissa ainoastaan lievää kohoamista. Varsinkin kun otetaan huomioon, että tukkimiehen täi munii aina 1 cm:n vahvuisiin juuriin saakka (Karu 1953), voitaneen hyvällä syyllä olettaa, että kulotuksen merkitys juurissa olevien kärsäkkäiden eri kehitysasteiden samoin kuin maahan munimaan tunkeutuneiden imagojenkin tuhoojana on varsin vähäistä suuruusluokkaa.

Vaikkakin kulotetuille uudistusaloille kylvämällä perustetuista männyn taimistoista on sekä absoluuttisesti että varsinkin suhteellisesti paljon enemmän koealoja kuin vastaavanlaisista männyn istutustaimistoista, voitiin näistä vain kahdella todeta mainittavia *Hylobius*-tuhoja (vrt. Arimo 1939: 274). Näistäkin toisessa tapauksessa tuhot mitä ilmeisimmin johtuivat siitä, että uudistusalalle oli jätetty siemenpuita, jotka oli poistettu luultavimmin neljäntenä talvena kylvön jälkeen.

Kulotetuille aloille perustettuja kuusen taimistoja sisältyy aineistoon vain neljä. Näistä yhdellä — josta tarkkaa hakkuuaikaakaan ei ole tiedossa — ei todettu *Hylobius*-tuhoja, mutta sen sijaan kahdella, toisena hakkuun jälkeisenä keväänä istutetusta taimistosta otetulla koealalla oli vioitettuja taimia keskimäärin yli 50 % ja neljännellä koealalla, jossa istutus oli suoritettu kolmantena keväänä hakkuusta lukien, lähes 30 % (kahdella lisäksi vielä merkittäviä *Hylastes*-tuhojakin).

Missä määrin *Hylobius*-tuhojen esiintymisessä voitaisiin puhua alueellisista eroavuuksista, ei aineistosta käy ilmi, koska tuhojen runsauteen vaikuttavien ympäristötekijäin lukuisuudesta johtuen keskenään edes jossain määrin verrattavissa olevien koealojen määrä jaettuna tutkimusalueen eri osia edustaviin ryhmiin on tähän tarkoitukseen täysin riittämätön.

P i k i k ä r s ä k k ä ä t *(Pissodes)*. Näillä kuivien kankaiden laajoissa männyn taimistoissa merkittävinä esiintyvillä tuholaisilla (vrt. K a n g a s 1937; E l f v i n g 1905) ei käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa ollut mitään käytännöllistä merkitystä. Aikuisten aiheuttamia vioituksia havaittiin männyn niin kylvökuin istutustaimistoissakin keskimäärin alle 0.5 %:ssa tarkastettuja taimia, kuusen taimistoissa — joissa niissäkin tuhoa voi esiintyä (P a l m 1953) — ei ollenkaan.

P ö t k y k ä r s ä k k ä ä t *(Magdalis)*. Kaarinassa löydettiin 20. 9. 1957 9-vuotiaan istutusmännyn oksasta, jonka tyvestä tukkikärsäkkäät olivat kalvaneet kuoren tyystin pois, joukko *Magdalis*-toukkia. Otetusta näytteestä kuoriutui talvella laboratoriossa useita aikuisia, joiden todettiin kuuluvan lajiin *M. duplicata* Germ.

Männyn syysistutuskokeita tarkastettaessa todettiin Uskelassa, Paimiossa ja Vehmaalla niin ikään *Magdalis*-toukkia neljästä 3-vuotiaasta taimesta yksi kustakin. Toukat olivat syöneet usean sentin pituudelta taimen ohuesta rungosta kaiken puuosan jättäen vain kuoren jäljelle joten taimet helposti katkesivat. Toukkien kasvatusyritykset epäonnistuivat. E s c h e r i c h (1932: 305—306) mainitsee vastaavanlaisia tapauksia samoin nuorista männyn taimistoista, kysymyksessä oli tällöin ollut *M. frontalis* Gyll. Ilmeisesti toukat esiintyivät näissäkin tapauksissa — kuten *Magdalis*-toukat yleensä aina (vrt. K a n g a s 1937: 67) — sekundaarisesti, joten mistään varsinaisesta tuhosta ei ollut kysymys. Aikuistenkaan aiheuttamilla tuhoilla, joita on pikikärsäkästen vioituksista mahdoton erottaa (K a n g a s l.c.; L a g e r b e r g 1912) ja joita näin ollen voi sisältyä pikikärsäkästuhoiksi luettuihin tapauksiin, ei sen mukaan mitä viimeksi mainittujen yleisyydestä edellä esitettiin ollut käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa mitään merkitystä.

Y t i m e n n ä v e r t ä j ä t *(Blastophagus)*. Ytimennävertäjien tuhoja — aikuisten kasvainvioituksia — todettiin aivan satunnaisesti (männyn niin istutus- kuin kylvötaimistoissakin keskimäärin alle 0.5 %:ssa tarkastettuja taimia). Kasvainvioituksista johtuneiden muotovikojenkin määrä oli kokonaisuudessaan varsin vähäinen (kts. taulukko 2, s. 47).

J u u r i n i l u r i t *(Hylastes)*. *Hylastes*-aikuisten tuhoamia männyn taimia tavattiin vain kaksi, nämäkin männyn syysistutuskoealoilta, ja lievemminkin vioitettuja taimia löydettiin vain yksi (kylvötaimistosta). Juurinilureilla ei tämän mukaan siis olisi meillä ainakaan toistaiseksi mainittavaa merkitystä tuhonaiheuttajina männyn taimistoissa (vrt. K a n g a s 1937:70

ja Saalas 1949:367). On kuitenkin mainittava, että Vaartaja (1951: 70—71) on todennut alikasvosasemasta vapautetuissa männyn taimistoissa runsaastikin vioituksia ja että mh Huuri on minulle kertonut tavanneensa syysistutuskokeita tarkastaessaan paikoitellen merkittävääkin, ilmeisesti varsin myöhään syksyllä tapahtunutta tuhoa.

Kuusen istutustaimistoista löydetyistä kuolleista taimista oli peräti 10 % juurinilureiden tuhoamia. Kaiken kaikkiaan oli vioitettujen taimien määrä kuitenkin kuusen taimistoissakin keskimäärin vain 1 % kaikista tarkastetuista taimista. Mainittavia tuhoja todettiin esiintyneen vain neljässä taimistossa, ja voitaneen näistä tehdyt havainnot tässä yhteydessä lyhyesti esittää.

Siilinjärvi. 15. 6. 1956 istutettu kuusen taimisto, edeltävä hakkuu kevättalvella 1955. Tarkastettiin 9. 8. 1957. Kahdella koealalla *Hylastesten* vioittamia taimia keskimäärin 20 %, näistä yksi kuollut. Vioitukset tapahtuneet ilmeisesti suurimmalta osalta kesällä 1957, koska yhdestä taimesta löydettiin vieläkin yksi imago.

Juupajoki. Istutus suoritettu keväällä 1957, edeltävä hakkuu 1954—55, kulotus 1955. 18.6. 1958 tarkastetulla koealalla *Hylastesten* vioittamia taimia 11 %, kaikki kuolleet. Vioitukset tapahtuneet todennäköisesti kesällä 1957.

Juupajoki. Istutus toimitettu keväällä 1956, edeltävä hakkuu 1954—55, kulotus 1955 (?). 18. 6. 1958 tarkastetun koealan taimista joka kolmas juurinilureiden vioittama, kaksi taimista kuollut. Vioitukset tapahtuneet ilmeisesti sekä kesällä 1957 että 1958.

Hartola. Keväällä 1957 istutettu taimisto, edeltävä hakkuu 1955—56. 16. 10. 1958 tarkastetulla koealalla juurinilureiden vioittamia taimia 11 %, yksi taimi kuollut. Aikuisia vieläkin taimissa.

Näitten havaintojen mukaan tapahtuvat *Hylastes*-tuhot *Hylobiusten* aikaan saamiin vioituksiin verrattuna paljon myöhemmin eli yleisimmin vasta kolmantena hakkuun jälkeisenä kesänä (vrt. Spessivtseff 1934). Merkille pantavaa on, että niitä näyttää tapahtuvan vielä syysmyöhälläkin kuten 16. 10. 1958, jolloin ilman lämpötila oli jo 0° C:n tienoilla. Edelleen on huomattava, että niitä sattuu myös kulotetuilla uudistusaloilla niin kuin Juupajoelta tehdyt havainnot osoittavat. Merkerin & Sattlerin (1952:136) mukaan kulotuksella onkin juurinilureiden tuhoutumiseen vain vähäinen vaikutus, 30 cm:n paksuista oksa- ja risukerrosta poltettaessa todettiin niiden tuhoutumiselle välttämättömän 50° C:n lämpötilan ulottuneen maassa vain 7 cm:n syvyyteen.

Muut kaarnakuoriaiset *(Scolytidae)*. Solbölen kokeilualueessa tavattiin meren rannalla sijaitsevasta, tervaleppien vahvasti varjostamasta, alaltaan vähäisestä kuusen taimistosta yksi taimi, jonka useamman kasvaimen pituudelta kuolleessa latvassa oli runsaasti uurteista kätkökaarnuria *(Cryphalus abietis* Ratz.*)*. Kun samalla koealalla oli kahdeksan muuta tainta, joitten latva oli sienten vioittama tai kokonaan kuollut ilman mitään merkkejä kaarnakuoriaisten esiintymisestä, on erittäin toden-

näköistä, että myös po. taimessa latvan kuivuminen oli sienituhosta eikä kätkökaarnurin vioituksesta johtunut. Enempää kuusen kuin männynkään taimistoissa ei missään voitu todeta — juurinilureita ja ytimennävertäjiä tietenkään lukuun ottamatta — muittenkaan kaarnakuoriaisten esiintyneen primaarisina tuholaisina. Kuusen taimistoissa on Kangas (1946: 62) todennut tähtikirjaajan alkuun panemaa kuivumista (vrt. myös Gauss & Wellenstein 1950), mutta sen sijaan olivat kaarnakuoriaistuhot hänen tarkastamissaan männyn taimistoissa harvinaisia (Kangas 1937: 69).

Kirjokudospistiäinen (*Acantholyda hieroglyphica* Chr.). Kirjokudospistiäisen toukkien aiheuttamaa tuhoa todettiin yhdeksällä männyn istutustaimistoista otetulla koealalla Kakskerrassa, Suomusjärvellä, Parkanossa, Orimattilassa, Jyväskylän maalaiskunnassa sekä Juvalla. Vain kahdella koealalla oli kaksi vioitettua tainta, muilla ainoastaan yksi kullakin. Männyn kylvötaimistoista on havaintoja vain kolmelta koealalta (Hankasalmelta ja Jyväskylän maalaiskunnasta); vioitettuja taimia oli näilläkin vain 1—2 kpl. Taimien ikä oli 3—6 vuotta. Tarkastamillani männyn syysistutuskoealoilla tavattiin vioituksia seuraavilla paikkakunnilla: Paimio, Vehmaa, Pöytyä, Vanaja, Orimattila, Pyhtää, Mäntyharju, Mikkelin mlk. sekä Haukivuori. Yleensä näissäkin taimistoissa, joissa vioitukset olivat tapahtuneet taimien ollessa kolmannella ikävuodella, tuhonalaisia taimia oli alle 1 % taimiluvusta, pokkeuksena vain Haukivuoren koeala, jolta viallisia taimia löytyi peräti 36 kpl. eli 4.5 %. Kirjokudospistiäisen aiheuttamat tuhot (joiden määrittäminen kaikissa edellä mainituissa tapauksissa tosin perustui yksinomaan tuhokuvaan) eivät siis ole mitään harvinaisuuksia, mutta laajuudeltaan kuitenkin aina vähäisiä. Kun niitä ei koskaan tavattu vahvan pintakasvillisuuden tai pensaiden varjostamista taimista, näyttää ekspositiolla olevan tuhojen esiintymiselle ratkaiseva merkitys. Haukivuorella, jossa vioituksia esiintyi kaikkein runsaimmin, oli kysymyksessä loivasti etelään viettävä, vain lyhytvartista kanervaa ja puolukkaa kasvava avohakkuuala. Kirjokudospistiäisen aikaan saamat vioitukset eivät laadullisesti ole merkityksettömiä, sillä ne kohdistuvat useimmiten nuoren taimen latvakasvaimeen, joten seurauksena on ilmeisesti melko usein taimen haaroittuminen jo 10—20 cm:n korkeudesta lähtien, jopa eräissä tapauksissa koko taimenkin tuhoutuminen. Vioitusten suhteellisesta harvalukuisuudesta johtuen niiden kokonaismerkitys on kuitenkin varsin vähäinen.

Mäntypistiäiset (*Diprion*). Mäntypistiäistoukkien aiheuttamaa tuhoa tavattiin vain kahdelta männyn istutustaimistoista otetulta koealalta (Rääkkylästä ja Tuusulasta). Näissäkin tapauksissa olivat tuhot niin lieviä, ettei niillä voitu olettaa olleen taimien kuntoon mainittavaa vaikutusta. Toisella koealalla oli vioitettuja taimia 20 %, toisella vain 3 %.

Länkäneulassääski (*Cecidomyia baeri* Prell). Tämän tuhonaiheuttajan vioitukset esiintyivät niin satunnaisesti, ettei niitä vähäisen merkityksensä takia koealoilta järjestelmällisesti merkitty muistiin. Tulkoon kuitenkin mainittua, että vioi-

tuksia todettiin eräissä lokakuussa 1957 Ruotsinkylän kokeilualueessa tarkastetuissa 10—11-vuotisissa männyn taimistoissa huomiota herättävän runsaasti. Kuitenkaan ei näissäkään tapauksissa voi katsoa mitään varsinaista tuhoa tapahtuneen.

Kuusen versokoi ja kuusen silmukoi *(Argyresthia glabratella* Zell. ja *A. certella* Zell.*)*. Vioituksia todettiin vain yhdellä koealalla. Tosin osa tuhoista saattaa sisältyä määrittämättömiin silmuvioituksiin, mutta näitäkin oli varsin vähän (kts. taulukko 1, s. 39). Myöskin keväällä 1951 tarkastamissani kuusen taimistoissa esiintyi vioituksia hyvin niukasti; tarkastetuista päätesilmuista tai latvaversoista oli näiden lajien vaurioittamia vajaa 2 %, oksien kasvaimista ja silmuista ainoastaan 0.5 %. Saalaan (1949: 510) mukaan olivat eräässä Metsäntutkimuslaitokselle 1940 kerätyssä aineistossa näitten perhoslajien aiheuttamat tuhot erittäin yleisiä, ja oli suurissakin kuusissa vioittuneiden silmujen määrä sangen runsas. Mahdollisesti tuhot kohdistuvatkin enemmän varttuneihin kuusikkoihin kuin taimistoihin.

Herukkakääriäinen *(Pandemis ribeana* Hb.*)*. Herukkakääriäisen sangen moniruokaisen toukan on todettu elävän mitä erilaisimmilla lehtipuilla ja pensailla (vrt. Trägårdh 1915: 818; Escherich 1931: 237; Saalas 1933: 513). Kirjallisuuden mukaan sitä on tavattu kerran myös jalokuusesta (kts. Escherich l.c.), ja Trägårdh (l.c.) totesi tämän lajin toukkia keväällä 1915 melko runsaastikin Tukholman lähistöllä nuorista kuusista. Kyseisessä tapauksessa toukat — jotka jo kesäkuun puolivälissä olivat lähes täysikasvuisia — vioittivat kuusten taimien kasvaimista neulasia ja kuorta aiheuttaen kasvainten deformoitumista. 29. 6. 1955 löysin Hartolasta eräältä 14 vuotta sitten istutetusta kuusen taimistosta otetulta koealalta usean taimen kasvaimista niin ikään täysikasvuisia, osaksi jo koteloituvia kääriäistoukkia. Trägårdhin (l.c.) antaman kuvauksen perusteella toukat määritettiin ko. lajiin kuuluviksi. Tässä verraten rehevällä maalla kasvavassa taimistossa oli taimien keskipituus n. 1.3 m ja taimiston päällä jokseenkin tiheä koivuylispuusto (koealalla 22 rinnankorkeudelta keskimäärin 10 cm:n vahvuista koivua). Toukkien aiheuttamaa tuhoa todettiin noin joka kolmannessa taimessa. Vioitukset keskittyivät etupäässä taimien latvoihin, useassa tapauksessa niitä esiintyi latvakasvaimessakin, josta toukat olivat kalvaneet kuorta ja tuhonneet neulasia sekä silmuja. Eräitten taimien latvat olivat pahasti pensastuneet, ja vaikkakin niistä todettiin myös eräitä pikkusieniä — *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn ja *Rhabdospora* sp. — näytti ilmeiseltä, että muotoviat johtuivat ainakin osittain myös kääriäisten aiheuttamista, ehkä jo useampana vuotena jatkuneista vioituksista. Kun otetaan huomioon, että kirjallisuudessa esitettyjen tietojen mukaan herukkakääriäisen havupuiden taimistoissa aiheuttamat tuhot ovat hyvin harvinaisia ja kun niitä ei käsillä olevaankaan tutkimukseen aineistoa koottaessa voitu missään muualla todeta, voitaneen esitettyä tapausta pitää poikkeuksellisena, eikä tuhoilla näin ollen ole mitään yleisempää merkitystä.

Pihkakääriäinen *(Evetria resinella* L.*)*. Pihkakääriäisen vioittamia taimia todettiin olleen männyn istutustaimistoissa keskimäärin 4.1 % ja männyn kylvötaimistoissa 4.2 % kaikista tarkastetuista elävistä taimista. Tuhon voimakkuuden mukaan vioitukset jakautuivat siten, että istutustaimistoissa oli vioitustapauksista aivan lieviä (1. aste) 54 % ja kylvötaimistoissa 47 % sekä pahemmanlaatuisia (2. ja 3. aste) vastaavasti siis 46 % ja 53 %. Sellaisista muotovioista, joiden aiheuttaja voitiin määrittää, oli pihkakääriäisen aikaan saamia (etupäässä monilatvaisuutta ja ranganvaihtoja) istutustaimistoissa 7.8 %, kylvötaimistoissa 9.8 %. Todetaan siis, että tuho-

jen esiintyminen oli kummankinlaatuisissa taimistoissa samaa suuruusluokkaa, mutta kylvötaimistoissa ne olivat olleet keskimäärin jonkin verran pahemmanlaatuisia ja hieman useammin johtaneet myös muotovikojen syntymiseen kuin istutustaimistoissa.

Kun tuhonalaisia männyn taimia todettiin koealoilla olleen siis vain n. 4 %, ja näistäkin n. 50 %:ssa oli tuho niin lievää, että sitä voidaan pitää merkityksettömänä (etupäässä oksissa), ei pihkakääriäistuhoilla tämän mukaan ole Etelä-Suomen viljelytaimistoissa yleisesti ottaen erikoisen suurta merkitystä. Laajojen kuivien kankaiden kituvissa männyn taimistoissa tuhot sen sijaan ovat hyvin yleisiä ja myöskin taimistojen kehityksen kannalta erittäin haitallisia (vrt. Elfving 1905:96; Hertz 1926:200; Kangas 1931 a:37, 1937:71). Ilmeisesti kasvupaikan laadulla onkin tuhojen esiintymiseen suorastaan ratkaiseva merkitys (vrt. edelleen mm. Lekander 1951:141), ja saattaa niitä näin ollen yksittäisissä tapauksissa esiintyä myös alaltaan pienehköissäkin, laihoille ja kivisille mailleperustetuissa viljelytaimistoissa etenkin etelään viettävillä rinteillä. (Tällaisilla paikoilla todetuista, pahanlaatuisista, taimiston kehityksen jokseenkin täydelleen estävistä tuhoista onkin mm. Metsäntutkimuslaitokselle lähetetty näytteitä).

Muut mäntykääriäiset *(Evetria)*. Kenttätöitä suoritettaessa käsiteltiin muiden *Evetria*-lajien kuin *E. resinellan* aiheuttamia vioituksia yhtenä kollektiivisena ryhmänä, koska tuhojen tarkempaa määrittämistä pidettiin tuhon jälkien epämääräisyyden ja tuhon kuvan vaihtelevuuden takia mahdottomana. Useimmiten jouduttiin näet tekemisiin jo suhteellisen vanhojen vioitusten kanssa, jotka eivät suinkaan aina eroa toisistaan käsikirjoissa esitetyllä kaavamaisen selvällä tavalla, ja varsinkin silmutuhojen kysymyksessä ollessa saattoi tuhoutuneesta kasvinosasta useinkin olla jäljellä enää vain vähäisiä jäännöksiä. Tuoreita vioituksia, toukkia tai koteloita tavattiin erittäin harvoin.

Versoja vioittavista lajeista tulevat meillä (Kangas 1937; Saalas 1949) kysymykseen *E. buoliana* Schiff., *E. duplana* Hb. ja mahdollisesti *E. logaea* Durr. sekä *E. pinicolana* Deubl., etupäässä silmuja tuhoavista *E. turionana* Hb., *E. posticana* Zett. ja *E. pinivorana* Zell. Viimeksi mainittujen vioituksia on kaikissa ysityistapauksissa mahdoton erottaa männynsilmukoin *(Heringia dodecella* L.) tuhoista. Eri lajien levinneisyys samoin kuin niiden taloudellinen merkityskin on maassamme toistaiseksi vielä vaillinaisesti selvitetty. Keski-Euroopassa pahimpana tuholaisena pidetyn *E. buolianan* tuhoja tapasi Kangas (1937:91) jokseenkin yleisesti Etelä-Suomesta, mutta ei kuitenkaan missään koko taimistoa uhkaavassa määrässä. Muita varmoja tietoja suoranaisista tuhotapauksista on varsin vähän. Mainittakoon kuitenkin, että Lindbergin (1941) mukaan on männynversokääriäinen lähes täydelleen turmellut erään istutetun männyn taimiston Kökarissa. Norjassa on Bakke (1958) todennut *E. buolianan* rajoittuvan

esiintymisessään yksinomaan maan eteläosiin. *E. duplanaa* tapasi K a n g a s (1937:90) varmasti vain parilta kaikkein eteläisimmistä tutkimusalueista, mutta sen sijaan ovat *E. logaea* ja *E. turionana* — joka viimeksi mainittu lienee K a n k a a n (op.c.:86) mukaan silmuja tuhoavista mäntykääriäislajeistamme yleisin ja merkittävin — levinneet yli koko maan.

Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa todettiin muotovioista, joiden syy voitiin edes jollakin tavoin määrittää, olleen männyn istutustaimistoissa 29.1 % ja kylvötaimistoissa 21.6 % muiden *Evetria*-lajien kuin *E. resinellan* aiheuttamia. (Näihinkin lukuihin voi kuitenkin sisältyä jonkin verran myös muiden pikkuperhosten tuhoja). Tämän lisäksi havaittiin lähemmin määrittämättömiä silmuvikoja, joista osan voidaan olettaa olleen nyt kysymyksessä olevien lajien aikaan saamia, vastaavasti 10.7 % ja 32.2 % muotovioista. Kokonaisuudessaan oli tarkastetuista elävistä taimista *Evetria*-lajien vioittamia männyn istutustaimistoissa kuitenkin keskimäärin vain 2.3 % ja kylvötaimistoissa 2.5 %, näistäkin runsas neljännes vain lievästi vaurioituneita (1. aste). Yleensä oli mäntykääriäisillä siis jokseenkin vähäinen merkitys.

Kuitenkin sisältyy aineistoon neljä koealaa, joilla tuhoja esiintyi niin runsaasti, että niillä taimiston kehitykseen ja sen arvoon oli mitä ilmeisimmin erittäin haitallinen vaikutus. Näistä pahimmin vioitettu oli eräs 1949 Solbölen kokeilualueessa länteen viettävälle kallioiselle rinteelle istutettu taimisto. Syksyllä 1954 suoritetussa tarkastuksessa todettiin kaikkiaan 61 %:ssa elävistä taimista *Evetria*-tuhoja, joista oli ollut seurauksena ranganvaihtoja ja mutkia. Toisessa samaan aikaan niin ikään Solbölen kokeilualueessa tarkastetussa, edellisen ikäisessä, kiviselle kankaalle perustetussa istutustaimistossa oli mäntykääriäisten vaurioittamia taimia 47 %. Vioitukset olivat kummassakin taimistossa »buoliana-tyyppiä». Kolmannessa tapauksessa, Ruotsinkylän kokeilualueessa tasaiselle VT-kankaalle istutetuissa, tarkastettaessa kuuden vuoden ikäisissä taimissa havaittiin tuhoja lähes joka kolmannessa, ja olivat monet taimista vioituksista johtuen suorastaan pensastavia. Neljännessä, loivasti länteen viettävälle rinteelle, kiviselle someromaalle perustetussa kylvötaimistossa (Orimattilassa) oli mäntykääriäisten vioittamia taimia 50 %, ja tämän lisäksi todettiin silmuvioituksia 42 %:ssa tarkastettuja taimia. Tuhoista johtuen olivat taimet erittäin huonomuotoisia, peräti puolet niistä kaksi- tai useampihaaraisia.

Kaikissa edellä kuvatuissa tapauksissa, joissa voitiin jo puhua suoranaisesta tuhosta, oli siis kysymys kuivalle, useimmiten kiviselle kankaalle suoritetusta männyn istutuksesta tahi kylvöstä. Tunnettua onkin, että varsinkin *E. buoliana* -tuhoja sattuu vakavina ja jatkuvina juuri sellaisilla kasvupaikoilla, joilla taimet kärsivät kuivuudesta, eikä taimien toukkia tuhoava pihkan eritys tästä syystä ole tarpeeksi voimakasta (vrt. V o û t e & W a l e n k a m p 1946; N e u g e b a u e r 1952:162; H o l s t & H e i m b u r g e r 1955).

Sienet

Männyn kariste *(Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev.). Männyn karisteen määritettiin tuhonneen kaikista löydetyistä kuolleista taimista männyn istutustaimistoissa 5.4 % ja kylvötaimistoissa 13.0 %. Kun se kuitenkin esiintyy aivan yleisesti kuolleissa tai kuolevissa neulasissa, oli useassa tapauksessa erittäin vaikeata varmasti saada selville oliko kariste todellakin esiintynyt varsinaisena primaarisena tuhonaiheuttajana vai mahdollisesti ainoastaan heikentymisloisena (kts. Kujala 1950:43) tai peräti vain saprofyyttinä. Tästä syystä saattavatkin edellä esitetyt luvut noudatetusta »varovaisuudesta» huolimatta olla todellisia jossain määrin suurempia. Elävistä tarkastetuista männyn taimista tavattiin karistetta keskimäärin 2.7 %:ssa istutustaimistoissa ja 5.4 %:ssa kylvötaimistoissa (tietenkään lukuun ottamatta tapauksia, joissa se oli esiintynyt selvästi saprofyyttinä vanhoissa neulasissa). Eri voimakkuusluokkiin jakautuivat todetut tapaukset seuraavasti:

Vioituksen voimakkuusaste	Männyn istutus %	Männyn kylvö %
1	63	59
2	34	34
3	3	7

Männyn kariste oli siis tuhonnut kylvötaimistoissa suhteellisesti yli kaksi kertaa niin paljon taimia kuin istutustaimistoissa ja samoin todettiin sitä elävistä taimista ensiksi mainituissa kaksi kertaa niin yleisenä kuin viimeksi mainituissa. Myöskin voimakkaimpien elävistä taimista todettujen vioitusten (3. aste) esiintymiseen nähden oli suhde jokseenkin sama. Karisteen runsaampi esiintyminen kylvötaimistoissa johtunee siitä, että sillä kylvötuppaissa on paremmat kehittymis- ja leviämismahdollisuudet kuin yksittäin kasvavissa istutustaimissa. Tästä syystä suositellaankin uhanalaisilla paikoilla käytettäväksi mieluummin istutusta kuin kylvöä (vrt. esim. Kangas 1931 b). Yleensä tavattiin karistetta runsaammin vain jo hieman varttuneemmista — yli 10 v. vanhoista — taimistoista. Eräässä Pohjois-Hämeessä tarkastetussa taimistossa sitä havaittiin kahdella koealalla 72 ja 77 %:ssa kaikista taimista. Taimien ikä oli 17 vuotta ja kasvupaikkana pari pienehköä kosteanlaisessa notkelmassa olevaa kumparetta. Istutus oli toimitettu varsin tiheään (n. 1.3 × 1.5 m). (Kujala, 1950:43, mainitsee vakavan tuhotapauksen vieläkin vanhemmasta, 23-vuotiaasta taimistosta). Toisessa samalta paikkakunnalta tarkastetussa 12 v:n ikäisessä kylvötaimistossa todettiin niin ikään voimakasta karisteen esiintymistä, kolmella koealalla oli saastuneita taimia 48, 59 ja 61 %. Pari vuotta aikaisemmin oli kariste esiintynyt

niin uhkaavassa määrässä, että taimiston ruiskuttaminen kuparikalkkiseoksella oli katsottu välttämättömäksi. Taimet olivat tuhosta selvästikin kärsineet ja useissa oli todettavissa pituuskasvun vähenemistä. Muualla ei männyn karisteen voitu todeta esiintyneen tarkastetuissa taimistoissa siinä määrin, että sillä olisi ollut koko taimiston kuntoon selvästi havaittavissa olevaa vaikutusta.

Lumikariste (*Phacidium infestans* Karst.). Hertz (1926:200) mainitsee lumikaristeen olleen mahdollisesti lopullisena taimien tuhoutumisen syynä Siikakankaalla laajoilla aloilla kesinä 1922—24 aikaisemmin kuivuudesta kärsineissä männyn taimistoissa. Samoin on Vaartaja (1951:69) todennut paikoittain runsastakin lumikaristeen tuhoa alikasvosasemasta vapautetuissa taimistoissa myös Etelä-Suomessa. Myöskin Borg (1936:80, 106) mainitsee Tuomarniemen hoitoalueessa hangelle suoritettuja kylvöjä selostaessaan lumikaristeen esiintymisestä parista taimistosta. Yleensä kuitenkin tämän karisteen tuhot esiintyvät merkittävinä nimenomaan maamme pohjoisosissa (vrt. Aaltonen 1919:299—303; Kujala 1950:46—47). Kangas (1937:131, 147) totesi tutkimissaan eteläsuomalaisissa taimistoissa tuhoja vain 0.1 %:ssa koko taimiluvusta kun sen sijaan Pohjois-Suomessa vastaava määrä oli 20.9 %. Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa todettiin lumikaristeen esiintymisestä ennen vuotta 1958 otetuilla koealoilla vain vähäisiä merkkejä. Talvi 1957—58 lienee sienen esiintymiselle ollut kuitenkin tavallista suotuisampi (vrt. Björkman 1948:79), koskapa kesällä 1958 sitä tavattiin jokseenkin yleisesti mm. Ruotsinkylän kokeilualueessa sellaisissakin taimistoissa, joista edellisenä kenttätyökautena oli koealoja tarkastettu. Keskimäärin todettiin lumikaristeen saastuttamia eläviä taimia olleen männyn istutustaimistoissa 2.2 % ja kylvötaimistoissa 1.5 %. Tuhoutuneista taimista määritettiin lumikaristeen tappamiksi istutustaimistoissa 0.5 % ja kylvötaimistoissa peräti 32.1 %. Eri voimakkuusluokkiin jakautuivat elävistä taimista todetut tuhot seuraavasti:

Vioituksen voimakkuusaste	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
1	64	43
2	26	36
3	10	21

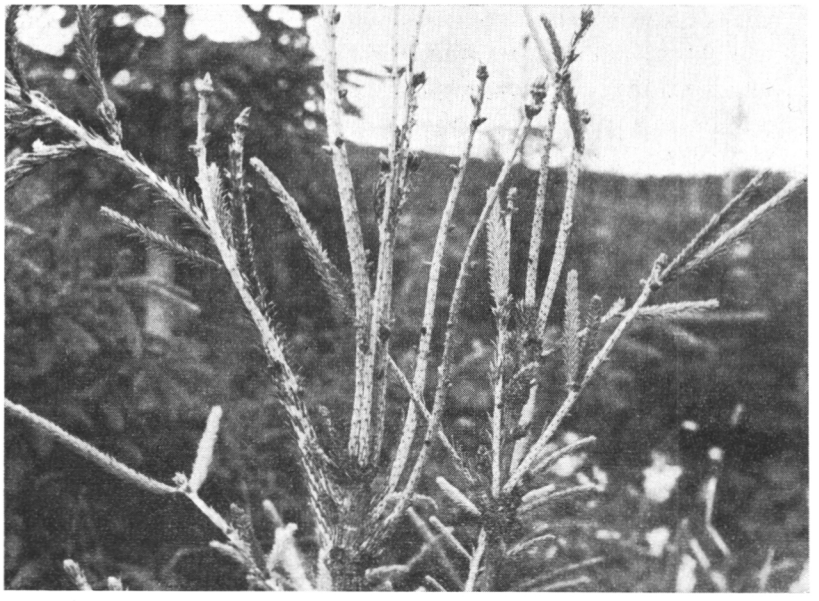
Sellaisissa istutustaimistoissa, jotka tarkastettiin 1—5 vuoden kuluttua perustamisesta, oli saastutettuja eläviä taimia keskimäärin 0.4 %, vanhemmissa sen sijaan 5.3 %, kylvötaimistoissa vastaavasti 1.5 % ja 1.6 %. Vaikkakin siis lumikaristetta tavattiin istutustaimistoissa jonkin verran yleisemmin kuin kylvötaimistoissa, esiintyi se kuitenkin ensiksi mainituissa jos-

takin syystä etupäässä vain hieman varttuneemmissa taimissa, ja osittain jo tästäkin johtuen tuhot olivatkin jokseenkin lieviä. Epäsuhde tuhonalaisten elävien taimien ja kokonaan tuhoutuneiden taimien määrässä istutus- ja kylvötaimistojen välillä johtuu siitä, että kariste saastuttaa hyvin usein kaikki kylvöryhmän taimet, jolloin pienimmät kokonaan lumen alle jäävät taimet tuhoutuvat suurempien jäädessä eloon. Taimistoissa, joissa tuhoa on sattunut, saattavat siis ryhmien valtataimet olla yleensä elossa, mutta löytyy ruuduista kuitenkin ehkä runsaastikin täysin tuhoutuneita sivutaimia. Tästä syystä olikin lumikaristeen todellinen merkitys käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa kylvötaimistoissakin jokseenkin vähäinen ja siis erittäin paljon pienempi kuin mitä sen osuudesta taimihäviön aiheuttajana voitaisiin päätellä.

Crumenula abietina Lagerb. Tätä sientä, jonka K u j a l a (1948, 1950: 15—16) on todennut aiheuttaneen vakavia tuhoja *Pinus murrayana* -viljelyksissä, voitiin todeta vain yhdestä tarkastetusta männyn taimistosta. Kyseisessä tapauksessa sieni oli tuhonnut kahdesta 12 v:n ikäisestä taimesta latvakasvaimet.

»K u u s e n v e r s o s i e n e t». Koealoilta tavattiin keskimäärin 2.5 %:ssa tarkastettuja kuusen taimia versoissa esiintyneitä tuhoja, joista oli ollut seurauksena kasvainten vakava vioittuminen tai niiden tuhoutuminen. Mitään muuta tuhonaiheuttajaa kuin eräitä pikkusieniä ei tähän ryhmään viedyissä tapauksissa ollut todettavissa, mikä ei kuitenkaan todista sitä, että ko. sienet olisivat olleet tuhon varsinaisia alkuun panijoita, koska sangen monet niistä esiintyvät pääasiassa vain jo muista syistä heikentyneissä tai kuolleissa taimissa tahi niiden osissa. On kuitenkin ilmeistä, että useassa tapauksessa, vaikkakin tuhon perimmäisenä syynä olisikin ollut esim. hallan tai pakkasen vioitus, tällä tuholla sinänsä olisi taimiston kehitykseen ollut suhteellisen vähäinen vaikutus verrattuna niihin muotovikoihin, joita vioitusta seuranneet vaikkakin vain ns. heikentymisloisina esiintyneet sienet olivat aiheuttaneet. Kuusen taimista todetuista muotovioista olikin hieman yli neljäsosa tähän ryhmään kuuluvista tuhoista aiheutuneita.

