METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

45

HELSINKI 1956

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

45

HELSINKI 1956

Helsinki 1956. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES

INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

45

45. 1 Heiskanen, Veijo, 1955. Laadun vaikutus mäntysahatukkien uimiskykyyn ja uittohankaluuteen. *English summary:* The influence of log grade on floating ability and floating difficulty in pine saw logs ..... 1— 24

45. 2 Aaltonen, V. T. 1955. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. II. *Selostus:* Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena II. ..... 1— 21

45. 3 Tikka, P. S. 1955. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. II. Laatu. *Summary:* Structure and quality of aspen stands. II. Quality ..... 1— 54

45. 4 Vahtera, Erkki, 1955. Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. *Deutsches Referat:* Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore ..... 1—108

45. 5 Nyyssönen, Aarne, 1955. Hakkuumäärän arvioiminen kannoista. *Summary in English:* Estimation of the cut from stumps .. 1— 68

45. 6 Viro, P. J. 1955. Investigations on forest litter. Metsäkarike-tutkimuksia ..... 1— 65

45. 7 Sarvas, Risto, 1955. Investigations into the flowering and seed quality of forest trees. *Suomenkielinen selostus:* Tutkimuksia metsäpuiden kukkimisesta ja siemensadon laadusta ..... 1— 37

45. 8 Heiskanen, Veijo, 1955. Laadun vaikutus mäntysahatukkien tekovaikeuteen. *English summary:* The influence of log grade on the cutting difficulty of pine saw logs ..... 1— 59

LAADUN VAIKUTUS MÄNTYSAHATUKKIEN UIMISKYKYYN JA UITTO-HANKALUUTEEN

VEIJO HEISKANEN

THE INFLUENCE OF LOG GRADE ON FLOATING ABILITY AND FLOATING DIFFICULTY IN PINE SAW LOGS

ENGLISH SUMMARY

HELSINKI 1955

Sisällysluettelo.

Sivu

1. Johdanto 3
2. Tutkimusmenetelmä ja -aineisto 5
3. Tutkimuksen tulokset 8
   31. Eri laatuisten sahatukkien uimiskyky 8
      311. Koepuiden uimiskyky veteen pantaessa 8
      312. Koepuiden uimiskyvyn kehitys 11
      313. Mittaukset uitossa 12
   32. Eri laatuisten sahatukkien uittohankaluus 16
      321. Uittohankaluuden riippuvuus uimiskyvystä 16
      322. Uittohankaluuden riippuvuus laatuluokasta 17
   33. Yhdistelmä 18

Kirjallisuutta 19

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

1. Johdanto.

Sahatukkien laatumaksutavan, joka on laatuluokituksen käytön lopullinen päämäärä, edellytyksenä on tuntea eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien hintasuhteet metsässä. Niiden laskemiseksi tarvitaan seuraavat tiedot (vrt. Heiskanen 1951, 1954):

1. Kuhunkin laatuluokkaan kuuluvien tukkien arvo valmiina sahatavarana.

2. Kuhunkin laatuluokkaan kuuluvien tukkien hankinta- ja sahauskustannukset metsästä lautatarhaan. Hankintakustannukset puolestaan voidaan jakaa kahteen osaan, hakkuu- ja kuljetuskustannuksiin, joihin kumpaankin tukin laatuluokka vaikuttaa tavalla tai toisella.

Eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien koesahaukset, joita Siimes (1951, 1954) on suorittanut, selvittävät uusien mäntysahatukkien laatuluokitusohjeiden eri laatuluokkien arvosuhteet valmiina tuotteena (vrt. Heiskanen 1954). Hankintakustannukset vaativat eri selvityksen, ja tässä tutkielmassa on tarkoitus tutkia eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien kuljetuskustannuksissa mahdollisesti esiintyviä eroja.

Sahatukkien laadun vaikutus kustannuksiin on erilainen eri kuljetustavoissa. Maakuljetuksissa erot eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien kuljetuskustannusten välillä ovat varsin vähäisiä ja merkitykseltään vain teoreettisia. Oksaisten tai lenkojen tukkien kuormaus kuljetusvälineeseen miesvoimin saattaa olla jonkin verran enemmän työtä vaativaa kuin sileäpintaisten ja suorien puiden käsittely. Samoin lenkoja tukkeja saadaan sopimaan auto- ja rautatiekuormiin vähemmän kuin suoria puita. Lisäksi voimakkaasti kapenevien tukkien kuljetus on latvamittausta käytettäessä kaupallista yksikköä kohden hankalampaa kuin tasapaksujen vähän kapenevien tukkien käsittely. Toisaalta on havaittu, että tukin laatuluokan ja kapenemisen välillä vallitsee positiivinen korrelaatio (Siimes 1951, Kauppinen 1951). Mutta, kuten jo mainittiin, näillä eroilla ei ole käytännöllistä merkitystä ainakaan asiaa laatuluokituksen kannalta tarkasteltaessa.

Uitossa asia on toinen, sillä yleisesti myönnetään, että oksaiset tukit ovat uitto-ominaisuuksiltaan huonompia kuin vähäoksaiset. Oksaisuus on

myös tärkein sahatukkien laatuluokkaan vaikuttavista tekijöistä (Heiskanen 1954, vrt. myös Lappalainen 1950, Kauppinen 1951).

Tähän mennessä suoritettujen tutkimusten tulokset osoittavat seuraavia säännönmukaisuuksia oksaisuuden vaikutuksesta puun uitto-ominaisuuksiin:

1. Oksaiset pölkyt ovat yleensä kuivalta painoltaan kevyempiä kuin vähäoksaiset puut (esim. Klem 1930, 1934).

2. Oksaisten pölkkyjen tuore paino on suuremman vesipitoisuuden vuoksi kuitenkin usein korkeampi kuin vähäoksaisten (vrt. Helander 1922, Kinnman 1925, Siimes 1938, Jalava 1952).

3. Oksaiset pölkyt kuivuvat nopeammin kuin vähäoksaiset, mikä johtuu niiden suuremmasta vuosiluston paksuudesta, suuremmasta vesipitoisuudesta ja oksista, jotka suovat hyvän haihtumispinnan (Nylinder 1951, Callin 1952, vrt. myös Löf 1907, 1914 ym.).

4. Oksaiset pölkyt imevät itseensä vettä nopeammin kuin vähäoksaiset. Syyt tähän ovat samat kuin edellisessä kohdassa (Ekman 1908, Helander 1922, Jalava 1952 ym.).

Jotkut tekijät siis vaikuttavat oksaisten pölkkyjen uitto-ominaisuuksia, uimiskykyä, parantavasti ja toiset taas niitä huonontavasti. Kaikkien tekijöiden yhteisvaikutus aiheuttaa yleensä sen, että oksaiset pölkyt ovat uimiskyvyltään huonompia kuin vähäoksaiset puut (Oksala 1936, Vuoristo 1938, Wegelius 1939).

Uimiskyky puolestaan vaikuttaa hyvin selvästi uittohankaluuteen, kuten Vuoriston (1938) tutkimukset osoittavat.

Mainittakoon myös, että Seppäsen (1947) mukaan oksaisten latvapölkkyjen uppoamishäviö on suurempi kuin vähäoksaisten tyvipölkkyjen uppoaminen (vrt. Oksala 1936, Löf 1907, 1914, Helander 1922, Jalava 1952). Siimes (1954) puolestaan arvelee, että tukkien lenkous vaikeuttaa uittoa.

Näyttää siis siltä, että oksaisuus vaikuttaa selvästi puiden uittohankaluuteen. Kun oksaisuus on tärkein sahatukkien laatuun vaikuttavista tekijöistä, kuten edellä mainittiin, ja kun muistakin laatutekijöistä osa vaikuttaa uittoon, on syytä tutkia perusteellisesti esiintyvätkö todetut erot uitto-ominaisuuksissa myös laatuluokituksen puitteissa. Käsillä olevan tutkimuksen tarkoituksena onkin tutkia eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien uittohankaluutta ja selvittää, onko eri luokkien välillä olemassa huomion arvoisia eroja uittohankaluudessa ja siis uittokustannuksissa. Muut uittokustannuksiin vaikuttavat tekijät, uittohäviö ja uiton aikana puihin syntyvät vikaisuudet jätetään tässä yhteydessä käsittelemättä.

Esillä oleva tutkimus kuuluu osana mäntysahatukkien laatuluokitusta selvittäviin tutkimuksiin, joita on metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osastolla tehty jo usean vuoden ajan. Tutkimusta tehtäessä on saatu apua usealta eri taholta. Erikoisesti on kiitettävä Kymin Oy:n metsäosastoa.

2. Tutkimusmenetelmä ja aineisto.

Eri laatuisten sahatukkien uittohankaluuden tutkimiseksi on olemassa kaksi tietä. Ensinnäkin tutkimus voidaan suorittaa samalla tavoin kuin V u o r i s t o (1938) teki uittohankaluustutkimuksissaan, s. o. tutkimalla eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien osuus sekä veteenpannuista että uittohäiriöitä aiheuttaneista puista. Saatujen osuuksien avulla voidaan laskea eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien suhteellinen taipumus aiheuttaa uittohäiriöitä. Suhdelukujen ja aikatutkimustulosten, jotka osoittavat kuinka paljon aikaa kuluu eri paikoissa uittohäiriöitä aiheuttaneiden puiden väylään saattamiseen, avulla määritetään lopuksi suhteelliset uittohankaluudet.

Tämä pitkä ja kustannuksia vaativa tie katsottiin kuitenkin tarpeettoman monimutkaiseksi ja kalliiksi, sillä em. V u o r i s t o n tutkimuksen tuloksiin nojautuen voitiin kokeet suorittaa toisella, tuntuvasti halvemmalla tavalla. Tutkittiin vain eri laatuisten tukkien uimissyvyys (= uimiskyky) ja saatujen lukujen avulla voitiin V u o r i s t o n tutkimuksen tuloksia hyväksi käyttäen laskea erilaisten tukkien suhteellinen uittohankaluus.

Tutkimustyöt jakaantuivat kahteen osaan: Pienen 100 pölkkyä käsittävän koesuman (A) avulla selvitettiin eri laatuisten tukkien uimissyvyys veteen pantaessa ja sen kehittyminen uiton aikana, ja uitossa mitattiin lisäksi useiden n. 1 000 tukin erien eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien uimiskykyluokka V u o r i s t o n (1938) luokittelua käyttäen.

Koesuma sisälsi, kuten mainittiin, 100 kuorittua mäntytukkia, jotka valittiin n. 85 vuotiaasta metsästä hakatuista tukeista siten, että koe-erään

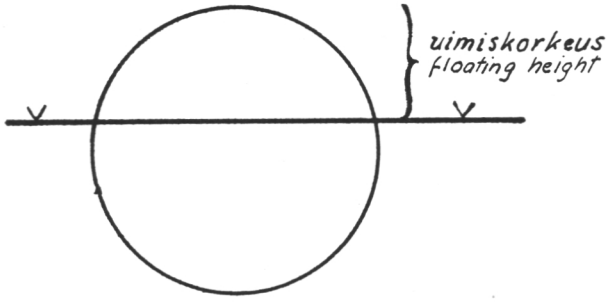
Taulukko 1. Koepuiden ominaisuudet Mäntyharjun koesumassa A

Table 1. Characteristics of trial logs in the Mäntyharju trial group A

Tukin asema *Position of log*	Oksaisuusluokka *Knottiness class*	Koepuita kpl. *Number of sample bolts*	Latvaläpimitta cm *Top diameter cm*	Pituus m *Length, m*	Sydänpuita % *Heartwood per cent*
tyvi — *butt*	I	13	25.0	4.57	20.4
»	II	21	23.7	4.53	23.9
»	III	16	23.9	4.57	22.9
latva — *top*	II	3	22.5	4.36	20.1
»	III	47	19.1	4.57	20.3

tuli kaikkien luokkien pölkkyjä. Koetukeista, joiden tärkeimmät keskimääräiset ominaisuudet on esitetty oksaisuusluokittain taulukossa 1, mitattiin seuraavat mitat: Pituus, tyvi- ja latvaläpimitat, suurin oksa, sydänpuun läpimitta sekä määritettiin laatuluokka metsäntutkimuslaitoksen ja valtion teknillisen tutkimuslaitoksen laatimien liitteenä 1 olevien luokitusohjeiden mukaan (Heiskanen 1950 a, 1950 b). Lisäksi määritettiin oksaisuusluokka, jossa otettiin luokitteluohjeissa mainituista vioista huomioon vain oksat ja oksankyhmyt (Heiskanen 1954). Koetukkeihin maalattiin öljymaalilla juokseva numero.