Otetuista näytteistä todetuista sienistä on mainittava *Helotium* sp., *Phoma pini* (Desm.) Sacc., *Rhabdospora* sp., *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. ja *Pucciniastrum padi* (Kunze et Schum.). Lisäksi todettiin eräitä muitakin lajeja, mutta oli niiden esiintyminen hyvin vähäistä tai on niitä K u j a l a n (1950) mukaan pidettävä lähinnä saprofyytteinä. *Helotium* sp. esiintyi Hartolassa erittäin tiheään lepikkoon istutetussa kuusen taimistossa. Kuuden vuoden ikäisistä taimista oli 40 %:ssa latva kuollut tavallisimmin yhden kasvaimen pituudelta. *Phoma piniä* tavattiin Juvalla etelään loivasti viettävälle, varsin vahvasti heinittyneelle rinteelle istutetussa, seitsemän vuoden ikäisessä taimistossa. Yksittäisistä taimista olivat jopa lähes kaikkikin samanvuotiset kasvaimet tuhoutuneet (vrt. K u j a l a 1950:75). *Rhabdo-*



Kuva 2. Versovioituksista pahoin kärsineen kuusen taimen latvaosa. Juuka 21. 7. 1955.
Abb. 2. Wipfel einer Fichtenpflanze, die stark unter Triebbeschädigungen gelitten hat. Juuka 21. 7. 1955.

spora sp. ja *Sclerophoma pityophila* esiintyivät useissa näytteissä. Viimeksi mainitun — ainakin Etelä- ja Keski-Suomessa hyvin yleisen — lajin esiintymisestä pahojen kasvaintuhojen yhteydessä on maastamme ennestäänkin olemassa varsin runsaasti havaintoja (K u j a l a op.c.:86). *Pucciniastrum padia* (vrt. R o l l - H a n s e n 1947; L i l j e s t r a n d 1950) todettiin varmasti vain yhdestä taimistosta Artjärveltä. Taimien ikä oli 18 v., keskipituus n. 1.5 m, ja esiintyi versotuhoja noin joka viidennessä taimessa. *P. padi* oli kuitenkaan tuskin yksinomainen tuhojen aiheuttaja.

Lukuun ottamatta edellä mainittua tapausta Hartolasta tavattiin versotuhoja nuorimmissa kuusen taimistoissa aivan satunnaisesti. Sen sijaan eivät kuivalatvaiset taimet olleet 15 v. vanhemmissa taimistoissa suinkaan harvinaisia, mutta yleensä esiintyi tuhonalaisia taimia näissäkin vain yksittäin siellä täällä, eikä tuhoilla näin ollen ollut mainittavaa merkitystä. Eräissä tapauksissa on asianlaita kuten edellä jo viitattiin toisin, ja tällaisistakin sisältyy koottuun aineistoon eräitä esimerkkejä. Pahimmin tuhoista kärsinyt oli eräs Pohjois-Karjalassa tarkastettu 17-vuotias, suurehkon lammen rannalle aikaisemmin viljellylle vesijättömaalle istutettu kuusen taimisto, jonka huonokuntoisimmassa osassa taimista oli yli 90 % joko täysin pensastuneita tai pahasti monilatvaisia (vrt. kuva 2).

M ä n n y n v e r s o r u o s t e (*Melampsora pinitorqua* (ABr.) Rostr.). Mäntytaimistojen tuhoja koskevissa tutkimuksissaan totesi K a n g a s (1937)

männyn versoruosteen tuhoja Etelä-Suomessa 0.6 %:ssa, Pohjois-Suomessa 12.1 %:ssa koko taimiluvusta. Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuilla koealoilla esiintyi *Melampsoran* aiheuttamia vioituksia männyn istutustaimistoissa keskimäärin 2.1 %:ssa ja kylvötaimistoissa 5.4 %:ssa tarkastettuja eläviä taimia. Muotovioista oli versoruosteen aiheuttamia vastaavasti 15.9 % ja 9.3 %. Vaikkakin versoruoste nykyisinkin ilmeisesti on maamme pohjoisosissa yleisempi kuin etelämpänä, tavattiin sitä kuitenkin siis eteläsuomalaisista kulttuuritaimistoista, varsinkin kylvämällä perustetuista männyn taimistoista jotenkin usein. Voimakkuutensa puolesta jakautuivat vioitukset seuraavasti:

Vioituksen voimakkuusaste	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
1	34	64
2	29	29
3	37	7

Kylvötaimistoissa tosin määrältään runsaampana esiintyneet tuhot olivat siis laadultaan kuitenkin huomattavasti lievempiä kuin istutustaimistoissa.

Kirjallisuudessa esitettyjen tietojen mukaan ovat versoruosteen aiheuttamat tuhot yleisimpiä ja vaarallisimpia kolmen ja vielä neljänkin vuoden ikäisissä taimistoissa, ja vasta taimien saavutettua 6—10 vuoden iän on vaara vältetty (B ö h n e r 1952:474). Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuilla koealoilla oli versoruoste yleisin 4—7 vuoden ikäisissä taimissa, ja peräti 90 % havainnoista on 3—8 vuotta vanhoista männyn niin istutus- kuin kylvötaimista.

Versoruosteen voimakkaasta esiintymisestä taimen päärangassa on useimmiten seurauksena pahoja muotovikoja, jopa taimen suoranainen pensastuminenkin. Lievänlaisetkin vioitukset voivat aiheuttaa ranganvaihtoja ja eritoten pahanlaatuisia mutkia. Taimien tuhoutumista ei versoruosteen todettu aiheuttaneen muualla kuin kahdella männyn syysistutuskoealalla. Niin Halikossa kuin Uskelassakin havaittiin kolmen keväällä 1959 istutetun taimen tuhoutuneen istutusta seuranneen kesän aikana eli siis kolmannella ikävuodellaan.

Kun sienen leviäminen tuskin voinee tapahtua suoraan männystä toiseen (P e a c e 1944), on väli-isännän — haavan — esiintyminen taimiston piirissä varsinaisten tuhojen syntymisen välttämätön edellytys. Tästä onkin kirjallisuudessa esitetty lukuisasti havaintoja. P e a c e (1958:199—200) on todennut männyn taimien voimakasta saastuntaa lähimmästä haavasta 150 yardin etäisyydelle saakka. B ö h n e r i n (1952:474) tutkimissa taimistoissa esiintyi versoruostetta haapojen ympärillä n. 5 m:n säteellä melkein jokaisessa männyn taimessa, 50 m:n säteen ulkopuolella oli sairaiden taimien

määrä oleellisesti pienempi. Eräissä Renner felt in (1954:706) tarkastamissa taimistoissa todettiin männyn taimista olleen saastuneita haapojen välittömässä läheisyydessä peräti 96 %, mutta 50 m:n päässä haavoista vain 11 %. Sylvén (1917:1119) mainitsee eräissä tapauksissa ruosteen leviämisen rajoittuneen vain 10—20 m:n päässä haapavesaryhmistä kasvaneisiin männyn taimiin.

Tarkastamieni taimistojen joukossa oli kolme, joissa versoruosteen tuhoja esiintyi erittäin runsaasti. Eräässä Jyväskylän lähistöllä sijaitsevassa, kulotetulle uudistusalalle perustetussa kuuden vuoden ikäisessä kylvötaimistossa todettiin *Melampsoran* vioituksia kolmen koealan taimista 14, 76 ja 82 %:ssa. Ensiksi mainitulla koealalla (jossa tuhot olivat vähäisimmät) mainitaan olleen vain kolme haavan vesaa, eikä haapaa esiintynyt ympäristössäkään mainittavammin. Toisen koealan ympärillä oli laajanpuoleisia vesaryhmiä, lähin n. 15 m:n päässä ja kolmannessa paikassa oli jo itse koealallakin 99 vesaa. Pintakasvillisuus oli koko taimiston alueella niukanlaista. Istutustaimistoissa todettiin kahdessa Pohjois-Karjalasta tarkastetussa pahanlaatuisia vioituksia. Toisessa, kuivalle ja kivikkoiselle rinteelle perustetussa taimistossa, jossa suurin osa taimista oli tuhoutunut, oli jäljellä olevistakin $^2/_3$ versoruosteen runtelemia. Rinteen peitti 0.5—1.5 m:n korkuinen, hirvien pureskelema haapavesakko (n. 300 vesaa/aari). Toisesta, niin ikään kuivalle ja kiviselle VT-kankaalle istutetusta taimistosta otetulla koealalla oli 89 % taimista *Melampsoran* vioittamia, haapa oli uudistusalalta jo kerran vesottu, mutta uusia vesoja oli jälleen runsaasti nousemassa. Kaikissa edellä kuvatuissa tapauksissa oli siis kysymys kuivalle kankaalle perustetusta taimistosta, jossa pintakasvillisuus oli varsin vähäistä. Kun aineistoon sisältyy sellainenkin, erittäin voimakkaasti heinää kasvavalta uudistusalalta otettu koeala, jolla haavan vesoja laskettiin olleen 60 kpl./aari, mutta jolta ei kuitenkaan löydetty yhtään *Melampsoran* vioittamaa männyn tainta, voinee kasvupaikallakin olla vaikutusta tuhojen esiintymiseen. Mahdollisesti rehevä pintakasvillisuus jo sinänsä estämällä itiöiden leviämistä suojelee taimia versoruosteen tuhoilta (vrt. Sylvén 1917:1119).

Vaikkakin haavan vesoista useimmat syntyvät vain 0.5—2 cm:n vahvuisista, korkeintaan 4 cm:n syvyydessä olevista juurista (Børset 1956:237), ei kulotus yleensä voi vesojen syntymistä estää (vrt. Heikinheimo 1915:179) vaan päin vastoin voi sitä edistääkin (Shirley 1931). Näin ollen saattaa varsinkin sellaisilla kulotetuilla uudistusaloilla, joilla ei kasva esim. horsmaa, esiintyä kuten edellä mainituistakin esimerkeistä ilmenee vakaviakin tuhoja. Mainittakoon, että Holmgren (1958:65) on todennut Norrlannissa versoruosteen esiintymistä kulotetuilla uudistusaloilla 26.3 %:ssa, mutta kulottamattomilla vain 1.6 %:ssa taimista.

Männyn versoruosteen esiintymisessä on myös eri vuosina havaittavissa eroavuuksia, jotka ilmeisestikin johtuvat sääsuhteista. Etenkin sateisten

keväiden ja alkukesien jälkeen ovat sen tuhot varsin yleisiä (Sylvén 1917, 1918; Rennerfelt 1954).

Männyn neulasruoste (*Coleosporium* sp.). Männyn neulasruostetta todettiin istutustaimistoissa keskimäärin 3.2 %:ssa ja kylvötaimistoissa 4.1 %:ssa tarkastettuja eläviä taimia. Useimmiten vioitus oli varsin lievää, ja vain yhdessä tapauksessa oli kysymys jossain määrin merkittävämmästä esiintymisestä eli suoranaisesta tuhosta. Kyseisessä Uudellamaalla tarkastetussa taimistossa oli viiden vuoden ikäisistä kylvötaimista saastuneita 85 %, ja olivat useiden taimien vanhemmat neulaset niin pahoin vioitettuja, että tällä voitiin olettaa olleen taimien kuntoon jonkinlaista vaikutusta. Millään koealalla ei neulasruosteen voitu todeta taimia tuhonneen (vrt. Jørstad 1928:393; Kangas 1937:104; Pohjakallio & Vaartaja 1948:5—6), ja yleisesti ottaen sitä onkin pidettävä männyn taimistojen kehityksen kannalta merkityksettömänä tuhonaiheuttajana. Mainittakoon, että neulasruosteen saastuttamia taimia oli eri vuosina tarkastetuista männyn taimista seuraavat määrät: 1954 0.1 %, 1955 12.1 %, 1957 0.1 % ja 1958 2.3 %. Myöskin neulasruosteen esiintymisrunsaus vaihtelee siis eri vuosina. Erikoisen yleinen se oli kesällä 1955.

Tervasroso (*Cronartium peridermii-pini* (Willd.) Liro). Tervasrosoa todettiin vain kahdesta männyn taimesta. Tämän mukaan ei sillä ole mitään käytännöllistä merkitystä Etelä-Suomen kulttuuritaimistoissa (vrt. Kangas 1937:99).

Kuusen suopursuruoste (*Chrysomyxa ledi* Alb. et Schw.) Liro). 1 % tarkastetuista kuusen taimista oli suopursuruosteen saastuttamia.

Maannousemasieni (*Polyporus annosus* Fr.). Vaikkakin maannousemasienen on todettu ainakin pahimmin saastutetuissa kuusikoissa voivan tuhota luonnon taimia jopa siinä määrässä, että se saattaa suorastaan ehkäistä taimettumista (Kangas 1952:14—15), ei sen kuivattamia taimia tarkastamissani kuusen istutustaimistoissa voitu havaita yhtään ainoata. Tämä johtunee lähinnä siitä, ettei kuusta yleensä luonnollisestikaan istuteta sellaisille aloille, joilla edeltänyt puusto on todettu maannouseman pahasti vaivaamaksi. Myöskään ei tarkastettuja taimistoja vielä oltu harvennettu, joten itiöiden avulla kantojen kautta tapahtunut saastutuskaan (vrt. Rishbeth 1948:177; Molin 1958:12; Kallio 1961) ei ollut voinut tulla kysymykseen. Lahottajasienten taimien kuntoon lievemmin vaikuttaneesta esiintymisestä (vrt. Cajander 1933:69) ei tutkimuksen yhteydessä voitu tehdä havaintoja, koska puiden kaataminen ei yleensä käynyt päinsä.

Männyn taimistoissa voitiin maannousemasienen esiintymistä sen sijaan todeta kolmessa kylvö- ja kolmessa istutustaimistossa Uudellamaalla, Hämeessä ja Pohjois-Savossa. Männyn taimistoissa lienevätkin maannousemasienen tuhot yleisempiä tai ainakin merkittävämpiä kulttuuri- kuin luonnontaimistoissa. Ainakin on kirjallisuudessa esitetyissä tiedoissa useimmiten

kysymys juuri ensiksi mainituista (vrt. esim. Kujala 1948; Rishbeth 1948; Vaartaja 1950; Robak 1951; Jørgensen & Petersen 1951; Rennerfelt 1952; Molin 1958).

Kaikissa mainituissa toteamissani tapauksissa oli taimisto perustettu useinkin kehnokuntoiseksi mainitun joko puhtaan tai männyn sekaisen kuusikon jälkeen VT-kankaalle (yhdessä tapauksessa hieman rehevämmälle maalle). Kuolleet taimet olivat yleensä 7—9 vuoden ikäisiä, vain yksi joitakin vuosia vanhempi, ja esiintyi niitä tavallisesti taimistossa joko aivan pieninä ryhminä tai yksitellen. Kylvötaimistoissa saattoi tiheissäkin taimituppaissa olla vain yksi maannousemasienen tappama taimi. Pahimmissa tapauksissa oli taimihäviö kuitenkin ollut varsin huomattava ja voitiin niissä todeta melko laajojakin yhtenäisiä aukkoja. Merkittävimmät tuhot tavattiin eräästä Uudellamaalla tarkastetusta männyn istutuksesta (kuoppaistutus täytemaan kera), joka oli suoritettu keväällä 1949 1+1 -vuotisilla hyvillä taimilla loivahkosti lounaaseen viettävälle rinteelle. Uudistusalalla kasvanut mänty—kuusi -sekametsä oli hakattu kahta vuotta aikaisemmin. Taimistosta otettiin syksyllä 1957 kaikkiaan neljä koealaa, joilla todettiin olleen 0-ruutuja 19, 13, 23 ja 48 %, ensiksi mainittuna alimpana, viimeksi ylimpänä rinteellä sijainnut koeala. Vielä nähtävissä olevista taimista oli maannousemasienen tuhoamia vastaavasti: 0, 9, 18 ja 43 % eli siis yhteensä varsin paljon ja rinteen yläosissa selvästi enemmän kuin alaosissa.

Vaikkakin maannousemasienen tuhoamia taimia tavattiin runsaammin istutus- kuin kylvötaimistoissa, ei aineiston vähyydenkään takia voida ratkaista onko mahdollisesti uudistustavalla sinänsä ollut jotakin merkitystä tuhojen esiintymiseen. Tähän kysymykseen palataan kuitenkin tuonnempana toisessa yhteydessä. Merkille pantavaa on tuhojen esiintymiseen nähden kokonaisuudessaan, ettei niitä ollenkaan tavattu nuorissa taimistoissa, vaikka näidenkin joukossa oli aivan varmasti useitakin maannouseman saastuttamille uudistusaloille perustettuja. Myöskin edellä selostetussa taimistossa oli suurin osa taimihäviöstä tapahtunut verrattain myöhään eli alkaen noin viiden vuoden kuluttua istutuksesta. Varsinkin sen takia, että tuhot jatkuvat aina siihen saakka kunnes taimisto on saavuttanut n. 30 vuoden iän (Yde-Andersen 1959:95), joskus jopa huomattavasti kauemminkin (Rennerfelt 1952:4), on maannousemasientä sen pahasti saastuttamissa taimistoissa pidettävä erittäin vaarallisena tuhonaiheuttajana.

Mesisieni (*Armillaria mellea* (Vahl) Sacc.). Mesisienen tuhoamiksi määritettyjä männyn taimia tavattiin vain 10-kunta, kuusen taimia ei ainoatakaan. Tuhoutuneista taimista oli kaksi 5, muut 7—9 vuotta vanhoja. Kuten maannousemaa tavattiin siis mesisientäkin vain verraten varttuneista männyn taimistoista. Sieni esiintynee taimistoissa täysin primaarisenakin tuhonaiheuttajana, kuitenkin yleisimmin kuivilla kasvupaikoilla tai kuivuuskausien jälkeen (vrt. esim. Berger 1949).

Muut tekijät

M y y r ä t *(Microtinae)*. Myyrien vioittamia taimia todettiin olleen n. 1 % kaikista niin männyn istutus- kuin kylvötaimistoistakin tarkastetuista taimista. Kolmelta istutustaimistoista otetulta koealalta löydettiin täysin tuhoutuneitakin taimia 1—2 kpl. Nuorimmat vioitetut taimet olivat 3, vanhimmat 11 v. vanhoja. Kun talvi 1957—58 oli varsinkin Lounais- ja Etelä-Suomessa vaikea »myyrätalvi» (vrt. M y l l y m ä k i 1958), esiintyi tarkastamillani syksyllä 1957 tai keväällä 1958 syysistutuksen tutkimista varten perustetuilla koealoilla vioituksia varsin runsaasti, pahimpia ne olivat Vehmaalla ja Pöytyällä. (Myöskin varsinaisilla käsillä olevaa tutkimusta varten männyn taimistoista otetuilla koealoilla havaittiin myyrien vioituksia vain joko syksyllä 1957 tai kesällä 1958). Mainittu Vehmaan koealasarja sijaitsi loivasti kaakkoon viettävällä rinteellä harvanlaisen siemenpuuston alla. Koko uudistusala oli tuuheitten lauhamättäiden peittämä, ja myyrien kaivamia käytäviä samoin kuin myyriäkin tavattiin vielä koealoja tarkastettaessa (4. 10. 1958) hyvin runsaasti. Koealojen 800 taimesta oli myyrien tuhoamia 163 kpl., josta määrästä vain 20 % keväällä istutetuissa ruuduissa. Joka tapauksessa oli tuhoja sattunut siis myös sulan maan aikaan. Useimmat vioitetut taimet oli katkaistu muutaman sentin korkeudelta maanpinnasta lukien.

Tuhonaiheuttajina esiintynevät yleisimmin peltomyyrä *(Microtus agrestis* L.) (vrt. K a n g a s 1935; S c h i n d l e r 1953 a) ja mahdollisesti myös kenttämyyrä *(Microtus arvalis* Pall.) (vrt. S c h i n d l e r 1954 b), mikä laji viime aikoina on Etelä-Suomessa erittäin voimakkaasti levinnyt (S i i v o n e n 1956:535). Paitsi pienien taimien runkoon ja suurempien oksiinkin kohdistuneita vioituksia, jotka varsin selvästi olivat myyrien aiheuttamia, todettiin Kurussa eräälle laajalle kulotusalalle keväällä 1954 kylvettyä männyn taimistoa kesällä 1958 tarkastettaessa aivan yleisesti silmuvioituksia, jotka mahdollisesti nekin olivat pikkujyrsijöiden (tai lintujen?) aikaan saamia.

Kuusen taimistoissa olivat myyrien vioitukset erittäin harvinaisia, sillä niitä voitiin todeta vain yhdellä koealalla, eikä niillä tässäkään tapauksessa ollut käytännöllistä merkitystä. Sen sijaan on K a n g a s (1935) todennut talvella 1934—35 Punkaharjulla tapahtuneiden myyrän tuhojen kohdistuneen etupäässä juuri kuusen taimistoihin, ja taimitarhassakin olivat myyrät vaurioittaneet havupuiden taimista vain kuusen taimia. Mainittakoon myös, että tutkiessani käpylintujen kuusen taimistoissa aiheuttamia kasvainvioituksia totesin jokseenkin yleisesti myyrien tuhoja Ruotsinkylän kokeilualueessa tiheissä lehtipuun sekaisissa kuusen taimistoissa (J u u t i n e n 1953: 31). Vioitukset, joita saattoi esiintyä varsin ylhäälläkin, lienevät olleet metsämyyrän *(Clethrionomys glareolus* Schr.) aiheuttamia. Pääasiassa oksiin kohdistuvina ei niillä kokonaisuudessaan kuitenkaan ollut suurtakaan merkitystä.

Vaikkakin myyrien vioitukset ovat meillä havupuiden taimistoissa keskimäärin jokseenkin vähäisiä, saattaa niistä siis kuitenkin tiettyinä vuosina koitua paikoittaisesti tuntuviakin tappioita (vrt. myös Metsätilasto 1955:34; Järvinen 1959).

Hirvi (*Alces alces* L.). Hirven aiheuttamia tuhoja todettiin vain kuudella männyn kylvötaimistoista ja viidellä istutustaimistoista otetulla koealalla (Tuusulassa, Suomusjärvellä ja Juupajoella). Kaiken kaikkiaan oli vioitettujen taimien määrä niin kylvö- kuin istutustaimistoissakin varsin vähäinen. Oikeastaan vain yhdellä koealalla oli kysymys todellisesta tuhosta. Kyseisessä, pienellä kallioisella kumpareella kasvavassa kuusen ja koivun sekaisessa kylvötaimistossa olivat hirvet vioittaneet — osittain varsin pahastikin — kolmatta osaa kylvöryhmien valtataimista. On kuitenkin otettava huomioon, että hirven tuhot alkavat yleisimmin vasta taimien saavutettua n. 1 m:n korkeuden ja jatkuvat aina siihen saakka kunnes taimet ovat n. 2.5—3 m:n korkuisia (Kangas 1949:64). Kun käsillä olevan tutkimuksen aineistoa koottaessa katsottiin muista syistä johtuen tarpeelliseksi keskittyä etupäässä nuorempiin taimistoihin, on sellaisista taimistoista, jotka kokonsa puolesta ovat hirvien tuhoille kaikkein alttiimpia, tarkastettuja koealoja jokseenkin vähän, ja aineisto on näin ollen kokonaisuudessaan täysin riittämätön hirven tuhojen yleisyyden määrittämiseen.

Metso (*Tetrao urogallus* L.). Metson vioituksista on vain pari epävarmaa havaintoa. Yleensäkin kohdistunee hakominen enimmältä osalta suuriin puihin (vrt. Lindroth & Lindgren 1950), joskin maastamme on olemassa tietoja vain 1—3 v:n vanhoissa kylvötaimistoissa sattuneista todellisista tuhoistakin (Lampimäki 1939: 77; Lampi 1955; Metsätilasto 1956: 34).

Karja. Karjan taimistoissa aikaan saamista tuhoista on kotimaisessakin kirjallisuudessa esitetty runsaasti tietoja (vrt. esim. Sivén 1881; Multamäki 1916; Enroth 1917; Cajander 1933; Hertz 1934; Lampimäki 1939; Heikinheimo 1941; Lahti 1941). Karjankäynnin haitallisten vaikutusten mainitaan esiintyvän taimien juuriston kehittymistä ehkäisevänä maan tiivistymisenä, kasvainvioituksina sekä erilaatuisina tallaamisvahinkoina. Viimeksi mainittuja lienee pidettävä tärkeimpinä, koska jo verraten pienistäkin koroista saattaa nimenomaan kuusen taimistoissa olla seurauksena vakaviakin lahovikoja (vrt. ed. lisäksi mm. Nordfors 1924). Tutkimissani taimistoissa todettiin karjan vioituksia kuusen taimistoissa 1.8 %:ssa, männyn istutustaimistoissa 0.3 %:ssa ja kylvötaimistoissa 0.2 %:ssa löydetyistä elävistä taimista. Kuolleista taimista oli karjan tuhoamia vastaavasti 2.5 %, 2.0 % ja 0 %. Kaiken kaikkiaan esiintyi vioituksia siis varsin vähän, joka johtuu siitä, ettei suurimmassa osassa tarkastettuja taimistoja karja ollut ollenkaan käynyt ja vain aivan poikkeuksellisissa tapauksissa oli laiduntaminen ollut voimakasta. Vain yhdessä taimis-

tossa todettiin myös kasvainvioituksia (lampaiden aiheuttamia), kaikissa muissa tapauksissa oli kysymys tallaamisvaurioista: erisuuruisista tyvissä olleista koroista sekä taimien taittumisesta.

Pintakasvillisuus. Erilaatuisia pintakasvillisuuden aiheuttamia vioituksia todettiin tarkastetuissa taimistoissa seuraavasti:

	Kuusi istutus %	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
Elävistä taimista pintakasvillisuuden vioittamia	6.0	3.9	2.0
Muotovioista pintakasvillisuuden aiheuttamia	30.3	20.7	12.7
Kuolleista taimista pintakasvillisuuden tuhoamia	29.6	3.5	0.5

Elävistä taimista todetut vioitukset jakautuivat eri voimakkuusasteisiin seuraavasti:

Vioituksen voimakkuusaste	Kuusi istutus %	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
1	20	17	12
2	38	45	66
3	42	38	22

Samoin kuin karjan vioituksien on siis myöskin pintakasvillisuuden aiheuttamien tuhojen runsaudessa havaittavissa selvä suunta. Niin elävien vioitettujen taimien, voimakkaimpien vioitusten (3. aste), muotovikojen kuin myös kuolleiden taimien lukumäärä on selvästi suurempi kuusen kuin männyn taimistoissa. Jopa eri tavoin perustetuissa männynkin taimistoissa on havaittavissa selvä ero siten, että tuhot ovat joka suhteessa merkittävämpiä istutus- kuin kylvötaimistoissa. Syynä tähän ovat tietenkin suurelta osalta ympäristötekijät. Rehevillä »kuusimailla» on pintakasvillisuuden muodostama uhka kokonaisuudessaan suurempi kuin karummilla »mäntymailla», ja milloin uudistamista viimeksi mainituilla suoritettaessa on heinittymisen vaara olemassa, käytetään yleensä mieluummin istutusta kuin kylvöä.

Pintakasvillisuuden aiheuttamat haitat esiintyvät — lukuun ottamatta sellaisia tapauksia, jolloin voimakas varjostus jo sinänsä on selvästi vaikuttanut taimien yleiseen kuntoon — eri asteisina muotovikoina aina lievistä mutkista taimien täydelliseen deformoitumiseen saakka. Pahimmissa tapauksissa on seurauksena taimien tuhoutuminen — monesti vasta useampia vuosia kestäneen kitumisen jälkeen. Pahimpina tuhonaiheuttajina esiintyvät lauha *(Deschampsia)* ja kastikkalajit *(Calamagrostis)* sekä sanajalka *(Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn). Monin paikoin todettiin tyhjissä kylvöruuduissa runsaasti myös kanervaa. Heikinheimo (1915:149) on kuitenkin osoit-

tanut, että kanervapeitteen kehitys tapahtuu ainakin kulotetuilla aloilla varsin hitaasti, joten on mahdollista, ettei kanerva näissäkään vasta useitakin vuosia kylvön jälkeen tarkastetuissa taimistoissa ollut esiintynyt varsinaisena tuhonaiheuttajana. Varsinkin kosteanpuoleisille, kulotetuille uudistusaloille kohta kylvön jälkeen laikkuihin runsaasti nousevalla karhunsammalella *(Polytrichum)* saattanee eräissä tapauksissa olla varsin haitallinen vaikutus pienten kylvötaimien alkukehitykseen (vrt. Kujala 1926 a:31—32, 1926 b:13; Hertz 1932:41,143; Borg 1936:119; Karlberg 1955:22; Teikmanis 1956:423). Sitä vastoin ei kulotusaloilla yleisillä, useimmiten kuitenkin verraten harvoilla horsmakasvustoilla voitu todeta olleen haitallista vaikutusta männyn taimien kehitykseen. Pikemminkin lienee asianlaita päinvastoin (vrt. Sarvas 1937:16; Dekatov 1950). Sopivasti suojaamalla ja varjostamalla nuorta taimistoa horsma näet luultavimmin melkoisesti vähentää niin männyn versoruosteen kuin myös eräiden mieluimmin täysin suojattomissa taimistoissa esiintyvien hyönteistenkin tuhojen mahdollisuutta. Muotovikojakin tavattiin tällaisten uudistusalojen taimistoista varsin vähän, joten jäykkävartinen horsma ei näytä muodostavan taimille sellaista vaaraa kuin esim. männyn taimistoissa yleinen kastikka.

Kokonaisuudessaan ovat pintakasvillisuuden aiheuttamat vioitukset luettava pahimpiin kuusen taimistoissa esiintyneisiin tuhoihin. Myöskin männyn istutustaimistoissa ne olivat taloudellisestikin merkittäviä. Männyn kylvötaimistoissa niiden esiintymistä on sen sijaan pidettävä poikkeuksellisena.

Halla. Hallan vioitukset ovat meillä jokseenkin tavallisia varsinkin soiden (Multamäki 1942:67), mutta myöskin kovien maiden (Cajander 1933:67) vieläpä melko varttuneissakin kuusen taimistoissa (Kokkonen 1921). Käsillä olevaa tutkimusta varten kuusen taimistoista otetuilla koealoilla todettiin hallan vioittamia taimia olleen keskimäärin 4.5 % eli siis jokseenkin runsaasti. Voimakkuutensa puolesta vioitukset jakautuivat kuitenkin seuraavasti: 1. aste 72 %, 2. aste 28 % ja 3. aste 0 %, joten yleensä ne olivat siis varsin lieviä. Pahimmissa tapauksissa oli seurauksena ollut ranganvaihtoja ja lieviä mutkia. Esimerkkinä mainittakoon eräs Uudellamaalla tutkittu taimisto (taimien ikä 17 v.), jota halla oli vioittanut kaksi vuotta ennen tarkastusta jokseenkin ankarasti. Taimistosta otetulla kahdella koealalla todettiin tuhonalaisia taimia olleen 67 ja 77 %. Vaikkakin taimien keskipituus oli ensiksi mainitulla koealalla 3.5 m, viimeksi mainitulla 2.5 m, oli sangen useasta taimesta vioittunut myöskin latvakasvain, josta oli ollut seurauksena ranganvaihto vastaavasti 29 ja 47 %:ssa eläviä taimia.

Päällyspuuston vaikutuksesta tuhojen esiintymiseen mainittakoon, että taimistoissa, joissa päällyspuustoa ei ollut, oli taimista vioitettuja keskimäärin 17 %, kun taas päällyspuuston alla olleissa taimistoissa oli vastaava luku vain hieman yli 1 %.

Vaikkakin hallan vioitusten välitön merkitys on kovilla mailla useimmiten epäilemättä vähäinen, voi niillä olla sangen huomattavakin välillinen vaikutus, koska ne mahdollisesti edistävät jo aikaisemmin esiteltyjen pahoja muotovikoja ja taimien kitumista aiheuttavien »versosienten» esiintymistä.

Lumi. Lumen vioittamia taimia oli koealoilla keskimäärin varsin vähän, runsaimmin (1.2 % elävistä taimista) männyn kylvötaimistoissa. Vaikkakin joissakin taimistoissa todettiin vähäisessä määrässä myös lumen murtoja, jotka kyllä paikoitellen Etelä-Suomessakin saattavat olla varsin merkittäviä normaaleinakin vuosina, puhumattakaan ns. lumituhovuosista, esiintyivät lumen aiheuttamat vioitukset yleensä taivutusvahinkoina. Lumi oli toisin sanoen painanut taimia niin, että ne olivat pysyvästi jääneet normaalista poikkeaviin asentoihin tai oli niihin syntynyt erilaisia, useimmiten kuitenkin melko lieviä mutkia. Edellä mainittujen vikojen lisäksi todettiin kuudessa männyn taimistossa melko matalalla olevien oksien repeytymistä. Oksat olivat joko kokonaan irronneet tai (tavallisimmin) jääneet osittain runkoon kiinni, jolloin runkoon oli syntynyt muhkuraisia kyljestymispaksunnoksia. Näissäkin tapauksissa lienee kysymys ollut lumen, nimenomaan alas painuvan hangen aiheuttamista vaurioista (Kujala 1935). — Varsinkin kun otetaan huomioon, että lumen painamat taimet toipuvat usein varsin tyydyttävästi (Mattson-Mårn 1922), on lumen aiheuttamia vaurioita käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa pidettävä varsin vähäisinä.

Hakkuusta johtuvat vioitukset. Tällaisia vioituksia todettiin elävistä kuusen taimista keskimäärin 3.4 %:sta. Kuusen taimistoissa olivat päällyspuuston hakkuusta aiheutuneet vioitukset siis jokseenkin yleisiä, ja sangen huomattava osa taimista todetuista muotovioista (12.1 %) oli niiden aiheuttamia. Vauriot esiintyivät tavallisesti oksien karsiutumisena, taimien taittumisena tai eri suuruisina kuorivikoina, pahimmissa tapauksissa olivat taimet kokonaan kaatuneet. Jokseenkin usein olivat hakkuutähteet jääneet taimien päältä poistamatta, jolloin kaadon yhteydessä muutoin vain ehkä lievästikin vioittuneisiin taimiin oli syntynyt mutkia. Männyn taimistoissa nämä — siemenpuiden poistamisesta johtuneet — vioitukset olivat elävissä taimissa varsin harvinaisia. Joissakin kylvötaimistoissa olivat kylvöruutuihin jääneet hakkuutähteet sen sijaan joko välittömästi tai välillisesti (edistämällä karisteiden esiintymistä) ilmeisestikin aiheuttaneet 0-ruutujen syntymistä (vrt. Lehto 1956:79).

Muut tuhonaiheuttajat. Edellä esiteltyjen lisäksi tavattiin tarkastetuista taimistoista muitakin, joko määrittämättömiä tai merkitykseltään vähäisiä tuhoja. Runsaimmin havaittiin erilaisia silmuvikoja. Ne olivat arvattavastikin useasta syystä aiheutuneita ja saattoi niihin kuulua myös eräiden *Evetria*-lajien sekä joittenkin muiden pikkuperhosten tuhoja samoin kuin myös — kuusen taimistoissa — hallan vioituksia. Tuhon aiheut-

Taulukko 1. Tärkeimpien tuhonaiheuttajien vioittamien taimien keskimääräinen osuus erilaatuisissa taimistoissa. (Elävät ja kuolleet taimet).

Tabelle 1. Der mittlere Anteil der von den hauptsächlichen Schadensurhebern betroffenen Pflanzen bei Kulturen verschiedener Art. (Lebende und tote Pflanzen.)

Tuhonaiheuttaja *Schadensurheber*	Kuusi istutus *Fichte gepflanzt* %	Mänty istutus Kiefer gepflanzt %	Mänty kylvö Kiefer gesät %
Kirvat —*Blatt- und Schildläuse*	1.0	1.0	0.5
Tukkikärsäkkäät — *Hylobius spp.*	4.0	16.0	7.5
Juurinilurit — *Hylastes spp.*	1.0	—	*Δ*
Kirjokudospistiäinen — *Acantholyda hieroglyphica*	—	0.5	*Δ*
Pihkakääriäinen — *Evetria resinella*	—	4.0	4.0
Muut mäntykääriäiset — *Andere Evetria-Arten*	—	2.5	2.5
Männyn kariste — *Lophodermium pinastri*	—	3.0	5.5
Lumikariste — *Phacidium infestans*	—	2.0	1.5
Kuusen »versosienet» — *Pilzerkrankungen der Fichtentriebe*	2.5	—	—
Männyn versoruoste — *Melampsora pinitorqua*	—	2.0	5.5
Männyn neulasruoste — *Coleosporium sp.*	—	3.0	4.0
Kuusen suopursuruoste — *Chrysomyxa ledi*	1.0	—	—
Maannousemasieni — *Polyporus annosus*	—	0.5	*Δ*
Myyrät — *Microtinae*	*Δ*	1.0	1.0
Hirvi — *Alces alces*	—	0.5	1.0
Karja — *Vieh*	2.0	0.5	0.5
Pintakasvillisuus — *Bodenvegetation*	6.5	4.0	2.0
Halla — *Frost*	4.5	—	—
Lumi — *Schnee*	0.5	0.5	1.0
Hakkuu — *Hauung*	3.0	0.5	0.5
Määrittämättömät silmutuhot — *Nicht definierte Knospenschäden*	1.0	1.0	2.5

tajaa ei näissä jäljempänä yhtenä ryhmänä käsitellyissä tapauksissa pystytty varmasti määrittämään, useimmiten siitä syystä, että jäljellä oli vain täysin kuivunut silmu, jossa ei näkynyt mitään tuhojälkiä, tai oli jo silmukin tyystin karissut pois. Kesä 1955 oli tunnetusti erittäin kuiva, ja kuivuus aiheuttikin melkoista vahinkoa nuorissa männyn ja kuusen taimistoissa mm. Ruotsissa (von Hofsten 1957). Suomessakin tuhoja sattui paikoitellen etenkin maan lounaisosissa (Erkamo 1958). Käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastettiin taimistoja kesän loppupuolella, jolloin tuhot jo alkoivat näkyä, Keski-Suomen ja Itä-Hämeen metsänhoitolautakuntien alueilla, eikä selvästi kuivuuden tappamia taimia ollenkaan todettu. Kesällä 1956, jolloin tuhot vielä olisivat olleet melko tyydyttävästi määritettävissä, ei kenttätöitä voitu lainkaan tehdä. Kun lisäksi koealoja ei otettu varsinaisista kalliometsistä, jäivätkin todetut kuivuuden aiheuttamat tuhot varsin pieniksi. Kysymykseen palataan kuitenkin vielä tuonnempana (s. 43). Paitsi suorastaan tuhoa-

vasti on kuivuus tietenkin voinut monin tavoin vaikuttaa taimien kuntoon, jopa aiheuttaa muotovikojakin (O k s b j e r g 1956). Myöskin l i i a l l i n e n k o s t e u s, alavien uudistusalojen notkopaikkoihin pitemmäksi aikaa seisomaan jäänyt vesi, oli joissakin taimistoissa aiheuttanut muutamien taimien tuhoutumisen. R o u d a n tuhoja tavattiin vain aivan mitättömässä määrässä, mikä suurelta osalta johtui siitä, että kaikkein nuorimmat kylvötaimistot jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle.