Veteenvierityksen yhteydessä, joka tapahtui 2. 6. 49, mitattiin jokaisen tukin tyvi- ja latvapään uimiskorkeus kuvan 1 osoittamalla tavalla. Uimiskorkeudella tarkoitetaan siis puun pystysuoran halkaisijan vedenpäällisen



Piirros 1. Uimiskorkeuden mittaustapa.
Sketch 1. Method of measuring floating height.

osan pituutta. Tukin pään suhteellisella uimiskorkeudella tarkoitetaan uimiskorkeuden prosenttista osuutta tukin ao. pään läpimitasta. Koko tukin suhteellisella uimiskorkeudella, jonka muodossa tulokset esitetään, tarkoitetaan tyvi- ja latvapään suhteellisten uimiskorkeuksien aritmeettista keskiarvoa. Mittaukset uudistettiin kesällä 1949 viisi kertaa, nim. 26. 6., 20. 7., 14. 8., 8. 9. ja 3. 10. Seuraavana kesänä tehtiin mittaukset kolme kertaa, 16. 5., 10. 6. ja 17. 7., jolloin koe lopetettiin osittain siitäkin syystä, että osa numeroista oli huuhtoutunut pois.

Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien uimiskorkeutta veteenpantaessa tutkittiin myös toisessa 384 tukkia käsittävässä tukkierässä Mäntyharjulla (koesuma B) ja 100 tyvitukkia sisältävässä erässä Hirvensalmella keväällä 1951.

Varsinaisessa uitossa tutkittiin uimiskyvyn todellisia suhteita kymmenessä eri paikassa Kokemäenjoen, Kymijoen ja Saimaan vesistöissä. Kussakin paikassa aineisto käsitti n. 1 000 tukkia. Yhteensä mitattiin 11 065 tukkia, joiden jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Uitossa mitattujen tyvi-, väli- ja latvatukkien jakaantuminen eri oksaisuusluokkiin

Table 2. Division into knottiness classes of butt, middle and top logs measured during floating

Tukin asema *Position of log*	Osaisuusluokka —*Knottiness class*							
	I		II		III		Yhteensä — *Total*	
	kpl. *no. of logs*	%	kpl. *no. of logs*	%	kpl. *no. of logs*	%	kpl. *no. of logs*	%
Tyvitukit — *Butt logs*	2 377	41.0	1 876	32.3	1 550	26.7	5 803	100.0
Välitukit — *Middle logs*	107	5.8	322	17.5	1 406	76.7	1 835	100.0
Latvatukit — *Top logs*	33	1.0	172	5.0	3 222	94.0	3 427	100.0
Yhteensä — *Total*	2 517	22.7	2 370	21.4	6 178	55.9	11 065	100.0

Näistä tukeista arvioitiin läpimitta kahdessa luokassa, alle 9″ sekä 9″ ja sitä suuremmat, laatu- ja oksaisuusluokat sekä uimiskyky Vuoriston (1938) seuraavan luokituksen perusteella (vrt. Tuovinen 1949):

1. Hyvä — Vähintään ⅓ puun läpimitasta veden pinnan yläpuolella.
2. Normaali — Vähintäin ¼ puun läpimitasta veden pinnan yläpuolella.
3. Huono — Puun pinta koko pituudeltaan veden pinnan yläpuolella.
4. Rampa — Puun pinta osittain veden pinnan alla.

Kaikki laskelmat on tehty oksaisuusluokkiin perustuen, jolla tavoin on eliminoitu harvinaisten vikojen, kuten esim. korojen yms. laskelmia mahdollisesti haittaava vaikutus. Vasta lopuksi tarkastellaan laatu- ja oksaisuusluokan vaikutuksen eroavuuksia. Tällä tavoin jää tosin lahon ja muiden oksaisuudesta riippumattomien tekijäin mahdollinen vaikutus uitto-ominaisuuksiin huomioon ottamatta, mutta lahoa lukuunottamatta tämä vaikutus lienee varsin vähäinen. Laho puolestaan on sahatukissa varsin harvinainen ominaisuus, joten syntyvällä virheellä ei ole mitään merkitystä.

3. Tutkimuksen tulokset.

31. Eri laatuisten sahatukkien uimiskyky.

311. Koepuiden uimiskyky veteen pantaessa.

Johdannossa todettiin, että oksaisuuden vaikutus puutavaran uittoominaisuuksiin on kahdenlainen: oksaiset pölkyt ovat yleensä puuainekseltaan kevyempiä kuin vähäoksaiset kappaleet, ja lisäksi oksaisuus tekee kuivumistapahtuman nopeaksi, mutta toisaalta oksaiset kappaleet imevät vettä itseensä nopeammin kuin vähäoksaiset pölkyt. Tuntuukin siltä, että eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien uimiskorkeuksien väliset suhteet vaihtelevat uittoajan pituudesta johtuen. Mäntyharjun ja Hirvensalmen koesumista koetettiinkin sen vuoksi selvittää eri laatuluokkiin kuuluvien sahatukkien uimissyvyyden vaihtelut vedessä oloajasta riippuen.

Kuten tutkimusmenetelmää selostettaessa jo mainittiin, koetukkien uimiskorkeus mitattiin ensimmäisen kerran heti veteen vierityksen jälkeen. Koesumasta B Mäntyharjulla laskettiin myös uimiskorkeus oksaisuudeltaan erilaisissa tukeissa, käyttämällä suurimman oksan kokoa oksaisuuden osoittajana (vrt. H e i s k a n e n 1954). Taulukossa 3 on esitetty ko. koesuman tyvitukkien uimiskorkeuden riippuvuus tukin suurimman oksan koosta.

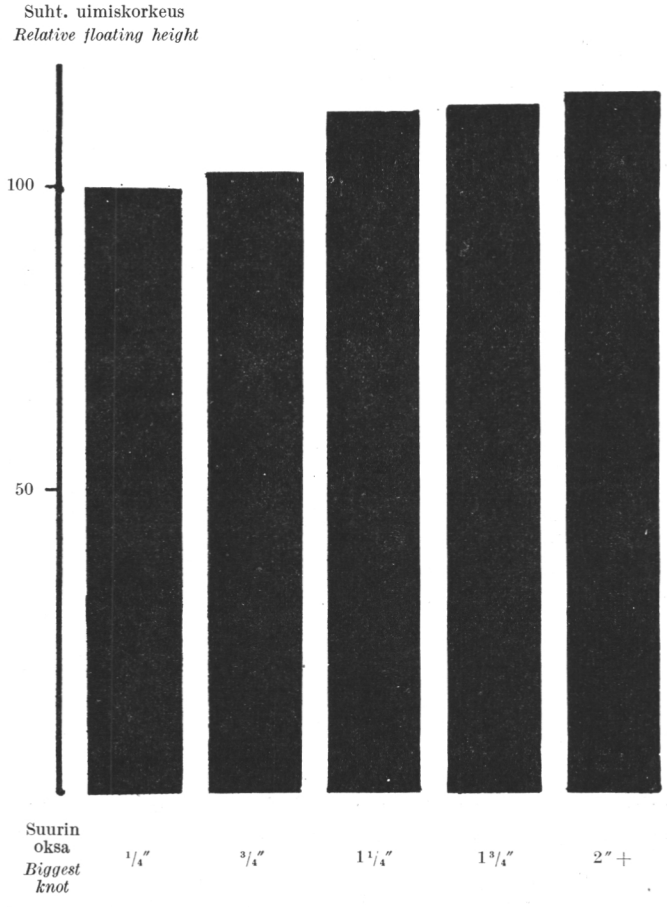
Taulukko 3. Tyvitukkien uimiskorkeus veteen pantaessa ja sen riippuvuus suurimmasta oksasta (Koesuma B)

Table 3. Floating height of butt logs when placed in water, and its dependence upon the largest knot

Suurin oksa " *Biggest knot, in.*	Koepuita kpl. *No. of sample logs*	Leskim latvaläpimitta, cm *Aver. top diameter cm*	Uimiskorkeus	
			cm	%
0	12	27.70	10.00	36.1
1/8—1/2	25	26.92	9.61	35.7
5/8—1	58	27.52	9.84	35.8
1 1/8—1 1/2	70	28.66	11.19	39.0
1 5/8—2	41	29.00	11.33	39.1
2 1/8+	11	27.91	11.50	41.2

Taulukosta havaitaan, että tukin veden päällä oleva osa on sitä suurempi mitä suurempi tukin suurin oksa on. Kun jokaisessa oksansuuruusluokassa tukkien läpimitta on suunnilleen yhtä suuri ja kun on kysymys vain tyvitukeista, voidaan tulosten katsoa osoittavan, että oksaiset tukit kuivuvat nopeammin kuin vähäoksaiset, (vrt. L ö f 1907, 1914, N y l i n d e r 1950). Esillä olevan tutkimuksen aiheeseen sopivaksi muunnettuna tämä päätelmä kuuluu: Oksaisten pölkkyjen uimiskyky on uiton alkaessa parempi kuin vähäoksaisten kappaleiden.

Sama suuntaus on havaittavissa myös mainitun koesuman kaikkien 384 pölkyn uimiskorkeuksista, jotka on kuvattu suhdelukuina piirroksessa 2. Erot eivät siis ole suuret, mutta perin selvät. On kuitenkin muistettava, että ko. puut olivat saaneet olla kuivumassa aivan kesäkuun alkuun saakka, siis tavallista pitemmän ajan. Kun tiedetään, että toukokuu on yleensä



Piirros 2. Suhteellisen uimiskorkeuden riippuvuus tukin suurimmasta oksasta veteen pantaessa.
Sketch 2. Dependence of relative floating height upon the largest knot of the log when placed it water.

parhain kuivumiskuukausi (esim. Ekman 1908, Heiskanen 1953) ja kun erot ovat suhteellisen pienet, voi suhde aikaisin veteen pannuissa puissa olla päinvastainenkin.

Tämä oksaisuudeltaan erilaisten tukkien erilainen uimiskyky ilmenee myös oksaisuusluokkien puitteissa, kuten taulukosta 4 nähdään. Siinä on esitetty molempien Mäntyharjun sumien eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien suhteellinen uimiskorkeus heti veteen vierityksen jälkeen.

Taulukko 4. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien suhteellinen uimiskorkeus veteen pantaessa

Table 4. The relative floating height of logs of different knottiness classes when placed in water

Koesuma *Sample parcel*	Koepuita, kpl. *No. of sample logs*	Tyvet *Butts*			Välit ja latvat *Middles and tops*			Yhteensä *Total*		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
		Suhteellinen uimiskorkeus — *Rel. floating height*								
Mäntyharju A	100	37.4	39.2	41.8	—	36.9	41.5	37.4	38.9	41.6
» B	384	34.1	38.1	40.2	—	41.4	41.0	34.1	38.5	40.7
Keskim. — *Aver.*		35.8	38.7	41.0	—	39.2	41.3	35.8	38.7	41.2

Taulukko 4 osoittaa, että keskimäärin uimiskyky on hyvien oksaisuusluokkien tyvi- ja latvatukeissa parempi kuin huonoihin luokkiin kuuluvissa tukeissa. Kummassakin koesumassa I luokan tukkien suhteellinen uimiskorkeus on pienempi kuin II ja III luokan tukkien suhteellinen uimiskorkeus. Myös II ja III luokka eroavat toisistaan. Uiton alkaessa siis (perusteellisesti kuivuneiden) oksaisten, huonolaatuisten mäntytukkien uitto-ominaisuudet ovat paremmat kuin vähäoksaisten, hyvälaatuisten pölkkyjen vastaavat ominaisuudet. Erot uimiskorkeudessa ovat aineiston mukaan n. 6—7 % laatuluokasta toiseen siirryttäessä.

Myös Hirvensalmen koesuman mittaukset osoittavat eroja eri oksaisuusluokkien välillä. Suhteelliset uimiskorkeudet olivat:

I 32.1 %
II 34.2 »
III 34.1 »

On mielenkiintoista verrata myös tyvi- ja latvatukkeja toisiinsa. Taulukosta 4 havaitaan, että tyvitykkien uimiskorkeus II ja III oksaisuusluokissa on suunnilleen sama kuin latvatukeillakin. Latvatukkien joukossa on kuitenkin enemmän oksaisia, huonoihin oksaisuusluokkiin kuuluvia tukkeja, joten veteen pantaessa latvatukkien suhteellinen uimiskorkeus on keski-

määrin suurempi kuin tyvitukkien (vrt. Helander 1922), kuten seuraavat Mäntyharjun koesumien tyvi- ja latvatukkien keskimääräiset suhteelliset uimiskorkeudet osoittavat.

	Tyvet	Latvat
A	39.6 %	41.2 %
B	38.2 »	41.1 »
Keskimäärin	38.9 »	41.1 »

Uiton alkaessa siis hyvin kuivuneiden latvatukkien uitto-ominaisuudet ovat paremmat kuin tyvitukkien (vrt. Löf 1914, Callin 1952).

312. Koepuiden uimiskyvyn kehitys.

Kun oksaiset, huonolaatuiset pölkyt kuivuvat nopeammin kuin hyvälaatuiset pölkyt, on odotettavissa, että ne myös imevät vettä itseensä nopeammin kuin hyviin oksaisuusluokkiin kuuluvat pölkyt (vrt. s. 4). Mäntyharjun koesuma A:n puiden uimiskyvyn kehittymistä seurattiinkin yli vuoden ajan tämän kysymyksen selvittämiseksi. Taulukossa 5 on esitetty eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tyvi- ja latvatukkien uimiskorkeus eri mittausaikoina suhdelukujen avulla, merkitsemällä alkuperäistä uimiskorkeutta suhdeluvulla 100.

Taulukko 5. Eri oksaisuusluokkien uimiskorkeuden suhteellinen kehitys (Koesuma A)

Table 5. The relative development of floating height of logs of different knottiness classes

Mittaus no *Measuring*	Tyvitukit — *Butt logs*			Latvatukit — *Top logs*			Keskim. — *Average*		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Uimiskorkeus %:na alkuperäisestä — *Floating height per cent of original*								
1	100.0	100.0	100.0	..	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2	94.0	90.5	91.5	..	91.5	91.8	94.0	90.6	91.6
3	92.0	88.5	88.2	..	90.6	89.4	92.0	88.8	89.0
4	90.9	87.5	87.3	..	90.6	86.5	90.9	81.8	85.3
5	86.3	80.3	82.7	..	76.4	78.8	86.3	79.8	80.0
6	77.4	74.0	77.3	..	68.9	69.6	77.4	73.3	72.2
7	70.2	64.5	70.0	..	58.6	60.6	70.2	63.7	63.8
8	67.0	62.5	66.4	..	56.6	56.7	67.0	61.6	59.9
9	62.3	59.1	64.3	..	51.9	51.7	62.3	58.0	55.8

Taulukkoa tarkasteltaessa nähdään, että sekä tyvitukeissa että toisaalta myös latvatukeissa eri oksaisuusluokkien tukkien uimiskorkeuden suhteellisessa muuttumisessa ei ole selvää suuntaa hyvien eikä huonojen tukkien hyväksi. Yhdistettäessä koko aineisto havaitaan, että keskimäärin III luo-

kan tukkien uimiskyky on huonontunut nopeammin kuin II oksaisuusluokan tukkien uimiskyky, ja I luokan tukit ovat säilyttäneet uimiskykynsä parhaiten.

Syynä tähän oksaisten tukkien uimiskyvyn nopeampaan huononemiseen on ollut ensi sijassa niiden vähäoksaisia puita pienempi läpimitta ja niiden kuuluminen suurimmaksi osaksi latvatukkeihin. Latvatukit ovat näet menettäneet uimiskykyään huomattavasti enemmän kuin tyvitukit. Tyvitukin uimiskorkeus on pienentynyt tutkimusaikana vain 38 %:lla, mutta latvatukkien uimiskorkeuden huononeminen on ollut miltei 50 % (vrt. Tuovinen 1949).

Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien suhteellinen uimiskorkeus oli koeajan päättyessä 17. 7. 50 seuraava:

I	23.1 %
II	22.1 »
III	23.0 »

Eri oksaisuusluokkien välillä ei siis enää ole havaittavissa eroja, kuten uiton alkaessa oli laita. Myös Tuovinen (1949) totesi paperipuuta tutkiessaan, että oksaisuuden vaikutus uimiskykyyn on verrattain heikko.

Tyvitukkeja ja latvatukkeja toisiinsa verrattaessa havaitaan tyvitukkien suhteellisen uimiskorkeuden jo olevan suuremman kuin latvatukkien Keskiarvot ovat seuraavat:

latvatukit	21.3 %
tyvitukit	24.6 »

On myös mielenkiintoista tutkia tukkien tyvi- ja latvapään uimiskorkeutta uiton päättyessä. Tyvitukkien kummankin pään suhteellinen uimiskorkeus oli käytännöllisesti katsoen sama, tyvi 25.2 % ja latva 25.5 %, mutta latvatukeissa erot olivat selvät. Tyvipäiden keskim. suhteellinen uimiskorkeus oli 21.8 %, mutta latvapäiden vain 16.2 %. Latvatukkien latvapää menettää siis uimiskykynsä nopeammin kuin tyvipää (vrt. Helander 1922).

313. Mittaukset uitossa.

Koesumien mittaukset osoittavat vain ne suhteet, jotka ovat vallalla eri oksaisuusluokkien välillä, mutta niiden avulla ei saada selville todellisia uitossa vallitsevia eroja. Tähän on olemassa kaksikin syytä. Ensinnäkin kaikki koepuut olivat kuivuneet melko kauan, joten ne lienevät olleet normaalia kuivempia ja kevyempiä veteen pantaessa. Toinen syy on se, että

olosuhteet paikallaan seisovassa sumassa eivät ole samat kuin uitossa, jossa puut ovat jatkuvasti liikkeessä ja jossa ne siis tulevat joka puolelta veden kanssa tekemisiin. Senvuoksi tehtiinkin mittauksia myöskin varsinaisessa uitossa kymmenessä eri paikassa. Näissä mittauksissa, kuten edellä mainittiin, arvioitiin puiden uimiskyky neljässä luokassa V u o r i s t o n (1938) käyttämän luokituksen mukaisesti (ks. s. 7).

Taulukossa 6 on esitetty erikseen isojen ($\geq 9''$) ja pienien ($< 9''$) tukkien keskimääräinen uimiskykyluokka eri mittauksissa.

Taulukko 6. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien keskimääräinen uimiskykyluokka

Table 6. The average buoyancy class of logs different knottiness classes

Mittaus no *Measuring*	Vedessä oloaika, pv *Floating time, days*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*			
		I	II	III	Keskimäärin *Average*
		Keskim. uimiskykyluokka — *Aver. boyancy class*			
		Suuret tukit ($\geq 9''$) — *Big logs (≥ 9 in.)*			
1	10	1.07	1.07	1.07	1.07
2	20	1.74	1.60	1.39	1.55
3	20	1.42	1.50	1.29	1.39
4	40	1.11	1.24	1.12	1.14
5	60	2.00	1.92	1.94	1.95
6	60	1.81	1.78	1.65	1.74
7	70	1.51	1.74	1.37	1.50
8	70	2.26	2.06	1.96	2.09
9	100	2.29	2.03	2.00	2.10
10	Talv.	2.17	1.85	1.92	1.98
Keskim. — *Average*		1.74	1.68	1.57	1.65
		Pienet tukit ($< 9''$) — *Small logs (< 9 i)*			
1	10	1.21	1.16	1.43	1.36
2	20	1.72	1.67	1.96	1.85
3	20	1.82	1.78	2.21	2.11
4	40	1.49	1.52	1.62	1.57
5	60	2.29	2.28	2.34	2.31
6	60	2.09	1.92	1.96	1.99
7	70	1.68	1.81	2.38	2.12
8	70	2.34	2.12	2.20	2.22
9	100	2.59	2.52	2.58	2.57
10	Talv.	2.51	2.53	2.47	2.49
Keskim. — *Average*		1.97	1.93	2.12	2.06

Taulukosta ilmenee, että pienten tukkien keskim. uimiskyky on ollut jokaisessa mittauksessa huonompi kuin suurten tukkien, mikä johtunee paitsi läpimitasta myös siitä, että niiden joukossa on enemmän latvatukkeja kuin suurissa tukeissa. Myös nähdään, että uimiskyky huononee uitto-

ajan pidetessä melko suoraviivaisesti. Se ilmenee seuraavasta asetelmasta, jossa on esitetty alle 1 kk:n, 1—2k k. ja yli 2 kk. vedessä olleiden suurten tukkien keskiarvoiset uimiskykyluokat:

Vedessä oloaika	Oksaisuusluokka I	II	III	Keskim.
< 1 kk.	1.4	1.4	1.3	1.3
1—2 kk.	1.6	1.6	1.6	1.6
> 2 kk.	2.1	1.9	1.8	1.9

Pienten tukkien vastaavat keskimääräiset uimiskykyluokat olivat seuraavat:

Vedessä oloaika	Oksaisuusluokka I	II	III	Keskim.
< 1 kk.	1.6	1.5	1.9	1.8
1—2 kk.	2.0	1.9	2.0	2.0
> 2 kk.	2.3	2.3	2.4	2.4

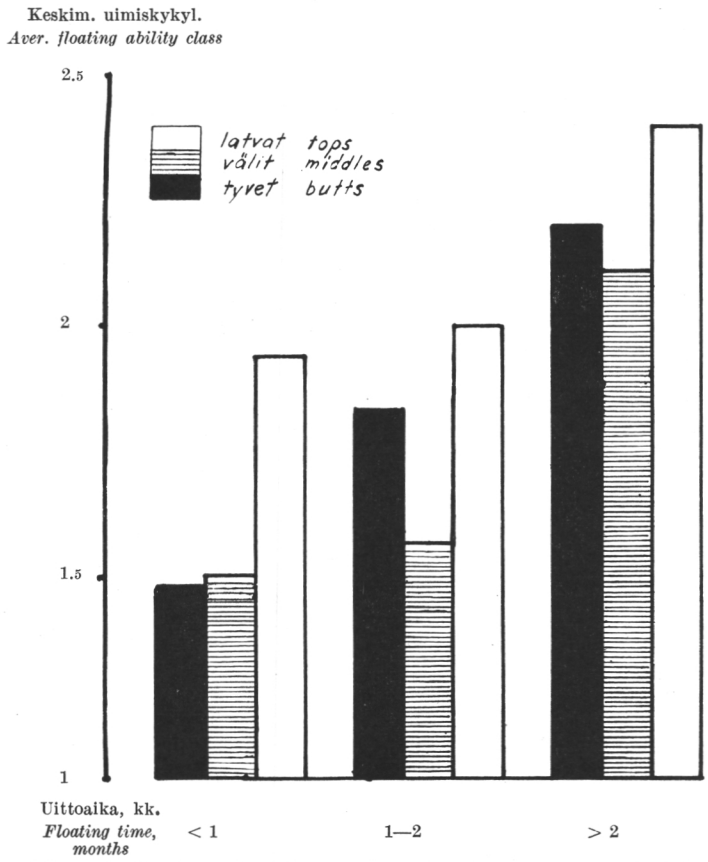
Vertailtaessa eri oksaisuusluokkien tukkeja läpimittaluokittain toisiinsa nähdään, että varsin selviä eroja eri oksaisuusluokkien uimiskykyjen välillä ei ole olemassa etenkään isoissa tukeissa. Kuitenkin III luokan tukkien uimiskyky on vastoin odotuksia paras kaikissa tapauksissa. Pienistä tukeista III luokkaan kuuluvat pölkyt ovat sensijaan uimiskyvyltään selvästi huonommat kuin I ja II luokan tukit. Erot ovat kuitenkin odottamattoman vähäiset. Jos lasketaan keskiarvot koko aineistolle, havaitaan jo selvät erot etenkin I ja II sekä toisaalta III oksaisuusluokkien tukkien välillä, kuten seuraavasta asetelmasta nähdään. Siinä on esitetty koko aineiston keskiarvoiset uimiskykyluokat oksaisuusluokittain:

Vedessä oloaika	I	II	III
	Keskim. uimiskyky		
< 1 kk.	1.5	1.5	1.7
1—2 kk.	1.8	1.8	1.9
> 2 kk.	2.2	2.2	2.3

Nämä erot eivät kuvaa eroja uittohankaluudessa, jonka laskemiseksi uimiskykyhavainnot on tehty. Uittohankaluuteen vaikuttaa näet myös tukin läpimitta, ja sen vaikutus eri oksaisuusluokkien uittohankaluuteen on päinvastainen kuin uimissyvyyden. Pienet tukit ovat helpompia uittaa kuin suuret tukit (Vuoristo 1938). Toisaalta taas III luokan tukkien keskiläpimitta on huomattavasti II ja I luokan tukkien läpimittaa pienempi. Tarkasteltaessa uittohankaluuden kannalta tukkien uimiskykyä se on siis suoritettava läpimittaluokittain. Edellä havaittiin, että erot eri oksaisuus-

luokkien tukkien uimiskyvyn välillä kummassakin läpimittaluokassa ovat sangen vähäiset, joten oksaisuuden vaikutus uimiskykyyn on siis varsin pieni.

On kuitenkin syytä esittää myös eri asemassa olevien tukkien keskimääräiset uimiskykyluokat, koska ne luovat valaistusta tyvi-, väli- ja latvatukkien uitto-ominaisuuksien välisiin suhteisiin. Aineiston mukaiset keskiarvot on esitetty piirroksessa 3.



Piirros 3. Tyvi-, väli- ja latvatukkien keskimääräinen uimiskykyluokka.
Sketch 3. Average buoyancy class of butt, middle and top logs.

Piirroksesta nähdään, että yleensä välitukkien uimiskyky on parhain ja latvatukkien puolestaan huonoin. Välitukit ovat siis uitto-ominaisuuksiltaan parhaita ja latvatukit selvästi huonoimpia. Huomiota herättää, että jo alle yhden kuukauden vedessä olleiden latvatukkien uimiskyky on huonompi kuin tyvi- ja välitukkien. Tulos on päinvastainen, kuin koesuma-aineiston osoittama suunta. Syynä tällaiseen eroon on se, että uitossa tutkitut puut

olivat ehtineet kuivua huomattavasti vähemmän aikaa kuin koesumien puut. Toinen tekijä, joka vaikuttaa tähän suuntaan, on se, että pitemmän aikaa uitossa olleista sumista ovat uitto-ominaisuuksiltaan huonoimmat ehtineet jo upota. Uponneista puista suurin osa on taas latvatukkeja, kuten esim. Seppäsen (1947) tutkimukset osoittavat. Niiden mukaan uponneista mäntytukeista on 24 % tyvi- ja välitukkeja sekä 76 % latvapölkkyjä.

Piirros osoittaa vielä, että puiden uitto-ominaisuudet huononevat hyvin nopeasti uittoajan pidetessä (ks. s. 11).

32. Eri laatuisten sahatukkien uittohankaluus.

321. Uittohankaluuden riippuvuus uimiskyvystä.

Esitettyjen eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien uimiskykyluokkien ja Vuoriston (1938) uittohankaluustutkimusten tulosten avulla voidaan laskea eri oksaisuusluokkien suhteellinen uittohankaluus.

Vuoriston tutkimusten mukaan uimiskyvyltään erilaisten tukkien suhteellinen taipumus aiheuttaa uittohäiriöitä oli Hartolan ja Kymin väylien keskiarvona seuraava:

Kellumiskyky		Rantaan jäänti	Puomin taakse jäänti	Ruuhkautuminen
		Suht. taipumus uittohäiriöön		
Hyvä	(1)	0.33	0.45	0.61
Normaali	(2)	0.98	0.48	0.95
Huono	(3)	1.35	3.33	1.33
Rampa	(4)	2.30	13.70	1.90

Erot eri uimiskykyluokkien välillä ovat siis hyvin selvät. Näiden sekä erilaisissa paikoissa uittohäiriöitä aiheuttaneiden kuorittujen havutukkien väylään saattamisen vaatiman työajan avulla voidaan laskea eri uimiskykyluokkien uittohankaluus. Työajat ovat Vuoriston (1938) mukaan seuraavat:

Rannalle jääneet puut	5.17 min/j³
Puomin takana olevat puut	1.37 »
Ruuhkassa olevat puut	12.18 »

Esitettyjen lukujen avulla lasketut eri uimiskykyluokkien uittohankaluussuhdeluvut (Hyvä = 100) ovat seuraavat:

1. Hyvä	100
2. Normaali	177
3. Huono	284
4. Rampa	540

322. Uittohankaluuden riippuvuus laatuluokasta.

Kuten edellä on nähty, oksaisuusluokan vaikutus tukkien uimiskykyyn kussakin läpimittaluokassa on varsin heikko, milteipä olematon. Kun uittohankaluutta on myös tarkasteltava läpimittaluokittain, voidaan olla vakuuttuneita, että erot eri oksaisuusluokkien välillä ovat vähäiset. Niin onkin laita, kuten taulukosta 7 nähdään.

Taulukko 7. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien suhteellinen uittohankaluus

Table 7. The relative floating difficulty of logs of different knottiness classes

Oksaisuusluokka *Knottiness class*	Pienet tukit *Small logs*	Suuret tukit *Big logs*
	Vedessä oloaika > 2 kk. *Floating time > 2 months*	
I	227	207
II	215	184
III	241	177
Yhteensä — *Total*	233	188
	Vedessä oloaika 1—2 kk. *Floating time 1—2 months*	
I	185	159
II	177	168
III	191	156
Yhteensä — *Total*	187	161
	Vedessä oloaika < 1 kk. *Floating time < 1 month*	
I	150	137
II	146	136
III	182	123
Yhteensä — *Total*	171	131

Taulukosta ilmenee ensiksikin, että pienistä tukeista III luokkaan kuuluvien puiden uittohankaluus on jokaisessa vedessä oloaika-luokassa suurempi kuin I tai II luokan tukkien uittohankaluus. Myös näyttää siltä kuin II luokan tukkien uittohankaluus olisi kaikkein vähäisin. Suurten tukkien joukossa uittohankaluus on taas pienin III luokan tukeissa.

Keskiarvoja koko aineistolle ei voida laskea, koska myös läpimitta vaikuttaa uittohankaluuteen, ja sen vaikutus on erisuuntainen kuin uimissyvyyden, jonka avulla edellä esitetyt laskelmat on tehty.

Lopputuloksena tarkastelusta voidaan siis tehdä johtopäätös, että eri oksaisuusluokkien tukkien uittohankaluudessa ei ole olemassa niin suuria eroja, että niillä olisi käytännöllistä merkitystä. Oksaisuusluokkien väliset suhteet eivät vielä selvitä laatuluokkien välisiä eroja. Oksaisuusluokka ja

laatuluokka ovat kuitenkin samat n. 80—85 %:ssa tapauksista (esim. Heiskanen 1954), joten laatuluokkien väliset suhteet ovat käytännöllisesti katsoen samat kuin oksaisuusluokkienkin.

Kun otetaan huomioon, että laatuluokan itseisarvo ja tukin läpimitta kussakin tukkierässä ovat kuitenkin kääntäen verrannollisia, kuten edellä on mainittu, eivät esitetyt laskelmat kuvaa todellista tilannetta. Niissähän on vertailtu vain samankokoisten eri laatuisten sahatukkien uittohankaluutta, jossa ei havaittu suuria eroja. Vuoriston (1938) mukaan pienet tukit ovat kuitenkin helpompia uittaa kuin suuret tukit, joten siis voidaan päätellä, että myös huonolaatuiset tukit, koska ne ovat keskimäärin kooltaan pienempiä, ovat helpompia uittaa kuin hyvälaatuiset pölkyt. Tämä ero ei kuitenkaan johdu laadusta, vaan, kuten mainittiin, läpimitasta.

Taulukossa 7 kiintyy huomio myös uittoajan vaikutukseen. Nähdään, että uittohankaluus lisääntyy selvästi uittoajan pidentyessä. Kaikkien tukkien suhteellista uittohankaluutta uittoajan pituudesta riippuen kuvaavat seuraavat suhdeluvut:

Uittoaika	Suht. uittohankaluus
< 1 kk.	90
1—2 kk.	100
> 2 kk.	123

33. Yhdistelmä.

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset voidaan esittää seuraavina lyhyinä päätelminä.

1. Veteenpantaessa oksaisten tukkien uimiskyky on yleensä parempi kuin vähäoksaisten pölkkyjen edellyttäen, että kuivuminen on tapahtunut perusteellisesti.

2. Uiton alkaessa on perusteellisesti kuivuneiden latvatukkien uimiskyky parempi kuin tyvitukkien.

3. Oksaisten, huonolaatuisten tukkien uimiskyky huononee nopeammin kuin vähäoksaisten, hyvälaatuisten tukkien uimiskyky. Erot eri oksaisuusluokkien välillä johtuvat kuitenkin ensisijassa vain siitä, että huonoihin oksaisuusluokkiin kuuluu eniten pieniläpimittaisia latvatukkeja.

4. Uitossa tehdyt mittaukset osoittavat, että keskimäärin III luokan tukkien uimiskyky on huonompi kuin I ja II luokan tukkien kellumiskyky, mutta nämä erot johtuvat suurimmaksi osaksi tukkien läpimitasta sekä muista laadusta riippumattomista tekijöistä.

5. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien uittohankaluudessa ei ole havaittavissa käytännössä merkittäviä eroja.

6. Selvemmin kuin oksaisuus ja laatu vaikuttavat tukkien uimiskykyyn ja uittohankaluuteen tukin asema, läpimitta ja uittoaika.

Kirjallisuutta.

Aro, Paavo ja Turja, Matti 1955. Uittohäviöön vaikuttavat tekijät. MTJ 42. s. Helsinki.

Callin, Georg 1952. Några synpunkter på tallvirkets flytbarhet. Medd. från Statens skogsforskningsinst. Ser. upps. nr 24. Stockholm.

Ekman, Wilh. 1907. Om viktförändringen hos torkande virke. SST ss. 129—140.

—»— 1908. Skogteknisk handbok. Stockholm.

Heiskanen, Veijo 1950 a. Mäntysahatukkien uusi laatuluokittelu. Metsälehti no 41.

—»— 1950 b. Uusi mäntysahatukkien laatuluokittelu. MA ss. 286—288.

—»— 1951. Mäntysahatukkien laatuluokittelun tarkkuudesta. SF 69 ss. 104—112.

—»— 1953. Polttopuiden kuivumisesta ja sen huomioon ottamisesta varastoinnissa. MTJ 41. 4. Helsinki.

—»— 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. MTJ 44. 1. Helsinki.

Helander, A. Benj. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo—Helsinki.

Kauppinen, Lassi 1951. Vuosirengasvälin vaikutuksesta mäntysahatukkien ja mäntysahatavaran laatuun. Käsikirjoitus.

Kinnmann, Gunno 1925. Studier rörande flytbarheten hos flottgods. SST. ss. 1—36, 105—124, 145—182.

Klem, Gustav G. 1934. Undersökelser av granvirkets kvalitet. Medd. f. d. Norske Skovforsogsvesen. Bind V. Heft 17.