Melkoisessa osassa löydettyjä kuolleita taimia ei voitu todeta mitään niin voimakasta vioitusta, että sitä olisi voitu pitää tuhoutumisen syynä, ja jäi kuivumisen syy näissä tapauksissa siis määrittämättä. Tätäkin ryhmää käsitellään kuitenkin hieman lähemmin tuonnempana (s. 43).

Yleiskuvan saamiseksi esitetään taulukossa 1 yhdistelmä tärkeimpien tuhonaiheuttajien esiintymisrunsaudesta. Luvut — puoliksi prosenteiksi pyöristettyinä — ilmoittavat kuinka suuri osa koealojen kaikista (so. elävistä ja löydetyistä kuolleista) taimista oli keskimäärin kunkin tuhonaiheuttajan vioittamia. Kylvötaimistojen kohdalla on kysymys kylvöryhmien valtataimista.

Taimistojen kunto

Taimihäviö

Taimihäviön keskimääräinen suuruus oli koealoilla kuusen istutustaimistoissa 23 %, männyn istutustaimistoissa 39 % ja männyn kylvötaimistoissa 26 %. Viimeksi mainittu luku tarkoittaa täysin tyhjiä laikkuja (0-ruutuja). Kylvötaimistoissa sirkkataimista aina taimiston harvennusvaiheeseen saakka tapahtunutta todellista taimien lukumääräistä tuhoutumista ei tietenkään voitu määrittää. Keskiarvoja laskettaessa on otettu huomioon vain vähintään kahden kasvukauden ikäiset istutus- ja kolmen kasvukauden ikäiset kylvötaimistot, koska nuoremmissa taimien tuhoutuminen saattaa olla vasta alkuvaiheessaan ja kylvötaimistoissa on myös jälki-itäminen otettava huomioon; lisäksi on kuusi vanhemmista männyn taimistoista otettua koealaa jätetty pois sen johdosta, että näissä runsaasti esiintyneiden luonnontaimien takia oli syytä vahvasti epäillä saatujen tulosten todenperäisyyttä.

Edellä esitettyjä lukuja on tietenkin pidettävä lähinnä vain taimihäviön suuruusluokkaa osoittavana. On näet ilmeistä, että laajemmissakin aineistoissa voi esiintyä selviä eroavuuksia riippuen mm. siitä, onko materiaalia koottaessa päähuomio kiinnitetty nuoriin vai vanhempiin taimistoihin. Varsinkin alle viiden vuoden ikäisissä taimistoissa saattaa näet vahvasti heinittyneillä mailla jokin osa taimista jäädä tarkastakin etsimisestä huolimatta löytymättä (toiselta puolen on luultavaa, että suuri osa tällaisista taimista on toipumiskyvyttömiä ja menehtyy jo varhaisessa vaiheessa), ja lisäksi tällaiseen aineistoon voi tulla mukaan sellaisiakin uudistusaloja, joilla istutus tai kylvö ovat täysin epäonnistuneet. Vanhemmilla uudistusaloilla on sen sijaan viimeksi mainituissa tapauksissa useimmiten suoritettu uudelleen metsittäminen tai täydentäminen, joten alkuperäisten toimenpiteiden tulokset eivät enää ole nähtävissä, ja lisäksi vanhemmista taimistoista otettavilla koealoilla tulee viljelystaimien lukuun hyvin helposti mukaan luonnontaimia, joiden erottaminen ensiksi mainituista on tietyissä tapauksissa täysin mahdotonta.

Kuolleita taimia löydettiin koealoilta kaiken kaikkiaan vain 476 kpl., siitä huolimatta että niiden etsimiseen kiinnitettiin erikoista huomiota. Tämä määrä on varsin vähäinen kun otetaan huomioon edellä esitetyt taimihäviösadannekset, ja kun istutustaimistoista tarkastetuilla koealoilla todettiin alkuperäisen taimimäärän olleen sentään n. 13 300 kpl. ja kylvötaimistoista

tarkastetuilla koealoilla oli vielä tarkastushetkelläkin yli 13 000 tainta. Syynä tähän on ennen kaikkea se, että pienimmät taimet kuivilla kangasmailla, joilla on vähän pintakasvillisuutta, kuoltuaan kuivuvat ohuiksi tikuiksi, jotka hyvin pian murenevat pieniksi palasiksi, tai heinäisillä uudistusaloilla lahoavat niin nopeasti, ettei niistä jää jäljelle mitään selvästi todettavaa jäännöstä. Esimerkiksi mainittakoon seuraava tapaus. Eräästä toukokuun puolivälissä 1955 2-vuotisilla taimilla toimitetusta männyn istutuksesta, josta osa oli suoritettu kuoppa- osa kanki-istutusta käyttäen, otettiin kummastakin osasta kaksi koealaa 27. 9. 1957. Jokaisella koealalla todettiin taimihäviön olleen yli 50 %. Huolimatta siitä, että uudistusala oli ennen istutusta kulotettu, eikä pintakasvillisuus vielä tarkastushetkelläkään ollut mainittava, että jokaiseen istutuskohtaan oli tehty selvä laikku ja kunkin taimen paikka lisäksi vielä merkitty tukevalla kepillä, löydettiin tuhoutuneista taimista vain kolmasosa.

Aineiston täydentämistä keräämällä havaintoja koealojen ulkopuolelta ei myöskään voitu pitää asiallisena, koska varsin usein sellaisissa tapauksissa, jolloin kuolleita taimia tavattiin runsaahkosti, niiden tuhoutumisen oli koko taimiston alueella aiheuttanut sama tekijä. Vaikkakin aineisto tätä tapaa käyttäen olisi helpostikin saatu suuremmaksi, sen kokoonpano — ts. eri tuhonaiheuttajien kvantitatiivinen osuus — olisi näin ollen saattanut muodostua täysin mielivaltaiseksi. Lisäksi on otettava huomioon, että tällainen aineisto tulee helposti yksipuoliseksi senkin takia, että suuremmilta aloilta kuolleita taimia etsittäessä kiinnittyy huomio kyllä kookkaisiin taimiin, mutta pienet taimet, joiden löytyminen usein edellyttää sitkeätä ja aikaa viepää etsimistä ja joiden tuhoutumisen saattavat aiheuttaa kokonaan toiset tekijät, jäävät helposti tarkastamatta.

Edellä (ss. 14—40) on jo esiteltäessä taimistoissa todettuja tuhonaiheuttajia esitetty myös eräiden yleisimpien tekijäin osuus taimihäviön syntymiseen. Mitään yhdistelmää taimihäviön jakautumisesta kaikkien todettujen tekijäin kesken ei aineiston pienuuden takia katsota voitavan esittää. Mainittakoon kuitenkin, että kuusen taimistoissa olivat merkittävimmät taimien tuhoutumisen aiheuttajat pintakasvillisuus ja tukkikärsäkkäät, joiden vaikutuksesta määritettiin löydetyistä kuolleista taimista tuhoutuneen n. 45 %, muina tekijöinä esiintyivät juurinilurit, karja, ajo- yms. vioitukset, liiallinen kosteus ja istutusvirheet. Männyn istutustaimistoissa oli ylivoimaisesti suurin merkitys tukkikärsäkkäillä, jotka olivat tuhonneet peräti kolmanneksen löydetyistä kuolleista taimista, muita tekijöitä olivat: kirjokudospistiäinen, männyn kariste, lumikariste, maannousemasieni, mesisieni, myyrät, hirvi, karja, pintakasvillisuus, hakkuutähteet, kuivuus, liiallinen kosteus ja istutusvirheet. Männyn kylvötaimistoissa olivat yleisimmät taimien tuhoutumisen aiheuttajat (huomioon ottaen kaikki kylvöryhmistä löydetyt taimet) männyn kariste ja lumikariste (45 %) sekä tukkikärsäkkäät (n. 27 %), muilla määri-

tetyillä tekijöillä (tervasroso, mesisieni, maannousemasieni, pintakasvillisuus, kuivuus) oli vain vähäinen merkitys. Erikoisesti on syytä korostaa, ettei viimeksi mainittuja ole samastettava pääasiallisiin 0-ruutujen aiheuttajiin, koska sangen huomattava osa näistä syntyy kylvötaimistojen varhaisimmissa kehitysvaiheissa, joita ei ole ollenkaan katsottu voitavan käsitellä tämän tutkimuksen puitteissa.

Paitsi sellaisia kuolleita taimia, joiden tuhoutumisen syy katsottiin voitavan määrittää, löydettiin melko runsaastikin taimia, joiden kuivumisen syy jäi selvittämättä. Tällaisia oli kuusen taimistoissa ja männyn kylvötaimistoissa lähes 20 %, männyn istutustaimistoissa yli 25 % löydetyistä kuolleista taimista. Tähän ryhmään, jota on syytä hieman lähemmin tarkastella, kuuluu kahdenlaisia taimia. Ensiksikin sellaisia, joista voitiin havaita merkkejä eri tuhonaiheuttajien voimakkaastakin esiintymisestä, mutta oli taimen kuivumisesta jo kulunut niin pitkä aika, ettei primaarinen tuhoutumisen syy enää ollut määritettävissä sekä toiseksi sellaisia taimia, joista ei voitu todeta mitään näkyviä tuhoja tai korkeintaan vain niin vähäisiä vioituksia, ettei niiden katsottu yksinään voineen taimien tuhoutumista aiheuttaa. Ensiksi mainittuja tavattiin yleensä vain vanhemmista taimistoista, ja oli niiden kokonaismäärä varsin vähäinen.

Männyn kylvötaimistoissa suurin osa tähän ryhmään kuuluvista taimista on ilmeisesti taimien keskinäisessä kilpailussa tappiolle joutuneita, tiheiden taimituppaiden sisässä kituneita taimia, jotka ovat menehtyneet epäsuotuisten kasvuolosuhteiden takia tai joiden tuhoutumiseen on riittänyt jo vähäinenkin karisteen esiintyminen.

Istutustaimistoista löydetyistä taimista on ensiksikin mainittava, että suurimmasta osasta männyn taimia voitiin todeta ainakin jossain määrin eräiden pikkusienten esiintymistä. Tällaisia sieniä olivat: *Lophium mytilinellum* Fr., *Tympanis pithya* Karst., *Nectria* sp., *Fusicoccum bacillare* Sacc. et Penz., *Phomopsis* sp., *Phoma mediella* Karst., *Dendrophoma* sp. ja *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. On epäiltävää voidaanko näitä sieniä yleensä ollenkaan pitää taimien tuhoutumisen todellisina aiheuttajina, sillä useimmitenhan ne esiintynevät saprofyytteinä (vrt. K u j a l a 1950). Merkittävämpää on sen sijaan männyn karisteen esiintyminen, jota sitäkin voitiin todeta kuolleissa pienissä männyn taimissa eri asteisena sangen yleisesti. Kun männyn karistetta tavataan kuitenkin kaikkialla kuolleissa männyn neulasissa, ei ole aina ollut helppoa päätellä missä määrin se nuorimmissa männyn istutustaimistoissa on esiintynyt myös todellisena primaarisena tuhoutumisen syynä.

Edelleen voivat taimien tuhoojina tulla kysymykseen eräät abioottiset tekijät, joista on ennen kaikkea mainittava kuivuus. Niinpä on vertailtaessa eri vuosina suoritettuja istutuksia todettu kuivina kesinä perustettujen tai-

mistojen olleen muita huonompia (Hedemann-Gade 1945:33). Käsillä olevan tutkimuksen aineisto on liian vähäinen, jotta siitä tässä suhteessa voitaisiin tehdä mitään varmoja johtopäätöksiä, mutta tulkoon kuitenkin mainituksi, että vuosina 1954—55 istutetuissa männyn taimistoissa oli taimihäviö huomattavasti suurempi kuin välittömästi aikaisemmin tai myöhemmin perustetuissa, mikä osittain voi johtua kesän 1955 kuivuudesta. Kuivuuden aiheuttamien tuhojen suoranainen osoittaminen silloin kun kuivuus ei esiinny suorastaan katastrofalisena on kuitenkin vaikeata, ja näin ollen voidaan kuivuuden aiheuttamina pitää sellaisiakin tuhoja, jotka todellisuudessa ovat muista syistä johtuvia (vrt. Wood 1958, »Greensleeves» 1958). Erikoisesti on tässä yhteydessä viitattava niihin kokeellisiin tutkimuksiin, joiden tulokset osoittavat, että metsään istutettujen taimien kuolleisuus riippuu mm. istutustavasta, taimien iästä ja koosta (Heikinheimo 1941), jopa koulimisetäisyyksistä (Mork 1954:71) ja työnjohdon ammattitaidosta (Tirén 1958:25—27) sekä varsin suuresti taimien käsittelystä niin taimitarhassa kuin yleensäkin ennen istutusta (Yli-Vakkuri 1957). On erittäin todennäköistä, että näillä tekijöillä — etenkin taimimateriaalin laadulla ja käsittelyllä — on ollut osuutensa käsillä olevaa tutkimustakin varten tarkastetuissa taimistoissa todetun taimihäviön syntyyn, mutta edellytykset niiden merkityksen määrittämiseen ovat aineistoa koottaessa valitettavasti puuttuneet. Todettavissa ovat olleet vain suoranaiset istutusvirheet: liian syvään tai löyhään, kivien päälle jne. suoritettu istutus, istutettaessa syntyneet taimien vioittumat yms.

Missä taimiston kehitysvaiheessa pääosa taimihäviöstä sitten tapahtuu? Morkin Norjassa suorittamien laajojen kuusen istutuskokeiden yhteydessä on huomiota kiinnitetty tähänkin seikkaan. Kasvukauden eri aikoina suoritettuja istutuksia tarkastettaessa todettiin taimihäviön olleen suurimman ensimmäisen ja toisen tarkastussyksyn välillä. Useimmissa kokeissa oli taimien tuhoutuminen jo kolmannen ja neljännen syksyn välisenä aikana ollut varsin vähäistä (Mork 1950). Koulimisetäisyyden vaikutusta tutkittaessa havaittiin, ettei maastoon istutettuja 2+2 -vuotiaita kuusen taimia enää neljännen kasvukauden kuluttua istutuksesta kuollut käytännöllisesti katsoen ollenkaan (Mork 1954:72), ja erilaisia istutusmenetelmiä koskevissa kokeissa oli taimihäviö suurin kahtena ensimmäisenä vuotena, viidentenä oli istutuksesta lähtien kaikkiaan kuolleiden taimien määrä vain vähän suurempi kuin neljäntenä vuotena (Mork & Bjørgung 1954:323). Kylvötaimistoista tehdyistä havainnoista mainittakoon, että Bergan (1957:77) on todennut kylvöaikaa koskevissa kokeissa Pohjois-Norjassa, että taimihäviö oli suurin kolmena ensimmäisenä vuotena ja tämän jälkeen jokseenkin vähäinen, samoin mainitsee Siré n (1952:26), että hänen suorittamissaan koekylvöissä jo kolmannen kasvukauden tuhot näyttivät metsittämiskelpoisuutta silmällä pitäen varsin vähäisiltä.

Esiteltävänä olevan aineiston perusteella voidaan taimihäviön kehityksestä saada varsin epätäydellinen kuva, koska nuoremmat ja vanhemmat taimistot eivät tässä suhteessa ole vertailukelpoisia. Itse asiassa onkin »0-ruutujen» määrä tarkastetuissa viittä vuotta nuoremmissa taimistoissa suurempi kuin vanhemmissa. Jonkinlaisen käsityksen saamiseksi taimihäviön synnystä voitaneen kuitenkin esittää »0-ruutujen» keskimääräinen osuus eri ikäisissä nuorimmissa taimistoissa, vaikka eräitä ikäluokkia edustavia koealoja onkin melko vähän tai ei lainkaan.

	Ikä kasvukautta perustamisesta lukien					
	<1	1	2	3	4	5
	0-ruutusadannes					
Mänty istutus	12.5	23.2	39.6	55.1	45.9	32.8
Mänty kylvö	—	—	26.0	38.0	25.8	26.8
Kuusi istutus	5.0	21.8	24.3	34.4	18.8	—

Kuten nähdään oli taimihäviö varsin huomattava jo yhden kasvukauden ikäisissä istutustaimistoissa ja niin istutetuissa kuin kylvetyissäkin kahden kasvukauden ikäisissä taimistoissa vähintäänkin yhtä suuri kuin keskimääräinen 0-ruutusadannes. (Erittäin suuri taimihäviö kolmen ja eräiltä osilta myös neljän kasvukauden ikäisissä taimistoissa johtuu suureksi osaksi siitä, että nämä ryhmät sisältävät etupäässä vuosina 1954—55 perustettuja taimistoja, vrt. s. 44). Ilmeistä näin ollen onkin, että Etelä-Suomen kulttuuritaimistoissa varsinkin sen suuruisilla uudistusaloilla, mitkä yksityismetsissä tavallisimmin tulevat kysymykseen, tapahtuu pääosa taimihäviöstä aivan ensimmäisinä vuosina, ja keskimäärin voitaneen perustamisesta lukien noin viiden kasvukauden ikäisiä taimistoja pitää tässä suhteessa jo melkoisen vakiintuneina. Myöskin edellä esitetyt kirjallisuusviittaukset tukevat tätä käsitystä. Selvää on, että voimakkaitakin tuhoja saattaa esiintyä vielä tämän kehitysvaiheen jälkeen, jopa yksittäisissä tapauksissa saattaa taimia kuollakin melkoisessa määrässä — näin on asianlaita esim. maannousemasienen saastuttamissa taimistoissa, ja hirven tuhot alkavat varsinaisesti vasta vieläkin myöhäisemmässä vaiheessa — mutta kokonaisuudessaan on taimihäviö kuitenkin huomattavasti vähäisempää kuin nuoremmissa taimistoissa.

Muotoviat

Erilaisia muotovikoja todettiin kuusen taimistoissa 409:ssä, männyn istutustaimistoissa 1 051:ssä ja männyn kylvötaimistoissa 754 taimessa, mitkä määrät ovat kaikkiaan tarkastetuista taimista 20, 33, ja 30 %. Kun monissa taimissa esiintyi useammanlaatuisia vikoja, oli kaikkiaan todettujen muotovikojen määrä vastaavasti 465, 1 342 ja 943 kpl. Männyn taimistoissa

esiintyi muotovikoja siis varsin yleisesti, eikä istutettujen ja kylvettyjen taimistojen välillä ole tässä suhteessa mainittavaa eroa. Kaiken kaikkiaan oli tarkastetuista männyn taimista noin joka kolmas muotovikainen. Kuusen taimistoissa oli viallisia taimia vain joka viides eli siis huomattavasti vähemmän. Muotovioiksi on luettu vain ranganvaihdot, monilatvaisuus (ranganvaihto tavallaan sekin, mutta seurauksiltaan merkittävämpi) sekä mutkat. Näiden kesken jakautuivat todetut tapaukset eri laatuisissa taimistoissa seuraavasti:

	Kuusi istutus		Mänty istutus		Mänty kylvö	
	kpl.	%	kpl.	%	kpl.	%
Ranganvaihdot	223	48.0	923	68.8	656	69.6
Monilatvaisuus	86	18.5	230	17.1	125	13.2
Mutkat	156	33.5	189	14.1	162	17.2
Yhteensä	465	100.0	1 342	100.0	943	100.0

Männyn istutus- ja kylvötaimistojen välillä ei siis tässäkään havaita suurempia eroavuuksia. Tosin istutustaimistoissa esiintyi monilatvaisuustapauksia jonkin verran enemmän ja mutkia taas vähemmän kuin kylvötaimistoissa, mutta erot eivät ole suuria. Ranganvaihdot olivat männyn taimistoissa vioista suurena enemmistönä. Myöskin kuusen taimistoissa niitä todettiin runsaasti, mutta kuitenkin suhteellisesti paljon vähemmän. Sen sijaan mutkat olivat noin kaksi kertaa niin yleisiä kuin männyn taimissa.

Muotovikojen aiheuttajien tyydyttävään määrittämiseen ei useimmissa tapauksissa ollut mahdollisuuksia siitä syystä, että niiden esiintymisestä oli jo kulunut niin pitkä aika, ettei nähtävissä enää ollut mitään varsinaisia tuhojälkiäkään vaan vain tuhon seuraus. Männyn taimistoissa pystyttiinkin viat aiheuttaneet tekijät määrittämään edes kollektiivisina ryhminä vain noin 30 %:ssa edellä mainituista tapauksista, kuusen taimistoissa oli sadannes hieman suurempi. Tärkeimmät todetut syyt on esitetty taulukossa 2.

Jos tarkastellaan eri tuhonaiheuttajien kokonaismerkitystä, havaitaan kuusen taimistoissa suurimman muotovikojen aiheuttajan olleen pintakasvillisuuden ja »versosienten» esiintyneen toisena suurena, lähes yhtä laajana ryhmänä. Seuraavina, edellisiä pienempinä, mutta keskenään jokseenkin saman suuruisina ryhminä olivat hakkuiden yhteydessä syntyneet ja hallan aiheuttamat vioitukset. Näiden neljän tekijän osuus oli 81.8 % kaikista muotovioista. Männyn istutustaimistoissa olivat neljä merkittävintä tekijää yleisyysjärjestyksessä: *Evetria* spp., pintakasvillisuus, männyn versoruoste ja silmutuhot, näiden yhteinen osuus oli 76.4 %, sekä männyn kylvötaimistoissa: silmutuhot, *Evetria* spp., pintakasvillisuus ja *E. resinella*, jotka edustivat yhteensä 76.3 % kaikista muotovioista.

Taulukko 2. Tärkeimmät muotovikojen aiheuttajat ja niiden yleisyys (sadanneksina) kuusen istutus- sekä männyn istutus- ja kylvötaimistojen eri muotovikaryhmissä sekä kokonaisuudessaan.

Tabelle 2. Die Hauptursachen für Missbildungen und deren prozentuales Vorkommen in gepflanzten Fichtenkulturen und gepflanzten bzw. gesäten Kiefernkulturen; nach den verschiedenen Formfehlergruppen und total.

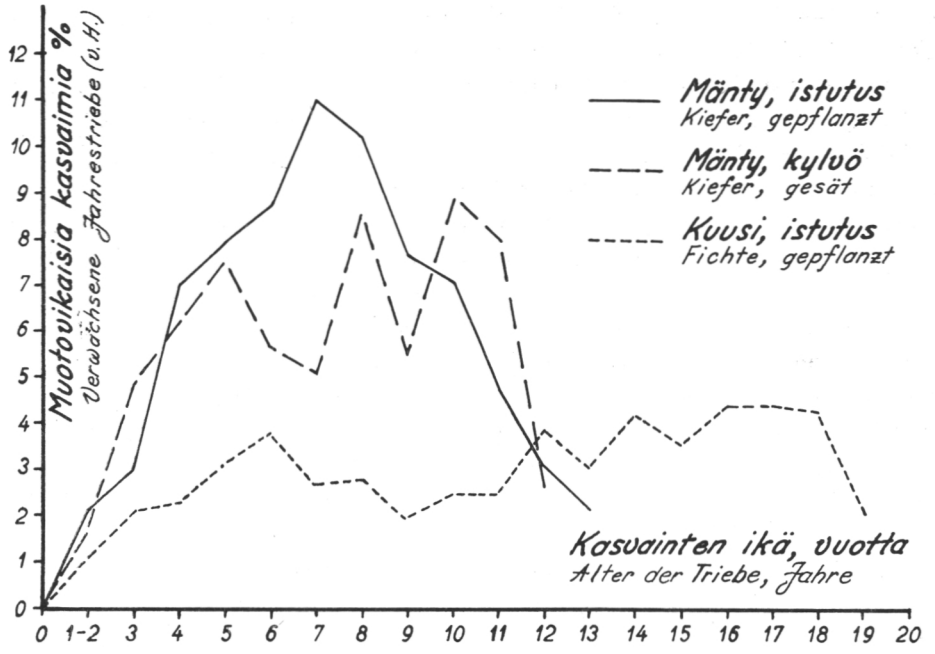
Tuhonaiheuttaja *Schadensurheber*	Monilatvaisuus *Vielwipfligkeit*			Ranganvaihdot *Ersatzwipfel*			Mutkat *Verkrümmungen*			Kaikki muotoviat *Alle Formfehler*		
	Kuusi istutus *Fichte gepflanzt*	Mänty istutus *Kiefer gepflanzt*	Mänty kylvö *Kiefer gesät*	Kuusi istutus *Fichte gepflanzt*	Mänty istutus *Kiefer gepflanzt*	Mänty kylvö *Kiefer gesät*	Kuusi istutus *Fichte gepflanzt*	Mänty istutus *Kiefer gepflanzt*	Mänty kylvö *Kiefer gesät*	Kuusi istutus *Fichte gepflanzt*	Mänty istutus *Kiefer gepflanzt*	Mänty kylvö *Kiefer gesät*
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Tukkikärsäkkäät ..... *Hylobius spp.*	—	13.3	—	0.8	6.8	0.7	—	11.8	5.8	4	8.9	1.7
Ytimennävertäjät ..... *Blastophagus spp.*	—	1.7	2.6	—	3.6	2.1	—	—	—	—	2.4	1.7
Pihkakääriäinen ..... *Evetria resinella*	—	15.0	15.8	—	9.3	10.9	—	0.8	1.9	—	7.8	9.8
Muut mäntykääriäiset .. *Andere Evetria-Arten*	—	25.0	34.3	—	40.9	25.3	—	3.4	1.9	—	29.1	21.6
Hirvi ..... *Alces alces*	—	—	—	—	0.4	6.2	—	—	—	—	0.2	3.8
Männyn versoruoste ... *Melampsora pinitorqua*	—	3.3	2.6	—	22.8	12.3	—	5.9	5.8	—	15.9	9.3
Kuusen »versosienet»... *Pilzerkrankungen der Fichtentriebe*	73.3	—	—	40.0	—	—	0.9	—	—	26.9	—	—
Määrittämättömät silmutuhot ..... *Nicht definierte Knospenschäden*	3.3	25.0	39.5	15.0	11.7	40.4	—	0.8	3.8	7.2	10.7	32.2
Pintakasvillisuus ..... *Bodenvegetation*	6.7	10.0	2.6	0.8	—	1.4	67.5	72.3	51.9	30.3	20.7	12.7
Halla ..... *Frost*	3.3	—	—	26.7	—	—	—	—	—	12.5	—	—
Lumi ..... *Schnee*	—	—	—	—	—	—	4.4	1.6	19.3	0.2	0.4	4.2
Hakkuu ..... *Hauung*	6.7	1.7	2.6	2.5	—	—	23.7	2.5	9.6	12.1	0.9	2.6
Muut tekijät ..... *Andere Faktoren*	6.7	5.0	0.0	14.2	4.5	0.7	3.5	0.9	0.0	10.8	3.0	0.4
Yhteensä — *Insgesamt*	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Kuusen taimien monilatvaisuuden aiheuttajista olivat »versosienet» ylivoimaisesti yleisimmät, samoin ne esiintyivät yleisimpinä ranganvaihtojenkin aiheuttajina, joskin tässä ryhmässä myös hallan osuus on varsin suuri. Mutkien syntyminen johtui noin yhdeksässä tapauksessa kymmenestä joko pintakasvillisuudesta tai hakkuusta, ts. lähinnä taimien päälle jääneistä hakkuutähteistä.

Männyn istutustaimistoissa esiintyivät tärkeimpinä monilatvaisuuden aiheuttajina *Evetria*-lajit — *E. resinella* mukaan luettuna niiden aiheuttamien tuhotapausten määrä oli yhteensä 40.0 % — sekä silmutuhot (25.0 %). Kylvötaimistoissa mäntykääriäisten yhteinen osuus oli vieläkin suurempi (50.1 %) ja toiseksi suurin ryhmä, silmutuhot, edustaa peräti 39.5 % monilatvaisuustapauksista. Merkille pantavaa on, että männyn taimistoissa pelkät silmutuhot johtavat yllättävän useassa tapauksessa monilatvaisuuteen, ja vaikka varsinaisen taimistoiän jälkeen tällaisissa kaksi- tai useampihaaraisissa puissa yksi ranka muodostuisikin päärangaksi, ei tämä enää voi estää varsin haitallisen muotovian syntymistä. Edelleen on viitattava *Hylobius*-tuhojen odottamattoman suureen osuuteen tässä ryhmässä männyn istutustaimistoissa (vrt. S y l v é n 1920). Ranganvaihdot aiheutuivat männyn istutustaimistoissa pääasiassa mäntykääriäisten (yhteensä 50.2 %) ja männyn versoruosteen vioituksista (22.8 %), kun taas kylvötaimistoissa yleisimpinä syinä olivat silmuvioitukset (40.4 %) ja mäntykääriäiset (36.2 %). Silloin kun silmutuhoista aiheutuu vain ranganvaihto, ei syntyvä muotovika yleensä ole tietenkään kovin suuri, joten silmuvikojen taloudellinen merkitys on tässä ryhmässä varsin paljon pienempi kuin edellisessä. Mutkat — joihin ei ole luettu ranganvaihtojen yhteydessä aina syntyvää pienempää tai suurempaa päärangan taipumista — olivat männyn niin istutus- kuin kylvötaimistoissakin syntyneet suurimmaksi osaksi pintakasvillisuuden vaikutuksesta, jonka lisäksi kylvötaimistoissa myöskin lumella oli merkittävä osuutensa.

Muotovikojen syntymisen ajankohdan määrittämiseen voidaan käsillä olevan tutkimuksen aineistoa käyttää jonkin verran paremmin edellytyksin kuin mitä oli asianlaita taimihäviöön nähden, koska vähänkin merkittävämmät muotoviat säilyvät yleensä päältä päin nähtävinä varsinaisen taimistoiän ylikin. Tietenkin juuri sellaisissa tapauksissa, joissa taimet ovat pahasti deformoituneita, kasvainten iän määrittäminen saattaa olla vaikeata ja muodostuu pakostakin jossain määrin epävarmaksi. Samoin on asianlaita yleensä aina kun on kysymys varsinkin vanhempien taimien ensimmäisistä (tyvi-)kasvaimista. Lisäksi on otettava huomioon, että nimenomaan mutkat esiintyvät sangen usein monissa peräkkäisissä kasvaimissa, ja on muotovian syntymisen ajoittaminen tällöin jossain määrin tulkinnanvaraista.

Kuvassa 3 esitetään erikseen männyn istutus- ja kylvötaimistoista sekä kuusen istutustaimistoista todettujen muotovikaisten kasvainten osuus kai-



Kuva 3. Muotovikaisten kasvainten osuus tarkastetuista eri ikäluokkien (päärangan) kasvaimista.
Abb. 3. Der Anteil der verwachsenen Jahrestriebe an den bei verschiedenen Jahrgängen untersuchten Jahresschüssen (des Stammes).

kista tarkastetuista vastaavien eri ikäluokkien (päärangan) kasvaimista. Mukaan on otettu vain ne ikäluokat, joista on tarkastettu vähintäänkin 500 kasvainta. Koko tässä esitetty aineisto käsittää n. 65 000 kasvainta. Kuusen taimistoista on — kuten piirroksesta nähdään — riittävästi havaintoja vielä 19-vuotisista, männyn osalta käyrät valitettavasti päättyvät jo 12- ja 13-vuotisiin taimistoihin.

Männyn istutustaimia esittävä käyrä on sangen selväpiirteinen. Muotovikoja syntyy aluksi vuosi vuodelta yhä runsaammin, kunnes niiden määrä saavuttaa huippunsa taimien seitsemännellä ikävuodella eli — kun istutus yleensä toimitetaan taimien ollessa 2-vuotisia — viisi vuotta istutuksen jälkeen. Tämän jälkeen syntyy muotovikoja yhä vähenevässä määrässä, ja taimien kolmannellatoista ikävuodella on päärangan samanvuotisista kasvaimista ollut viallisia vain vähän yli 2 %. Myöskin kylvötaimistoissa enenee vuosittain syntyvien muotovikojen määrä aina taimien kymmenennelle ikävuodelle saakka lukuun ottamatta 6., 7. ja 9. ikävuotta. Mistä muotovikojen suhteellinen vähälukuisuus mainittuina vuosina johtuu, ei aineistosta käy ilmi. Joka tapauksessa voitaneen esitettyjen havaintojen perusteella sanoa, että muotovikojen pääasiallisin syntyminen männyn taimistoissa sattuu ikäkaudelle, joka alkaa taimien ollessa 4—5 v. vanhoja ja päättyy niiden saavu-

tettua 10—11 v:n iän. Kylvötaimistoissa tämä ajanjakso ilmeisesti sekä alkaa että päättyy hieman myöhemmin kuin istutustaimistoissa.

Männyn taimien muotovikojen synnyn ajankohtaan voidaan saada valaistusta myös tarkastelemalla tärkeimpien tuhonaiheuttajien esiintymistä ja sen mahdollista rajoittumista johonkin taimistojen kehitysvaiheeseen. Kun otetaan huomioon, että silmutuhoistakin melkoinen osa on varmaankin mäntykääriäisten aiheuttamia, voidaankin *Evetria*-lajeja (mukaan luettuna *E. resinella)* pitää männyn taimistoissa kokonaisuudessaan pahimpina tuhonaiheuttajina, toisella tilalla ovat pintakasvillisuuden, kolmannella männyn versoruosteen ja neljännellä tukkikärsäkkäiden aiheuttamat vioitukset. *E. buolianan* tuhojen ajankohdasta on kirjallisuudessa esitetty melko runsaasti tietoja, joista joitakin mainittakoon. Brooks (1936:23): latvaversojen vioitukset keskittyvät lyhyelle ajalle, huipussaan ne ovat taimien saavutettua noin kuuden vuoden iän. Crooke (1951:135): tuhot tavallisimpia 5—6 jalan eli 4—10 v. vanhoissa taimissa. Miller & Neiswander (1955): *Pinus resinosa* -istutuksissa ei tuhoista tavallisesti ole vaaraa taimistojen saavutettua 7—9 v:n iän. Schindler (1958): tuhot esiintyvät Saksassa etupäässä 4—12 v:n ikäisissä taimistoissa. Muista *Evetria*-lajeista mainittakoon, että Grahamin & Baumhoferin (1930) mukaan amerikkalaisen lajin *Rhyacionia frustrana bushnelli* Busck tuhot ovat suurimmat latvaversoissa puiden ollessa 40—49″, sivuversoissa puiden ollessa 60—100″ korkuisia, ja Crooke (1951:137) mainitsee, että *E. turionanan* tuhot saavuttavat huippunsa taimien saavutettua 3—4′ korkeuden, kun taas *E. resinellan* aiheuttamat vioitukset eivät niin selvästi rajoitu tiettyyn vyöhykkeeseen, kuitenkin niitäkin esiintyy pääasiassa 2—7′ mittaisissa männyissä. Pintakasvillisuudesta johtuvat tuhot ovat voimakkaimpia tietenkin taimistojen ensimmäisillä ikävuosilla ja samaa voidaan sanoa myöskin *Hylobius*-tuhoista. Viimeksi mainittuja tosin esiintyy arvattavasti vielä taimistoiänkin jälkeen, mutta jakautuvat ne tällöin jo niin suuren kasvainmäärän osalle, ettei niillä voine olla käytännöllistä merkitystä. Myöskin männyn versoruosteen aiheuttamat vioitukset ovat Böhnerin (1952:474) mukaan merkittävimmät nuorissa taimistoissa, ja on vaara vältetty taimien ohitettua 6—10 v:n iän.

Kuten havaitaan rajoittuvat tärkeimmiksi todetut muotovikojen aiheuttajat esiintymisessään männyn taimistoissa melko suppealle ajalle ja päättyvät niiden aiheuttamat tuhot pääasiassa taimistojen saavutettua n. 10—12 v:n iän tai jo aikaisemminkin. Näin ollen voitaneen käsillä olevaa tutkimusta varten kootun aineiston perusteella saatua käsitystä muotovikojen syntymisen pääasiallisesta ajankohdasta pitää oleellisesti oikeana. Ainoana varteen otettavana vielä myöhemminkin esiintyvänä tuhonaiheuttajana tuleekin kysymykseen oikeastaan hirvi, jonka tuhot päättyvät vasta taimiston saavutettua 2.5—3 m:n korkeuden (vrt. esim. Kangas 1949:64). Se seikka, että muotoviat syntyvät männyn kylvötaimistoissa kokonaisuutena katsoen

hieman myöhemmin kuin istutustaimistoissa voi johtua niiden hieman hitaammasta kehityksestä, sillä esim. mäntykääriäisten tuhojen esiintyminen riippunee enemmänkin taimien koosta kuin suorastaan niiden iästä.

Kuusen istutustaimistoissa oli muotovikojen esiintyminen kuten kuvasta 3 havaitaan oleellisesti toisenlaista kuin männyn taimistoissa. Ensiksikin ne jakautuivat huomattavasti tasaisemmin eri ikäkausien osalle ja toiseksi, vaikka taimien 6. ikävuoden kohdalla olikin lievä huippu, suurimmat arvot esiintyivät vasta 12. ja 18. ikävuoden välillä. Pahimmista muotovikojen aiheuttajista keskittyivät pintakasvillisuuden aiheuttamat tuhot ensimmäisiin istutusta seuranneisiin vuosiin, hallan vioituksia esiintyi melkein kaiken ikäisissä, varsin runsaasti myös vanhimmissa tarkastetuissa taimistoissa, kun sen sijaan hakkuun samoin kuin »versosienten» aiheuttamat viat sisältyvät pääasiassa vanhempiin taimistoihin. Kaksi kaikkein pahimmin muotovikaisesta kuusen taimistosta otettua koealaa on tästä esityksestä valitettavasti täytynyt jättää pois, koska taimet olivat niin pahoin pensastuneita, että eri vuosien kasvainten määrittäminen, varsinkin kun puita ei voitu kaataa, osoittautui suorastaan mahdottomaksi. Näin ollen oli muotovikaisten kasvainten määrä todellisuudessa jonkin verran suurempi kuin mitä kuvassa 3 on esitetty, ja olisi mainittujen taimien mukaan ottaminen kohottanut viallisten kasvainten osuutta varsinkin vanhemmissa ikäluokissa.

Elävien taimien yleinen kunto

Kuten tutkimuksen aineistoa ja sen keräystapaa selostettaessa (s. 9) mainittiin, arvioitiin koealoilla myös jokaisen istutustaimen ja kylvöryhmien valtataimien yleiskunto käyttämällä asteikkoa 1—3. Ensimmäinen luokka käsitti kunnoltaan parhaat ja kolmas kaikkein kehnokuntoisimmat, mutta kuitenkin vielä elossa olevat taimet. Näihin eri kuntoluokkiin jakautuivat tarkastetut taimet seuraavasti (mukaan on otettu vain sellaiset istutustaimistot, joiden perustamisesta oli tarkastushetkellä kulunut vähintäänkin kaksi kasvukautta ja vähintäänkin kolmen kasvukauden ikäiset kylvötaimistot):

Kuntoluokka	Kuusi istutus %	Mänty istutus %	Mänty kylvö %
1	78	74	81
2	14	18	14
3	8	8	5

Ensimmäisen luokan taimia oli siis runsaimmin männyn kylvötaimistoissa, kuusen taimistoissa vain hieman vähemmän. Männyn istutustaimistoissa niiden määrä oli sen sijaan selvästi pienempi. Joka tapauksessa oli

taimien jakautuminen eri kuntoluokkiin kaikissa ryhmissä varsin samansuuntainen, ja voitaneen niin kuusen kuin männynkin taimien keskimääräistä kuntoa pitää varsin tyydyttävänä. Kunnoltaan huonoimmissakin — männyn istutustaimistoissa — oli ensimmäiseen luokkaan kuuluvien taimien määrä $^3/_4$ kaikista elävistä taimista ja toipumiskyvyttömiä tai pahasti epämuodostuneita taimia vain 8 %. Vertailun vuoksi mainittakoon, että K a n k a a n (1937:120—121, taulukon 2 mukaan) tutkimissa kuivien kankaiden männyn taimistoissa todettiin koealojen elävistä taimista olleen terveitä vain 32 %, lievemmin viallisia 27 % ja pahemmin vioittuneita 41 %.

Taimien kuntoon vaikuttaneista tekijöistä on edellä (ss. 14—40) jo tehty selkoa, ja myöskin on esitetty yhdistelmänä eri tuhonaiheuttajien keskimääräinen yleisyys. Vaikkakin mainittu yhdistelmä koskee niin eläviä kuin löydettyjä kuolleitakin taimia, ei tässä yhteydessä kuitenkaan liene tarpeellista esittää vastaavaa yhdistelmää yksinomaan elävien taimien osalta, sillä kun kuolleita taimia löydettiin niukasti, eroavat eri tuhonaiheuttajien merkitystä osoittavat sadannekset sivulla 39 esitetystä varsin vähän.

Erilaisten uudistustapojen ja lukuisten ympäristötekijäin yms. vaikutusta taimien kuntoon ei kootun materiaalin perusteella valitettavasti voida selvitellä, koska koeala-aineisto tällöin jakautuisi laajuudeltaan riittämättömiin ryhmiin. Ainoastaan kulotuksen merkitystä voitaneen hieman lähemmin tarkastella. Kun kulotuksen yhteydessä oli useimmiten käytetty männyn kylvöä, jakautuukin tässä esiteltävä aineisto männyn kylvötaimistojen osalta jokseenkin tasapuolisesti kulotettujen ja kulottamattomien uudistusalojen kesken. Männyn istutustaimistoista otettuja koealoja on sen sijaan kulottamattomilta mailta noin viisi kertaa niin paljon kuin kulotetuilta. Kulotetuille aloille suoritetuista kuusen istutuksista on vain muutama koeala, joten ne täytyy tässä yhteydessä jättää pois. Tarkastetut männyn taimet jakautuivat eri kuntoluokkiin seuraavasti:

Kuntoluokka	Istutus		Kylvö	
	Kulotettu	Kulottamatta	Kulotettu	Kulottamatta
	%	%	%	%
1	72	74	84	77
2	20	18	13	15
3	8	8	3	8

Männyn kylvötaimistoissa oli taimien kunto kulotetuilla uudistusaloilla siis parempi kuin kulottamattomilla. Istutustaimistoissa ei ole sanottavaa eroa (varsinkin kun otetaan huomioon aineiston epätasainen jakautuminen), mutta missään tapauksessa ei kulotettujen taimistojen taimien kunto ollut parempi kuin kulottamattomien, pikemminkin päinvastoin.

Mainittakoon, että 0-ruutusadannes oli kulotetuissa männyn istutustaimistoissa 56, kulottamattomissa 35 ja kylvötaimistoissa vastaavasti 21 ja

31 (vrt. Eklund & Huss 1946:30). Eroavuudet ovat siis samansuuntaiset kuin elävien taimien yleisessä kunnossakin todetut, mutta kuitenkin etenkin istutustaimistojen kohdalla erittäin paljon suuremmat.

Mistä sitten johtuu, että istutustaimistoissa on taimihäviö suurempi ja jopa elävien taimien kuntokin ainakin taimistojen ensimmäisten kehitysvaiheiden aikana (aineisto käsittää vain melko nuoria männyn istutuksia) jossain määrin huonompi kulotetuilla kuin kulottamattomilla uudistusaloilla, mutta kylvötaimistoissa asianlaita on aivan selvästi päinvastoin? Jos lasketaan eri tuhonaiheuttajien esiintymissadannes männyn kylvötaimistoissa eri tavoin käsitellyillä uudistusaloilla, todetaan, että yleensä kaikkia tärkeimpiä tekijöitä tavattiin runsaammin kulottamattomilla aloilla, poikkeuksina ovat vain männyn versoruoste ja männyn kariste, joiden saastuttamia taimia oli kulotetuilla aloilla 3—4 kertaa niin paljon kuin kulottamattomilla. Karistettakin tavattiin etupäässä jo niin varttuneissa taimistoissa (vrt. s. 26), että on epäiltävää onko kulotus edes välillisestikään syynä sen runsaampaan esiintymiseen. Erikoisesti mainittakoon, että tukkikärsäkkäiden vioituksia todettiin kulotetuilla aloilla keskimäärin 6 %:ssa tarkastettuja taimia, kulottamattomilla 10 %:ssa. Männyn istutustaimistoissa oli asianlaita yleensä samoin. Kuitenkin männyn versoruostetta ja männyn karistettakin todettiin enemmän kulottamattomilla kuin kulotetuilla uudistusaloilla, ja vain tukkikärsäkkäiden vioitukset muodostavat poikkeuksen. Niitä havaittiin näet kulottamattomilla aloilla keskimäärin 13 %:ssa eläviä taimia, mutta kulotetuilla peräti 31 %:ssa.

Edellä olevasta samoin kuin jo aikaisemminkin esitetystä (ss.19, 31) ilmenee, että niistä bioottisista tekijöistä, joiden esiintymistä kulotus voi edistää, ovat tärkeimmät männyn versoruoste ja varsinkin tukkikärsäkkäät. Ilmeistä onkin, että juuri tukkikärsäkkäät ovat suurelta osalta syynä sekä erittäin suureen taimihäviöön että elävien taimien — joista ei juuri muita vioituksia tavattu — kunnon alenemiseen kulotetuille uudistusaloille istutetuissa männyn taimistoissa. Se seikka, että *Hylobius*-tuhoja tavattiin vähemmän kulotetuissa kylvötaimistoissa kuin kulottamattomissa, johtuu nähdäkseni etupäässä siitä, ettei tarkastetuille kulotetuille aloille yleensä oltu jätetty siemenpuita, kulottamattomissa kylvötaimistoissa ne taas olivat jokseenkin yleisiä.

Taimien kuntoa alentavien tekijäin esiintymisestä ei tietenkään aina ole seurauksena mitään pysyviä muutoksia — esim. muotovikoja — vaan hyvinkin usein vain kunnon tilapäinen, ohimenevä heikkeneminen. Tällainenkin voi kuitenkin taimien kehityksen kannalta muodostua paljon merkittävämmäksi kuin pelkän vioituksen välittömät seuraukset sinänsä. Kunnon tilapäinen heikkeneminen saattaa mm. johtaa pituuskasvun pienenemiseen ja näin nimenomaan männyn taimistoissa välillisesti myös muotovikojen määrän lisääntymiseen, koska taimet joutuvat kauemmin olemaan muotovikojen

aiheuttajien esiintymiseen nähden edullisessa kehitysvaiheessa. Merkittävintä on kuitenkin, että useat sinänsä ehkä melko vaarattomat tekijät saattavat esiintyä samanaikaisesti tai toisiaan seuraten ja muodostaa ns. tuhokomplekseja, jotka voivat aiheuttaa taimistojen pitkäaikaista kitumista ja tuhoutumistakin. Erikoisen yleisiä tällaiset kitumis- ja autioitumisprosessit ovat kuivien kankaiden laajoissa männyn taimistoissa, ja esittää K a n g a s (1937:224—225) tutkimustensa lopputuloksena niiden kehittymisestä seuraavaa: » — — — taimiston häviämisen aiheuttavat tavallisesti hyönteistuhot, usein on mukana myös männyn kariste. Taimisto heikentyy ensin pääasiassa neulastuhojen (tavallisimmin neulassarviaisen ym. tai joskus männyn karisteen) ja pihkakääriäistuhojen johdosta. Myös silmu- ja versotuhoilla on usein mainittava merkitys. Sitten alkavat pikikärsäkkäät lisääntyä lukuisammin ja saavat aikaan taimien lopullisen sortumisen toukkatuhoillaan, samalla kun niiden aikuistuhot lisäävät alkuun päässyttä taimihäviötä (tuhojen leviämistä).»

Missä määrin sitten tällaisesta taimistojen kehityksen kannalta erittäin haitallisesta kitumisprosessista on merkkejä käsillä olevan tutkimuksen aineistosta havaittavissa? K a n k a a n (op. c.: 126—127, 131, taulukot 5 ja 7) tarkastamilla eteläsuomalaisilla koealoilla oli yleisimpien tuhonaiheuttajien vioittamia taimia seuraavat määrät: *Evetria resinella* 53.6 %, *Pissodes* 35.2 %, *Luperus* 32.7 %, *Evetria* spp. 31.9 %, *Blastophagus* 17.2 %, *Hylobius* 12.2 %, *Brachyderes*, *Strophosomus* 11.7 % sekä *Lophodermium* 8.5 %. Jos näitä lukuja verrataan kokoamastani aineistosta sivulla 39 esitettyyn yhdistelmään, todetaan että ne ovat mäntykääriäisten osalta jopa yli 10-kertaiset ja myöskin männyn karisteen osalta jonkin verran suuremmat kuin käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa. Kaikkein merkittävintä on kuitenkin, että K a n g a s mainitsee sangen runsaina esiintyneen useita sellaisia tuhonaiheuttajia *(Pissodes, Luperus, Blastophagus, Brachyderes, Strophosomus)*, joiden jokaisen vioituksia esiintyy käsillä olevan tutkimuksen aineistossa alle 0.5 %:ssa taimiluvusta. Sen sijaan todettiin K a n k a a n tutkimissa taimistoissa (Etelä-Suomessa) lumikaristetta ja männyn versoruostetta vain hyvin vähän, 0.1 ja 0.6 %, mitkä määrät ovat s. 39 olevassa taulukossa esitettyjä lukuja huomattavasti pienemmät. (On oletettavissa, että tähän ovat mm. syynä po. tutkimusten aineistojen kokoamisajankohtien, 1930- ja 1950-lukujen väliset ilmastolliset eroavuudet). Tukkikärsäkkäiden merkitys on samoin käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimistoissa ainakin suhteellisesti suurempi kuin K a n k a a n tutkimissa taimistoissa.

Suurimmalla osalla männyn taimistojen kitumisprosessiin oleellisesti kuuluvista tuhonaiheuttajista ei siis tutkituissa taimistoissa ollut mitään käytännöllistä merkitystä, ja yleensäkin rajoittui todettujen tekijäin esiintyminen varsin vähäiseksi K a n k a a n esittämiin lukuihin verrattuna. Jo

näilläkin perusteilla voitaneen päätellä, että edellä kuvattu männyn taimistojen kitumis- ja autioitumisprosessi on maamme eteläosien varsinkin yksityismetsissä tavallisesti kysymykseen tuleville suhteellisen pienikokoisille uudistusaloille perustetuille niin istutus- kuin kylvötaimistoillekin yleensä vieras (vrt. K a n g a s op. c.:223). Tosin on huomattava, että suurin osa aineistoon sisältyvistä koealoista on varsin nuorista taimistoista, ja kuten K a n k a a n (op. c.:226) tutkimuksesta käy ilmi, tällainen kitumisprosessi alkaa keskimäärin vasta taimiston saavutettua 8—12 v:n iän. Sellaisista taimistoista, joissa taimien todellinen ikä oli vähintäänkin 8 v., tarkastettuja koealoja on kuitenkin lähes 40 % aineistosta, joten voitaneen olettaa, että kitumisprosessin alkaminen ja ensimmäisten vaiheiden merkit näkyisivät jo edellä esitetystä tutkimusmateriaalistakin.

Vaikkakin siis merkittävät tuhot tavallisesti olivat vain yhden tai vain muutaman toistensa esiintymisestä yleensä jokseenkin riippumattoman tekijän aiheuttamia, sisältyy aineistoon kuitenkin eräitä taimistoja, joiden yhteydessä voidaan puhua edellä kuvattuun kitumisprosessiin verrattavasta ilmiöstä. Näistä voitaneen mainita muutamia esimerkkejä. Eräässä Pohjois-Karjalassa tarkastetussa männyn kylvötaimistossa, jossa taimet tarkastushetkellä olivat 13-vuotiaita, todettiin ensiksikin 0-ruutuja olleen peräti 63 % ja lisäksi elävistäkin kylvöryhmien valtataimista oli kehnokuntoisia, kolmanteen luokkaan kuuluvia 40 %. Taimissa todettiin seuraavia tuhonaiheuttajia: *Evetria* spp. (30 %), *Hylobius* (90 %), *Pissodes* (aikuisten vioituksia, 30 %) sekä vähäisemmässä määrässä *Evetria resinella*, *Brachyderes* ja kirvoja. Kasvupaikka oli kuiva puolukkatyypin kangas. Toisessa niinikään Pohjois-Karjalasta tarkastetussa männyn istutustaimistossa (taimien ikä 9 v.) oli elävistä taimista muotovikaisia 92 %, ja eri tuhonaiheuttajia esiintyi seuraavasti: *Melampsora* 89 %, *Coleosporium* 78 %, *Hylobius* 44 %, *Evetria* spp. 22 %, muutamissa taimissa lisäksi *Cronartium*, *E. resinella* sekä kirvoja. *Evetria*-tuhoja oli esiintynyt merkittävämmin vasta parina viimeisenä kesänä ja tuntui ilmeiseltä, että niiden määrä oli lisääntymässä. Kasvupaikka oli kuiva, kivinen kangas. Kolmannessa, tasaisella kuivalla VT-kankaalla sijaitsevassa männyn istutustaimistossa (Uudeltamaalta), jossa taimien ikä oli tarkastushetkellä 6 v., olivat taimet pahasti epämuodostuneita. Muotovikaisia taimia todettiin olleen kokonaismäärästä: monilatvaisia 17 %, rankaa vaihtaneita 40 % ja mutkaisia 23 %. Pääasialliset tuhonaiheuttajat olivat *Hylobius* (32 %) sekä *Evetria buoliana* (31 %), lisäksi todettiin mm. *Brachydereksen* ja kirvojen aiheuttamia vioituksia.

Kaikissa näissä tapauksissa oli siis kysymys kuivalle, usein vielä kiviselle kankaalle perustetusta taimistosta, ja todettiin taimien kuntoa alentavina tekijöinä juuri niitä lajeja, joiden esiintyminen K a n k a a n (1937) mukaan oleellisesti kuuluu tällaisten kitumisprosessien kuvaan ja joista eräillä *(Pissodes, Brachyderes)* ei käsillä olevaa tutkimusta varten tarkastetuissa taimis-

toissa yleensä ollut mitään käytännöllistä merkitystä. Kuivilla kankailla saattaa viljelytaimistojen menestyminen olla siis keskimääräistä huomattavasti heikompaa, vaikkei kysymys olisikaan laajoista yhtenäisistä uudistusaloista.

Tulosten tarkastelu

Ennen kuin ryhdytään esittelemään käsillä olevan tutkimuksen tulosten mahdollista huomioon ottamista käytännöllisessä metsänviljelytoiminnassa taimistotuhojen vähentämiseksi, lienee syytä tarkastella näitä tuloksia eräiltä puolilta kiinnittäen huomiota varsinkin tutkimusaineiston laatuun ja sen kokoamistapaan.

Kuten tunnettua uudistetaan nimenomaan mäntyä keinollisesti sangen usealla tavalla: kulotetuille ja kulottamattomille maille, kylvämällä ja istuttamalla, käyttämällä eri ikäisiä, koulimattomia tai eri vaiheissa koulittuja taimia, jotka lisäksi saattavat istutushetkellä olla sangen monesta tekijästä johtuen kunnoltaan varsin erilaisia, käyttämällä erilaisia istutus- tai kylvömenetelmiä ja eri suuria taimi- tai siemenmääriä hehtaaria kohden, suorittamalla uudistamistoimenpiteet eri aikoina hakkuun jälkeen jne. Lisäksi voivat maaperän laatu, uudistusalan sijainti, siemenpuiden käyttö, viljelmän perustamisaikoina vallinneet ja sitä seuranneet sääsuhteet, taimiston hyväksi myöhemmin suoritetut toimenpiteet yms. olla eri viljelmien osalta toisistaan melkoisesti poikkeavia. On näin ollen selvää, että sellaisista taimistoista, jotka eivät nimenomaan ole perustettu tiettyjen kysymysten tutkimista varten, koottu aineisto on varsin epäyhtenäinen, ja pyrittäessä esim. selvittämään vain yhden muuttuvan tekijän vaikutusta jonkin tuhonaiheuttajan esiintymiseen, keskenään verrattavat ryhmät näiden tekijäin lukuisuudesta johtuen jäävät hyvin usein laajuudeltaan epätyydyttäviksi, vaikkapa aineisto kokonaisuudessaan olisi runsaskin.

Monista tällaisista taimiston kuntoon mahdollisesti vaikuttaneista tekijöistä ei lisäksi tutkimusta suoritettaessa ollut ollenkaan saatavissa niin tarkkoja tietoja, että niitä olisi voitu mainittavammassa määrässä käyttää hyväksi. Tällaisia mitä suurimmassa määrässä tuntemattomia tekijöitä ovat ennen kaikkea viljelmän perustamiseen, taimien ja siementen laatuun, niiden käsittelyyn, työn teknilliseen suoritukseen jne. liittyvät seikat, joilla todennäköisesti voi taimiston kuntoon olla jopa kauankin aikaa tuntuva vaikutus. Kaikkein nuorimmista taimistoista oli tosin jotakin selvitettävissä vielä tutkimusta suoritettaessakin, mutta vähänkin varttuneemmissa se yleensä oli mahdotonta. Näin ollen saattoikin kahdessa samanikäisessä, saatavissa olevien tietojen mukaan keskenään vertailukelpoisessa taimistossa kehityksen lähtökohta itse asiassa kuitenkin olla oleellisesti erilainen. On myös ole-

tettavissa, että taimien käsittelyssä, istutustavoissa jne. tapahtuu vuosien mittaan, metsänviljelytoiminnan jatkuvasti laajentuessa, tietynsuuntaista kehitystä, josta syystä ei suinkaan voida aina olla varmoja esim. siitä, johtuuko eri ikäisissä taimistoissa mahdollisesti havaittava kunnon keskimääräinen erilaisuus todellakin taimistojen iästä vai muista tekijöistä (vrt. Karlberg 1955: 19).

Edelleen on mainittava, että useat po. moninaisista tekijöistä liittyvät käytännössä tavallisimmin juuri tietyllä tavalla toisiinsa ja siten helposti peittäen toistensa vaikutuksen vaikeuttavat vertailujen tekoa. Kaikkein selvimmin tämä ilmennee ympäristötekijäin keskimääräisessä erilaisuudessa kuusen taimistojen sekä männyn istutus- ja kylvötaimistojen välillä. Myöskään ei eri tuhonaiheuttajien esiintyminen ole aina samanlaista, vaan on tiettyjä vuosia, jolloin mm. ilmastollisista tekijöistä johtuen nimenomaan kariste- ja ruostesienten aiheuttamat vioitukset saattavat olla erittäin yleisiä, ja samoin voidaan puhua suoranaisista »myyrävuosista». Kun kenttätöitä ei kaikkina kesinä voitu suorittaa eri tahoilla Etelä-Suomea vaan oli ajan säästämiseksi tavallisesti keskityttävä suppeampiin alueisiin, joilla metsänviljelyn rakenne varsinkin kuusen ja männyn istutuksen osalta saattoi olla toisistaan suurestikin poikkeava, ei kuusen istutusta, männyn istutusta ja kylvöä koskeva aineisto suinkaan jakaudu tasaisesti kaikille vuosille, eikä näin ollen ole perusteetonta otaksua, etteivätkö tuhonaiheuttajien esiintymisessä todetut eroavuudet voisi osaksi johtua tuhonaiheuttajien esiintymisrunsauden vaihteluista.

Onkin aivan ilmeistä, etteivät eri tuhojen yleisyydessä todetut eroavuudet (kts. taulukko 1, s. 39) suinkaan kokonaan johdu uudistustavasta (kylvö — istutus) eivätpä aina edes puulajistakaan, vaan ehkä tuhonaiheuttajien runsaudenvaihteluista ja huomattavalta osalta varsinkin ympäristötekijöistä. Tunnettuahan on mm., että niillä alueilla, joilta suurin osa kuusikoealoista on otettu, kuusta istutetaan pääasiassa leppää tai koivua kasvaville entisille kaskimaille, mutta sen sijaan kylvetään ja istutetaan mäntyä yleensä sellaisille uudistusaloille, joilla on tuoreita havupuiden kantoja jopa runsaastikin. Juuri tämä seikka on luonnollisestikin pääasiallisena syynä siihen, että *Hylobius*-tuhot olivat kootun aineiston mukaan vähäisempiä kuusen kuin männyn taimistoissa. Myöskin pintakasvillisuus on paremmilla »kuusimailla» yleensä keskimäärin rehevämpää kuin karummilla »mäntymailla». Kun lisäksi otetaan huomioon, että milloin männyllä uudistettaessa heinittymisen vaara on uhkaamassa, käytetään tavallisesti mieluummin istutusta kuin kylvöä, on luonnollista,että — kuten ao. kohdassa jo mainittiinkin — pintakasvillisuuden aiheuttamia vioituksia todettiin runsaimmin kuusen istutuksissa, vähemmän männyn istutuksissa ja kaikkein niukimmin männyn kylvötaimistoissa. Keskenään verrattavissa oloissa olisi tulos mahdollisesti ollut päinvastainen. Samasta syystä johtuen tavattiin karjan vioituksia mainitta-

vammassa määrässä vain kuusen istutustaimistoissa. Männyn istutus- ja kylvötaimistojen välillä todettiin suurehkoja eroavuuksia paitsi edellä mainittujen tekijäin myös ruoste- ja karistesienien kohdalla. Männyn karisteen, lumikaristeen, männyn versoruosteen ja männyn neulasruosteen keskimääräisten esiintymissadannesten summa on istutustaimistoissa 10.0, kylvötaimistoissa sen sijaan 16.5. Kokonaisuudessaan oli siis mainittujen sienitautien esiintyminen selvästi runsaampaa kylvötaimistoissa. Eroavuuteen voi osittain vaikuttaa edellä selostettu vuosittainen runsaudenvaihtelu, mutta on oletettavissa, että näiden tekijäin osalta erot kuitenkin johtuvat huomattavalta osalta itse uudistamistavasta. Tiheissä kylvöryhmissä näet nimenomaan karistesienien kehittyminen ja leviäminen voi tapahtua edullisemmissa olosuhteissa kuin yksittäisissä istutustaimissa.

Se mitä edellä esitettiin muiden tekijäin kuin puulajin ja viljelytavan vaikutuksesta tuhonaiheuttajien esiintymisrunsauteen, koskee tietenkin välillisesti mitä suurimmassa määrässä myös elävien taimien yleistä kuntoa. Yleisesti ottaen käsillä olevan tutkimuksen tulokset kuvaavatkin eri tuhonaiheuttajien esiintymistä, taimien kuntoa jne. vain sellaisissa keskimääräisissä olosuhteissa, joissa kuusen istutusta, männyn istutusta ja kylvöä kutakin on Etelä-Suomessa noin 10—15 viimeksi kuluneen vuoden aikana yleensä suoritettu, eivätkä tulokset siis ole varauksetta toisiinsa verrattavissa, vaikka ne mainitun kolmen uudistamismuodon osalta edellä olleessa onkin käytännöllisistä syistä tavallisimmin esitetty rinnakkain.

Mitä tulee löydetyistä taimista todettujen tuhojen aiheuttajien määrittämiseen yleensä, muodostuu se monesti inventoivaa menetelmää käytettäessä jokseenkin vaikeaksi ja varsinkin useampien samanlaatuisia vioituksia aiheuttavien tuhonaiheuttajien osalta epävarmaksikin. Tällaista tutkimustapaa käytettäessähän ei tuhon kehittymistä taimistoissa voida seurata, vaan on määrittäminen suoritettava yhden tarkastuskerran perusteella. Useimmiten joudutaan näin ollen tekemisiin suhteellisen vanhojen vioitusten kanssa, ja monesti ei tuhon jälkikään enää ole nähtävissä vaan ainoastaan sen seuraus (mutka, ranganvaihto jne.). Tästä syystä ei useiden tuhojen aiheuttajia olekaan voitu lajilleen määrittää vaan on ollut tyydyttävä käsittelemään niitä kollektiivisina ryhminä (esim. mäntykääriäiset ja silmutuhot).

Joskin tuhojen määrittämisessä samoin kuin tuhonaiheuttajien esiintymisrunsauden ja muotovikojen syiden toteamisessa ilmenikin erinäisiä hankaluuksia, olivat vaikeudet kuitenkin suurimmat nimenomaan taimihäviön selvittelyyn liittyvissä kysymyksissä. Ensiksikään ei kuolleita taimia voitu löytää muuta kuin aivan vähäisessä määrässä, mikä todennäköisesti johtui suurimmalta osalta siitä, että pääosa taimihäviöstä tapahtuu taimistojen ensimmäisten ikävuosien aikana. Kun pienet kuolleet taimet lahoavat nopeasti, tuottaa niiden löytäminen vain yhden kerran suoritettavissa tarkastuksissa vaikeuksia jo varsin nuorissakin taimistoissa; varttuneemmissa se

on tietenkin täysin mahdotonta. Erikoisesti tämä koskee alle kahden vuoden ikäisinä tuhoutuneita taimia, joten nuorimpien kylvötaimistojen tutkimisella käsillä olevan työn puitteissa ei katsottukaan voitavan mitään saavuttaa. Tästä johtuu myös, että ne tekijät, joiden todettiin männyn kylvötaimistoissa taimihäviötä aiheuttavan, voivat olla ja todennäköisesti ovatkin toisarvoisia, pääasiallisina syinä 0-ruutujen syntymiseen ovat aivan muut tekijät.

Toiseksi oli löydettyjenkin tuhoutuneiden taimien joukossa 20—25 % sellaisia, joista ei voitu todeta mitään vakavampia vioituksia ja joiden tuhoutumisen syy jäi näin ollen määrittämättä. Kuten edellä taimihäviötä käsiteltäessä esitettiin, voi tällaisten taimien kuoleminen osittain johtua eräistä abioottisistakin tuhoista, mutta sen lisäksi on oletettavissa, että monilla nimenomaan taimiston perustamiseen liittyvillä tekijöillä on etenkin istutustaimistoissa varsin huomattava merkitys. Kysymys on siis osaksi tekijöistä, jotka eivät oikeastaan enää kuulu varsinaisten metsätuhotutkimusten piiriin. Kun tällaisia taimia tavattiin runsaimmin nuorimmista istutustaimistoista, on ilmeistä, että näillä »tuntemattomilla tuhonaiheuttajilla» on kokonaisuudessaan suurempikin osuus taimihäviön syntyyn kuin mitä edellä mainitut luvut osoittavat. Esimerkiksi männyn istutustaimistoissa voidaan sellaisia taimia, joiden tuhoutuminen mitä ilmeisimmin ei ole johtunut mistään sieni- tai hyönteistuhosta tahi muustakaan istutuksen jälkeen selvästi todettavissa olevasta syystä, olettaa olevan vähintäänkin kolmasosa kaikista kuolleista taimista.

Kolmanneksi on vielä mainittava, että tuhoutumisen syyn määrittäminen saattoi sellaisissakin tapauksissa, joissa kuolleista taimista voitiin todeta jonkin tietyn tekijän aiheuttamia voimakkaita ja selviä tuhon jälkiä, olla kaikesta huolimatta virheellinen. Taimien kuntohan oli voinut heikentyä joistakin muista syistä johtuen, ne olisivat mahdollisesti tuhoutuneetkin ilman todettavissa olleen tuhonaiheuttajan esiintymistä, tai oli tämä edeltä käynyt tekijä saattanut ainakin edistää muiden ilmaantumista ja vaikutusta, joten sitä joka tapauksessa on pidettävä taimien tuhoutumisen primaarisena syynä. Kuten aikaisemmin esitetystä on käynyt ilmi, tuotti erikoista vaikeutta varsinkin eräiden tuhosienten merkityksen määrittäminen, mutta sellaisissakin tapauksissa, joissa taimien lopullisen tuhoutumisen aiheuttajasta ei ollut pienintäkään epävarmuutta, on tällaisilla välillisesti vaikuttavilla tekijöillä saattanut olla merkitystä. Onpa mm. oletettu, että tukkikärsäkkäätkin mieluimmin vioittaisivat sellaisia taimia, joiden kunto on huonon istutuksen, karisteen, kuivuuden tms. takia heikompi kuin muiden (esim. M o r k 1950:46).

Kun taimihäviön syntyyn vaikuttavien syiden määrä on aivan ilmeisesti erittäin suuri, ja kun nämä lisäksi mitä moninaisimmin tavoin liittyvät toisiinsa, on vaikeata ajatella, että ylipäänsä ollenkaan voitaisiin saada selville kuinka suuri on eri tekijäin osuus taimihäviön syntymiseen viljelytaimis-

toissa esim. sellaisellakaan alueella kuin Etelä-Suomi. Epäilemättä kuitenkin usean tekijän merkityksestä voitaisiin saada tarkempaa selvyyttä suorittamalla laajahkoja kokeellisia tutkimuksia, joita järjestettäessä taimihäviöön vaikuttavien tekijäin määrä ja laatu olisi paremmin kontrolloitavissa ja joita suoritettaessa muiden kuin kulloinkin tutkittavana olevan tekijän vaikutus olisi ainakin jossain määrin eliminoitavissa. Inventoivaa tutkimusmenetelmää käyttäen nämä kysymykset eivät ole tyydyttävästi ratkaistavissa.

Edellä esitetyistä syistä ovat käsillä olevan tutkimuksen aineiston ja tulosten käyttömahdollisuudet siis monin tavoin rajoitetut. Tuloksista voitaneen kuitenkin saada kuva eri tuhonaiheuttajien esiintymisestä ja eräiden metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutuksesta tuhojen yleisyyteen nimenomaan noin 2—15 vuoden ikäisissä viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa ainakin siinä mielessä, että tiedetään mitkä näistä tuhonaiheuttajista esiintyvät niin yleisesti ja taimistojen kuntoon niin merkittävästi vaikuttaen, että niiden esiintymismahdollisuus on käytännöllisessä metsänviljelytoiminnassa pyrittävä ottamaan huomioon.

Taimistotuhojen ehkäiseminen metsänhoidollisin keinoin

Ryhdyttäessä suunnittelemaan jonkin metsikön tai useampien toisiinsa liittyvien metsiköiden samanaikaista uudistamista on eräänä ensimmäisistä toimenpiteistä uudistettavan alueen määrittäminen. Tämä riippuu tietenkin sangen useasta tekijästä, mutta voitaneen myös kysyä, onko uudistusalan suuruudella, yhtenäisten kylvö- tai istutustaimistojen alueellisella laajuudella jonkinlaista vaikutusta tuhojen esiintymiseen. Kuten käsillä olevan tutkimuksen aineistoa esiteltäessä (s. 8) mainittiin, oli tutkimuskohteiksi joutuneiden taimistojen keskimääräinen pinta-ala noin 1.5 ha. Kysymys oli siis yleensä jokseenkin pienistä uudistusaloista, ja kun vain aniharvoissa tapauksissa samanikäisten taimistojen suuruus ylitti 10 ha, olikin vaihtelu tässä suhteessa niin vähäistä, ettei kootun aineiston perusteella voida selvitellä uudistusalan laajuuden vaikutusta tuhojen esiintymiseen. Huomiota on kuitenkin kiinnitettävä kuivien, usein kivisten, varsinkin etelään päin viettävien, laihojen kankaiden uudistusaloihin, joilla monet tuhot esiintyvät keskimääräistä ankarampina ja voivat vaikuttaa taimistojen kehitykseen erittäin haitallisesti, jopa johtaa suoranaisiin metsittämisvaikeuksiinkin. Ilman mitään bioottisia tuhojakin saattavat taimistot tällaisilla kasvupaikoilla kitua epäsuotuisista ulkoisista olosuhteista, maalajin laadusta (Aaltonen 1941:8) yms. johtuen, ja näin ollen on oletettavissa, että täten alkunsa saanut taimien huonokuntoisuus on osaltaan syynä muidenkin tuhojen esiintymiseen. Mutta on myös ilmeistä, että varsinkin hyönteistuhojen alkuun pääsy tämänlaatuisissa taimistoissa ei johdu yksinomaan taimien kunnosta vaan myöskin hyönteisten esiintymiselle ja lisääntymiselle suotuisista ympäristö-, varsinkin lämpösuhteista. Kuvatunlaisilla kasvupaikoilla esiintyviä haittoja voitaneen siis lieventää käyttämällä mahdollisimman pieniä uudistusaloja. Suorittamalla uudistaminen luontaisesti, jos sellaiseen on mahdollisuutta, saavutettaneen myös parempia tuloksia (vrt. Laitakari 1938:221).