Lappalainen, Raimo 1950. Mäntysahatukkien laatulajittelu ja sen vaikutus sahaustulokseen. Käsikirjoitus.

Lassila, I. 1926. Puun mekaanillis-teknillisten ominaisuuksien tutkimuksesta, sen tuloksista ja tehtävistä. AFF. 41. 4.

Löf, Axel 1907. Om sjunkvirke vid flottning. SST ss. 381—388.

—»»— 1914. Om flottning av gallringsvirke. SST ss. 439—454.

Nylinder, Per 1950. Studier över barr-rundvirkets torkning och vattenupptagning. NST ss. 165—230.

Oksala, Arvi 1936. Uittoteknologia. Porvoo—Helsinki.

Seppänen, O. 1947. Tutkimuksia uppopuiden nostosta. SUY:n vuosikirja XV. ss. 103—119.

Siimes, F. E. 1938. Suomalaisen mäntypuun rakenteellisista ja fysikalisista ominaisuuksista erikoisesti kutistumis- ja laajenemisilmiöistä puun vesipitoisuuden vaihdellessa. Helsinki.

—»— 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavarain käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. SF 69. ss. 63—75.

—»— 1954. Esimerkki sahatukkien laatuluokittelun vaikutuksesta. MA. s. 5—7.

Tuovinen, Arno 1949. Jäälle varastoidun paperipuun uppoamisesta Kainuussa. Metsätehon tied. n:o 27. Helsinki.

Wegelius, Th. 1939. The presence and properties of knots in Finnish Spruce. AFF 48. 1. Helsinki.

Vuoristo, Ilmari 1938. Uittohankaluustutkimuksia. MTJ 25. 3. Helsinki.

Lyhennyksiä

MA = Metsätaloudellinen Aikakauslehti
SUY = Suomen Uittajain Yhdistys
SF = Silva Fennica
SST = Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift
AFF = Acta Forestalia Fennica
NST = Norrlands Skogsvårdsförbunds Tidskrift
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuja, Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja

Mäntysahatukkien laatuluokittelu

Mäntytukit lajitellaan kolmeen luokkaan, joista ensimmäisestä saadaan vientilajittelun mukaan pääasiallisesti parempia u/s-laatuja sekä I ja II lujuusluokan tavaroita ynnä puusepän tavaraa. Luokkaan II kuuluvista tukeista saadaan vientilajittelun mukaan pääasiallisesti huonompia u/s-laatuja, lujuuslajitteluun kelpaavaa tavaraa sekä rakennuspuutavaraa. III luokan tukeista saadaan pääasiallisesti vain V:aa, eikä tämä tavara kelpaa korkeampiin lujuusluokkiin.

Lajittelua varten tukit jaetaan kahteen suuruusluokkaan: suuret tukit, latvaläpimitta 9" tai yli ja pienet tukit, latvaläpimitta pienempi kuin 9".

Jos jokin ominaisuus ei aivan täytä luokalle asetettuja vaatimuksia, mutta tukki muuten kuuluisi tämän luokan parhaimpiin kappaleisiin, voidaan se lukea tähän luokkaan kuuluvaksi.

Aivan tukin päässä oleva vika arvostellaan lievemmin kuin keskellä oleva.

Vika	Vian maksimimäärä		
	I l.	II l.	III l.
Suurin oksa Suuret tukit (10' kohden) Pienet tukit	2 kpl. 3/4" » 1/2"	2 kpl. 1 1/2" » 1"	3" 3"
Oksakyhmyt	Ei sallita	Pieniä kyhmyjä sallitaan	Sallitaan
Lenkous (koko pituudella)	2 cm	6 cm	10 cm
Korot ja huolemat	Sallitaan pieniä terveitä ja matalia koroja	Sallitaan tukin latvalieriön ulkopuolelle jääviä koroja	Syviä koroja ei sallita
Vuosirengasväli	3 mm	—	—
Laho	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan kovaa lahoa jonkin verran
Mutkat	Ei sallita	Sallitaan pieniä mutkia	Jyrkkiä mutkia ei sallita
Kasvukierteisyys	Ei sallita	Ei sallita	Jyrkkää kasvukierteisyyttä ei sallita
Lyly	Ei sallita	Sallitaan jonkin verran	Sallitaan
Tervasroso	Ei sallita	Sallitaan 1/4 tukin piiristä	Sallitaan 1/2 tukin piiristä
Sydänhalkeama	Ei sallita	Ei sallita	Sallitaan
Rengashalkeama	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita

Oksat mitataan kohtisuoraan pituussuuntaa vastaan, pystypuissa heti kynäksen yläpuolelta ja valmiissa tukeissa puun pinnassa oksan tummaa aluetta vastaavana. Tuoreiden oksien mitat pyöristetään alaspäin ja kuivien oksien mitat ylöspäin täysille 1/4":lle. I ja II luokassa sallitaan maksimisuuruisten oksien lisäksi joitakin niitä pienempiä hajallaan olevia oksia. III luokassa ei oksien lukumäärä ole rajoitettu.

Lahoja oksia sallitaan rajoitetusti III luokassa, mutta ne eivät saa olla kooltaan suurempia kuin 2".

Lenkoudella tarkoitetaan tukin tasaista käyristymistä. Sen suuruus saadaan mittaamalla tukin keskiviivan suurin etäisyys latva- ja tyvileikkausten keskipisteiden välisestä suorasta. Jos lenkous mitataan sivuviivasta on otettava huomioon tyvilaajentuman ja kapenemisen aiheuttama sivu- ja keskiviivan välinen suuntaero.

Korolla ja huolemalla tarkoitetaan puun pinnalla havaittavia vioittumia. Tukin tyvipäässä sallitaan syvempi koro tai huolema kuin latvapäässä.

Vuosirengasväli arvioidaan tukin tyvipäästä ytimestä lähtien 3" matkalla.

Tervasrosolla ymmärretään Cronartium sienen aiheuttamaa mustaa, pihkoittunutta haavaa puun pinnassa.

THE INFLUENCE OF LOG GRADE ON FLOATING ABILITY AND FLOATING DIFFICULTY IN PINE SAW LOGS.

English summary

1. Introduction.

A condition for the quality payment method for saw logs is to know also the possibly predominant differences in the logging costs for logs in various grades. The present work is concerned with transportation costs. Since the influence of quality in land transportation is only theoretical, the study touches only floating. The object of the study is to investigate the floating difficulties of different log grades and to ascertain whether the difference in floating difficulty and thus in floating cost between categories is worthy of attention.

2. Method of investigation.

The investigation was made by a rather indirect method. Measurements were made of the floating depth of logs in different grades and by aid of the results obtained it was possible to compute from the results of Vuoristo's (1938) study the relative floating difficulty of different kinds of logs.

The investigations were made along two lines. The measurements from the small, 100-log trial group were used to determine the floating depth of different grade logs when placed in the water and its later development (table 1.). More comprehensive measurements were made during actual floating (table 2).

3. Results of the investigation.

The most important results of the investigation may be the following brief conclusions:

1. When placed in the water the buoyancy of knotty logs is generally better than that of logs with few knots, provided that drying has been thorough (table 3, sketch 2).

2. When floating begins, the buoyancy of thoroughly dried top logs in better than that of butt logs (table 4).

3. The buoyancy of knotty, poor-quality logs decreases more rapidly than that of high-grade logs with few knots. The differences between various knottiness classes are, however, due primarily to the fact that the poorer knottiness classes contain the most top logs of small diameter.

4. The measurements made during floating show that the buofancy of an average class III log is poorer than of class I and II logs, but these differences are due for the most part to the logs diameter and to other factors independent of quality, (table 6, sketch 3).

5. There are no practically significant differences to be observed in the floating difficulty of logs belonging to different log grades (table 7).

6. The log's position, diameter and floating time have a more distinct influence than knottiness and grade on buoyancy and floating difficulty.

DIE BLATTANALYSE ALS BONITIERUNGSGRUNDLAGE DES WALDBODENS

II

V. T. AALTONEN

SELOSTUS:

LEHTIANALYYSI METSÄMAAN HYVYYSLUOKITUKSEN PERUSTEENA

II

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. II.

V. T. Aaltonen

INHALT

Zur Einführung 5
Organische Stoffgruppen 5
Organische Zusammensetzung und Alter der Blätter 7
Die organischen Stoffgruppen der Blätter nach Holzarten und Waldtypen 9
Chemische Zusammensetzung von Birkenblättern und Boden 11
Einige Versuche zur Klärung der sog. Wurzelkonkurrenz 13
Selostus: Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. II 15
Tabellen Nr. 5—7 — *Taulukot n:o 5—7* 16

Zur Einführung

Die Untersuchungen, deren Ausführung und Ergebnisse in der vorliegenden Veröffentlichung dargestellt werden, sind eine Fortsetzung von Verfassers früheren Untersuchungen, deren Resultate in der Schrift »Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens», *Comm. Inst. Forest. Fenn. Nr.* **37**, s. 1950, wiedergegeben sind.

Während sich die früheren Untersuchungen in erster Linie oder fast ausschliesslich auf die Zusammensetzung der Asche von Blättern und die Menge des Gesamtstickstoffes bezogen haben, ist es bei den jetzt ausgeführten Untersuchungen die Hauptaufgabe gewesen, die organische Zusammensetzung der Blätter zu erforschen.

Um die Frage zu klären, inwieweit die chemische Zusammensetzung der Blätter von den mittels chemischer Bodenanalyse festzustellenden Nährstoffmengen des Bodens abhängig ist, sind ausser den obengenannten organischen Analysen eine Menge Aschenanalysen von Birkenblättern und Stickstoffbestimmungen ausgeführt und die wichtigsten Nährstoffe im Boden der nächsten Umgebung der untersuchten Bäume bestimmt worden.

Zum Schluss werden in der vorliegenden Arbeit einige vorläufige Versuche beschrieben, bei denen es darauf angekommen ist, mittels der Blattanalyse das Wesen der sogenannten Wurzelkonkurrenz zu beleuchten.

Organische Stoffgruppen

Für die Analyse der organischen Zusammensetzung ist ein Teil desjenigen Untersuchungsmaterials benutzt worden, für das früher eine Aschenanalyse und eine Stickstoffbestimmung gemacht worden sind. In einigen Fällen ist die untersuchte Blattprobe somit von nur einem Baume genommen, aber in den meisten Fällen rühren die Proben von 6—8 Bäumen her und bezieht sich die Analyse auf deren Mischprobe. Wie in der früheren Untersuchung angeführt, sind die Blattproben an mehr oder weniger frei gewachsenen Zweigen beherrschender Bäume des Bestandes, ungefähr in der

Tab. 1. Alter und chemische Zusammensetzung

Taul. 1. Männyn ja kuusen neulasten

Holzart *Puulaji*	Monat *Kk.*	Ätherlösl. *Eetteriin liuk.*	Alkohollösl. *Alkoholiin liuk.*	Kaltwasserlösl. — *Kylm. veteen*		
				Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	Zucker *Sokeria*
		in % der Trockensubst. —				
Kiefer *Mänty (Pinus silvestris)*	I	11.38	2.46	15.7	1.33	2.78
	II	12.00	2.30	12.6	1.20	1.46
	III	11.02	2.32	14.1	1.20	1.88
	IV	12.31	1.95	13.5	1.15	1.85
	V	12.40	2.16	15.2	1.24	2.52
	VI	12.56	3.16	14.6	0.90	2.58
	VII	11.04	2.42	14.0	1.26	2.20
	VIII	11.12	2.74	14.0	1.10	2.04
	IX	10.72	2.36	11.2	0.74	1.90
	X	12.24	2.72	11.1	1.40	1.00
	XI	11.34	2.18	13.2	1.20	2.84
	XII	11.82	2.52	13.8	1.32	2.60
Fichte *Kuusi (Picea excelsa)*	V	8.58	16.80	20.5	1.31	9.36
	VI	6.60	24.10	15.8	2.89	1.05
	VII	5.81	18.10	13.3	1.68	2.78
	VIII	5.81	29.20	18.6	1.95	3.71
	IX	7.58	20.20	20.2	1.51	5.09
	X	5.84	14.00	18.2	1.22	5.92
	XI	10.10	9.64	15.1	1.62	5.05
	XII	15.60	10.90	12.4	1.09	4.35
	I	11.60	28.60	15.3	0.99	6.39
	II	10.70	19.20	19.2	1.62	7.54
	III	6.71	8.85	21.2	1.98	6.73
	IV	6.76	15.00	9.8	1.55	7.62

Mitte der Krone, auf der Südseite, gepflückt worden. Von den für die Untersuchung ausgewählten Zweigen hat man hier und da 100 Jahrestriebe eines Nadelbaumes und 200 Blätter eines Laubbaumes als Probe eingebracht.