Niihin tuhonaiheuttajiin, jotka nimenomaan juuri kuivimpien kankaiden männyn uudistusaloilla saattavat esiintyä erikoisen tuhoisina, kuuluu mm. männyn versoruoste. Tämän sienen kemiallisessa torjunnassa ei toistaiseksi liene päästy ainakaan taloudellisesti kannattavaan ratkaisuun (Böhner 1952:474; Rennerfelt 1954:708), joten tuhojen torjumiseksi on edelleenkin turvauduttava haapojen ja niiden vesojen hävittämiseen. Paras tulos

saavutettaisiin tietenkin, jos tuhot voitaisiin jo ennakolta ehkäistä. Tässä mielessä olisi haapojen hävittäminen (kaulaamalla tai kemiallisesti käsitellen) siten, että vesojen syntyminen mahdollisimman suuressa määrässä estettäisiin, ainakin kaikkein karuimmilla männyn uudistusaloilla ja noin 50 m:n levyisellä vyöhykkeellä näihin rajoittuvien metsiköiden reunoissa erittäin suotava toimenpide.

Keinollisesti uudistettaville aloille jätettävästä siemen- ja verhopuustosta on metsätuhojen esiintymisen kannalta ensiksikin huomautettava, että siemenpuiden jättämisestä ja niiden poistamisesta melko pian uudistushakkuun jälkeen on tavallisimmin seurauksena tukkikärsäkkäiden tuhojen pitkittyminen tai voimistuminen, mikä etenkin männyn istutustaimistoissa voi aivan oleellisesti vaikuttaa kulttuuritoimenpiteiden epäonnistumiseen. Näin ollen ei siemenpuiden jättämistä ole pidettävä suotavana, ellei niitä katsota voitavan poistaa vasta sitten kun taimet ovat saavuttaneet 6—7 vuoden iän, jolloin kärsäkkäiden vioituksista ei enää ole vakavia seurauksia. Verhopuuston käyttö tulee kysymykseen lähinnä kuusen taimistoissa. Kun otetaan huomioon, että hallan aiheuttamat vioitukset olivat jokseenkin yleisiä ja kun ne mahdollisesti lisäksi edistävät eräiden vaarallisten sienitautien esiintymistä, on istutuksen suorittamista verhopuuston alle hallan aroilla paikoilla ehdottomasti suositeltava. Kuitenkaan ei ole unohdettava, että myöskin päällyspuuston poistosta todettiin aiheutuneen vakaviakin vaurioita sellaisissa tapauksissa, joissa tämä toimenpide oli suoritettu vasta sitten kun taimet olivat jo 15—20 vuoden ikäisiä. Etenkin koivikoissa onkin hakkuusta johtuvien vioitusten vähentämiseksi ehdottomasti huolehdittava siitä,että verhopuusto tulee poistetuksi tarpeeksi ajoissa. Myöskin on syytä kiinnittää huomiota hakkuutähteisiin, sillä ellei niitä taimien päältä poisteta, voivat ne aiheuttaa varsin haitallisiakin muotovikoja.

Myöskin pintakasvillisuuden liiallista rehevöitymistä voidaan ehkäistä verhopuuston avulla. Taimien kehityksen kannalta päästäneen ehkä kuitenkin parempiin tuloksiin (sellaisilla uudistusaloilla, joilla hallanvaara on vähäinen) suorittamalla uudistaminen ilman verhopuustoa, käyttämällä voimakkaita taimia ja tehokkaasti auttamalla taimia niiden ensimmäisinä ikävuosina. Tätä varten olisikin voimakkaasti heinittyvillä istutusaloilla taimien paikat merkittävä sopivin kepein joko istutusta suoritettaessa tai kohta sen jälkeen.

Sellaisilla uudistusaloilla, joilla edeltänyt puusto on hyvin huomattavalta osalta ollut lehtipuuvaltainen, ei uudistamistoimenpiteiden, ts. kylvön tai istutuksen suorittamisen ajankohdalla ole tiettävästi vaikutusta taimistotuhojen esiintymiseen (heinittymistä tietenkään lukuun ottamatta). Kuusta ja mäntyä kasvaneilla uudistusaloilla on asianlaita kuitenkin toinen. Tukkikärsäkkäiden vioitusten todettiin näet olleen hyvin yleisiä sellaisissa taimistoissa, jotka oli perustettu istuttamalla heti

hakkuuta seuranneena keväänä, ja vielä toisenakin hakkuun jälkeisenä keväänä istutetuissa taimistoissa oli tuhoilla varteen otettava merkitys. *Hylobius*-tuhot voitaisiin siis välttää suorittamalla istutus kolmantena tai mieluimmin vasta neljäntenä keväänä hakkuusta lukien, jolloin kuitenkin eräiltä sangen merkittäviltä osilta menetettäisiin ne edut, joiden saavuttamiseen istutuksen suorittamisella juuri pyritään. Tällainen menettely ei suinkaan olekaan suositeltavaa, koska *Hylobius*-tuhoja voidaan sangen huomattavasti vähentää käyttämällä istutukseen DDT:llä käsiteltyjä taimia. Keski-Euroopassa (Schindler 1954 a) ja Pohjoismaissakin (Bakke 1957) suoritettujen kokeiden mukaan taimien kastaminen DDT:hen ennen istuttamista suojaa taimia sangen merkittävällä tavalla *Hylobius*-tuhoja vastaan ei ainoastaan istutusta seuraavan kasvukauden vaan jopa seuraavankin kevään aikana. Kun kuitenkin käsitellyissäkin taimissa voi joskus tuhoja ilmetä (vrt. esim. Schindler 1953 b; Häggström 1958:177), ja kun sellaiset eivät ole aivan odottamattomia kolmantenakaan hakkuun jälkeisenä keväänä istutetuissa taimistoissa, suositellaan käsillä olevan tutkimuksen tulosten perusteella istutuksen suorittamista yleensä toisena hakkuuta seuranneena keväänä DDT:llä käsitellyillä taimilla. Tämä koskee nykyoloissa nimenomaan männyn taimistoja, mutta samat näkökohdat on otettava huomioon myös istutettaessa kuusta sellaisille uudistusaloille, joilla on runsaahkosti tuoreita havupuiden kantoja. Vahvasti heinittyvillä niin männyn kuin kuusenkin istutusaloilla, joilla *Hylobius*-tuhojen uhka nopeasti pienenee, päästään epäilemättä parempaan tulokseen toimittamalla istutus heti hakkuuta seuraavan kasvukauden aikana (tällöinkin DDT:llä suojatuilla taimilla). Vaikkakin *Hylobius*-tuhot olivat männyn kylvötaimistoissakin jokseenkin yleisiä, ei niillä kuitenkaan ollut lähimainkaan samanlaista merkitystä kuin istutustaimistoissa ja lisäksi niiden todettiin tai oletettiin johtuvan etupäässä siemenpuiden poistosta tai uudistusalaan rajoittuvissa metsiköissä suoritetuista hakkuista. Kylvön suorittamisen ajankohtaakin valittaessa ollaan siis vähemmän riippuvaisia kärsäkästuhojen esiintymismahdollisuudesta. Suotavinta kuitenkin on, ettei kylvöäkään toimiteta heti hakkuuta seuranneen kasvukauden aikana.

Kulotuksella todettiin olleen vaikutusta tarkastettujen taimistojen kuntoon sikäli, että kulotetuille uudistusaloille istutetuissa männyn taimistoissa oli taimihäviö paljon suurempi ja elävienkin taimien kunto jonkin verran kehnompi kuin kulottamattomissa taimistoissa, mutta kylvötaimistoissa oli asianlaita selvästi päinvastoin. Ainoana selvästi todettavana syynä tämänlaatuiseen eroavuuteen olivat *Hylobius*-tuhot. Mikäli kulotuksen yhteydessä halutaan siis istutusta käyttää, on edellä näiden tuhojen torjumiseksi esitetyt toimenpiteet erikoisesti syytä ottaa huomioon. *Hylobius*-tuhojen lisäksi todettiin kulotetuilla uudistusaloilla vain männyn versoruosteen ja männyn karisteen (kylvötaimistoissa) esiintymisen olleen run-

saampaa kuin kulottamattomilla aloilla. Männyn karistekin esiintyi jo niin varttuneissa taimistoissa, että kulotuksella tuskin oli siihen edes välillistäkään vaikutusta. Kaikilla muilla tärkeimmillä tuhonaiheuttajilla oli kulotetuilla aloilla vähäisempi merkitys kuin kulottamattomilla. Tähän voi osittain olla syynä se, että kulotus tuhoaa uudistusalalta puiden maanpäällisissä osissa olevat infektion lähteet ja hyönteiskannat. Pääasiallisin syy tämä tuskin kuitenkaan on, varsinkin kun otetaan huomioon, että kulotetutkin uudistusalat olivat laajuudeltaan suhteellisen pieniä. Sen sijaan on oletettavissa, että kulotuksen mm. taimien pituuskehityksessä näkyvä positiivinen vaikutus (vrt. esim. Dekatov 1950; Tiré n 1953:67, 1958:48; Kolehmainen 1955) huomattavalta osalta ehkäisee monien tuhojen alkuun pääsyn, koska taimisto verraten nopeasti sivuuttaa — silloin kun *Hylobius*- ja *Melampsora*-tuhojen esiintymisen edellytykset puuttuvat —taimistotuhojen kannalta kriitillisen kehitysvaiheen.

Onko taimistotuhojen välttämiseksi etusijalle sitten asetettava männyn kylvö vai istutus? Edellä on jo erikoisesti korostettu sitä, etteivät näitä uudistamistapoja koskevat aineistot ole kokonaisuudessaan toisiinsa verrattavissa, ja kun keskenään vertailukelpoiset ryhmät muodostuvat laajuudeltaan riittämättömiksi, ei tämä kysymys olekaan käsillä olevan tutkimuksen puitteissa selvitettävissä. Eräiltä puolilta voitaneen sitä kuitenkin tässä yhteydessä esitellä.

Vaikkakin se, mitä aineiston vertailukelpoisuudesta edellä sanottiin, otettaisiin huomioon, tuntuu ero männyn istutus- ja kylvötaimistojen kunnon välillä epäilemättä kuitenkin varsin suurelta. Tämä koskee nimenomaan keskimääräistä taimihäviötä. Kulottamattomilla uudistusaloilla ei »0-ruutujen» määrässä sitä vastoin ollut suurtakaan eroa (kts. s. 52), joten tutkimuksen tuloksena saatu suuri taimihäviösadannes istutustaimistoissa johtuu aivan ratkaisevasti kulotetuille uudistusaloille suoritettujen istutusten kehnosta kunnosta. Missä määrin kulotetuille maille suoritettujen istutus- ja kylvötaimistojen kunnossa olisi eroavuutta havaittavissa silloin kun edellä esitetyt yksinkertaiset kärsäkästuhojen torjumiseen tähtäävät toimenpiteet olisi suoritettu, on — kun käsillä olevan tutkimuksen aineistoon sisältyvissä taimistoissa tällaisia toimenpiteitä ei yleensä lainkaan oltu otettu huomioon — vain kokeellisten tutkimusten perusteella ratkaistavissa.

Maannousemasienen hyvin pahoin saastuttamia kuusikoita uudistettaessa joudutaan uudistaminen hyvin usein suorittamaan keinollisesti, koska samalla on suoritettava puulajin vaihto. Silloin kun tämänlaatuisissa tapauksissa on kysymys jokseenkin karuista kasvupaikoista, niin kuin varsin usein onkin asianlaita, ei juuri ole paljoakaan valinnan varaa, vaan on uudistaminen suoritettava männyllä. Olisiko tällöin sitten käytettävä mieluimmin kylvöä vai istutusta? Nykyisin oltaneen jo jokseenkin yksimielisiä siitä, että männyn taimien saastuminen tapahtuu täysin terveidenkin juurien kautta

(vrt. esim. Day 1948; Rishbeth 1951:118; Molin 1958:9; Yde-Andersen 1959:96), joten uudistamistavalla tuskin on tässä suhteessa mitään merkitystä. Muissakaan suhteissa voitaneen uudistamistavan vaikutuksesta tuhojen esiintymiseen nimenomaan sellaisissa tapauksissa, joissa sientä uudistusalan kannoissa ja juurissa on jo runsaasti olemassa, tuskin sanoa mitään varmaa.

Eräänä erikoistapauksena — kun emme ota lukuun vahvasti heinittyviä maita, joilla istutus luonnollisestikin on asetettava kylvön edelle — on vielä tässäkin yhteydessä mainittava auringon paisteelle avoimet, nimenomaan etelään viettävät uudistusalat, joilla pintakasvillisuus on sen luontoista, ettei se pysty taimia paljoakaan suojaamaan. Tällaisilla paikoilla todettiin taimistoissa varsinkin männyn versoruosteen, tukki- ja joskus pikikärsäkkäidenkin sekä mäntykääriäisten vioituksia. Näistä tuhonaiheuttajista männyn versoruosteen ja pikikärsäkkäiden tuhojen torjumiseksi uudistamistavalla tuskin on ratkaisevaa merkitystä vaan on siihen käytettävä muunlaatuisia toimenpiteitä. Tukkikärsäkkäiden tuhoja voidaan huomattavasti vähentää yksinkertaisin toimenpitein käytettiinpä istutusta tai kylvöä, mutta miten on mäntykääriäisten aiheuttamien vioitusten laita?

Ainakin männynversokääriäisen kemiallista torjuntaa pidettäneen Keski-Euroopassa täysin tyydyttävästi ratkaistuna (Schindler 1958; Schwerdtfeger & Jäger 1958), mutta meikäläisissä oloissa sellaisen käyttö tuskin tulee kysymykseen ennen kuin eri *Evetria*-lajien merkitys samoin kuin niiden bionomiakin on nykyistä tarkemmin selvitetty. Uudistamistavalla on Fischerin (1941:239) ja Wagenknechtin (1941) tutkimusten mukaan vaikutusta siten, että tuhoja on esiintynyt enemmän kylvö- kuin istutustaimistoissa. Wagenknecht mainitsee kuitenkin, että hänen tutkimansa kylvötaimistot olisivat olleet männyn karisteen esiintymisen takia aukkoisia ja kehnokuntoisia. Juuri taimiston aukkoisuuden ja harvuuden tuhoja lisäävästä vaikutuksesta oltaneenkin yksimielisiä, ja tästä syystä kehoitetaan uhanalaisilla paikoilla käyttämään istutettaessa jopa 15 000 tainta hehtaarille (Butovitsch 1936:530).

Käsillä olevaa tutkimusta varten kootun aineiston mukaan (kts. ss. 23, 25) oli *Evetria*-tuhoilla kylvötaimistoissa kuitenkin vain hieman suurempi merkitys kuin istutustaimistoissa, vaikkakin ympäristöolosuhteet niiden esiintymiselle olivat ensiksi mainituissa keskimäärin varmaan huomattavastikin suotuisammat. Näin ollen voitaneenkin meikäläisissä oloissa kylvöä pitää kuvatunlaisilla kasvupaikoilla suositeltavampana uudistustapana, varsinkin kun mäntykääriäistuhojen esiintymisestä ei ole sellaista varmuutta, että mainitunsuuruisten taimimäärien käyttö kustannusten kohoamisen takia tulisi kysymykseen. Kylvöryhmissähän taimet jo melko pian alkavat varjostaa toisiaan, ja lisäksi on kussakin kohteessa reservitaimia mahdollisten tuhojenkin varalta. Kun otetaan huomioon, että muotovikoja syntyy melko

pitkän ajan kuluessa taimiston perustamisesta lukien (kuva 3, s. 49) olisi, jotta kylvöstä saataisiin vastaava hyöty, harventamisen suorittaminen jätettävä niin myöhäiseen ajankohtaan kuin se muut syyt huomioon ottaen on mahdollista. Valtataimien kasvullehan ei taimiryhmistä ole todettu olevan haittaa, ellei kilpailu ole kovin ankaraa (S i r é n 1956). Istutuksen käytön puolesta tuntuisi tämänlaatuisissa tapauksissa puhuvan se seikka, että istutustaimistot pystyvät yleensä nopeammin sivuuttamaan mäntykääriäisten tuhoille kaikkein alttiimman kehitysvaiheen. Tällä voitaneen kuitenkin katsoa olevan vain vähän merkitystä, sillä jos olosuhteet muuten ovat tuhojen esiintymiselle suotuisat ja tuhot pääsevät alkuun, on tästä seurauksena myös taimien pituuskasvun vakava häiriytyminen.

Lopuksi korostettakoon vielä viljelytaimistojen kehityksen seuraamisen välttämättömyyttä. Erikoisen tärkeätä on tällainen tarkkailu heti ensimmäisinä taimiston perustamista seuraavina vuosina, koskapa huomattava osa taimihäviöstä tapahtuu juuri tällöin. Jos taimihäviö tuhojen ehkäisyyn tähtäävistä toimenpiteistä huolimatta muodostuu niin suureksi, että taimisto näyttää muodostuvan aukkoiseksi ja epätyydyttäväksi, on t a i m i s t o n t ä y d e n t ä m i s e s t ä ehdottomasti huolehdittava jo siitäkin syystä, että aukkoiset ja harvat taimistot ovat omiaan useidenkin tuhonaiheuttajien esiintymismahdollisuuksia edistämään.

Lyhennelmä

Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on otantaan perustuen kootun, inventoivaa menetelmää käyttäen tarkastetun aineiston nojalla pyrkiä selvittämään eri metsätuhojen keskimääräistä esiintymisrunsautta ja merkitystä sekä eräiden metsänhoidollisten toimenpiteiden vaikutusta näiden tuhojen esiintymiseen männyn ja kuusen viljelytaimistoissa Etelä-Suomessa.

Kuusen kylvö- samoin kuin männyn hajakylvötaimistot sekä soitten ja kalliometsien metsänviljelyt on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle. Näissä puitteissa ei myöskään kaikkein nuorimpien männyn kylvötaimistojen tuhoja ole katsottu voitavan käsitellä. Pääosa aineistosta on koottu taimistoista, joissa taimien ikä oli vähintään 2 ja enintään 12—15 vuotta.

Yhteensä tarkastettiin 340 yhden aarin suuruista koealaa, joiden jakautuminen paikkakunnittain käy ilmi asetelmasta s. 11 ja kuvasta 1, s. 9. Kullakin koealalla tarkastettiin kaikki istutustaimet, kylvötaimistoissa vain ryhmien valtataimet sekä määritettiin näissä todettavissa olleet tuhot ja niiden voimakkuus. Elävien taimien yleinen kunto arvioitiin kolmea kuntoluokkaa käyttäen. Muotoviat (mutkat, ranganvaihdot, monilatvaisuus) ja niiden aiheuttajat otettiin myös huomioon ja kaikkien kuolleiden taimien (myös kylvöryhmien sivutaimien) tuhoutumisen syy pyrittiin määrittämään.

Tärkeimpien tuhonaiheuttajien esiintymistä ja merkitystä koskevat tulokset on esitetty ss. 14—40. Yleiskuvan niistä saa s. 39 olevasta taulukosta. Yleisimmät tuhonaiheuttajat olivat kuusen taimistoissa pintakasvillisuus, halla ja tukkikärsäkkäät, männyn istutustaimistoissa tukkikärsäkkäät, pihkakääriäinen ja pintakasvillisuus sekä männyn kylvötaimistoissa tukkikärsäkkäät, männyn versoruoste ja männyn kariste.

Pahimpina tuhonaiheuttajina on tutkimuksen piiriin kuuluneissa taimistoissa kokonaisuudessaan pidettävä tukkikärsäkkäitä ja pintakasvillisuutta. Tukkikärsäkkäiden tuhot olivat merkittävimpiä sellaisissa männyn istutustaimistoissa, joissa istutus oli suoritettu heti hakkuuta seuranneena keväänä ja joissa pintakasvillisuus oli niukkaa. Kulotuksen todettiin tuhojen vaaraa huomattavasti lisäävän. Samoin lisää siemenpuiden jättäminen ja niiden poistaminen melko pian uudistushakkuun jälkeen *Hylobius*-tuhoja etenkin istutustaimistoissa.

Taimihäviön keskimääräinen suuruus oli kuusen istutustaimistoissa 23 %, männyn istutustaimistoissa 39 % ja männyn kylvötaimistoissa 26 %, vii-

meksi mainitun luvun tarkoittaessa täysin tyhjiä eli ns. 0-ruutuja. Taimihäviö on suurin aivan ensimmäisinä vuosina, ja keskimääräisesti voitaneen perustamisesta lukien noin viiden kasvukauden ikäisiä taimistoja pitää tässä suhteessa jo vakiintuneina.

Taimihäviön aiheuttajista ei saatu tyydyttävää selvyyttä, koska kuolleita taimia löydettiin kokonaisuudessaan varsin vähän, eikä huomattavasta osasta löydettyjäkään voitu todeta mitään selvää tuhoutumiseen johtanutta syytä. Pahimmat todetut taimihäviötä aiheuttaneet tekijät olivat kuusen taimistoissa pintakasvillisuus, männyn istutustaimistoissa tukkikärsäkkäät ja männyn kylvötaimistoissa karistesienet.

Muotovikoja todettiin noin joka kolmannessa männyn ja noin joka viidennessä kuusen taimessa. Tärkeimmät muotovikojen aiheuttajat on esitetty taulukossa 2, s. 47. Muotovikojen pääasiallisen syntymisen todettiin männyn taimistoissa sattuvan ikäkaudelle, joka alkaa taimien ollessa 4—5 v. vanhoja ja päättyy niiden saavutettua 10—11 v:n iän. Kuusen taimistoissa todettiin muotovikoja syntyneen suhteellisesti runsaimmin vasta taimien 12.—18. ikävuodella.

Parhaimpaan kuntoluokkaan kuuluneita taimia (=terveitä tai vain lievästi viallisia) oli kuusen istutustaimistoissa 78 %, männyn istutustaimistoissa 74 % ja männyn kylvötaimistoissa 81 % tarkastetuista elävistä taimista. Kulotuksella oli erilainen vaikutus taimien kuntoon männyn istutuskuin kylvötaimistoissa (asetelma s. 52), mihin suurena syynä oli epäilemättä *Hylobius*-tuhojen erilainen merkitys.

Kokonaisuudessaan pidettiin elävien taimien keskimääräistä kuntoa jokseenkin tyydyttävänä. Huomattavimman poikkeuksen muodostivat kuivien, usein kivisten, auringon paisteelle avoimien uudistusalojen taimistot, joissa voitiin todeta jopa laajojen kuivien kankaiden taimistojen kitumisprosessiin verrattavaa kehitystä.

Tuloksia tarkasteltaessa, ss. 57—61, kiinnitetään huomiota etupäässä tutkimusaineiston laatuun ja sen kokoamistapaan liittyviin heikkouksiin. Erikoisesti todetaan tuhonaiheuttajien esiintymistä säätelevien tekijäin runsauden ja sen, ettei monesta tekijästä ollut tarpeellisia tietoja ollenkaan saatavissa, vaikuttavan haitallisesti inventoivaa menetelmää käyttäen suoritetun tutkimuksen tuloksiin. Ympäristötekijäin erilaisuudesta johtuen eivät esim. männyn kylvö- ja istutustaimistoista saadut tulokset ole sinänsä keskenään vertailukelpoisia. Tarkemman selvyyden saamisen taimihäviötä aiheuttavista tekijöistä todetaan edellyttävän laajahkoja kokeellisia tutkimuksia.

Lopuksi, ss. 62—67, tehdään tutkimuksessa selkoa taimistotuhojen esiintymismahdollisuuksien vähentämisestä metsänhoidollisin keinoin.

Kirjallisuusluettelo

Aaltonen, V. T., 1919 — Kangasmetsien luonnollisesta uudistumisesta Suomen Lapissa. Metsätiet. koel. julk. 1: 1—319.

—»— 1941 — Maalajin luokituksesta. Metsätiet. tutkimusl. julk. 29, 6: 1—40.

Arimo, A. S., 1939 — Paloalojen metsittämisestä. Silva Fennica 52: 273—277.

Bakke, A., 1957— Forsøk med DDT mot gransnutebillen. Norsk Skogbruk 3: 601—602.

—»— 1958 — Furuskuddvikleren, Evetria buoliana Schiff. og Evetria pinicolana Dbld. (Lep., Tortricidae). Norsk Ent. Tidsskrift 10: 195—201.

Bergan, J., 1957 — Såtidsforsøk med furufrø i Troms og Finnmark i vegetasjonsperioden. Medd. norske Skogsforsøksvesen Nr. 49: 67—100.

Berger, 1949 — Auswirkungen der Trockenperioden in den Jahren 1947/1949 auf Insekten- und sonstige Tier- und Pilzschäden. Allg. Forstzeitschrift 4: 388.

Björkman, E., 1948 — Studier över snöskyttesvampens (Phacidium infestans Karst.) biologi samt metoder för snöskyttets bekämpande. Medd. Stat. Skogsforskningsinst. 37, 2: 1—128.

Blomqvist, A. G., 1883 — Finlands trädslag i forstligt hänseende beskrifna. I Tallen. II Granen. Finska Forstför. Medd. 3, 1: 1—196; 3, 2: 1—179.

Borg, L. E. T., 1936 — Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913—1930. Silva Fennica 38: 1—124.

Brammanis, L., 1956 — Neue Brutstätten des grossen braunen Rüsselkäfers, Hylobius abietis L. Forstw. Centralblatt 75: 105—108.

Brooks, C. C., 1936 — The biology and forest relations of the pine shoot moth. Forestry Commission Bulletin 16, 1: 1—26.

Butovitsch, V., 1936 — Studier över tallskottvecklaren, Evetria buoliana Schiff. Del. I. Medd. Stat. Skogsförsöksanst. 29: 471—533.

Böhner, P., 1952 — Der Kieferndrehpilz — eine ernste Gefahr für Kiefernkulturen. Allg. Forstzeitschrift 7: 471—475.

Børset, O., 1956 — Rotskudd hos osp. Tidsskr. for Skogbruk 64: 219—240.

Cajander, E. K., 1933 — Tutkimuksia Etelä-Suomen viljelyskuusikoiden kehityksestä. Metsätiet. tutkimusl. julk. 19, 3: 1—89.

Crooke, M., 1951 — A Contribution to the Knowledge of the Genus Evetria Hbn. (Lepidoptera, Tortricoidea). Forestry 24: 127—146.

Day, W. R., 1948 — The Penetration of Conifer Roots by Fomes annosus. Quarterly Journ. of Forestry 42: 99—101.

Dekatov, N. E., 1950 — [Selection of spots for »nest» sowings or plantings in the taiga zone]. Lesn. Hoz. 1950, n:o 4: 50—53. (Ref. Forestry Abstracts 13: 48.)

Eklund, B. & Huss, E., 1946 — Undersökningar över äldre skogskulturer i de nordligaste länen. Medd. Stat. skogsforskningsinst. 35, 6: 1—100.

Elfving, K. O., 1904 — Forstentomologiskt småplock enligt anteckningar och samlingar af J. E. Furuhjelm. Suomen Metsänhoitoyhd. Julk. 20: 34—67.

—»— 1905 — Sjukdomar och sjukdomsorsaker i skogskulturer. Ibid. 22: 82—134.

Enroth, G. Hj., 1917 — Lohkohakkauksesta Suomen sotilasvirkataloilla. Acta Forestalia Fennica 7: 145—171.

Erkamo, V., 1958 — Kesän 1955 kuivuudesta ja sen vaikutuksista kasveihin erityisesti Etelä-Suomessa. Suomal. Eläin- ja Kasvitiet. Seuran Vanamon Kasvitiet. Julk. 30, 2: 1—41.

Escherich, K., 1931 — Die Forstinsekten Mitteleuropas. III. Berlin.

—»— 1932 — Das Vorkommen forstschädlicher Insekten in Bayern. III Bericht: Das Jahr 1929. Forstw. Centralblatt 54: 299—309.

Fischer, K. R., 1941 — Der Kieferntriebwickler Evetria (Rhyacionia) buoliana Schiff. als forstlicher Grossschädling im bäuerlicher Waldbesitz Nordwestdeutschlands. Mitt. aus Forstwirtschaft u. Forstwissenschaft 12: 219—276.

Gauss, R. & Wellenstein, G., 1950 — Borkenkäfer in Fichtenkulturen. Forstarchiv 21: 23—25.

Graham, S. A. & Baumhofer, L. G., 1930 — Susceptibility of Young Pines to Tip-Moth Injury. Journ. of Forestry 28: 54—65.

»Greensleeves», 1958 — Spring Droughts and Planting. Quarterly Journ. of Forestry 52: 337.

Hedemann-Gade, E., 1945 — Undersökningar angående barrträdsplantering vid olika tidpunkter samt med skilda metoder och plantslag. Sv. Skogsvårdsför. tidskrift 43: 1—46.

Heikinheimo, O., 1915 — Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. Metsähallituksen julk. II.

—»— 1941 — Metsänistutusmenetelmistä. Metsätiet. tutkimusl. julk. 29, 4: 1—58.

Heikinheimo, Osmo, 1948 — [Physokermes piceae Fern. Perniöstä.] Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 14: 129.

Hertz, M., 1926 — Silmäys Siikakankaan metsänviljelyksiin. Metsätal. Aikakausk. 43: 197—204.

—»— 1932 — Tutkimuksia aluskasvillisuuden merkityksestä kuusen uudistumiselle Etelä-Suomen kangasmailla. Metsätiet. tutkimusl. julk. 17, 4: 1—189.

—»— 1934 — Tutkimuksia karjan vaikutuksesta hakkausalojen kasvillisuuteen. Acta Forestalia Fennica 40, 17: 1—23.

Hofsten, E. von, 1957 — [Torkskador i Stockholms län.] Skogen 44: 170—171.

Holmgren, A., 1958 — Svedjningens betydelse för tallplanteringens utveckling i ett exponerat höjdläge i Norrland. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskrift 1958: 52—70.

Holst, M. & Heimburger, C., 1955 — The Breeding of Hard Pine Types Resistant to the European Pine Shoot Moth (Rhyacionia buoliana Schiff.). Forestry Chronicle 31: 162—169.

Huuri, O., 1958 — Männyn syysistutuksen suurkokeilu yhteisvoimin. Metsälehti 1958, N:o 40: 5.

Häggström, B., 1958 — Resultat av några försöksplanteringar. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskrift 1958: 162—178.

Juutinen, P., 1953 — Pikkukäpylinnun (Loxia curvirostra L.) ravinnosta ja metsätaloudellisesta merkityksestä. Metsätiet. tutkimusl. julk. 41, 3: 1—39.

Järvinen, J., 1959 — Metsämyyrä tuhotöissä Alavuden Vehkaojalla (EP). Luonnon Tutkija 63: 18.

Jørgensen, E. & Petersen, B. Beier, 1951— Angreb af Fomes annosus (Fr.) Cke. og Hylesinus piniperda L. på Pinus silvestris i Djurslands plantager. Dansk Skovfor. Tidsskrift 36: 453—479.

Jørstad, I., 1928 — Nord-Norges skogsykdommer. Tidsskrift for Skogbruk 36: 365—456.

Kallio, T., 1961 — Missä on eniten maannousemaa? Metsätal. Aikakausl. 78: 145—147.

Kangas, E., 1931 a — Siikakankaan mäntytaimistojen tuhoista. Silva Fennica 17: 1—107.

—»— 1931 b — Karistetautivaaran merkityksestä metsänviljelysmenetelmää valittaessa. Metsätal. Aikakausk. 48: 97—99.

—»— 1935 — Myyrän ja jäniksen tuhoja Punkaharjulla. Ibid. 52: 231—238.

—»— 1937 — Tutkimuksia mäntytaimistotuhoista ja niiden merkityksestä. Metsätiet. tutkimusl. julk. 24, 1: 1—237.

—»— 1940 — Tuloksia Pohjankankaan ja Hämeenkankaan metsänviljelyksistä. Acta Forestalia Fennica 49, 1: 1—53.

—»— 1946 — Kuusikoiden kuivumisesta metsätuho- ja metsänhoidollisena kysymyksenä. Ibid. 52, 5: 1—166.

—»— 1949 — Hirven metsässä aikaan saamat tuhot ja niiden metsätaloudellinen merkitys. Suomen Riista 4: 62—87.

—»— 1952 — Maannousemasienen (Polyporus annosus Fr.) esiintymisestä, tartunnasta ja tuhoista Suomessa. Metsätiet. tutkimusl. julk. 40, 33: 1—32.

Karlberg, S., 1955 — Valet mellan sådd och plantering vid skogens föryngring genom kultur. Sv. Skogsvårdsför. tidskrift 53: 19—32.

Karu, A. P., 1953 — [Über die Zweckmässigkeit der Schälung von Nadelholzstubben]. Lesn. Hoz. 1953, n:o 10: 21—22. (Ref. L. Brammanis Zeitschr. ang. Ent. 40: 353.)

Kokkonen, P., (P. K.), 1921 — Hallan tuhoista kuusissa. Metsätal. Aikakausk. 38: 196—199.

Kolehmainen, V. A., 1955 — Havaintoja kulotuksen merkityksestä metsiemme uudistamisessa. Silva Fennica 85: 1—30.

Kujala, V., 1926 a — Untersuchungen über die Waldvegetation in Süd- und Mittelfinnland. I. Zur Kenntnis des ökologisch-biologischen Charakters der Waldpflanzenarten unter spezieller Berücksichtigung der Bildung von Pflanzenvereinen. B. Laubmoose. Metsätiet. koel. julk. 10, 2: 1—48.

—»— 1926 b — Untersuchungen über den Einfluss von Waldbränden auf die Waldvegetation in Nordfinnland. Ibid 10, 5: 1—37.

—»— 1935 — Hanki männyn taimien tuhoojana. Metsätal. Aikakausk. 52: 123.

—»— 1948 — Murrayn mäntyä uhkaavista tuhosienistä. Metsätal. Aikakausl. 65: 42—44.

—»— 1950 — Über die Kleinpilze der Koniferen in Finnland. Metsätiet. tutkimusl. julk. 38, 4: 1—121.

Lagerberg, T., 1912 — Studier öfver den norrländska tallens sjukdomar, särskildt med hänsyn till dess föryngring. Skogsvårdsför. tidskrift 10 (Fackafd.): 291—326.

Lahti, L., 1941 — Laiduntamisvahingot metsänistutusaloilla. Metsätal. Aikakausl. 58: 124—126.

Laitakari, E., 1938 — Metsän uudistamisesta laihoilla kangasmailla. Silva Fennica 46: 218—223.

Lampi, A., 1955 — Metsot ja kylvötaimikot. Metsälehti 1955, N:o 22: 5—6.

Lampimäki, T., 1939 — Nautakarjan laiduntamisesta metsämailla. Silva Fennica 50: 1—98.

Lehto, J., 1956 — Tutkimuksia männyn luontaisesta uudistumisesta Etelä-Suomen kangasmailla. Acta Forestalia Fennica 66, 2: 1—100.

Lekander, M., 1951 — Skogsinsekternas uppträdande i Sverige under tiden 1741—1945. Medd. Stat. skogsforskningsinst. 39, 5: 1—207.

Lindberg, H., 1941 — Evetria buoliana på Kökar. Notulae Ent. 21: 142.

Lindroth, H., & Lindgren, L., 1950 — Metson hakomisen metsänhoidollisesta merkityksestä. Suomen Riista 5: 60—78.

Linnaniemi, W. M., 1920 — Kertomus tuhoeläinten esiintymisestä Suomessa vuosina 1915 ja 1916. Maataloushall. tiedonant. N:o 131: 1—232.

Liljestrand, M., 1950 — Om topptorka på gran. Skogen 37: 101*.

Mattsson-Mårn, L., 1922 — Snötryckskador å ungtall. Medd. Stat. skogsförsöksanst. 19: 517—526.

Merker, E. & Sattler, G., 1952 — Biologische Beobachtungen am Fichtenbastkäfer, Hylastes cunicularius, sowie Notizen über den Dryocoetes autographus. Allg. Forst- u. Jagdzeitung 123: 135—143.

Metsätilasto 42, 43; 1955, 1956. Kertomus metsähallinnon toiminnasta vv. 1953—54. Suomen virallinen tilasto XVII.

Miller, W. E. & Neiswander, R. B., 1955 — Biology and control of the European Pine shoot moth. Res. Bull. Ohio agric. Exp. Sta. N:o 760. (Ref. Forestry Abstracts 16: 537.)

Molin, N., 1958—Om Fomes annosus spridningsbiologi. Medd. Stat. skogsforskningsinst. 47, 3: 1—33.

Mork, E., 1950 — Planteforsøk med gran (Picea abies) til forskjellige tider i vegetasjonsperioden. Medd. norske Skogforsøksvesen Nr. 38: 31—77.

—»— 1954 — Om sambandet mellom omplantningsavstand, planteutvikling, kulturresultater og kulturutgifter for 2/2 gran. Ibid. Nr. 44: 45—88.

—»— & Bjørgung, E., 1954 — Forsøk med forskjellige plantemetoder for 4-årig omskolet gran. Ibid. Nr. 43: 305—389.

Multamäki, S. E., 1916 — Metsälaiduntamisesta ja hakamaiden hoidosta. Suomen Metsänhoitoyhd. Julk., Erikoistutkim. 7: 1—92.

—»— 1942 — Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. Acta Forestalia Fennica 51, 1: 1—320.

Munro, J. W., 1928 — The Biology and Control of Hylobius abietis L. Forestry 2: 31—39, 3: 61—65.

Myllymäki, A., 1958 — Myyrät luonnon tasapainon horjuttajina. Suomen luonto 17: 66—76.