Für die organische Analyse ist — wie früher — die von Waksman und Stevens entwickelte Methode *(Ind. Eng. Chem. Anal. Ed., Bd.* 2, 1930) zur Anwendung gelangt. Bei der Analyse sind zwei Parallelbestimmungen ausgeführt worden.

Das Untersuchungsmaterial stammt aus Südfinnland (60°—62° n. Br.). Der Klassifizierung der Standorte liegen die Cajanderschen Waldtypen zugrunde: *Calluna*-Typ *(CT)*, *Vaccinium*-Typ *(VT)*, *Myrtillus*-Typ *(MT)*, *Oxalis-Myrtillus*-Typ *(OMT)* und Hainwälder *(Lh)*. Die Waldtypen des Untersuchungsgebietes, seine Geologie, Bodenbildung usw. sind u. a. in Verfassers Buch »*Boden und Wald*» (1948) ausführlicher beschrieben.

von Kiefern- und Fichtennadeln.

ikä ja kemiallinen kokoomus.

liuk.	Heisswasserlösl. — *Kuumaan veteen liuk.*			Hemi-zellulosen *Hemi-sellulooseja*	Lignin-frakt. *Ligniini-fraktio*	Zellulosen *Sellulooseja*	Roh-protein *Raaka-proteiinia*
N	Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	N				
%:na *kuiv. aineesta*							
0.08	6.46	0.31	0.10	12.1	13.5	20.3	7.96
0.06	6.08	0.29	0.09	12.9	14.7	21.7	7.88
0.08	6.45	0.23	0.10	12.8	14.6	21.2	8.22
0.07	5.72	0.44	0.09	12.2	14.8	21.0	8.74
0.06	7.34	0.45	0.10	11.5	15.0	16.0	8.94
0.06	5.46	0.12	0.09	12.9	15.9	17.5	7.36
0.08	6.36	0.36	0.07	11.9	15.2	20.8	7.64
0.07	6.10	0.27	0.07	11.8	16.1	19.7	7.34
0.06	5.72	0.09	0.09	10.7	14.8	20.0	8.26
0.08	5.94	0.48	0.09	12.6	15.2	20.2	8.24
0.06	6.52	0.28	0.10	12.8	13.9	20.7	7.78
0.07	6.92	0.46	0.10	11.5	13.8	20.0	8.10
0.09	7.79	0.29	0.07	14.3	16.3	13.5	6.35
0.14	8.76	0.37	0.13	10.1	18.1	13.1	14.40
0.10	7.09	0.62	0.08	13.2	21.3	16.1	6.11
0.10	4.69	0.21	0.06	12.6	16.1	17.7	11.00
0.16	7.16	0.24	0.08	12.6	16.3	18.4	6.54
0.08	8.85	0.16	0.06	12.3	18.7	15.6	7.19
0.07	6.71	0.08	0.05	10.7	16.2	15.1	7.25
0.03	6.87	0.23	0.04	11.5	14.8	16.2	7.63
0.08	6.33	0.25	0.05	13.1	16.8	14.4	7.00
0.04	6.18	0.90	0.14	11.1	15.1	15.2	6.61
0.11	5.74	0.40	0.09	11.4	15.2	16.0	6.41
0.02	7.53	0.30	0.01	12.2	17.8	15.8	7.25

Organische Zusammensetzung und Alter der Nadeln

Wie bei Erforschung der Zusammensetzung der Asche ist auch bei der Bestimmung der organischen Stoffgruppen zu klären versucht worden, ob mit zunehmendem Alter der Nadeln irgendwelche Veränderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung vor sich gehen. In dieser Absicht ist bei einem Kiefernbestand (Waldtyp *VT)* und bei einem Fichtenbestand (Waldtyp *OMT)*, in beiden Fällen für eine Durchschnittsprobe von 8 Bäumen, jeden Monat im Verlaufe eines Jahres eine Analyse der organischen Zusammensetzung ausgeführt worden. Ausserdem sind bei einer Fichte die organischen Stoffgruppen allmonatlich in einer Zeit von 23 Monaten zur Bestimmung gelangt. Die für Kiefern- und für Fichtenbestand erhaltenen Ergebnisse finden sich in Tabelle 1 (für den Teil der Kiefer sind die Ergebnisse als Mittelwerte zweier Monate schon in die frühere Veröffentlichung aufgenommen worden).

Tab. 2. Alter und chemische
Taul. 2. Kuusen neulasten

Monat *Kk.*	Ätherlösl. *Eetteriin liuk.*	Alkohollösl. *Alkoholiin liuk.*	Kaltwasserlösl. — *Kylm. veteen*		
			Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	Zucker *Sokeria*
	in % der Trockensubst. —				
VII	6.93	14.0	15.5	1.92	3.71
VIII	10.10	12.5	11.4	1.26	3.37
IX	6.88	?	16.9	1.12	4.44
X	5.88	22.0	21.0	1.55	6.95
XI	11.60	21.9	19.1	1.43	6.24
XII	6.80	32.9	19.5	1.28	6.82
I	15.30	12.5	14.7	0.93	6.39
II	11.70	8.7	21.2	1.31	9.23
III	12.10	9.4	14.8	0.88	6.61
IV	6.08	6.8	23.1	1.22	9.58
V	6.98	4.2	19.0	0.85	8.98
VI	6.07	5.5	17.0	1.38	8.03
VII	6.94	4.8	20.8	1.31	6.19
VIII	7.09	4.3	21.0	1.42	5.66
IX	6.59	2.9	20.5	1.30	5.95
X	8.12	3.4	20.5	1.41	5.79
XI	5.56	4.4	20.1	0.98	6.03
XII	5.90	4.3	19.8	1.65	9.10
I	7.21	15.5	21.8	1.14	8.65
II	7.60	16.8	22.5	1.37	10.10
III	9.45	27.3	23.3	1.83	7.02
IV	7.05	?	17.6	1.52	6.55
V	6.37	?	16.5	1.42	10.50

Wie festzustellen, ist die Zusammensetzung der Kiefernnadeln im Verlaufe der untersuchten 12 Monate, praktisch gesehen, unverändert geblieben. In den für die Fichte erhaltenen Ergebnissen treten ebensowenig im Laufe des Jahres deutliche Veränderungen hervor. Höchstens kann man vielleicht sagen, dass mitten im Winter die Menge der ätherlöslichen Substanzen verhältnismässig grösser ist als in den übrigen Jahreszeiten.

Die Ergebnisse für Fichte, deren Analysen 23 Monate umfassen, sind in Tabelle 2 dargestellt. Auch in diesem Falle ist die organische Zusammensetzung während der Untersuchungszeit so gut wie unverändert geblieben. Zwar steigt die Menge der ätherlöslichen Stoffe im Mittwinter gleicherweise wie der bei dem obengenannten Fichtenbestand erhaltene Mittelwert von 8 Bäumen, aber auch diese Zunahme bleibt bei 2jährigen Nadeln undeutlich. Die Ergebnisse für die alkohollösliche Stoffgruppe der Fichtennadeln sind wegen ihres starken Schwankens als mehr oder weniger unzuverlässig anzusehen. (Die Analysenmethode hätte wahrscheinlich Sonderuntersuchungen erfordert, aber zu deren Ausführung ist in diesem Zusammenhang keine Gelegenheit gegeben.)

Zusammensetzung von Fichtennadeln.

ikä ja kemiallinen kokoomus.

liuk.	Heisswasserlösl. — *Kuumaan veteen liuk.*			Hemi-zellulosen *Hemi-sellulooseja*	Lignin-frakt. *Ligniini-fraktio*	Zellulosen *Sellulooseja*	Roh-protein *Raaka-proteiinia*
N	Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	N				
%:na *kuiv. aineesta*							
0.13	6.18	0.21	0.09	13.2	19.0	11.8	6.10
0.09	5.46	0.32	0.07	14.3	15.9	18.7	6.31
0.10	6.37	0.25	0.07	12.7	17.3	16.8	6.55
0.09	5.42	0.59	0.04	12.0	17.0	15.1	6.66
0.10	6.78	0.36	0.09	11.5	14.6	13.8	7.40
0.04	8.97	0.67	0.08	10.7	17.7	13.7	6.99
0.09	5.70	0.26	0.06	11.0	16.2	13.8	6.24
0.10	5.31	0.17	0.06	10.7	16.9	13.8	5.93
0.10	8.68	0.65	0.08	11.4	17.1	15.2	6.06
0.07	6.76	0.38	0.06	13.8	14.7	12.0	5.91
0.10	9.49	0.25	0.06	15.6	14.3	8.6	5.11
0.09	8.92	0.36	0.07	15.4	15.0	11.8	5.00
0.09	6.74	0.32	0.05	10.4	15.3	14.4	5.74
0.08	5.15	0.11	0.05	12.2	16.3	17.0	5.70
0.14	4.87	0.12	0.06	11.6	14.8	17.2	5.30
0.09	4.93	0.30	0.09	11.3	13.4	16.5	5.97
0.12	7.75	0.52	0.07	12.1	15.8	17.1	5.72
0.12	4.84	0.26	0.05	10.9	16.8	15.3	7.31
0.09	6.71	0.49	0.04	11.1	15.7	15.3	6.57
0.09	5.38	0.33	0.10	11.7	17.2	15.8	6.74
0.11	7.93	0.38	0.09	10.3	17.9	12.9	6.10
0.09	7.99	0.39	0.07	12.5	17.2	14.2	6.34
0.12	10.40	0.12	0.10	16.0	14.6	11.8	6.35

Die organischen Stoffgruppen der Blätter nach Holzarten und Waldtypen

Die Bestimmung der organischen Stoffgruppen ist für 22 Kiefern- und 15 Fichtennadelproben sowie 22 Birkenblattproben (jede Probe also als Durchschnittsprobe von 6—8 Bäumen) ausgeführt worden. Jeder Hauptwaldtyp ist im Material durch 5 Bestände vertreten.

Die ursprünglichen Analysenergebnisse (teilweise schon in die frühere Untersuchung aufgenommen) sind in Tabelle 5, S. 16, dargestellt. Zur Erleichterung der Übersicht sind die für die Holzarten und Waldtypen erhaltenen Mittelwerte in Tabelle 3 wiedergegeben. (Von den Ergebnissen sind die alkohollöslichen Stoffe wegen der oben bereits angeführten Unsicherheit ausgeschlossen worden.)

Aus der Tabelle, in der die Mittelwerte angegeben sind, lassen sich zunächst einige verhältnismässig deutliche Unterschiede zwischen den Holzarten entnehmen. So sind in Kiefernnadeln mehr ätherlösliche Stoffe enthalten als in Fichtennadeln oder Birkenblättern. Die Mengen kaltwasserlöslicher Stoffe sowie Asche-, Zucker- und Stickstoffgehalt steigen ziemlich

Tab. 3. Die Mittelwerte der Zusammensetzung der Blätter nach Holzarten und Waldtypen.

Taul. 3. Lehtien kokoomuksen keskiarvot puulajeittain ja metsätyypeittäin.