Nenonen, M. & Jukola, J., 1960 — Tukkimiehen täin (Hylobius abietis L.) tuhoista mäntytaimistoissa ja niiden torjunnasta DDT:n avulla. Silva Fennica 104, 2: 1—29.

Neugebauer, W., 1952 — Die Bekämpfung des Kieferntriebwicklers. Forstarchiv 23: 159—165.

Nordfors, G. A., 1924 — Röta och stamdeformation hos gran uppkomna efter barkskador, speciellt sådana orsakade av getgnag. Skogsvårdsför. tidskrift 22: 1—20.

Oksbjerg, E., 1956 — Sommervejret 1955 på en midtjydsk lokalitet, og tørkens virkning på parceller med tidligt- og sentudspringende rødgraner. Dansk Skovfor. Tidsskrift 41: 273—302.

Palm, T., 1953 — Anmärkningar till några svenska Pissodes-arter (Col., Curculionidae). Ent. Tidskrift 74: 121—123.

Peace, T. R., 1944 — The Occurrence of Melampsora pinitorqua on Scots Pine in South-Eastern England. Forestry 18: 47—48.

—»— 1958 — Recent Observations on the Rusts of Pine in Britain. Quarterly Journ. of Forestry 52: 196—200.

Pohjakallio, O. & Vaartaja, O., 1948 — Über Vorkommen und Sporenbildung von Coleosporium melampyri Kleb. auf verschiedenen Standorten und Wirtspflanzen. Acta Forestalia Fennica 55, 2: 1—13.

Rennerfelt, E., 1952 — Om angrepp av rotröta på tall. Medd. Stat. skogsforskningsinst. 41, 9: 1—39.

—»— 1954 — Biologische Untersuchungen über den Kieferndreher Melampsora pinitorqua (Braun) Rostr. Union Int. Inst. rech. forest. Actes du 11ième Congr. Rome 1953: 705—711.

Rishbeth, J., 1948 — Fomes annosus Fr. on pines in East Anglia. Forestry 22: 174—183.

—»— 1951 — Butt Rot by Fomes annosus Fr. in East Anglian Conifer Plantations and its Relation to Tree Killing. Ibid. 24: 114—120.

Robak, H., 1951 — Noen iakttakelser til belysning av forholdet mellom klimatiske skader og soppangrep på nåletraer. Medd. Vestl. Forstl. Forsøksstation Nr. 27: 1—40.

Roll-Hansen, F., 1947 — Nytt om lokkrusten (Pucciniastrum padi). Medd. norske Skogforsøksvesen Nr. 34: 503—510.

Rummukainen, U., 1952 — Über Triebschäden an jungen Fichten, verursacht durch die Gelbe Fichten-Grossgallenlaus, Sacciphantes (Chermes) abietis L. Cholodk. (Aphid., Chermesinae). Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 18: 195—197.

Saalas, U., 1933 — Viljelyskasvien tuho- ja hyötyhyönteiset sekä muut selkärangattomat eläimet. Porvoo—Helsinki.

—»— 1946 — Kerkkäkilpikirva, Physokermes piceae Fern. (Hem., Coccidae) — Suomessa esiintyvä laji. Suomen Hyönteistiet. Aikakausk. 12: 72—73.

—»— 1949 — Suomen metsähyönteiset. Porvoo—Helsinki.

Sarvas, R., 1937 — Havaintoja kasvillisuuden kehityksestä Pohjois-Suomen kuloaloilla. Silva Fennica 44: 1—64.

Schindler, U., 1953 a — Zum Massenauftreten der Erdmaus (Microtus agrestis L.) in Forstkulturen. Forst u. Holz 8: 62—64.

—»— 1953 b — Können niedrige Temperaturen den Erfolg der Schutzspritzung gegen den grossen braunen Rüsselkäfer (Hylobius abietis L.) beeinflussen? Ibid. 8: 124—127.

—»— 1954 a — Die Bekämpfung des grossen braunen Rüsselkäfers unter besonderer Berücksichtigung der Wirkungsdauer moderner Insektizide. Forst- u. Holzwirt 9: 253—256, 275—277.

—»— 1954 b — Mäuseschäden und Mäusebekämpfung in Niedersachsen während der Erdmausmassenvermehrung 1951—1953. Forstw. Centralblatt 73: 240—251.

—»— 1958 — Zur chemischen Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers. Allg. Forstzeitschrift 13: 25—27.

Schmutterer, H., 1956 — Zur Morphologie, Systematik und Bionomie der Physokermes-Arten an Fichte (Homopt. Cocc.). Zeitschr. ang. Ent. 39: 445—466.

Schwerdtfeger, F. & Jäger, A., 1958 — Versuche zum Flugzeugeinsatz im Forstschutz. I. Bekämpfung des Kiefernknospentriebwicklers Evetria buoliana Schiff. Forst- u. Holzwirt 13: 410—411.

Shirley, H. L., 1931 — Does Light Burning stimulate Aspen Suckers? Journ. of Forestry 29: 524—525.

Siivonen, L., 1956 — Suuri nisäkäskirja. Helsinki.

Sirén, G., 1952 — Havaintoja Peräpohjolan valtion mailla vuosina 1948—50 suoritetuista männyn kylvöistä. Silva Fennica 78: 1—36.

—»— 1956 — Männyn taimistojen käsittelystä. Metsätal. Aikakausl. 73: 5—11.

Sivén, A., 1881 — Försök till uppskattning af sommarbetets ekonomiska betydelse inom Finland. Finska Forstför. Medd. 2: 25—43.
Spessivtseff, P., 1934 — Zur Lebensweise des schwarzen Fichtenbastkäfers (Hylastes cunicularius Er.). Sv. Skogsvårdsför. tidskrift 32: 207—219.
Sylvén, Hj., 1920 — Orsaker till flertoppighet hos tallplantor. Skogen 7: 1—19.
—»— 1927 — Snytbaggarna. Sv. Skogvårdsför. tidskrift 25: 521—548.
Sylvén, N., 1917 — Om tallens knäckesjuka. Medd. Stat. skogsförsöksanst. 13—14, II: 1077—1140.
—»— 1918 —1917 års knäckesjuka i norra Västergötland. Ibid. 15: 192—204.
Teikmanis, A., 1956 — Om den naturliga föryngringen efter markberedningar i Norrland. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskrift 1956: 385—438.
Tirén, L., 1953 — Jämförelser mellan olika såddmetoder. Medd. Stat. skogsforskningsinst. 43, 9: 1—73.
—»— 1958 — Om försök med plantering av tall och gran i Norrland. Ibid. 47, 5: 1—93.
Trägårdh, I., 1915 — Bidrag till kännedomen om tallens och granens fiender bland småfjärilarna. Ibid. 12: 71—132.
Uggla, E., 1957 — Mark- och lufttemperaturer vid hyggesbränning. Norrl. Skogsvårdsförb. tidskrift 1957: 443—500.
Vaartaja, O., 1950 — Maannousemasieni männyn taimien tappajana. Metsätal. Aikakausl. 67: 361—362.
—»— 1951 — Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Acta Forestalia Fennica 59, 3: 1—115.
Wagenknecht, E., 1941 — Untersuchungen über die Schäden des Kiefern-Triebwicklers Evetria (Tortrix) buoliana auf Kiefernkulturen. Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 73: 37—41.
Wood, A. S., 1958—Spring Droughts and Planting. Quarterly Journ. of Forestry 52: 248—249.
Voûte, A. D. & Walenkamp, J. F. G. M., 1946 — De oorzaak van het optreden van gradaties van de dennenlotrups (Evetria buoliana Schff.) en de mogelijkheid deze te voorkomen. Nederl. Boschbouw-Tijdschrift 18: 84—88.
Yde-Andersen, A., 1959 — Kerneråd i rødgran. Dansk Skovfor. Tidsskrift 44: 81—110.
Yli-Vakkuri, P., 1956 — Männyn kylvötaimistojen hirvivahingoista Pohjanmaalla. Silva Fennica 88, 3: 1—12.
—»— 1957 — Tutkimuksia taimien pakkauksesta ja kuljetuksesta. Metsäntutkimusl. julk. 49, 1: 1—52.
—»— 1958 — Metsänviljelyn rakenne yksityismetsissä. Metsätal. Aikakausl. 75: 156—158.

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DAS AUFTRETEN VON WALDSCHÄDEN IN DEN KIEFERN- UND FICHTENKULTUREN SÜDFINNLANDS.

REFERAT

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, basierend auf einem repräsentativen (sampling) Material, das mit Hilfe der inventierenden Methode (in den Jahren 1954—55 und 1957—58) untersucht wurde, die mittlere Häufigkeit des Auftretens verschiedener Waldschäden und deren Bedeutung sowie die Wirkung waldbaulicher Massnahmen auf das Vorkommen dieser Schäden in den Kiefern- und Fichtenkulturen Südfinnlands zu klären.

Gesäte Fichtenkulturen und Breitsaat-Kiefernkulturen sowie die Kulturen auf Sumpf- oder Felsboden wurden nicht in die Untersuchung einbezogen. Auch glaubte man, dass in diesem Rahmen die Schäden in den allerjüngsten gesäten Kiefernkulturen nicht behandelt werden können. Der Hauptteil des Materials (von dem ca. 2/3 aus Privatwäldern stammt) wurde in Kulturen gesammelt, deren Pflanzen wenigstens 2 und höchstens 12—15 Jahre alt waren. Alles in allem wurden in gepflanzten Fichtenkulturen 102, in gepflanzten Kiefernkulturen 145 und in gesäten Kiefernkulturen 93, d.h. insgesamt 340 ein Ar grosse Probeflächen untersucht. Die Verteilung der Probeflächen auf die Ortschaften ist aus der Aufstellung S. 11 und Bild 1, S. 9, ersichtlich. Auf jeder Probefläche wurden in gepflanzten Kulturen alle Pflanzen, in gesäten Kulturen nur die herrschenden Pflanzen der Gruppen untersucht, und dabei wurden die bei der Pflanze feststellbaren Schäden und deren Ausmass bestimmt. Der Zustand der lebenden Pflanzen wurde nach drei Zustandsklassen abgeschätzt. Missbildungen (Verkrümmungen, Ersatzwipfel, Vielwipfligkeit) und deren Urheber wurden ebenfalls berücksichtigt, und man war bestrebt, bei allen toten Pflanzen (auch bei den Nebenpflanzen der gesäten Gruppen) die Ursachen für das Absterben zu definieren.

Die Ergebnisse betreffs des Auftretens und der Bedeutung der wichtigsten Schadensurheber sind auf den Seiten 14-40 dargestellt, einen Gesamtüberblick gibt die Tabelle am Ende des Kapitels (S. 39).

Zu den verschiedenen Insektenarten sei erwähnt, dass die Blatt-und Schildläuse, die *Cryptocephalus-*, *Luperus-*, *Strophosomus-* und *Brachyderes*-Arten, von denen einige, wie man festgestellt hat (K a n g a s 1937), auf den weiten trockenen Heidegebieten Südfinnlands besonders schädlich in Erscheinung getreten sind, in den untersuchten Kulturen im Durchschnitt keine praktische Bedeutung hatten. *Hylobius*-Schäden waren recht verbreitet. Von den gefundenen toten Pflanzen waren in den gepflanzten Fichtenkulturen 16.0 % durch *Hylobius* getötet, in gepflanzten Kiefernkulturen 33.7 % und in gesäten Kiefernkulturen 26.9 %; bei den lebenden, die unter *Hylobius*-Schäden gelitten hatten, sind die entsprechenden Zahlen 3.7 %, 15.4 % und 7.6 %. Obgleich die Schäden also auch in den gesäten Kulturen verbreitet waren, war deren praktische Bedeutung jedoch sehr viel kleiner als in den gepflanzten Kulturen. Man war der Ansicht, dass die Schäden in den gesäten Kulturen in erster Linie von den Hieben in den Nachbarbeständen oder von der Fällung der Samenbäume auf den Verjüngungsflächen herrühren. In den gepflanzten Kiefernkulturen waren die Schäden bei den

Kulturen am grössten, die gleich in dem auf den Hieb folgenden Frühjahr angelegt worden waren (im Durchschnitt 25.4 % beschädigte Pflanzen), beachtlich noch bei den im übernächsten Frühjahr gepflanzten (14.3 %), doch ohne praktische Bedeutung in den später angelegten Kulturen. Auf abgeschwendeten Böden hatten die gepflanzten Kulturen im Durchschnitt 31 % beschädigte Pflanzen, auf nicht abgeschwendeten nur 13 %. In den gepflanzten Kulturen, die am stärksten unter den Schäden gelitten hatten, d.h. in im nächsten oder übernächsten Frühjahr nach dem Hieb angelegten, waren auf abgeschwendeten Verjüngungsflächen ganze 49.7 % beschädigte Pflanzen, auf nicht abgeschwendeten 21.4 %. Das Schwenden erhöht also ganz offensichtlich die Anzahl der *Hylobius*-Schäden. Desgleichen wurde festgestellt, dass die Schäden auf solchen Verjüngungsflächen, deren Bodenvegetation spärlich ist, grösser sind als in stark vergrasten Kulturen.

Durch Imagines der *Pissodes*-Arten verursachte Schäden wurden durchschnittlich bei weniger als 0.5 % der untersuchten Kiefernpflanzen festgestellt, in Fichtenkulturen überhaupt nicht. An einigen toten 3jährigen Kiefernpflanzen fand man *Magdalis*-Larven, die jedoch wahrscheinlich sekundär aufgetreten sind. Von den Borkenkäfern hatten nur die *Hylastes*-Arten Schäden von praktischer Bedeutung verursacht. Auch diese waren in Kiefernkulturen selten, und auch in den Fichtenkulturen betrug die Anzahl der beschädigten Pflanzen im Durchschnitt nur 1 % aller untersuchten. Der letzterwähnte Umstand mag grösstenteils daher rühren, dass die Anpflanzung von Fichten in Südfinnland wenigstens bis auf weiteres vorwiegend auf Verjüngungsflächen erfolgt, die früher mit Laubbäumen bestanden waren.

Die durch *Acantholyda hieroglyphica* Chr. -Larven verursachten Schäden waren bei 3—6 Jahre alten Kiefernpflanzen einigermassen verbreitet, aber nie von grösserem Ausmass. Nur auf einer Probefläche hatten die Pflanzen etwas reichlicher unter den Schäden gelitten: 4,5 %. Von *Diprion*-Arten verursachte geringe Schäden wurden nur auf zwei Probeflächen beobachtet.

Als Seltenheit sei erwähnt, dass man in einer Fichtenkultur, die unter einem dichten Birkenwäldchen lag, auf einigen Pflanzen *Pandemis ribeana* Hb.-Larven fand (vergl. T r ä g å r d h 1915). Obgleich die Pflanzen auch einige Kleinpilze aufwiesen, scheint auf der Hand zu liegen, dass die beim Jungwuchs festgestellten Missbildungen wenigstens teilweise auch auf Beschädigungen durch die Wicklerlarven zurückgehen. Durch *Evetria resinella* L. beschädigte Pflanzen gab es in den gepflanzten Kulturen durchschnittlich 4.1 % und in gesäten Kiefernkulturen 4.2 % aller untersuchten lebenden Pflanzen; auch hier war der Schaden bei 50 % der Fälle recht klein. Andere *Evetria*-Arten wurden bei der Durchführung der Aussenarbeit als eine kollektive Gruppe behandelt, weil eine genauere Definition wegen der unbestimmten Spuren des Schadens und wegen der Veränderlichkeit des Schadensbildes für unsicher gehalten wurde. Meistens hatte man es nämlich mit schon ziemlich alten Beschädigungen zu tun. Frische Schäden, Larven oder Puppen wurden ausserordentlich selten angetroffen. Insgesamt waren ca. 2.5 % von den untersuchten lebendigen Kiefernpflanzen von anderen *Evetria*-Arten als der *Evetria resinella* beschädigt worden, auch von diesen waren reichlich ein Viertel nur leicht beschädigt. Ausserdem wurden örtlich auch reichlich (vorwiegend alte) Knospenschäden festgestellt, die nicht definiert werden konnten (siehe Tabelle 1, S.39), von denen aber ein Teil wahrscheinlich den *Evetria*-Arten zuzuschreiben ist. *Evetria*-Schäden von wirtschaftlicher Bedeutung wurden nur in Kulturen angetroffen, die auf trockenen, meist steinigen Heideböden angelegt worden waren.

Von den festgestellten schädlichen Pilzen waren die bedeutendsten *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev., *Phacidium infestans* Karst., an den Trieben verschiedener Fichtenpflanzen auftretende Kleinpilze, *Melampsora pinitorqua* (ABr.) sowie *Polyporus*

annosus Fr. Bei 5.4 % aller in gepflanzten Kiefernkulturen gefundenen toten Pflanzen und bei 13.0 % in gesäten Kulturen wurde Kiefernschütte als Todesursache festgestellt. Am reichlichsten traf man den Pilz in schon ziemlich herangewachsenen, d.h. in über 10 Jahre alten Kulturen. *Phacidium infestans* war besonders nach dem Winter 1957—58 ziemlich allgemein verbreitet und hatte an vielen Stellen bisweilen in grösserem Ausmass die kleineren, kümmernden Pflanzen dichter Saatgruppen getötet. Im ganzen gesehen erwies sich jedoch seine Bedeutung in Südfinnland als ziemlich gering. Bei durchschnittlich 2.5 % der kontrollierten Fichtenpflanzen wurden Schäden im Spross angetroffen, deren Folge ernste Beschädigung oder Vernichtung der Triebe war. Von den bei einigen Proben festgestellten Pilzen sind zu erwähnen: *Helotium* sp., *Phoma pini* (Desm.) Sacc., *Rhabdospora* sp., *Sclerophoma pityophila* (Corda) v. Höhn. und *Pucciniastrum padi* (Kunze et Schum.). In welchem Grade die genannten Pilze die eigentlichen Grundurheber für die Schadensbildung sind, konnte im Rahmen einer derartigen Untersuchung nicht geklärt werden. In den schlimmsten Fällen sind die Schäden ausseror dentlich nachteilig und führen sogar bei ganzen Verjüngungsflächen zur völligen Deformation der Pflanzen (siehe Bild 2, S. 29). *Melampsora pinitorqua* wurde ziemlich allgemein besonders in gesäten Kiefernkulturen angetroffen. Am schlimmsten waren die Schäden bei 4—7jährigen Pflanzen solcher Verjüngungsflächen, auf denen wenig Bodenvegetation, aber reichlich Espenschösslinge vorhanden waren. Durch Wurzelschwamm getötete Pflanzen fanden sich nur in Kiefernkulturen, in drei gesäten und drei gepflanzten Kulturen. In diesen Fällen war die Kultur — bis auf eine Ausnahme — nach einem geringwertigen Fichtenwald auf Preisselbeerboden angelegt worden. Die Pflanzen waren im allgemeinen im Alter von 7—9 Jahren abgestorben.

Mäuseschäden wurden besonders nach dem Mäusewinter 1957—58 stellenweise reichlich angetroffen, aber im Durchschnitt war deren Bedeutung dennoch gering. Um die Verbreitung der durch Elche verursachten Schäden zu bestimmen, reicht das gesammelte Untersuchungsmaterial nicht aus, weil das Augenmerk aus vielen anderen Gründen vorwiegend auf so junge Kulturen gerichtet war, dass darin gewöhnlich noch keine Elchschäden auftreten. Örtlich finden sich kleinere durch Vieh verursachte Beschädigungen in Fichtenkulturen. Stärkerer Weidegang war auf den Verjüngungsflächen recht selten. Durch Bodenvegetation — besonders durch die Arten *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Deschampsia* und *Calamagrostis* verursachte Schäden fielen besonders in gepflanzten Kulturen stark ins Gewicht. Von den lebenden Pflanzen wurden in gepflanzten Fichtenkulturen 6.0 %, in gepflanzten Kiefernkulturen 3.9 % und in gesäten Kiefernkulturen 2.0 % als beschädigt registriert. Bei allen gefundenen toten Pflanzen wurde die Bodenvegetation als Urheber entsprechend mit 29.6 %, 3.5 % und 0.5 % bestimmt. In den Fichtenkulturen war beinahe ein Drittel der Missbildungen durch die Bodenvegetation verursacht. Frostschäden waren in den Fichtenkulturen ziemlich gewöhnlich, doch im allgemeinen sehr leicht. Diese können aber auch eine bedeutende mittelbare Wirkung haben, weil sie möglicherweise das Auftreten von Pilzerkrankungen der Fichtentriebe fördern, die zum Kümmern der Pflanzen führen. Bei der Hauung beschattender Bäume waren durchschnittlich 3.4 % der Fichtenpflanzen beschädigt worden. Ziemlich oft hatte man versäumt, die Pflanzen von den Hiebsresten zu befreien, so dass an Pflanzen, die im übrigen bei der Hauungsarbeit vielleicht nur sehr wenig beschädigt worden waren, sogar schwere Verkrümmungen entstanden waren.

Auf den Seiten 41—56 wird der Zustand der Kulturen betrachtet, wobei die Verluste, Missbildungen und der allgemeine Zustand der lebenden Pflanzen gesondert behandelt werden.

Die Grösse der auf den Probeflächen festgestellten Verluste an Pflanzen war in gepflanzten Fichtenkulturen 23 %, in gepflanzten Kiefernkulturen 39 % und in gesäten

Kiefernkulturen 26 %. Die letztgenannte Zahl bezieht sich auf völlig leere Platten (0-Platten). Bei der Berechnung der Durchschnittswerte wurden nur die gepflanzten Kulturen im Alter von wenigstens 2 Wachstumsperioden und gesäte im Alter von 3 Wachstumsperioden berücksichtigt. Tote Pflanzen fand man auf den Probeflächen ziemlich wenig, obgleich man gerade auf deren Suche besonders viel Aufmerksamkeit verwendete. Das rührt offensichtlich daher, dass der Tod der Pflanzen grösstenteils in den allerersten Lebensjahren eintritt. Im Durchschnitt könnte man wohl Kulturen, die ungefähr fünf Wachstumsperioden seit ihrer Anlage erlebt haben, in dieser Beziehung als stabil ansehen. Die übelsten Urheber, die den Tod der Pflanzen verursachten, waren in den Fichtenkulturen eine üppige Bodenvegetation und *Hylobius* spp., in gepflanzten Kiefernkulturen *Hylobius* spp. und in gesäten Kiefernkulturen *Lophodermium pinastri*, *Phacidium infestans* und *Hylobius* spp. (Es besteht Veranlassung hervorzuheben, dass die letztgenannten keineswegs mit den Hauptursachen für 0-Platten gleichzusetzen sind, weil ein sehr bedeutender Teil davon in den allerfrühesten Entwicklungsphasen der gesäten Kulturen ensteht welche Entwicklungsphasen im Rahmen dieser Untersuchung zu behandeln überhaupt als undurchführbar betrachtet wurde.) Ausserdem fanden sich besonders in gepflanzten Kulturen verhältnismässig viele solche tote Pflanzen, deren Todesursache nicht definiert werden konnte. Zwar stellte man an diesen viele Kleinpilze fest, doch es erschien recht zweifelhaft, dass man diese als wirkliche Urheber für das Austrocknen hätte ansehen können. Es ist auch wahrscheinlich, dass viele Faktoren, deren Bedeutung bei der Untersuchung der Probeflächen nich mehr festzustellen war — besonders Qualität und Behandlung des Pflanzenmaterials — ausser den biotischen Faktoren einen beachtlichen Anteil an der Entstehung der Verluste haben.

Verschiedene Missbildungen wurden in Fichtenkulturen bei 20 %, in gepflanzten Kiefernkulturen bei 33 % und bei gesäten Kiefernkulturen bei 30 % der untersuchten Pflanzen festgestellt. Die Ursachen für die Missbildungen sind aus Tabelle 2 (S. 47) ersichtlich. Die Skizze auf Seite 49 zeigt, in welchem Alter der Pflanze die Formfehler auftraten. Die hauptsächliche Entstehung von Missbildungen fällt in Kiefernkulturen in ein Wachstumsalter, das beginnt, wenn die Pflanzen 4—5 Jahre alt sind, und endet, wenn sie ein Alter von 10—11 Jahren erreicht haben. In Fichtenkulturen verteilt sich die Entstehung der Formfehler bedeutend gleichmässiger auf die verschiedenen Abschnitte der Wachstumszeit, und die grössten Werte erscheinen erst zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr.

Von den lebenden Pflanzen waren gesund oder unbedeutend leicht beschädigt (1. Zustandsklasse) in Fichtenkulturen 78 %, in gepflanzten Kiefernkulturen 74 % und in gesäten Kiefernkulturen 81 %. In gesäten Kiefernkulturen war der Zustand der Pflanzen auf abgeschwendeten Verjüngungsflächen besser als auf nicht abgeschwendeten, bei gepflanzten Kiefernkulturen war kein nennenswerter Unterschied vorhanden. Dagegen war der Prozentsatz der 0-Platten in abgeschwendeten gepflanzten Kieferkulturen 56, in nicht abgeschwendeten 35, in gesäten Kulturen entsprechend 21 und 31. Der schlechtere Zustand der auf abgeschwendeten Böden angelegten gepflanzten Kulturen beruht vorwiegend auf stärkeren *Hylobius*-Schäden. (Im allgemeinen hatte man nämlich die Pflanzen nicht mit Schutzmitteln behandelt.) Am Ende des Kapitels werden verschiedene Kulturen beschrieben, in denen Kümmerungsprozesse gleicher Art festgestellt wurden, wie sie in den von K a n g a s (1937) untersuchten Kiefernkulturen der weiten trockenen Heideböden beobachtet wurden. Auch in diesen Fällen handelte es sich um Kulturen, die auf mageren, oft steinigen Kiefernböden angelegt worden waren.

Auf den Seiten 57—61 werden die Untersuchungsergebnisse von verschiedenen Seiten betrachtet. Dabei richtet sich das Augenmerk vor allem auf die Qualität des

Untersuchungsmaterials und dessen Art der Zusammenstellung. Die Schlussfolgerungen ergeben, dass wegen der grossen Zahl der auf den Zustand der Pflanzen und auf das Vorkommen von Schadensurhebern einflussnehmenden Faktoren mit Hilfe der inventierenden Methode nur ein gewisser Gesamtüberblick über Verbreitung und Bedeutung der Schäden in den Kulturen gewonnen werden kann. Viele Fragen — besonders die Gründe für das Absterben der Pflanzen — lassen sich nicht ohne grössere empirische Untersuchungen in befriedigender Weise klären.

Zum Abschluss (S. 62—67) prüft man in einer Art Zusammenfassung die Möglichkeiten, mit waldbaulichen Mitteln den Beschädigungen an Kulturen vorzubeugen.

KESÄAIKANA VALMISTETUN HAAPA-PAPERIPUUN KUIVUMISESTA JA LAHOAMISESTA

PENTTI HAKKILA

ON THE SEASONING AND DECAY OF ASPEN PULPWOOD PREPARED IN SUMMERTIME

SUMMARY

HELSINKI 1962

Helsinki 1962. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston työohjelmaan on viime vuosina kuulunut sarja metsään varastoidun puutavaran kuivumista ja säilymistä selvitteleviä tutkimuksia, joista osa on jo valmistunut osan ollessa vielä kesken. Kyseiseen sarjaan liittyy myös käsillä oleva tutkimus. Työn suorittaminen on ollut mahdollista Pienpuualan Toimikunnan myöntämän apurahan turvin, minkä vuoksi esitän Pienpuualan Toimikunnalle kiitokseni.

Työn kaikissa vaiheissa olen saanut ohjausta ja neuvoja esimieheltäni, professori P a a v o A r o l t a, joka on tehnyt parannuksia myös käsikirjoitukseen. Lausun parhaat kiitokseni professori A r o l l e. Kiitän myös Pienpuualan Toimikunnan päätutkijaa, metsät. tri V e i j o H e i s k a s t a, joka on antanut arvokkaita neuvoja ja tarkastanut käsikirjoituksen. Lopuksi kiitän vielä kenttätöihin osallistuneita metsänhoitaja T a p i o K o r p e l a a ja metsänhoitaja J u h a n i H y v ä r i s t ä, sisätöihin osallistunutta metsänhoitaja E r k k i M ä h ö s t ä sekä metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian tutkimusosaston henkilökuntaa.

Helsingissä joulukuussa 1961

Pentti Hakkila

Sisällysluettelo

Sivu

1. Johdanto 5
2. Tutkimuksen suoritus 7
   21. Aineisto 7
   22. Menetelmä 9
   23. Ilmasto-olosuhteet 10
3. Painon muuttuminen 12
4. Kosteus syksyllä 17
5. Lahoaminen 21
   51. Kaatoajan vaikutus eri tavaralajien lahoamiseen 21
   52. Pölkyn koon vaikutus lahoamiseen 24
   53. Lahovian laatu 26
6. Tulosten merkitys käytännön kannalta 29

Kirjallisuutta 31

Summary 32

1. Johdanto

Suomen kuituteollisuus alkoi käyttää haapaa raaka-aineenaan 1920-luvun lopulla (P ö n t y n e n 1931 ja 1936). Ensinnä alettiin haavasta valmistaa sulfiittiselluloosaa — vähän myöhemmin myös sulfaattiselluloosaa ja puuhioketta. Sulfaattiselluloosateollisuuden jalostaman haapapuun määrä ei ole kuitenkaan koskaan noussut suureksi, sillä se on pysytellyt vain muutamissa tuhansissa kiintokuutiometreissä vuotta kohti. Useina vuosina haapaa ei ole käytetty lainkaan sulfaattiselluloosan valmistamiseen. Haavan käyttö puuhiokkeen raaka-aineena kasvoi nopeasti 1930-luvulla ollen vuonna 1938 jo 59 500 k-m³ (O s a r a , P ö n t y n e n ja E r k k i l ä 1946). Myöhemmin puuhiomot ovat kuitenkin luopuneet haapapuun käytöstä.

Kuituteollisuuden eri haaroista on haapapuuta jalostanut eniten sulfiittiselluloosateollisuus, mutta vuoteen 1959 mennessä kuitulevyteollisuus oli kehittynyt miltei yhtä suureksi haavan käyttäjäksi. Alla olevassa asetelmassa esitetyt luvut, jotka on kerätty metsäntutkimuslaitoksessa valmistumassa olevaa puunkäyttötutkimusta varten, on professori P ö n t y n e n ystävällisesti luovuttanut tässä käytettäväksi.

Teollisuuden haara	Vuosi					
	1954	1955	1956	1957	1958	1959
	Käyttömäärä, k-m³/vuosi					
Sulfiittiselluloosateollisuus ...	94 100	84 200	80 700	90 900	67 700	99 800
Kuitulevyteollisuus	57 200	62 500	59 200	51 800	61 400	87 800
Sulfaattiselluloosateollisuus ..	—	—	6 800	6 800	11 200	6 500
Hiomateollisuus	1 800	1 800	—	—	—	—
Puoliselluloosateollisuus	—	—	—	—	400	—
Yhteensä	153 100	148 500	146 700	149 500	140 700	194 100

Asetelman mukaan kuituteollisuus on vuosina 1954—59 käyttänyt vuodessa keskimäärin 155 000 k-m³ haapapuuta. Määrä on ollut selvästi suurin vuonna 1959. Puunjalostusteollisuuden voimakas laajentuminen, joka tapahtuu 1960-luvun alussa, lisännee vielä haapapuunkin käyttöä. Mahdollisuudet ovat tähän tosin melko rajoitetut vähäisten haapavarastojemme johdosta.

Kuituteollisuuden raaka-aineesta oli vuosina 1954—59 haapaa keskimäärin 1.5 %. Pelkän sulfiittiselluloosateollisuuden kohdalla vastaava luku oli 1.8 %. Haapa ei ole siis raaka-aine, jonka merkitys olisi kokonaisuuden kannalta ratkaiseva kuituteollisuudelle. Siitä huolimatta kysymyksessä ovat suuret taloudelliset arvot. Jos haapapuun keskimääräiseksi hinnaksi tehdasvarastossa oletetaan vaikkapa vain 1 500 mk/p-m^3, vastaa vuonna 1959 käytetty 194 100 k-m^3 eli 303 300 p-m^3 haapaa 400—500 miljoonan markan pääomaa. Koska yhdenkin prosentin keskimääräinen arvonalennus merkitsee jo tehdasvarastovaiheessa miljoonien markkojen vuotuista tappiota, ei haavan säilymiskysymystä voida sivuuttaa ilman muuta.

Suomessa ei ole suoritettu tutkimuksia, joissa olisi pyritty selvittämään haapapaperipuussa syntyviä varastovikoja käytettäessä eri kaatoaikoja, kuorinta-asteita, pölkyn pituuksia ja varastomuodostelmia. Ainoa näitä kysymyksiä sivuava julkaisu on T u o v i s e n (1955) ulkomaisiin havaintoihin perustuva kirjallisuustutkimus. Sitä vastoin Ruotsissa on B j ö r k m a n (1953 ja 1958) tutkinut muitten puulajien ohella myös haavan lahoamista. Hän ei ole ainoastaan rajoittunut määrittämään lahoamisen suuruutta eri tapauksissa vaan on tutkinut lisäksi eri asteisten lahojen haavassa aiheuttamaa selluloosasaaliin menetystä.

Nyt käsillä olevassa tutkimuksessa on kiinnitetty erityistä huomiota kahteen tekijään. Ensinnäkin on tutkittu haapapaperipuussa metsässä tapahtuvaa kuivumista ja lahoamista kaatoajasta riippuen. Kyseinen seikka on tunnettava siitä huolimatta, että haapapaperipuun kaatoaika määräytyy useimmiten samasta leimikosta valmistettaville muille puutavaralajeille parhaaksi katsotun kaatoajan mukaan. Toiseksi on pyritty saamaan selville haapapuun metsässä tapahtuvan kuivumisen ja säilymisen kannalta edullisin kuorinta-aste. Siksi on tutkittu kaikkia käytännön työmailla esiintyviä vaihtoehtoja, nimittäin puolipuhtaana, halkaistuna, aisattuna ja kuorellisena varastoimista.

2. Tutkimuksen suoritus

21. Aineisto

Tutkimus haapapaperipuun kuivumisesta ja säilymisestä metsävarastossa suoritettiin kahdella koealalla metsäntutkimuslaitoksen Ruotsikylän kokeilualueessa Tuusulan kunnassa.

Haapapaperipuuta valmistettiin vuoden eri aikoina yhteensä yhtenätoista kuukautena kesäkuun 1959 ja elokuun 1960 välisenä ajanjaksona. Työt tapahtuivat aluksi koealalla I. Helmikuussa 1960 jouduttiin siirtymään koealalle II leimattujen haapojen loputtua ensimmäisellä koealalla. Kuivumisolosuhteet ja etenkin koepuitten laatu olivat erilaiset näillä kahdella koealalla.

Jokaisella kerralla valmistettiin puolipuhdasta, halkaistua, aisattua ja kuorellista haapapaperipuuta, jonka pituus oli yksi metri. Puut varastoitiin ristikoille kukin tavaralaji erikseen. Yhdellä kerralla saatiin siten neljä ristikkoa, jotka pystytettiin metrin välein vierekkäin huolellisesti tehdyille aluspuille. Ristikon jokaisessa kerroksessa oli vain kaksi pölkkyä.

Joulukuusta 1959 lähtien varastoitiin haapapaperipuuta myös pinoon, johon tehdyt pölkyt kuorittiin puolipuhtaiksi. Jos pölkkyjen keskellä oli pehmeätä sydänlahoa, pölkyt halkaistiin ja laho veistettiin pois. Terveen, veistämisen jälkeen vielä jäävän pintapuun tuli tällöin olla vahvuudeltaan vähintään 6 cm. Jokaisella kerralla valmistettiin yksi pino, jonka tilavuus oli sunnilleen yksi pinokuutiometri.

Kaikkien pyöreitten pölkkyjen minimiläpimitta oli 5 cm kuoren alta. Halkaistujen pölkkyjen minimiläpimitta oli 10 cm kuoren alta. Halot ladottiin ristikkoon aina halkaistu puoli alaspäin. Aisatuissa pölkyissä aisausten lukumäärä oli seuraava:

Pölkyn latvaläpimitta, cm	Aisausten lukumäärä
alle 10	2
10—18	3
yli 18	4

Koeala I sijaitsi tuoreella OMT-kankaalla viljelysaukean laidassa. Puusto oli nuorta, kasvuisaa haapaa, harmaaleppää ja koivua. Aluskasvillisuus oli rehevä. Koepuitten kaatamisen jälkeen metsikkö jäi harvaksi, kuivumisen kannalta edulliseksi.

Koealalla I valmistettiin haapapaperipuuta kesä-, heinä-, elo-, syys- ja joulukuussa 1959. Koepuita oli yhteensä 34 runkoa, joista kertyi 358 pölkkyä. Runkojen kuoren päältä määritetty rinnankorkeusläpimitta vaihteli 10—21 cm:n välillä ollen keskimäärin 15.3 cm. Rungon keskimääräinen pituus oli 15.4 m, josta elävän latvuksen osuus oli 60 %. Haavat olivat yleensä terveitä, joskin osassa rungoista näkyi tyvipäässä alkuvaiheessaan olevaa, kovaa sydänlahoa. Tyveyksiä ei tosin tarvinnut suorittaa.

Koeala II sijaitsi voimakkaasti kuusivaltaisessa sekametsikössä, joka oli aikoinaan kasvanut varsin tiheänä. Tutkimusta edeltäneen vuoden aikana suoritetut runsaat hakkuut olivat kuitenkin harventaneet sitä. Koehaapojen kaatamisen jälkeen jäi jäljelle puhdas kuusikko, jossa kuivumisolosuhteet matalasta aluskasvillisuudesta huolimatta olivat epäedullisemmat kuin koealalla I.

Jälkimmäisellä koealalla valmistettiin haapapaperipuuta, joka varastoitiin ristikolle, helmi-, huhti-, touko-, kesä-, heinä- ja elokuussa 1960. Samoina aikoina sekä lisäksi joulukuussa 1959 tehtiin puolipuhdasta, sydänlahosta puhtaaksi veistettyä tavaraa pinoon. Koepuita oli kaikkiaan 70 kappaletta, mutta suurin osa rungoista jouduttiin lahovian takia tyveämään 0 tai 1 metrin korkeudelta lähtien jopa 10 metrin korkeudelle saakka. Koepölkyiksi hyväksyttiin sellaiset, joissa oli korkeintaan alkuasteella olevaa, kovaa sydänlahoa. Lisäksi hyväksyttiin pahemmin lahonneista pölkyistä pieni osa, josta tehtiin puolipuhdasta, veistettyä tavaraa. Koepölkkyjä oli yhteensä 389 ristikolle varastoitua ja noin 650 pinoon varastoitua, joista jälkimmäisistä otettiin kosteus- ja lahoamisnäytteitä kuitenkin vain 330 kappaleesta. Pinoon varastoiduista pölkyistä runsaasti puolet oli pyöreitä ja loput veistettyjä.

Koealalla II runkojen keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta oli 22.0 cm kuoren päältä määritettynä. Rungon pituus oli 21.4 m, ja siitä oli elävän latvuksen osuus 40 %.

Koealojen I ja II puut erosivat kokonsa puolesta huomattavasti toisistaan. Koska jälkimmäisellä koealalla tehtiin lukuisia ja pitkiä tyveyksiä, pölkkyjen keskimääräinen läpimitta muodostui kyseisillä koealoilla miltei samaksi.

	Puolipuhtaat	Halkaistut	Aisatut	Kuorelliset	Keskimäärin
	Pölkyn latvaläpimitta kuoretta, cm				
Koeala I	11.3	14.0	11.2	11.2	11.7
Koeala II	11.9	14.8	11.9	11.9	12.4

Yllä olevat luvut ovat ristikolle varastoitujen pölkkyjen läpimittojen aritmeettisia keskiarvoja. Halkaistut pölkyt olivat muita järeämpiä, koska niitten minimiläpimitta oli viisi senttimetriä suurempi.

Koealojen I ja II pölkyt erosivat toisistaan kuitenkin sikäli, että edellisellä koalalla pölkyt oli tehty koko rungosta, kun taas jälkimmäisellä tyvestä tehtyjen pölkkyjen osuus oli hyvin pieni ja pääpaino oli latvapölkyissä. Koealan II pölkyt olivat siksi oksaisempia, joten halkaistuissa, aisatuissa ja kuorellisissa pölkyissä oli enemmän karsimisjälkiä, jotka taas edistivät kuivumista.

Koko aineistossa kerättiin yhteensä 457 näytekiekkoa tuoreen haavan kosteudesta ja 2 154 näytekiekkoa metsävarastossa säilytetyn haapapaperipuun kosteudesta ja varastovioista.

22. Menetelmä

Koepölkyt punnittiin tuoreina 0.1 kg:n tarkkuudella. Toistuvien punnitusten avulla seurattiin ristikoitten ja pinojen painon muuttumista. Varsinaisen kuivumiskauden aikana punnituksia suoritettiin kuukauden väliajoin. Loka—huhtikuun välisenä aikana puita ei punnittu, mutta tänä ajanjaksona puutavaran painonmuutokset ovatkin melko hitaita — joskaan eivät olemattomia.

Koska ristikoille varastoituihin pölkkyihin oli tehty tarpeelliset merkinnät, pölkyt voitiin punnitusten jälkeen asettaa takaisin entiseen paikkaansa ja asentoonsa ristikossa. Pinoon varastoituja pölkkyjä ei sitä vastoin voitu yhtä tarkoin palauttaa alkuperäiseen asemaansa, mikä ehkä saattoi vaikuttaa edistävästi kuivumiseen. Tämän seikan merkitystä ei ole kuitenkaan arvioitava suureksi.

Kosteusmääritykset tehtiin 1—2 cm:n vahvuisten kiekkojen avulla. Näytekiekon kosteus mitattiin siten, että kiekko punnittiin heti, kun se oli sahattu, ja uudelleen absoluuttisen kuivana. Käytetty vaaka antoi painot 0.01 g:n tarkkuudella. Kosteus laskettiin sitten prosentteina kiekon kuivapainosta. Kaikki kosteusmääritykset tehtiin pelkälle puuaineelle ilman kuorta, joka poistettiin ennen kiekkojen punnitsemista.

Koealalla I sahattiin jokaisesta rungosta kaatohetkellä tuoreen puun kosteusmäärityksiä varten kiekot kannon korkeudelta ja viimeisen pölkyn latvaleikkauksen kohdalta. Koealalla II otettiin tuoreesta puusta näytekiekkoja kahden metrin välein. Näytekiekkoa ei otettu kuitenkaan niissä tapauksissa, jolloin pölkky jouduttiin sydänlahon takia hylkäämään.

Koepölkkyjen kosteus lokakuussa 1959 ja 1960 määritettiin niinikään kiekkojen avulla. Edellisenä syksynä sahattiin kiekkoja vain 5—7 pölkystä ristikkoa kohden. Jälkimmäisenä syksynä otettiin näytteitä kaikista ristikolla ja puolesta pinossa olleista pölkyistä.

Pölkyn kosteus määritettiin kahdella kiekolla, jotka sahattiin 5 ja 50 cm:n etäisyydeltä kohdalle sattuneesta päästä. Kiekon, joka oli otettu 5 cm:n etäisyydeltä pölkyn päästä, katsottiin edustavan 12.5 cm:n pätkää kummassakin päässä pölkkyä. Pölkyn keskimääräistä kosteutta laskettaessa se painotettiin siksi luvulla yksi samalla kun pölkyn keskeltä määritetty kosteusarvo painotettiin luvulla 3. (Vrt. esim. Heiskanen 1959) Samoin painotettiin näytteet pölkyn keskimääräisiä varastovikoja laskettaessa.

Haapapaperipuuhun metsävarastoinnin aikana syntyneet vikaisuudet, jotka olivat miltei yksinomaan eri asteille kehittyneitä lahovikoja, määritettiin samoista kiekoista kuin kosteus. Lahovikaisen puun suhteellinen osuus kiekon poikkileikkauspinta-alasta arvioitiin silmävaraisesti käyttäen apuna läpinäkyvää mallikaaviota. Alkuasteellakin oleva varastolaho on haapapuussa helppo havaita, koska se on väriltään tummaa. Pitemmälle edistyessään laho muuttuu väriltään vaaleaksi, mutta tällöin tulevat näkyviin jo muut lahon puun piirteet. Silmävaraisen arvioimisen tarkkuus havaittiin täysin riittäväksi, kun suoritettiin vertailuja samoista kiekoista planimetrillä mitattuihin lahomääriin (Vrt. esim. Björkman 1953, Heiskanen 1959).

23. Ilmasto-olosuhteet

Puutavaran kuivuminen ja säilyminen ovat riippuvaisia ilmasto-olosuhteista, jotka vaihtelevat vuosittain. Siksi tämän alan tutkimusten tulisi kestää usean vuoden ajan. Koska siihen ei ollut mahdollisuuksia, kesien 1959 ja 1960 kuluessa tapahtunutta haapapaperipuun kuivumista ja pilaantumista arvosteltaessa on otettava huomioon myös tutkimusajan sääsuhteet

Taulukko 1. Tutkimusajan sääsuhteet verrattuina keskimääräisiin sääsuhteisiin koealojen läheisyydessä sijaitsevilla ilmatieteellisen keskuslaitoksen säähavaintoasemilla.

Table 1. Weather conditions during the examination period, compared with average weather conditions recorded by the observation stations of the Meteorological Central Institute in the vicinity of the experimental plots.

Paikkakunta *Locality*	Vuosi *Year*	Kuukausi — *Month*						
		IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
		Keskilämpö C° — *Mean temperature, C°*						
Hyrylä	1959	3.7	9.5	14.8	18.2	17.0	8.8	4.1
Hyrylä	1960	1.5	10.9	16.0	17.8	15.0	9.9	3.1
Tikkurila	1921—50	2.6	9.0	13.5	16.7	15.0	10.7	5.2
		Suhteellinen kosteus, % — *Relative humidity, per cent*						
Hyrylä	1959	74	64	67	62	67	75	..
Hyrylä	1960	..	63	65	76	82	86	..
Ilmala	1901—30	76	73	72	73	80	82	88
		Sademäärä, mm — *Precipitation, mm*						
Hyrylä	1959	38	26	36	81	39	4	34
Hyrylä	1960	47	15	87	87	118	44	18
Ruotsinkylä	1886—1930	39	46	60	77	97	77	76

ja vertailtava niitä alueen keskimääräisiin olosuhteisiin. Taulukko 1 sisältää ilmatieteellisen keskuslaitoksen ilmoittamia säätietoja koealojen läheisyydessä sijaitsevilta säähavaintoasemilta. Tutkimusajan säätiedot ovat peräisin Hyrylän säähavaintoasemalta. Koska tämä asema on uusi, normaaliset lämpö-, kosteus- ja sademäärät jouduttiin ottamaan muilta asemilta.

Tutkimuspaikkakunnan sää oli kesällä 1959 puutavaran kuivumisen kannalta poikkeuksellisen suotuisa. Lämpötila oli hieman keskimääräistä korkeampi, kun taas suhteellinen kosteus ja sademäärä jäivät paljon alle normaaliarvojen. Vielä syksylläkin sääsuhteet olivat ilmeisesti keskimääräistä edullisemmat, joskin tiedot ilman suhteellisesta kosteudesta lokakuun ajalta puuttuvat.

Vuoden 1960 sää ei ollut kuivumisen kannalta edellisen vuoden veroinen. Alkukesän olosuhteet tosin olivat nytkin suotuisat, mutta heinäkuussa ne muuttuivat keskimääräistä heikommiksi. Sademäärä jäi kuitenkin vähäiseksi syksyllä 1960, mikä seikka ehkä vähensi kuivahtaneen puutavaran vettymistä.

Tuulen lisääntyvä voima edistää veden haihtumista puun pinnalta, ja siten tuulisuudella on myöskin vaikutuksensa puutavaran kuivumiseen. Tässäkin kohden kuivumisolosuhteet olivat edellisenä kesänä edullisemmat, sillä tuulen voimakkuudeksi mitattiin Helsingissä kesä—syyskuun aikana 8.4 solmua vuonna 1959 ja vastaavasti 7.3 solmua vuonna 1960.

Mitä tulee tutkimusajan sääsuhteisiin puutavaran säilymisen kannalta, on sanottava, että kysymys ei ole yhtä suoraviivainen kuin puutavaran kuivumisen osalta. Kuten myöhemmin ilmenee, sään vaikutus on yleispiirteittäin seuraava. Hyvin kuivuvien puutavaralajien, kuten puolipuhtaan paperipuun säilymiselle on eduksi, jos kuivuminen on mahdollisimman nopeata ja perusteellista. Tällöin tuhosienien elintoiminta suuresti heikentyy tai jopa pysähtyy veden puutteen seurauksena. Huonosti kuivuvien puutavaralajien, kuten kuorellisen paperipuun säilymiselle taas on eduksi, jos kuivuminen on hidasta ja vähäistä. Kosteassa puussa sienien hapensaanti ei ole riittävä, minkä seurauksena niitten kehitys ja toiminta eivät voi muodostua vilkkaiksi.

3. Painon muuttuminen

Haapapaperipuun painon muuttumista seurattiin toistuneitten punnitusten avulla. Näin saatiin selville kuivumisen ja vettymisen määrä ja nopeus vuoden eri aikoina lukuun ottamatta talvea, jolloin punnituksia ei suoritettu. Kyseisten seikkojen tunteminen on merkityksellistä etsittäessä syitä kaatoerien erilaiseen säilymiseen metsävarastossa. Lisäksi puutavaran painon alentumisella on välitön vaikutus kuljetuskustannuksiin.

Koska kuivumisen määrä ja nopeus ovat riippuvaisia puuaineen alkukosteudesta, on tarpeellista ainakin pintapuolisesti tarkastella, millainen oli tutkimusaineiston kosteus kaatohetkellä. Koealan II runkojen lahovikaisuuden takia ei koepuitten kosteusvaihteluitten voida katsoa ilman muuta edustavan elävän haavan normaalisia kosteusvaihteluita. Seuraavassa esitettävät kosteusluvut mitattiin kaikki koealalla II.

Haapapuun kosteus näytti olevan korkeimmillaan loppusyksyllä ja talvella. Tällöin kosteus oli keskimäärin 100 % ja muutamissa kiekoissa jopa 120 %. Ennen lehtien puhkeamista ei ollut mitattavissa kosteuden kohoamista, jollaista tiedetään keväisin tapahtuvan kasvavassa koivussa (esimerkiksi Hakkila 1962) ja jonka Heiskanen ja Hakkila (1960) ovat havainneet esiintyneen myös pienikokoisessa haavassa. Koealalla kasvavien puitten kosteus laski koko kesän 1960 ajan elokuuhun saakka, jolloin suoritettiin viimeiset mittaukset. Elokuussa keskimääräinen kosteus jäi alle 60 %:n samalla kun eräitten kiekkojen kosteus oli vain 50 %.

Rungon kosteus näytti olevan latvassa korkeampi kuin tyvessä. Niinpä koealalla I kaikkien runkojen keskimääräinen kosteus oli kannon korkeudella 77 % ja käyttöosan latvapäässä 93 %. Kosteuden lisääntyminen latvaa kohti ei tapahtunut kuitenkaan suoraviivaisesti, vaan kosteus näytti olevan alhaisimmillaan rungon puolivälissä eli aivan latvusrajan alapuolella.

Käyttöosan suhteellinen korkeus, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Kosteus, %	78	79	81	85	82	79	76	81	85	88	93

Vaikka elävän haavan kosteuden vaihteluista tehdyt mittaukset olivatkin suurpiirteisiä, osoittavat ne ainakin, että kosteus oli korkein toisaalta talvisaikaan ja toisaalta rungon latvassa. Eniten siis joudutaan kuljettamaan ylimääräistä vettä puutavaran mukana silloin, kun talvella kaadettujen puitten latvapölkyt ajetaan tuoreina tienvarsivarastoon. Vastaavasti voidaan kuivattamisella alentaa eniten juuri talvella valmistetun latvatavaran kuljetuskustannuksia.

Haapapaperipuussa tutkimusaikana tapahtuneet painonmuutokset selviävät piiroksista 1—4. Piirrokset sisältävät koko tutkimusaineiston lukuunottamatta joulukuun kaatoeriä, jotka jätettiin pois piiroksista selvyyden säilyttämiseksi. Joulukuussa valmistettujen pölkkyjen kuivumiskäyrät noudattelivat melko tarkoin helmikuussa valmistettujen pölkkyjen vastaavia käyriä jääden kuitenkin yleensä hieman niitten alapuolelle.

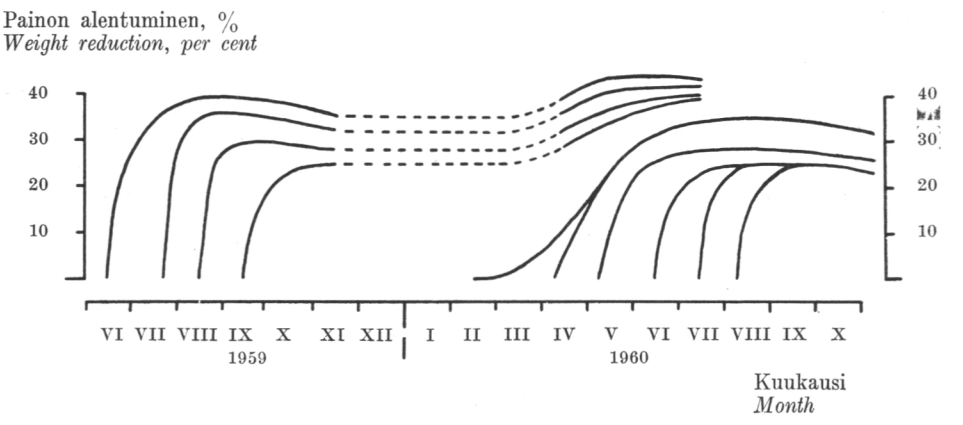
Haapapaperipuun kuivuminen pääsi alulle ristikoitten paljastuttua lumen alta. Kuivuminen alkoi siten ensimmäisenä helmikuussa valmistetuissa puissa. Kaikissa muissakin erissä tapahtui kuivumista jo maaliskuussa. Huhtikuussa kuivumisvauhti lisääntyi, mutta paras kuivumiskausi alkoi vasta toukokuun puolivälin tienoilla ja jatkui heinä—elokuun vaihteeseen. Toukokuun lopulla vielä vallitsevan verrattain alhaisen lämpötilan korvaa ilman pieni suhteellinen kosteus, niin että ilman kuivattamispotentiaali jo tällöin on korkea.

Suhteellisen kosteuden kohotessa loppukesällä kuivuminen alkaa hidastua. Niinpä alhaisen kosteusasteen saavuttaneet, toista kesää varastossa olleet pölkyt alkoivat vuonna 1960 vettyä jo heinäkuussa sään sateisuuden seurauksena. Samaan aikaan tapahtui kuitenkin vielä hidasta kuivumista kyseisen vuoden keväällä valmistetussa tavarassa ja sangen nopeatakin kuivumista kesän kuluessa tehdyssä puutavarassa.

Kuivumisen aiheuttama painon alentuminen oli luonnollisesti suurin puolipuhtaissa pölkyissä, joitten paino oli lisäksi pienentynyt kuorimisen johdosta. Halkaistuissa puissa painon menetys oli yhtä suuri kuin aisatuissa, ja kuorellisissa kuivuminen oli selvästi vähäisempää kuin muissa tavaralajeissa.

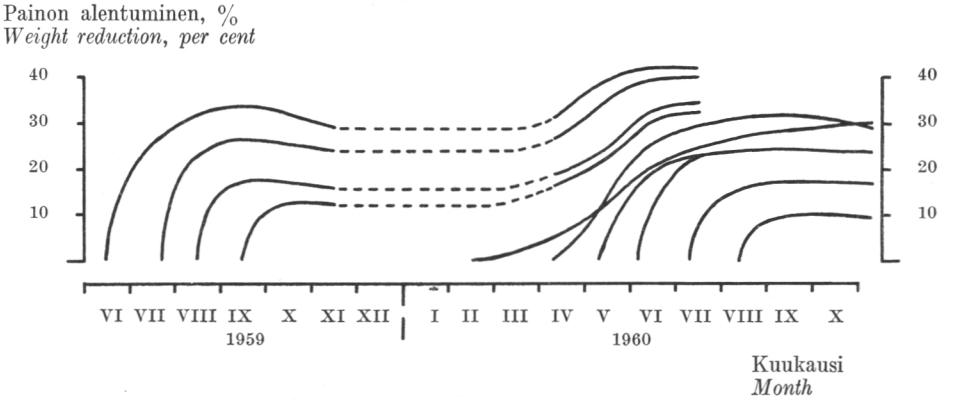
Viimeistään toukokuussa valmistetussa puutavarassa tapahtuneet painonmenetykset olivat ensimmäisen kuivumiskauden kuluessa seuraavat: puolipuhtaissa 35—40 %, halkaistuissa ja aisatuissa 28—34 % sekä kuorellisissa 16—21 %. Mitä pitemmälle kesään paperipuitten kaatohetki lykkääntyi, sitä pienemmäksi jäi painon alentuminen. Esimerkiksi elokuun puolivälissä valmistettujen pölkkyjen vastaavat luvut olivat 25—30, 10—20 ja 4—10 %.

Koska loppukesän ja syksyn aikana tapahtui vettymistä, edellä mainitut luvut pienenivät syksyyn mennessä. Vettyminen alkaa aikaisemmin ja herkimmin kuivimmissa pölkyissä ja on niissä myös määrällisesti suurin.



Piirros 1. Ristikolle varastoidun puolipuhtaan haapapaperipuun painon suhteellinen aleneminen.

Drawing 1. Relative weight reduction in barked aspen pulpwood stacked crosswise for storage.

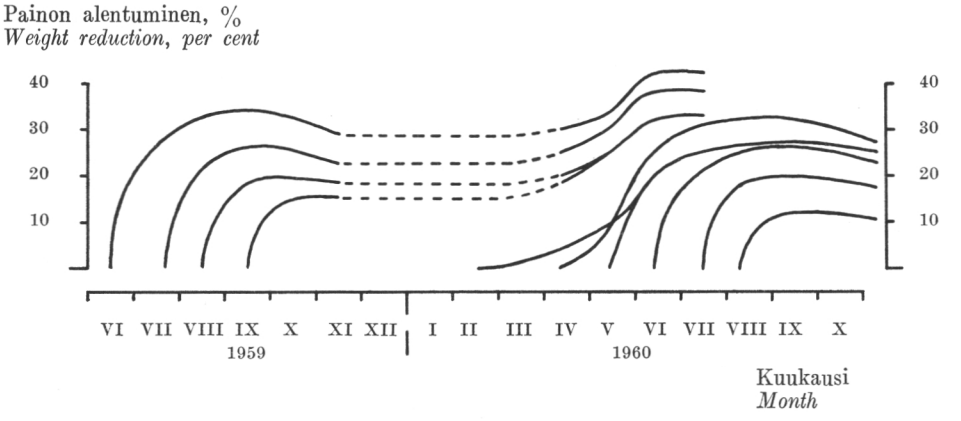


Piirros 2. Ristikolle varastoidun halkaistun haapapaperipuun painon suhteellinen aleneminen.

Drawing 2. Relative weight reduction in split aspen pulpwood stacked crosswise for storage.

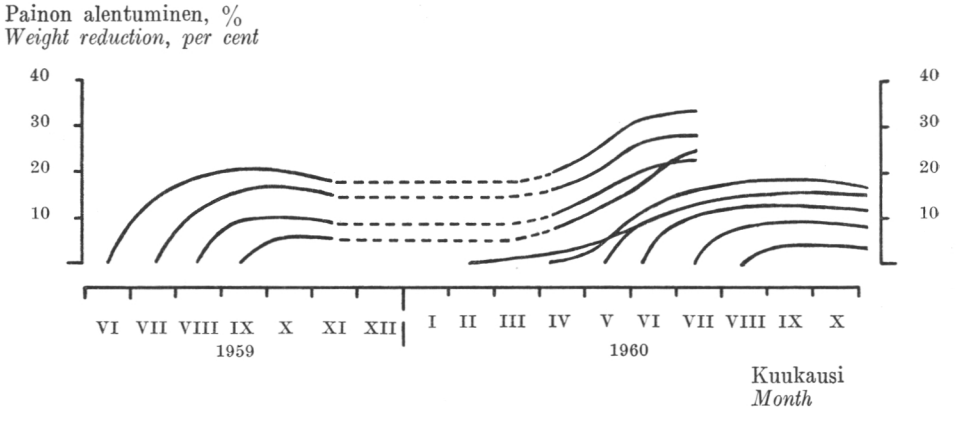
Kuivimpien erien paino saattoikin nousta lokakuun alkuun mennessä jopa viisi painoprosenttia.

Koska syksyn viimeiset punnitukset suoritettiin jo lokakuussa, ei saatu selvitetyksi, miten paljon vettymistä tapahtui myöhemmin. Kun koepölkyt punnittiin seuraavan kerran vasta huhtikuussa, niitten paino oli maaliskuussa tapahtuneen kuivumisen ansiosta jo kevyempi kuin syksyllä. Heiskanen (1959) on havainnut, että kesän jälkeen tapahtuva vettyminen jatkuu alkutalveen saakka. Maaliskuuhun mennessä koivupinotavaran



Piirros 3. Ristikolle varastoidun aisatun haapapaperipuun painon suhteellinen aleneminen.

Drawing 3. Relative weight reduction in strip-barked aspen pulpwood stacked crosswise for storage.



Piiirros 4. Ristikolle varastoidun kuorellisen haapapaperipuun painon suhteellinen aleneminen.

Drawing 4. Relative weight reduction in unbarked aspen pulpvood stacked crosswise for storage.

paino lisääntyi hänen tutkimuksissaan halkaistuissa 6 %, aisatuissa 4 % ja kuorellisissa 3 %. K o h h i n (1934) mukaan vettyminen on haapapuussa suurempi kuin koivupuussa. Näyttää siis siltä, että koepuitten vettyminen ei ollut saavuttanut huippukohtaansa vielä lokakuun alussa.

Ohuilla pölkyillä on tilavuusyksikköä kohti suurempi ulkopinta kuin järeillä. Puolipuhtaissa pölkyissä voi kuivuminen tapahtua koko ulkopinnan kautta kuorimisen ansiosta. Muissa tavaralajeissa kuori tosin osaksi peittää vaippapinnan, mutta niissäkin kuoreton ulkopinta on ohuissa pölkyissä

suhteellisesti suurempi kuin järeissä. Näin on paitsi halkaistuissa ja aisatuissa myös kuorellisissa pölkyissä, joissa ohuet oksaisimpina menettävät karsittaessa eniten kuortansa. Kun ohuet pölkyt lisäksi sisältävät tuoreina vettä enemmän kuin järeät, on odotettavissa, että pölkyn läpimitta vaikuttaa sen kuivumisnopeuteen. Taulukko 2 osoittaa, että asianlaita on todella näin.

Taulukko 2. Touko—elokuussa valmistetun haapapaperipuun painon alentuminen 30 vrk:n kuluessa kaatohetkestä vuosina 1959 ja 1960.

Table 2. Reduction in the weight of aspen pulpwood prepared May—August 1959 and 1960 within 30 days from the time of felling.

Dl, cm *Top diameter, cm*	Puolipuhdas *Barked*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
	Painon alentuminen, % — *Decrease in weight, per cent*			
5.1—10.0	38	..	27	16
10.1—15.0	31	23	23	10
15.1—20.0	31	19	21	8
20.1+	20	16	15	9

Etenkin puolipuhtaissa oli ohuitten pölkkyjen kuivumisnopeus suuri. Tällä seikalla on merkitystä sikäli, että kun kuivuminen tapahtuu nopeasti, puuaineen kosteus on vain lyhyen ajan suotuisa tuhosienien kehittymiselle. Myöhemmin havaitaankin, että ohuet, puolipuhtaiksi kuoritut pölkyt säästyivät lahovioilta paremmin kuin useimmat muut.

4. Kosteus syksyllä

Haapapaperipuun kaatoajan vaikutus eri tavaralajien kosteuteen kaatohetken jälkeisenä syksynä on parhaiten selvitettävissä siten, että otetaan kerrallaan tarkasteltaviksi vain tiettyyn läpimittaluokkaan kuuluvat pölkyt. Kuten puun kuivumista käsittelevän luvun perusteella voidaaan olettaa, läpimitalla on huomattava vaikutus puutavaran kosteuteen yhden kuivumiskauden jälkeen. Siten taulukossa 3 tarkastellaankin latvaläpimitaltaan 10.1—15.0 cm:n vahvuisten, ristikolle varastoitujen pölkkyjen kosteutta lokakuussa 1960. Luvut ovat kyseiseen läpimittaluokkaan kuuluneitten pölkkyjen kosteusarvojen aritmeettisia keskiarvoja.

Taulukko 3. Eri aikoina valmistetun haapapaperipuun kosteus lokakuussa 1960. Latvaläpimittaluokka 10.1—15.0 cm kuoretta.

Table 3. Moisture in October 1960 of aspen pulpwood prepared at different dates. Top diameter class 10.1—15.0 cm, excluding bark.

Hakkuu — *Felling*		Puolipuhdas *Barked*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
vuosi *year*	kuukausi month	Kosteus, % — *Moisture content, per cent*			
1959	VI	27	27	33	50
»	VII	26 } 27	31 } 30	36 } 35	60 } 54
»	VIII	27	31	35	52
»	IX	32	33	38	63
»	XII	33	36	44	61
1960	II	28 } 31	32 } 35	43 } 39	56 } 58
»	IV	30	36	36	57
»	V	33	37	36	53
»	VI	34	44	41	61
»	VII	36	39	45	60
»	VIII	39	58	52	70

Kahden kesän aikana metsävarastossa säilytettyjen puolipuhtaitten pölkkyjen kosteus oli syksyllä 27 %. Yhden kokonaisen kesäkauden ristikolla olleitten puolipuhtaitten pölkkyjen kosteus oli vastaavasti 31 %. Halkaistujen pölkkyjen kosteus jäi sekä yhden että kahden kesän jälkeen 3—4 kosteus-

prosenttia korkeammaksi kuin puolipuhtaitten kosteus. Aisatut puolestaan jäivät 4—5 prosenttia kosteammaksi kuin halkaistut. Kuorellisten kosteus oli yhden kesän varastoinnin jälkeen keskimäärin vielä 58 %.

Kesällä valmistettu puutavara jäi seuraavaan syksyyn mennessä sitä kosteammaksi, mitä myöhäisemmäksi kaatohetki siirtyi.

Kun kosteusmääritykset tehtiin lokakuussa, useimpien kaatoerien kosteus oli jo kohonnut siitä, mitä se oli ollut alhaisimmillaan keskikesällä. Kuivimmissa puolipuhtaissa ristikoissa syksyllä mitattujen viiden prosentin painonlisäysten perusteella näyttää kosteus nousseen 9 kosteusprosenttia. Useimmissa puolipuhtaissa erissä lisäys oli kuitenkin edellistä pienempi. Samoin oli asianlaita muissa tavaralajeissa. Pienin oli kosteuden lisäys kuorellisissa pölkyissä, nimittäin 0—3 kosteusprosenttia. Koko aineistossa kosteus lisääntyi alhaisimmista arvoistaan lokakuun alkupuoleen mennessä 0—9 kosteusprosenttia — eniten kuivimmissa ja vähiten kosteimmissa pölkyissä. Tämän jälkeen tapahtunutta kosteuden lisääntymistä ei enää mitattu (Vrt. piirroksia 1—4).

Syksyllä tapahtuva kosteuden lisääntyminen on lehtipuissa suurempi kuin havupuissa (Heiskanen 1953). Kohhin (1934) suorittamissa tutkimuksissa haapapuun kosteus nousi syksyn kuluessa 8.35 % eli yli 2 % enemmän kuin koivun kosteus.

Läpimitaltaan 10—15 cm:n vahvuisten puolipuhtaitten pölkkyjen kosteus oli siis keskikesällä selvästi alle puunsyitten kyllästymispisteen. Sen seurauksena pölkyt ovat olleet lahosieniä vastaan melko hyvin suojassa sen osan kesästä, joka muutoin on sienien elinehdoille suotuisinta aikaa. Esimerkiksi Björkmanin (1958) mukaan sienien kehitys on hyvin hidasta puunsyitten kyllästymispisteen eli noin 28 %:n kosteuden alapuolella. Peterson (1956) mainitsee, että vasta yli 35 %:n kosteus on suotuisa sienien kehittymiselle. Sen mukaan näyttää siltä, että myös halkaistut ja aisatut pölkyt olisivat olleet osan kesäajasta liian kuivia sienien tehokkaan toiminnan kannalta.

Taulukon 4 pohjalta voidaan tarkastella, miten paljon kesällä 1959 valmistettujen pölkkyjen kosteusarvot erosivat toisistaan syksyinä 1959 ja 1960. Taulukon luvut ovat aritmeettisia keskiarvoja läpimitaltaan erikokoisista pölkyistä.

Toisen kesän aikana tapahtui vielä voimakasta kuivumista, mutta on huomattava, että ensimmäisen kesän varastointi ei hakkuuajasta johtuen kestänyt koko kesäkautta. Kosteuden alentuminen toisena kesänä oli puolipuhtaissa puissa luonnollisesti pienempi kuin muissa tavaralajeissa. Heiskanen (1959) on mitannut halkaistussa, aisatussa ja kuorellisessa koivupinotavarassa tapahtuneeksi toisen kesän varastoinnin aikana 4—5 kosteusprosentin alentumisen. Hän mainitsee lisäksi, että alhaisin kosteusaste saavutetaan vasta kolmantena kesänä.

Taulukko 4. Kesällä 1959 valmistetun haapapaperipuun kosteus lokakuussa 1959 ja 1960.

Table 4. Moisture in October 1959 and 1960 of aspen pulpwood prepared in the summer of 1959.

Kaatokuukausi *Felling month*	Puolipuhdas *Barked*		Halkaistu *Split*		Aisattu *Strip-barked*		Kuorellinen *Unbarked*	
	1959	1960	1959	1960	1959	1960	1959	1960
	Kosteus, % — *Moisture content, per cent*							
VI	32	27	42	28	44	33	56	40
VII	32	26	42	31	44	34	58	56
VIII	37	28	51	32	49	35	63	49
IX	44	30	54	35	52	36	74	52

Yksimetrinen puutavara varastoidaan tavallisesti pinoon. Esillä olevassa tutkimuksessa meneteltiin kuitenkin toisin etupäässä siitä syystä, että haluttiin saada koepuut sellaiselle varastomuodostelmalle, jota yleisimmin käytetään haapapaperipuun osalta. Kun ei ollut käytettävissä riittävän suurta koealaa, jouduttiin pölkyt tekemään kaksimetristen sijasta yksimetrisiksi. Varastomuodostelmaksi valittiin kuitenkin ristikko.

Pienellä lisäaineistolla tutkittiin pinoon varastoidun haapapaperipuun kuivumista. Koepölkyt kuorittiin puolipuhtaiksi. Mikäli niissä oli sydänlahoa, pölkyt halkaistiin ja laho veistettiin kirveellä pois. Kysymyksessä oleva haapapaperipuun käsittelytapa on myös käytännössä esiintyvä. Koepuitten kosteus oli lokakuussa 1960 seuraava:

Tavaralaji	Kaatokuukausi						
	XII	II	IV	V	VI	VII	VIII
Pyöreät pölkyt	38	36	33	33	38	37	47
Veistetyt pölkyt	38	35	32	31	37	38	48

Pyöreitten ja keskimäärin niitä pienempien veistettyjen pölkkyjen kosteus oli samassa pinossa yhtä suuri. Pinoon varastoidut puolipuhtaat pölkyt jäivät ristikolle varastoituja kosteammiksi, koska pinossa on epätäydellisempi ilmanvaihto. Pinossa oli havaittavissa lisäksi pölkyn päitten runsas vettyminen syksyllä. Vaikka kosteuden on täytynyt olla ennen vettymisen alkamista 5 cm:n etäisyydellä pölkyn päistä vähintään yhtä alhainen kuin pölkyn keskeltä, se oli syksyllä mainitussa kohdassa 42 % pölkyn keskiosan 35 % vastaan.

On syytä kiinnittää huomiota myös kosteuden vaihteluihin 1-metrisen pölkyn eri osissa. Tätä tietä on mahdollista saada kuva siitä, mikä vaikutus pölkyn pituudella on kuivumiseen ja lopulliseen kosteuteen. Mitä pitemmiksi pölkyt tehdään, sitä vähäisemmäksi jää pölkyn pään vaikutus koko pölkyn keskimääräiseen kosteuteen. Alla oleva lukusarja osoittaa pölkyn pään ja keskiosan väliset kosteuserot koko aineistossa syksyllä 1960.

Etäisyys pölkyn päästä, cm	Puolipuhtaat	Halkaistut	Aisatut	Kuorelliset
	Kosteus, %			
50	31	42	42	60
5	34	37	38	47

Pitkissä pölkyissä keskimääräinen kosteus lähenee niitä lukuja, jotka on mitattu 1-metrisen pölkyn keskeltä. Heiskanen (1959) onkin koivun osalta havainnut, että pölkyn pään kautta tapahtuva kuivuminen on kuorellisessakin tavarassa 50 cm:n etäisyydellä päästä hyvin vähäistä. Tutkimusaineisto antaa puolipuhtaille puille hieman liian korkeita sekä muille, ennen kaikkea kuorellisille, liian alhaisia kosteusarvoja verrattuna pitempään tavaraan. Puolipuhtaitten pölkkyjen päitten keskiosaa korkeampi kosteus aiheutuu vettymisestä, joka on suurin pölkyn päissä ja niitten läheisyydessä. Tämä puolestaan aiheutuu pölkyn poikkileikkauspinnan ja päissä runsaimpina esiintyvien halkeamien kautta tapahtuvasta vettymisestä.