Holzart *Puulaji*	Waldtyp *Metsätyyppi*	Ätherlösl. *Etteriin liuk.*	Kaltwasserlösl. *Kylmään veteen liuk.*				Heisswasserlösl. *Kuumaan veteen liuk.*			Hemizellulosen *Hemselluloosoja*	Ligninfraktion *Ligniinifraktio*	Zellulosen *Selluloosoja*	Rohprotein *Raakaproteiinia*
			Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	Zucker *Sokeria*	N	Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	N				
		in % der Trockensubst. — %:*na kuiv. aineesta*											
Kiefer	*CT*	11.94	10.20	1.19	0.76	0.07	5.69	0.47	0.08	13.9	16.7	20.1	7.12
Mänty	*VT*	11.21	11.19	1.28	1.30	0.07	5.16	0.32	0.07	13.4	15.8	21.3	6.40
(P. silvestris)	*MT*	10.61	10.11	1.11	0.99	0.06	4.97	0.23	0.06	14.6	15.9	19.3	7.56
	OMT	10.18	10.01	0.91	1.25	0.08	4.93	0.14	0.08	14.0	16.4	17.9	8.33
Fichte													
Kuusi	*VT*	11.80	14.84	1.85	3.92	0.08	6.85	0.36	0.07	13.3	18.9	15.7	6.50
(Picea	*MT*	9.32	16.91	1.85	4.70	0.08	6.92	0.36	0.07	12.5	17.7	15.9	6.30
excelsa)	*OMT*	7.93	16.74	1.58	4.44	0.08	7.20	0.39	0.07	13.0	19.0	15.8	6.94
Birke													
Koivu	*CT*	11.32	18.24	1.84	6.43	0.42	8.28	0.55	0.15	11.4	17.2	8.5	9.05
(Betula	*VT*	10.83	16.89	1.54	7.33	0.31	9.16	0.60	0.14	12.8	14.9	9.3	8.74
verrucosa	*MT*	9.85	16.51	1.63	3.33	0.30	11.50	0.45	0.12	11.6	17.4	6.3	13.46
+	*OMT*	7.71	16.45	2.19	6.02	0.25	8.85	0.63	0.17	12.0	15.8	7.5	13.22
pubesc.)													

deutlich in der Reihenfolge Kiefer-Fichte-Birke. Die Reihenfolge ist bei den heisswasserlöslichen Stoffgruppen im grossen ganzen dieselbe. Von den übrigen Unterschieden ist die Abnahme der Zellulose am bedeutendsten in der Reihenfolge Kiefer-Fichte-Birke. Auch scheint es klar, dass der Proteingehalt der Birkenblätter am grössten und der der Fichtennadeln kleiner als der der Kiefernnadeln ist.

Die oben wiedergegebenen Resultate haben anscheinend als verhältnismässig zuverlässig zu gelten. Darauf weist auch das hin, dass die Ergebnisse nach dem in die frühere Untersuchung aufgenommenen, bedeutend geringeren Material in den Hauptzügen den jetzt erhaltenen entsprechen.

Was den Einfluss des Standortes angeht, so treten zwischen den verschiedenen Ertragsklassen im allgemeinen keine sehr starken Unterschiede hervor, wenngleich es doch Fälle gibt, in denen die Analysenergebnisse — muss man sagen — eine bestimmte Richtung erkennen lassen.

Es scheint u. a., dass bei Kiefer mit zunehmender Güte der Standortsbeschaffenheit bzw. der Ertragsklasse die ätherlöslichen Stoffe, die kalt- und heisswasserlösliche Asche, die Gruppe der heisswasserlöslichen Stoffe und die Zellulose etwas abnehmen. — Bei Fichte und Birke vermindert sich die Menge der ätherlöslichen Stoffe gleicherweise wie bei Kiefer. Bei der Fichte erscheinen auch einige andere kleine Unterschiede, aber sie bleiben mehr oder weniger unsicher schon aus dem Grunde, dass nur drei

Ertragsklassen bestehen. — Bei Birke tritt zwischen den Ertragsklassen ausser dem oben bereits angeführten Unterschied kaum ein anderer hervor als die Zunahme der Proteinmenge mit steigender Güte der Ertragsklasse.

Im allgemeinen kann festgestellt werden, dass die Unterschiede zwischen den Ertragsklassen kleiner als zwischen den Holzarten sind. Was schliesslich die Anwendung der Blattanalyse als Grundlage der Bonitierung eines Standortes angeht, so sind die Möglichkeiten für die Anwendung der organischen Analyse in dieser Hinsicht noch geringer als die für die Analysen der mineralischen Zusammensetzung.

Chemische Zusammensetzung von Birkenblättern und Boden

Die Untersuchungen über den Boden der verschiedenen Waldtypen haben erwiesen, dass wenigstens die Kalk- und Stickstoffmengen bei steigender Güte der Ertragsklasse zunehmen. Auch die Kalimenge wächst in gewissem Masse, aber die Menge löslichen Phosphors nimmt ab (vgl. z. B. V a l m a r i, *Acta forest. fenn.* 20, 1938). Auf der anderen Seite ist festgestellt worden, dass die Zusammensetzung der Asche und der Stickstoffgehalt der Blätter — wenigstens der Birkenblätter — in gleicher Richtung wechselt wie die Ergebnisse der über den Boden der verschiedenen Waldtypen angestellten Analysen. Da somit mittelbar festgestellt worden ist, dass ein bestimmter Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung der Blätter und dem Nährstoffgehalt des Bodens besteht, kann die in Rede stehende Beziehung als hinreichend geklärt erachtet werden.

Zur Bestimmung der Bodenfruchtbarkeit durch eine chemische Bodenanalyse können indessen viele verschiedene Methoden angewandt werden, und sie sind auch angewandt worden. Von ihnen kann offenbar als am zuverlässigsten und brauchbarsten die Methode angesehen werden, deren Ergebnisse denen der Blattanalyse am besten entsprechen. Zur Klärung dieser Frage hat im Zusammenhang mit den jetzt ausgeführten Untersuchungen nur erprobt werden können, inwieweit sich von der Fruchtbarkeit des Bodens unter Anwendung von schwacher Salzsäure als Lösungsmittel ein richtiges Bild gewinnen lässt.

Die ausgeführten Untersuchungen sind der Birke zugewandt gewesen, da diese Holzart nach früheren Forschungen am empfindlichsten auf die chemische Zusammensetzung des Bodens reagiert. Das Material umfasst insgesamt 32 Bäume, nach dem Waldtyp derart auf Gruppen verteilt, dass jeder Waldtyp durch 8 Bäume vertreten ist.

Die Blattproben sind in der letzten Augusthälfte auf Bäumen mittleren Alters in der Mitte der Kronenhöhe auf der Südseite gepflückt worden. Die Bodenprobe hat man nach Entfernen der Humusschicht oder humusreichen Oberflächenschicht dem Mineralboden, einer Tiefe von etwa 20 cm

unter Gelände, entnommen, und zwar rings um den Baumstamm herum an 8 Stellen auf die in der untenstehenden Figur angegebene Weise. Für die Analyse hat man die Proben gemischt und die so erhaltene Mischprobe 3 St. mit kalter 0.2 n Salzsäure behandelt.

Die Ergebnisse der Blattanalysen sind in Tabelle 6, S. 20, und die der Bodenanalysen in Tabelle 7, S. 21, dargestellt. Die folgende Zusammenstellung gibt die für die wichtigsten Nährstoffe erhaltenen Mittelwerte wieder:

		CT	*VT*	*MT*	*OMT*
K_2O	Blätter — *lehdet*	0.87 %	1.06 %	0.83 %	1.05 %
	Boden — *maa*	6.22 mg/100 g	7.89 mg/100 g	9.68 mg/100 g	17.35 mg/100 g
CaO	Blätter — *lehdet*	0.88 %	0.83 %	1.01 %	1.25 %
	Boden — *maa*	12.5 mg/100 g	25.5 mg/100 g	47.3 mg/100 g	151.4 mg/100 g
MgO	Blätter — *lehdet*	0.60 %	0.58 %	0.63 %	0.63 %
	Boden — maa	4.65 mg/100 g	9.75 mg/100 g	19.83 mg/100 g	47.04 mg/100 g
P_2O_5	Blätter — *lehdet*	0.57 %	0.54 %	0.47 %	0.44 %
	Boden — *maa*	26.7 mg/100 g	22.8 mg/100 g	12.3 mg/100 g	10.4 mg/100 g

Die Werte für die Blätter sind gleicher Grössenordnung wie die Werte der früheren Analysen. Was ihr Verhältnis zu den Ergebnissen der Bodenanalyse angeht, so ist zu beachten, dass es sich in jedem Einzelfall um nur

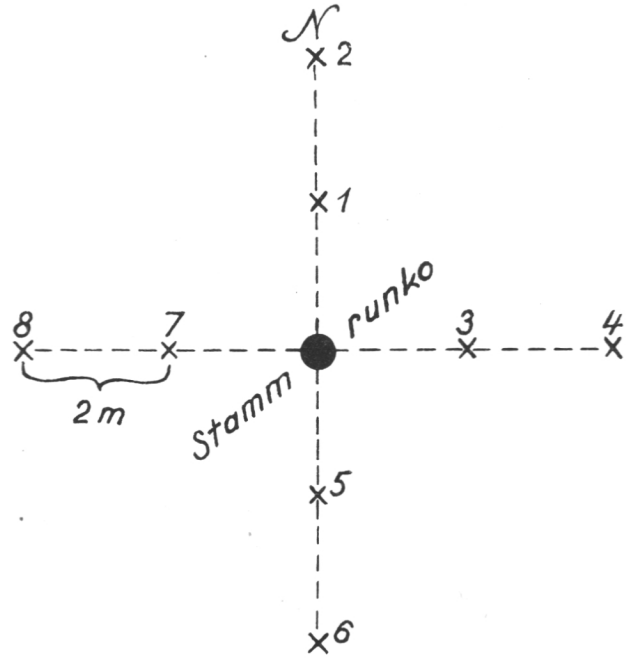


Fig. 1. Die Entnahmestellen der Bodenproben.
Kuva 1. Maanäytteiden ottopaikat.

einen Baum handelt und dass jeder Waldtyp nur 8 Bäume umfasst. Die Menge der für jeden Baum untersuchten Bodenproben kann als hinreichend angesehen werden, aber die Gesamtmenge der Bäume hätte grösser sein sollen. Die Zusammensetzung der Blätter hat sich im Rahmen sogar eines und desselben Waldtyps als verhältnismässig stark wechselnd erwiesen. Wenn das Material grösser gewesen wäre, hätte sich sehr wahrscheinlich, z. B. im Kaligehalt, die Korrelation zwischen Boden und Blättern als grösser erwiesen, als sie nach den jetzt erhaltenen Ergebnissen scheint. In bezug auf Magnesium bleibt dagegen die betreffende Korrelation ungewiss.

Einige Versuche zur Klärung der sog. Wurzelkonkurrenz

Bekanntlich kommen die Bäume eines Bestandes dazu, nicht nur um das Licht, sondern auch um das Wasser und die Nährstoffe des Bodens miteinander zu wetteifern. Da Wesen und Mechanismus des zwischen den Wurzelsystemen bestehenden »Wettbewerbs» verhältnismässig wenig untersucht worden sind (vgl. z. B. Verfassers Werk »Boden und Wald») und es möglich scheint, dass dieses Problem auch durch die Blattanalyse beleuchtet werden könnte, sind im Zusammenhang mit den oben beschriebenen Untersuchungen einige kleine Versuche zur Klärung der betreffenden Möglichkeiten ausgeführt worden.

In Erwägung der Wurzelkonkurrenz gelangt man u. a. zu der Frage, wie weit die Fläche ist, der die einzelnen Bäume eines Bestandes Wasser und Nährstoffe entnehmen, und wie weit in die Lichtung hinein sich ein derartiger Einfluss seiner Randbäume auf den Boden erstreckt. Zur Lösung der ersteren Frage sind in diesem Zusammenhang folgende zwei Versuche angestellt worden.

In einem jungen Kiefernbestand mittlerer Dichte wurde von einem 20 m langen und etwa 30 cm breiten Streifen die Humusschicht entfernt. In die Oberflächenschicht des so freigelegten Mineralbodens wurde insgesamt ein kg Lithiumchlorid gemischt (je Meter etwa 50 g) und auf den so »gedüngten» Mineralboden die abgehobene Humusschicht wieder zurückgelegt. Der Versuch wurde im Herbst 1949 (31. X.) angelegt.