Haapapaperipuuleimikossa saattaa olla mukana myös erittäin järeitä runkoja. Haapaerien läpimittajakautuma ja keskimääräinen läpimitta vaihtelevat eri tapauksissa enemmän kuin muista puulajeista saatavissa paperipuuleimikoissa. Siksi juuri haapapaperipuun kohdalla on erityisen tärkeätä tähdentää läpimitan vaikutusta pölkyn saavuttamaan kosteusasteeseen (taulukko 5).

Taulukko 5. Haapapaperipuun kosteus lokakuussa 1960 läpimittaluokittain.
Table 5. Moisture of aspen pulpwood in October 1960, by diameter class.

Dl, cm kuoretta *Top diameter, i.b., cm*	Puolipuhtaat *Barked*	Halkaistut *Split*	Aisatut *Strip-barked*	Kuorelliset *Unbarked*
	Kosteus, % — *Moisture content, per cent*			
5.1—10.0	30	..	38	51
10.1—15.0	30	38	41	64
15.1—20.0	35	43	48	77
20.1+	40	50	59	73

Pölkyssä syksyllä vallitseva kosteusaste on siis sitä korkeampi, mitä järeämpi pölkky on kysymyksessä. Pölkyn järeyden vaikutus on suurin kuorellisissa, sitten aisatuissa, halkaistuissa ja puolipuhtaissa.

Tutkimuksen alaisina olleet tavaralajit voidaan asettaa edullisuusjärjestykseen hyvin helposti, jos huomio kiinnitetään vain kuivumiseen. Järjestys on tehokkain kuorinta-aste ensiksi mainittuna seuraava: puolipuhdas, halkaistu, aisattu ja kuorellinen.

5. Lahoaminen

51. Kaatoajan vaikutus eri tavaralajien lahoamiseen

Kaatoajan vaikutus puutavarassa ensimmäisen kesän aikana tapahtuvaan lahoamiseen näyttää perustuvan siihen, että kaatoajasta riippuu, miten kauan puutavara joutuu kasvukauden aikana olemaan sienille otollisessa puolikosteassa tilassa. Tuoreen haapapuutavaran kosteus on yleensä liian korkea, jotta sienet voisivat siinä hyvin menestyä. Toisaalta se ei ole kuitenkaan niin korkea, että sienien kehittyminen kokonaan estyisi. Esimerkiksi Petersonin (1956) mukaan sienien kehitys pysähtyy hapen puutteen takia vasta kosteuden ylittäessä 135 %. Björkman (1958) taas mainitsee, että sienien kannalta puun edullisin kosteus on 40—90 %. Tällöin sienet saavat riittävästi sekä happea että vettä.

Edelliset sienien elinehtoja kuvaavat kosteusluvut soveltuvat vain havupuille. Sitä vastoin ei tunneta, mitkä ovat haapapuussa elävien varastolahottajasienien kosteusvaatimukset. Näyttää kuitenkin siltä, että sienien sietämä maksimikosteus on haavassa matalampi kuin havupuissa.

Tuoreen haapapuutavaran kosteus laskee sienille edulliseksi jo melko vähäisen kuivumisen jälkeen. Lahottajasienien itiöt, joita on aina ilmassa, alkavat tällaisen puuaineen pinnalle päästessään heti kehittyä, mikäli lämpötila on riittävän korkea. Kuoren läpi sienet eivät voi kuitenkaan tunkeutua puuhun, vaan niiden on löydettävä aluksi paljas puun pinta.

Lahottajasienien puuta hajoittava toiminta jatkuu ilman lämpötilan sen salliessa niin kauan, kunnes puutavaran kosteus on laskenut liian alhaiseksi. Kuten jo aikaisemminkin on tullut esiin, sienien suotuisa kehittyminen edellyttää Petersonin (1956) mukaan vähintään 35 %:n kosteuden. Björkman (1958) taas on maininnut että 20—22 %:n kosteus on sienille liian alhainen ja että noin 28 %:n kosteudessakin sienien toiminta on hyvin hidasta.

Pyrittäessä suojaamaan metsään varastoitua haapapaperipuuta sienivahingoilta, on käytettävissä kaksi keinoa. Pölkkyjen kosteus on joko pidettävä niin korkeana, että sienet eivät saa riittävästi happea, tai sitten kosteus on pudotettava mahdollisimman nopeasti ainakin puunsyitten kyl-

lästymispisteen tienoille, jolloin sienien vedensaanti tyrehtyy. Jos valitaan edellinen tapa, puut jätetään kuorellisiksi, jolloin myös kuori estää sienien itiöitä pääsemästä puuaineen yhteyteen. Jälkimmäinen tapa taas edellyttää, että puuaineen pinta ainakin osaksi paljastetaan kuoren alta kuivumisen edistämiseksi.

Taulukon 6 pohjalta on mahdollisuus tarkastella kaatoajan vaikutusta haapapaperipuun lahovian määrään syksyllä 1960. On huomattava, että lahovikainen puu pysyi täysin kovana. Pienen aineiston johdosta taulukon luvuissa esiintyy niin suurta epäsäännöllistä vaihtelua, että niistä voidaan tehdä vain suurpiirteisiä johtopäätöksiä.

Taulukko 6. Lahovikaisen puun suhteellinen osuus eri aikoina valmistetussa haapapaperipuussa lokakuussa 1960. Latvaläpimittaluokka 10.1—15.0 cm kuoretta.

Table 6. Percentages of rot-damaged wood in October 1960 in aspen pulpwood prepared at different dates. Top diameter class 10.1—15.0 cm excluding bark.

Kaatokuukausi *Felling month*	Puolipuhdas *Barked*	Halkaistu *Split*	Aisattu *Strip-barked*	Kuorellinen *Unbarked*
	Kovaa, lahovikaista puuta, % — *Hard, rot-damaged wood, per cent*			
VI—IX/—59	68	74	78	57
XII/—59 ja II/—60	57	67	73	50
IV—V/—60	24	68	75	63
VI/—60	49	74	74	60
VII/—60	43	63	66	27
VIII/—60	73	35	45	13

Puolipuhtaat pölkyt säilyivät terveimpinä, kun ne valmistettiin huhti-toukokuussa. Loppukeväällä pölkkyjen kuivuminen ehti edistyä jo pitkälle ennen kuin ilma lämpeni niin paljon, että sienien toiminta pääsi kehittymään tehokkaaksi. B j ö r k m a n i n (1958) mukaan sienien optimilämpötila on +25—27° C, joskin ne kasvavat hyvin vielä lämpötilassa +10° C.

Talvisaikaan valmistettujen puolipuhtaitten pölkkyjen kosteus laski huomattavasti hitaammin kuin huhti—toukokuussa valmistettujen. Tämä selviää piirroksesta 1, jossa helmikuussa valmistetun puutavaran painonmuutoksia kuvaava käyrä edustaa sellaisenaan myös joulukuun puita. Käyrä osoittaa, että talvella kaadettujen puitten paino ei keväällä alentunut sen nopeammin kuin huhti—toukokuussa kaadettujen paino, vaikka edellisten alkukosteus oli korkeampi. Ne olivat siten alkukesän ajan kosteampia kuin huhti—toukokuun puut ja vahingoittuivat myös huomattavasti enemmän.

Kesä—heinäkuussa valmistettu puolipuhdas haapapaperipuu kuivui kumpanakin vuonna kyllä nopeasti, mutta koska samaan aikaan vallitsi verrattain korkea lämpötila, lahottajasienet ehtivät levitä syvälle puuhun, ennen kuin puuaineen liian alhaiseksi laskenut kosteus lopetti niitten nopean etenemisen. Elokuun aikana olosuhteet suosivat edelleen lahottaja-

sieniä, ja lisäksi kuivuminen oli jo hitaampaa kuin aikaisemmin kesällä. Seurauksena oli, että kumpaisenakin vuonna elokuussa valmistetut pölkyt vahingoittuivat puolipuhtaista eniten.

Halkaistut ja aisatut pölkyt lahosivat kaatoajasta riippumatta enemmän kuin puolipuhtaat. Poikkeuksen muodostivat ainoastaan elokuussa valmistetut puut, joista puolipuhtaat lahosivat ensimmäisen kesäkauden loppuun mennessä huomattavasti muita pahemmin sekä vuonna 1959 että vuonna 1960.

Kuorellinen tavara säilyi ensimmäisenä kesänä aina paremmin kuin halkaistu ja aisattu. Sitä vastoin se — mikäli hakkuu tapahtui ennen heinäkuuta — vahingoittui kyllä enemmän kuin puolipuhdas tavara. Heinäkuussa ja etenkin elokuussa valmistetuista pölkyistä säilyivät kuorelliset ylivoimaisesti parhaiten.

Taulukosta 6 nähdään myös kesällä 1959 kaadettujen puitten lahovian määrä syksyllä 1960, mutta toisen kesän aikana tapahtuva lahon leviäminen selviää kuitenkin tarkemmin taulukosta 7. Siinä ovat mukana kaikki aineistoon sisältyneet pölkyt läpimitasta riippumatta.

Taulukko 7. Lahovikaisen puun suhteellinen osuus VI—IX/1959 valmistetussa haapapaperipuussa lokakuussa 1959 ja 1960.

Table 7. Percentages of rot-damaged wood in October 1959 and 1960 in aspen pulpwood prepared in June—September 1959.

Kaatokuukausi *Felling month*	Puolipuhdas *Barked*		Halkaistu *Split*		Aisattu *Strip-barked*		Kuorellinen *Unbarked*	
	1959	1960	1959	1960	1959	1960	1959	1960
	Kovaa, lahovikaista puuta, % — *Hard, rot-damaged wood, per cent*							
VI/—59	34	64	68	68	61	75	30	51
VII/—59	35	73	72	81	75	81	42	75
VIII/—59	92	87	35	86	62	84	10	64
IX/—59	—	46	—	75	—	71	—	66

Toisen kesän aikana laho levisi edelleen nopeasti niissä kaatoerissä, joissa se ei ollut edellisenä kesänä päässyt kovin laajalle alalle. Sitä vastoin niissä halkaistuissa ja aisatuissa erissä, jotka jo syksyllä 1959 olivat olleet suurimmalta osaltaan lahon saastuttamia, lahovikaisen puun määrä lisääntyi toisena kesänä suhteellisen vähän. Haapapuu näet sisältää havupuitten tapaan — päin vastoin kuin koivupuu — sydänpuuta, joka on kestävää varastolahoa vastaan, vaikkakin se kasvavassa haavassa on erikoisen altis eräille lahottajasienille, etenkin arinakäävälle. Sydänpuun määrää koepuissa ei mitattu, mutta se lienee ollut keskimäärin suunnilleeen 15 %.

Kesällä 1959 valmistetuista haapapaperipuista sisälsivät lahovikaista puuta syksyllä 1960 eniten halkaistut ja aisatut. Niissäkin lahovikainen

puuaine säilyi edelleen kovana, niin että laho oli edelleenkin vaikutukseltaaan vain värivikaa eikä niinkään massasaaliin määrää alentavaa. Vain siellä täällä esiintyi pieniä laikkuja pehmeätä lahoa.

Edellä esitettyjen tulosten perusteella näyttää siltä, että yhden kesäkauden metsävarastossa pidettävä haapapaperipuu säilyy parhaiten joko puolipuhtaana tai kuorellisena, kun taas halkaiseminen ja aisaaminen ovat epäedullisia menetelmiä. Jos kaato tapahtuu vasta loppukesällä, on pelkästään säilymisen kannalta asiaa tarkasteltaessa ehdottomasti edullisinta jättää pölkyt kuorellisiksi. Vaikka varastointiaika lisääntyy edellisestä vuodella, säilyvät puolipuhtaat ja kuorelliset edelleenkin paremmin kuin halkaistut ja aisatut.

Edellä esitetty koskee vain yksimetrisiä pölkkyjä, jotka varastoidaan ristikolle. Pinoon varastoiduissa puolipuhtaissa puissa oli kaatoajan vaikutus puutavaran säilymiseen aivan sama kuin vastaavaan aikaan ristikolle tehdyissä. Pyöreitten ja veistettyjen pölkkyjen lahoamisessa ei ollut määrällisiä eroja. Edullisin kaatoaika oli huhti—toukokuu, kun taas kesä—elokuussa tai myös edellisenä talvena tapahtunut kaato johti huonompaaan tulokseen ensimmäisen kesän aikana.

52. Pölkyn koon vaikutus lahoamiseen

Pölkyn kuivuminen hidastuu läpimitan kasvaessa. Niissä tavaralajeissa, joitten säilyminen perustuu nopeaan kuivumiseen, on seurauksena lahovikojen lisääntyminen. Kosteiksi jäävissä tavaralajeissa taas läpimitan kasvaminen aiheuttaa päin vastoin lahovikojen pienentymisen.

Taulukko 8 osoittaa sekä läpimitan että pituuden vaikutuksen pölkyn lahoamiseen. Sen mukaan puolipuhdas haapapaperipuu säilyi sitä paremmin, mitä ohuempaa se oli. Pienimmässä läpimittaluokassa keskimäärin kolmasosa puuaineesta oli syksyllä 1960 lahovikaista, kun taas järeimmässä luokassa oli vahingoittunutta puuainetta kaksi kolmasosaa. Halkaistujen ja aisattujen säilyminen oli huono kaikissa läpimittaluokissa — järeissä tosin vähän parempi kuin ohuissa. Jos pölkyn latvaläpimitta oli yli 20 cm, se säilyi halkaistuna ja aisattuna paremmin kuin puolipuhtaana. Edullisin tulos saavutettiin kuitenkin silloin, kun pölkyt jätettiin kuorimatta. Kaikkein pienimpien pölkkyjen säilymistä tosin kuorinta puolipuhtaaksi edisti huomattavasti, mutta läpimitan noustessa yli 12 cm:n kuorelliset ja puolipuhtaat säilyivät jo yhtä hyvin ja läpimitan noustessa yli 15 cm:n oli ehdottomasti hyödyllisintä jättää tavara kuorelliseksi. Heiskanen (1959) on koivun osalta tullut käsillä olevan tutkimuksen kanssa yhdenmukaiseen tulokseen kuorelliseen tavaraan nähden. Sitä vastoin halkaistuissa koivuissa oli läpimitan vaikutuksen suunta päinvastainen, sillä ne kuivuivat hyvin ja säilyivät ohuina paremmin kuin järeinä.

Taulukko 8. Pölkyn koon vaikutus VI/1959—VI/1960 välisenä aikana valmistetun haapapaperipuun lahovikaan lokakuussa 1960.

Table 8. Effect of bolt size of aspen pulpwood prepared between June 1959 and June 1960 on rot damage in October 1960.

Pölkyn osa *Part of bolt*	Dl, cm — *Top diameter, cm*			
	5.1—10.0	10.1—15.0	15.1—20.0	20.1+
	Kovaa, lahovikaista puuta, % *Hard, rot-damaged wood, per cent*			
	Puolipuhdas — *Barked*			
5 cm päästä — *at 5 cm from end of bolt*	46	60	68	72
50 cm päästä — *at 50 cm from end of bolt*	28	53	60	67
Keskimäärin — *Average*	33	55	62	69
	Halkaistu — *Split*			
5 cm päästä — *at 5 cm from end of bolt*	..	72	74	70
50 cm päästä — *at 50 cm from end of bolt*	..	72	69	57
Keskimäärin — *Average*	..	72	71	61
	Aisattu — *Strip-barked*			
5 cm päästä — *at 5 cm from end of bolt*	80	77	77	70
50 cm päästä — *at 50 cm from end of bolt*	78	75	70	46
Keskimäärin — *Average*	79	76	72	53
	Kuorellinen — *Unbarked*			
5 cm päästä — *at 5 cm from end of bolt*	84	76	67	39
50 cm päästä — *at 50 cm from end of bolt*	72	47	33	13
Keskimäärin — *Average*	75	56	43	21

Haapapaperipuun kuorellisena varastoiminen osoittautui siis epäedulliseksi vain läpimittaluokassa 5.1—10.0 cm. Käytännössä haapa otetaan paperipuuna talteen yleensä 8 cm:n tai 10 cm:n minimiläpimittaan saakka, joten tutkimusaineistoon sisältyneitten pienimpien puitten merkitys jää miltei olemattomaksi. Tämä seikka vahvistaa kuorellisena hankkimisen edullisuutta muihin menetelmiin verrattuna, kun otetaan huomioon vain puutavaran säilymiskysymys ja varastoimisaika rajoitetaan enintään kahdeksi kesäksi.

Järeitten, kuorellisten haapapölkkyjen säilyminen perustuu paitsi korkeaan kosteuteen myös siihen, että sienet voivat tunkeutua puuhun etupäässä vain poikkileikkauspintojen kautta, sillä rungon tyvipäästä tehtyjen pölkkyjen kuori säilyy rikkoutumattomana karsimisen jäädessä tyven oksattomuuden takia tarpeettomaksi.

Pölkyn pituudella on selvä vaikutus puutavaran lahoamiseen, koska kosteussuhteet ovat pölkyn päässä erilaiset kuin pölkyn keskellä. Vaikutuksen olettaisi olevan sellaisen, että hyvin kuivat puutavaralajit lahoavat pölkyn päissä vähemmän kuin sen keskiosissa, koska pölkyn kosteus on päissä alhaisin. Näin ei kuitenkaan tapahdu, vaan puolipuhdaskin haapapaperipuu lahoaa pölkyn pään kohdalta eniten. Tämän syynä on toisaalta poikkileikkaus-

pintojen ja toisaalta juuri päissä suurimpina esiintyvien halkeamien kautta tapahtuva ajoittainen vettyminen, jonka seurauksena kosteus pölkyn päissä nousee tilapäisesti silloin tällöin korkeammaksi kuin pölkyn muissa osissa. Myös pinoon varastoiduissa puolipuhtaissa puissa näyttivät pölkyt lahoavan päitten kohdalla hieman enemmän kuin keskellä pölkkyä.

Halkaistu ja aisattu tavara säilyi niinikään terveinpänä pölkyn keskellä. Ero päitten ja keskiosien saamien lahovikojen määrässä lisääntyi pölkyn läpimitan kasvaessa — päin vastoin kuin puolipuhtaassa tavarassa. Kuorellisessa tavarassa asianlaita oli saman suuntainen mutta vielä jyrkempi kuin halkaistussa ja aisatussa.

Björkman (1953) on tullut sellaiseen tulokseen, että laho etenee kuorellisessa lehtipuutavarassa kahden kesän aikana pölkyn päästä käsin korkeintaan puolen metrin syvyyteen ja kolmantena kesänä metrin syvyyteen keskustaa kohti. Edellisen tietäen voidaan taulokon 8 perusteella päätellä, miten laajaksi lahovika kehittyy pitkässä tavarassa. Sarake, joka taulukossa osoittaa lahovian määrän yksimetrisen pölkyn keskellä, osoittanee myös hyvin pitkän pölkyn keskimääräisen lahovian. Mitä pitempää tavaraa tehdään, sitä lähemmäksi mainittuja lukuja päästään, koska pölkyn pään vaikutus vähitellen häviää.

Käytettäköönpä mitä tahansa kuorinta-astetta, haapapaperipuun säilymisen kannalta on eduksi tehdä mahdollisimman pitkää tavaraa. Tärkeintä on, että ainakin kuorelliset pölkyt tehdään pitkiksi, mutta myös halkaistuissa ja aisatuissa tehostetaan pölkyn säilymistä huomattavasti sen pituutta lisäämällä. Tämä on sitä edullisempaa, mitä järeämpi tavara on kysymyksessä. Myös puolipuhtaassa haapapaperipuussa lahoviat vähentyvät pölkyn pituuden kasvaessa, mutta tällöin paranee ennen kaikkea ohuitten pölkkyjen säilyminen.

53. Lahovian laatu

Tärkeimmät koivu- ja haapapuussa esiintyvät varastolahottajasienet ovat Ruotsissa Polyporus zonatus, Stereum purpureum, Stereum hirsutum, Corticium evolvens, Daedalea unicolor, Polyporus hirsutus, Polyporus versicolor ja Schizophyllum commune (Björkman 1953). Näistä kolmen viimeksi mainitun levinneisyys rajoittuu Etelä-Ruotsiin, mutta muut esiintynevät meilläkin yleisimpinä haapapuutavaran lahottajasieninä. Vaarallisin laji on Polyporus zonatus, joskin tavallisin on haapapuussa Stereum purpureum. Yleinen Corticium evolvens on jokseenkin vaaraton.

Koivu- ja haapapuuta lahottavat sienet eroavat luonteeltaan olennaisesti havupuutavaraa lahottavista sienistä sikäli, että ne hajoittavat etupäässä ligniiniä jälkimmäisten keskittyessä enemmän selluloosan hajoittamiseen. Seurauksena on, että yhtä suuri tilavuuspainon alentuminen puutavaran

lahotessa aiheuttaa kuusen ja männyn osalta paljon suuremman massasaaliin menetyksen kuin koivun ja haavan osalta. Björkmanin (1953) tutkimuksissa lahovikaisesta koivupuusta saatu sulfaattimassasaalis ei merkittävästi pienentynyt, jos varastointiaika oli vain yksi kesä. Kahden kesän ajan kestävä varastointi johti lahovikaisen puun osalta 5 %:n ja kolmen kesän varastointi 10—20 %:n suuruiseen selluloosasaaliin menetykseen. Haavasta valmistetun viskoosimassan saalis pienentyi vain puolet vastaavista lukemista.

Määrällisten tappioitten lisäksi aiheutuu myös laatutappioita, sillä lahovikaisesta puusta tehdyn massan lujuus- ja väriominaisuudet huonontuvat. Björkmanin (1953) mukaan koivumassan lujuus heikentyy lahovian johdosta enemmän kuin mäntymassan lujuus. Haavasta sulfiittimenetelmällä keitetyn viskoosimassan vaaleus kärsii hänen mukaansa pitkälle kehittyneestäkin lahoviasta vain hyvin vähän, jos massa valkaistaan. Kemikalioiden kulutus tuotantoyksikköä kohti taas on lievästi lahonneessa puussa pienempi kuin terveessä tai pahoin lahonneessa.

Yhden kesän ajan metsävarastossa säilytetyssä haapapuussa laho oli väriltään tummaa. Etenkin kuorellisissa pölkyissä lahon väri oli likaisen ruskea, kun taas puolipuhtaitten värisävy oli vaaleampi vivahtaen joskus myös violettiin. Lahon kehittyessä edelleen toisena kesänä se muuttui vaaleammaksi, niin että ensisilmäyksellä kahden kesän ajan varastoitu haapapuu saattoi näyttää jopa terveemmältä kuin yhden kesän ajan varastoitu. Kun laho muuttui pehmeäksi, mitä tosin tapahtui vain hyvin vähän, se alkoi muistuttaa väriltään tervettä puuta. Tällöin olivat kuitenkin jo lahon puun muut tuntomerkit havaittavissa. Toisena kesänä ilmestyi vaalean lahon oheen harvinaisena myös punertavaa lahoa, joka erottui selvästi ympäristöstään.

Käytännöllisesti katsoen kaikki ensimmäisen kesän aikana syntynyt lahovika oli kovaa, tummaa lahoa. Vielä toisenkin kesän aikana laho säilyi suurimmaksi osaksi kovana, mutta halkaistuissa ja aisatuissa pölkyissä oli kuitenkin noin 5 % kuutiomäärästä pehmeän lahon vallassa. Lisäksi esiintyi pehmeätä lahoa jonkin verran kuorellisten pölkkyjen päissä.

Puun poikkileikkauspinnalla näkyvän lahokuvion muoto osoittaa, että lahosienet ovat riippuvaisia puuaineen kosteudesta. Niinpä puolipuhtaan pölkyn koko pintapuu saattoi saada lahovikaa, jos kuivuminen oli hidasta. Jos taas kuivuminen tapahtui nopeasti, pintapuun uloin osa jäi terveeksi muutaman millimetrin vahvuudelta, mutta pintapuun sisäosaan ilmestyi tummaa lahoa. Samoin halkaistuissa pölkyissä halkaisupinta jäi alhaisen kosteutensa takia kesällä valmistetussa tavarassa usein terveeksi, vaikka lahoa esiintyi muualla pölkyssä runsaanakin. Aisatussa tavarassa taas laho ilmaantui ensimmäiseksi aisausten kohdalle, missä kuivumista ensinnä esiintyi, ja vasta myöhemmin laho levisi myös aisausten väliseen osaan.

Sinistäjäsienillä ei ole haapapuussa yhtä suurta merkitystä kuin kuusi- ja mäntypuussa. Kuitenkin myös haapapuu saattaa sinistyä, jolloin siitä valmistettavan massan väriominaisuudet huonontuvat — ainakin jos massaa ei valkaista.

	50 cm pölkyn päästä	5 cm pölkyn päästä
	Sinistynyttä puuta, % kuutiomäärästä	
Puolipuhdas	3	8
Halkaistu	1	1
Aisattu	2	4
Kuorellinen	1	1

Suurimman laajuuden sinistymä saavuttaa puolipuhtaassa tavarassa, etenkin pölkyn päitten kohdalla, kuten oheinen, kaikkien ristikolle varastoitujen kaatoerien keskimääräistä sinistymää syksyllä 1960 kuvaava asetelma osoittaa. Puolipuhtaitten pölkkyjen sinistyminen tapahtuu suureksi osaksi halkeamien kautta.

6. Tulosten merkitys käytännön kannalta

Kussakin tapauksessa kokonaisuuden kannalta edullisimmaksi havaittavan tavaralajin ja kaatoajan valitsemisella pyritään hankkimaan jalostus- ja käyttöpaikalle hyvälaatuista tavaraa mahdollisimman pienin kustannuksin. Hankintakustannusten alentamiseksi pyritään metsässä tapahtuvasta hakkuutyöstä siirtämään osa väli- tai tehdasvarastoille, missä työ voidaan suorittaa koneellistettuna. Kehitys kulkee siihen suuntaan, että puutavara korjataan metsästä yhä enemmän kuorellisena. Kuljetusteknillisistä syistä ollaan siirtymässä — tai on jo siirryttykin — entistä suurempiin pölkyn pituuksiin.

Hankintakustannuksia alennettaessa ei ole aina kiinnitetty riittävästi huomiota siihen, mikä vaikutus uusilla menetelmillä on puutavaran laatuun. Käsillä olevassa tutkimuksessa on ilmennyt, että jos käytetään suurta pölkyn pituutta ja jätetään puut kuorellisiksi, haapapaperipuun laatu säilyy yhtä hyvänä kuin tehtäessä pölkyt puolipuhtaiksi ja selvästi parempana kuin halkaistaessa tai aisattaessa pölkyt. Edellytyksenä on kuitenkin, että varastointi ei kestä kahta kesäkautta pitempään.

Jo ensimmäisen varastoimiskesän aikana kova, tumma laho leviää hyvin laajalle alueelle lukuun ottamatta sydänpuuta. B j ö r k m a n (1953) on kuitenkin osoittanut, että ensimmäisen kesän jälkeen lahovian vaikutus haapapuusta saatavan selluloosan määrään ja laatuun on vähäinen. Sitä vastoin hänen tutkimustensa perusteella näyttää etenkin kuorellinen haapapinotavara vahingoittuvan kolmannen kesän varastoinnin aikana jo pahoin.

Haapapaperipuu on kaikesta huolimatta varastolahoa vastaan huomattavasti kestävämpää kuin koivupaperipuu. Niinpä laho, vaikka se leviääkin haavassa nopeasti laajalle alalle, on vielä kahdenkin kesän varastoinnin jälkeen pääasiallisesti kovaa. Laholla on näin ollen merkitystä etupäässä värivikana.

Jos haapapaperipuuta valmistetaan kesäaikana tai jos talvella valmistettua haapapaperipuuta jätetään metsävarastoon kesän yli, ei voida välttyä lahovahingoilta. Epäedullisin puolipuhtaan haapapaperipuun valmistusaika on elokuu. Huhti—toukokuu taas saattaa olla sekä talvea että kesää parempi hakkuuaika puolipuhtaalle tavaralle. Puun säilymisen kannalta

päädytään kaatoajasta riippumatta huonoihin tuloksiin, jos haapapaperipuu halkaistaan tai aisataan. Kuorellisen tavaran edullinen valmistusaika alkaa elokuun puolivälissä.

Kuoriminen edistää puun säilymistä tehokkaimmin silloin, kun kysymyksessä ovat ohuet pölkyt. Toisaalta kuorimiskustannukset ovat silloin korkeimmat. Kuorellinen tavara taas säilyy sitä paremmin, mitä järeämpää ja pitempää se on.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että kuorellinen ja puolipuhdas tavara säilyvät paremmin kuin halkaistu ja aisattu. Välittömien hankintakustannusten suuruus ratkaisee, kumpi tavaralaji on lopulta edullisempi. Puolipuhtaan haapapaperipuun hakkuupalkka on yli kaksinkertainen kuorelliseen verrattuna. Kuljetusmatkasta ja -olosuhteista riippuu, milloin on taloudellisesti kannattavaa kuoria puut metsässä. Kuoriminen johtaa tavaran vaatiman pinotilan ja vielä enemmän tavaran painon alentumiseen. Ottamalla huomioon sekä kuoren poistaminen että kuivuminen päädyttiin eri tavaralajien kohdalla ensimmäisen kuivumiskauden aikana seuraaviin painon alentumisiin, joista on jo vähennetty syksyllä tapahtuneen vettymisen vaikutus.

	Puolipuhdas	Halkaistu ja aisattu	Kuorellinen
	Painon alentuminen, %		
Ennen kesäkuuta kaadetut	40—45	25—35	15—20
Elokuussa kaadetut	30—35	10—20	5—10

Koska puolipuhdas tavara vie tilaa vähemmän kuin halkaistu, aisattu ja kuorellinen sekä on myös niitä huomattavasti kevyempää, sitä voidaan maitse kuljettaa muita tavaralajeja pienemmillä kustannuksilla.

Mitä uittokuljetukseen tulee, T u o v i n e n (1961) on osoittanut, että kuorellinen haapapuu on uittamiskelpoista. Uiton aikana kuorellisen haapapaperipuun kosteus ei pääse ainakaan laskemaan, mikä on varmastikin edullista puun säilymisen kannalta. Samoin kuin puun säilyminen myös sen uimiskyky paranee pölkyn pituuden kasvaessa, koska poikkileikkauspintojen kautta tapahtuvan vettymisen vaikutus vähenee.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan haapapaperipuun korjaamista kuorellisena ja mahdollisimman suurta pölkyn pituutta käyttäen pitää edullisena menetelmänä puutavaran säilymisen kannalta.

Kirjallisuutta

Björkman, Erik. 1953. Occurrence of Storage Decay in Birch and Aspen Wood with Special Reference to Experimental Preventive Measures. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. Nr 16.

—»— 1958. Lagringsröta och blånad i skogslagrad barr- och lövmassaved. Kungl. Skogshögskolans Skrifter. Nr 29.

Hakkila, Pentti. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 54.4.

Heiskanen, Veijo. 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioonottasesta varastoinnissa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 41.4.

—»— 1959. Halkaistun, aisatun ja kuorellisen koivupinotavaran kuivuminen ja säilyminen metsävarastossa. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 50.7.

—»— ja Hakkila, Pentti. 1960. Polttohakepuun kuivuminen rasissa. Vuoden 1959 kokeiden tuloksia. Metsätaloudellinen Aikakauslehti n:o 4.

Kohh, E. 1934. Rauimisaja ja halu möötude möjust kase-kŭttepuule. Tartu Ŭlik. Metsaos. Toim. no. 25. Tartu.

Osara, N. A., Pöntynen, V., Erkkilä, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja 36.4.

Peterson, Olov. 1956. Sammanställning av forskningens nuvarande kunskap om virkeskador och deras omfattning vid olika transportsätt. Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära. Uppsats nr 8.

Pöntynen, V. 1931. Suomen puunjalostusteollisuuden raaka-aineen käyttö vuosina 1911—1929. Acta Forestalia Fennica 37.

—»— 1936. Suomen puunjalostusteollisuus raaka-aineen käyttäjänä vuosina 1925—1935. Acta Forestalia Fennica 45.

Tuovinen, Arno. 1955. Koivu- ja haapapuun pilaantuminen. Metsätehon tiedoituksia 112.

—»— 1961. Kuorellisten koivupaperipuunippujen uimiskyvystä. Metsätehon tiedotus 188.

On the seasoning and decay of aspen pulpwood prepared in summertime

SUMMARY

Introduction

Between 1954 and 1959 the Finnish fibre industry processed an average of 155 000 cu. m. (solid measure) of aspen per year. In 1959, however, consumption had already reached 194 000 cu. m. (solid measure), and as a result of the great expansion of the Finnish woodworking industry in the early 1960s the use of aspen as a fibre-wood will probably increase slightly. The chances of such an increase, however, are fairly limited since our available supplies of aspen are low.

The problems involved in storing aspen pulpwood have not hitherto been studied in Finland since the fibre industry is not decisively dependent on the availability of aspen. Of the raw material processed by the fibre industry in 1954—59, only 1.5 per cent was aspen, and of the raw material for the sulphite cellulose industry alone, 1.8 per cent was aspen.

In 1959—60, the Forest Research Institute, Research Section for Forest Technology, conducted an investigation into the seasoning and the keeping qualities of aspen pulpwood stored in forests. Special attention was devoted to the influence of the date of felling and the degree of barking on the decay that occurs during the first summer of storage.

Material

The investigation was carried out in the Ruotsinkylä Experimental Area of the Forest Research Institute, in South Finland. The material consisted of 104 aspen stems, which provided 1 077 one-metre bolts.

Aspen pulpwood was prepared in different seasons in eleven months between June 1959 and August 1960. On each occasion, barked, split, strip-barked and unbarked bolts were made and stacked crosswise for storage. From December 1959 onwards barked bolts were also stored in piles. Where the bolts prepared for piling showed any heart-rot at the moment of felling, they were also split and the rot cut out. Aspen pulpwood is supplied to processing plants in Finland in all the forms investigated.

The minimum diameter of aspen pulpwood is usually 8 or 10 cm. For the present study, the smallest permissible top diameter was set at five centimetres measured under bark. The minimum diameter of split bolts, however, was 10 cm. The average top diameter of barked, strip-barked and unbarked bolts was 11—12 cm excluding bark, while that of split bolts was on an average 3 cm bigger.

Weather conditions during the period of study are given in Table 1. In the summer of 1959 the weather in the area was exceptionally favourable for wood seasoning, whereas in 1960 the weather was not so favourable.

Method of study

Changes in the weight of test bolts were noted by weighing at fixed intervals (Drawings 1—4 and Table 2).

Moisture determinations were made from 1—2 cm thick discs weighed immediately on sawing and again when absolutely dry. Moisture values are given as percentages of dry weight in Tables 3—5.

Most of the moisture samples were collected in October 1960. The same sample discs served to show the amount of storage rot in experimental bolts, by a visual estimate (Tables 4—8).

The moisture and defects caused by rot were determined for each bolt from two discs, one sawn from the middle of the bolt and the other 5 cm from the top or butt end. In calculating mean moisture and rot defect of the bolt the former was weighted by the coefficient 3 and the latter by 1.

Results of the study

Aspen pulpwood is considerably more resistant to storage rot than is birch pulpwood. True, the rot spreads over a vast area, though not in the heartwood, as early as the first summer of storage, but on the other hand the rot usually remains hard even after two summers' storage. Softrot first made its appearance in strip-barked bolts.

If aspen pulpwood is prepared in summertime or if aspen pulpwood prepared in winter is stored in the forest over the summer, damage by rot cannot be avoided. April-May may be better months than summer for felling barked logs. Bolts made in the spring dry fast, thanks to the relatively low humidity, while the low temperature greatly limits fungal action. The most unsuitable period for preparing barked aspen pulpwood is August, when both air humidity and temperature are high so that fungal action is vigorous and has time to spread over large areas before the moisture of the bolt falls too low for effective fungal action.

Irrespective of the date of felling, results for the keeping of wood are poor if aspen pulpwood is split or strip-barked. Pulpwood prepared in the late summer, however, will not have time for so much decay as that prepared in the winter, spring or early summer.

Unbarked pulpwood keeps well if it is not prepared until mid-August or later. Its keeping qualities improve with the size of the bolts, though of barked bolts, the thin ones keep best.

The results of the study show that barked and unbarked aspen pulpwood generally keep equally well if storage is limited to one or at most two summers. By the third summer the position obviously changes in favour of barked goods, though this point was not pursued. Strip-barking and splitting proved to have no favourable effect, from the keeping point of view, since they meant that the wood remained long in a state of half-moisture which provided the rot fungi with ideal conditions for flourishing.

The keeping quality of unbarked wood may be improved by making the bolts as long as possible.

Distance and other transport conditions decide if it is economic to bark the wood in the forest. Taking into account both the removal of bark and drying, the following weight reductions were recorded for the different types during the first seasoning period (the effect of water-logging in the autumn has been deducted):

	Barked	Split and strip barked	Unbarked
		Reduction in weight, per cent	
Trees felled before June	40—45	25—35	15—20
Trees felled in August	30—35	10—20	5—10