Zur Bestimmung des Lithiumgehaltes der Nadeln wurden 4 Bäume ausgewählt, deren Abstände von dem besagten Streifen 0.5, 2, 3 und 5 m ausmachten. Der Lithiumgehalt wurde bei den Jahrestrieben von 1950, 1951 und 1952 bestimmt (mit dem Beckman-Flammenphotometer). Die Nadeln der ersten Analyse waren also 3jährig. Die Ergebnisse der Analysen sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tab. 4. Der Abstand des Baumes vom Lithiumstreifen und der Lithiumgehalt der Nadeln.

Taul. 4. Puun etäisyys litiumkaistaleesta ja neulasten litiumpitoisuus.

Jahr *Vuosi*	Abstand des Baumes vom Streifen m *Puun etäisyys kaistaleesta m*	Li_2O in ppm. der Trockensubstanz *ppm:na kuivasta aineesta*
1950	0.5	9.7
	2	**37.3**
	3	20.8
	5	10.2
1951	0.5	13.6
	2	**24.1**
	3	9.9
	5	8.2
1952	0.5	4.8
	2	**12.7**
	3	8.3
	5	7.7

Das Material ist gering, und die Deutung der Ergebnisse auch aus anderen Gründen schwierig. Doch scheint soviel klar zu sein, dass der Baum, der 2 m vom Versuchsstreifen entfernt steht, am meisten Lithium aufgenommen hat. Warum der Lithiumgehalt in 0.5 m Entfernung geringer ist, lässt sich schwer erklären, aber seine Abnahme mit zunehmendem Abstand ist gewiss natürlich. Ebenso natürlich ist die durch die Ergebnisse erwiesene Tatsache, dass der Lithiumgehalt von Jahr zu Jahr abnimmt. — Vergleichshalber wurde auch der Lithiumgehalt der Nadeln von zwölf ausserhalb der Versuchsstelle gewachsenen Kiefern bestimmt, und es ergab sich als Mittelwert 0.59 ppm.

Ein anderer Versuch wurde in gleicher Weise wie der oben beschriebene angelegt, nur kam statt des Lithiumchlorids Phosphat zur Verwendung. Es handelte sich in diesem Falle um alten Kiefernbestand, und die Entfernungen der untersuchten Bäume von dem Versuchsstreifen betrugen 1, 2, 3 und 7 m. Nach den Ergebnissen der Blattanalyse war der Phosphorgehalt unabhängig von dem Alter der Nadeln und der Entfernung der Bäume vom Versuchsstreifen. Der P_2O_5-Gehalt wechselte zwischen 0.32 und 0.37 %, d. h. er war im grossen ganzen ebenso hoch wie die in früheren Untersuchungen für Kiefer erhaltene Menge. — Die bei dem Versuch verwendete Phosphatmenge war im Vergleich mit dem gewöhnlichen Phosphatgehalt des Bodens wahrscheinlich zu klein, als dass sie in der Zusammensetzung der Blätter hätte hervortreten können.

Versuche, wie sie oben beschrieben worden sind, lassen sich gewiss auch auf mancherlei andere Weise durchführen; statt Lithium kann den

Bäumen irgendein anderer Stoff, der im Boden nur in geringer Menge vorkommt, »verfüttert» werden usw. (Der Verfasser wird seinerseits diese Versuche nicht mehr fortsetzen, aber den Forschern, die Wesen und Wirkungsweisen der Wurzelkonkurrenz zu klären gedenken, dürften derartige Versuche vielleicht aufschlussreiche Ergebnisse einbringen.)

Selostus

Lehtianalyysi metsämaan hyvyysluokituksen perusteena. II.

Tässä julkaisussa selostetaan eräitä puiden lehtien (neulasten ja lehtien) organista kokoomusta koskeneiden tutkimusten tuloksia.

Kun aikaisemmat tutkimukset osoittivat eräiden kivennäisaineiden määrän lehdissä vaihtelevan näiden iän mukaan, todettiin nyt suoritetuissa tutkimuksissa, ettei lehtien vanhentuessa niiden organisessa kokoomuksessa tapahtunut mitään sanottavaa, selvää muutosta (taul. 1 ja 2, s. 6—9).

Lehtien organisen kokoomuksen selvittämiseksi puulajeittain ja metsätyypeittäin suoritettujen analyysien tulokset on esitetty alkuperäisinä taulukossa 5, s. 16 ja keskiarvoina taulukossa 3, s. 10. Tulosten mukaan on tutkittujen puulajien — männyn, kuusen ja koivun — välillä muutamia verraten selviä eroja. Eri metsätyyppien 1. tuottoluokkien välillä sitä vastoin ei ole huomattavampia eroja, vaikka analyysitulosten eräissä tapauksissa täytyneekin katsoa osoittavan tiettyä suuntaa. — Mitä lehtianalyysin käyttöön kasvupaikan bonitoinnin perusteena tulee, mahdollisuudet organisen analyysin käyttämiseen tähän tarkoitukseen ovat vielä pienemmät kuin kysymyksen ollessa kivennäiskokoomuksen analyysistä.

Edellä mainittujen tutkimusten lisäksi on 32 koivun lehdistä määrätty tärkeimmät ravinteet ryhmittämällä aineisto niin, että kutakin päämetsätyyppiä edustaa 8 puuta. Samalla on kunkin puun ympäriltä otettu kahdeksasta kohdasta näyte kivennäismaasta (vrt. piirros s. 12) ja niiden sekoitusta näytteestä määrätty samat aineet kuin lehdistä käyttämällä liuottimena 0.2-N kylmää suolahappoa. Analyysien tulokset on esitetty taul. 6, s. 20 ja asetelmassa s. 12. Kuten todetaan, lehtien ja maan välillä on kysymyksen ollessa kalkista ja fosforista jokseenkin selvä korrelatio. Koska lehtien kokoomus on yleensä osoittautunut huomattavasti vaihtelevan samankin metsätyypin puitteissa, tutkittujen puiden kokonaismäärän olisi pitänyt olla suurempi. Silloin olisi todennäköisesti korrelatio ollut myöskin kalipitoisuuden suhteen selvempi. Magnesiumiin nähden sitä vastoin ko. korrelatio jää epätietoiseksi.

Lopuksi järjestettiin vielä syksyllä 1949 pari pientä koetta ns. juuristokilpailun olemuksen ja vaikutustavan valaisemiseksi lehtianalyysin avulla.

Toisessa kokeessa — nuorehkossa männikössä — sekoitettiin puiden läheiseen maahan litiumia puiden etäisyyden »lannoitetusta» kohdasta ollessa 0.5, 2, 3 ja 5 m. Litiumpitoisuus määrättiin vuosien 1950, 1951 ja 1952 neulasista. Analyysien tulokset on esitetty taulukossa 4, s. 14. Näiden mukaan siis 2 m etäisyydellä kasvaneen puun neulasten litiumpitoisuus oli suurin. — Määritettäessä kahdentoista koepaikan ulkopuolella kasvaneen puun neulasten litiumpitoisuus saatiin keskiarvoksi 0.59 ppm.

Toisessa samantapaisessa kokeessa käytettiin litiumin asemasta fosfaattia. Tulokseksi saatiin, että neulasten fosforipitoisuus oli riippumaton puiden (mäntyjen) neulasten iästä ja puiden etäisyydestä koelannoitteesta. Käytetty fosforimäärä oli nähtävästi liian pieni verrattuna maan fosforipitoisuuteen.

Tab. 5. Die organischen Stoffgruppen der

Taul. 5. Lehtien orgaaniset aineryhmät

Holzart *Puulaji*	Waldtyp *Metsätyyppi*	Nr. *N:o*	Ätherlösl. *Eetteriin liuk.*	Kaltwasserlösl. — *Kylmään veteen*		
				Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	Zucker *Sokeria*
			in % der Trockensubst. —			
Kiefer *Mänty (P. silvestris)*	*CT*	1456	11.80	10.90	1.13	0.46
		1459	12.20	11.10	1.15	0.96
		1466	12.90	11.10	1.55	1.00
		1488	11.61	9.37	1.23	0.82
		1489	11.18	8.55	0.91	0.55
	VT	1454	9.98	10.60	1.02	0.51
		1471	11.12	14.00	1.10	2.04
		2004	10.23	10.15	1.00	1.07
		2007	13.03	9.83	1.45	0.98
		2012	11.70	11.39	1.81	1.89
	MT	1486	10.08	9.47	1.90	1.04
		1518	10.20	11.10	0.72	1.06
		1531	10.60	11.00	0.68	1.59
		2003	9.48	9.18	0.77	0.10
		2013	12.71	9.80	1.48	1.18
	OMT	1487	11.26	9.45	1.54	1.07
		1519	9.32	9.75	0.57	1.10
		1526	9.63	9.40	0.95	1.10
		1530	11.20	11.10	0.73	1.90
		2001	9.49	10.37	0.74	1.06
	Lh	1455	6.58	10.00	0.91	0.98
		1517	7.38	10.50	1.00	1.30
Fichte *Kuusi (Picea excelsa)*	*VT*	1454	10.12	15.30	1.87	2.31
		1492	11.61	15.05	2.03	4.49
		1493	11.17	15.31	1.71	3.90
		2008	13.10	14.60	1.77	4.38
		2009	12.98	13.92	1.89	4.54
	MT	1458	4.77	19.70	2.13	5.32
		1470	12.62	14.37	1.45	4.86
		2001	8.88	16.68	1.38	3.91
		2005	9.07	16.06	1.97	4.42
		2006	11.28	17.75	2.30	4.99
	OMT	1455	6.58	16.80	1.14	4.22
		1465	4.86	21.10	1.44	5.60
		1469	7.41	18.90	1.95	5.61
		1475	12.45	11.80	1.88	3.54
		2002	8.36	15.08	1.49	3.21

Blätter nach Holzarten und Waldtypen.

puulajeittain ja metsätyypeittäin.

liuk.	Heisswasserlösl. — *Kuumaan veteen liuk.*			Hemi-zellulosen *Hemi-sellulooseja*	Lignin-frakt. *Ligniini-fraktio*	Zellulosen *Selluloseja*	Roh-protein *Raaka-proteiinia*
N	Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	N				
%:*na kuiv. aineesta*							
0.04	5.40	0.33	0.07	14.9	14.9	25.8	7.16
0.05	6.32	0.34	0.07	14.0	15.0	20.8	6.76
0.06	5.86	0.66	0.08	12.4	17.9	16.4	6.39
0.11	4.67	0.27	0.08	14.5	17.3	23.8	7.48
0.08	6.21	0.76	0.09	13.5	17.9	13.8	7.81
0.09	3.46	0.38	0.06	11.8	15.8	22.9	7.39
0.07	6.10	0.27	0.07	11.8	16.4	19.7	7.34
0.06	6.01	0.30	0.07	13.1	13.8	21.1	6.05
0.06	4.59	0.30	0.07	16.1	17.3	20.9	6.13
0.08	5.65	0.34	0.07	14.3	15.8	22.1	5.11
0.07	5.01	0.24	0.06	13.8	15.1	21.8	8.28
0.03	5.39	0.23	0.02	15.4	16.7	15.9	7.54
0.06	5.01	0.13	0.05	12.3	16.2	21.9	8.90
0.06	4.78	0.26	0.07	15.1	17.8	15.3	5.76
0.06	4.67	0.28	0.08	16.2	13.6	21.8	7.32
0.12	4.71	0.25	0.11	13.3	16.5	22.6	9.20
0.06	5.39	0.07	0.07	15.2	14.4	9.3	7.03
0.08	5.04	0.12	0.09	15.6	16.1	18.7	7.19
0.06	4.86	0.07	0.03	13.5	17.2	14.4	10.17
0.08	4.65	0.19	0.08	12.6	17.8	24.6	8.07
0.09	6.57	0.32	0.10	13.3	16.9	18.6	9.80
0.08	3.81	0.19	0.07	13.8	14.0	21.6	7.69
0.08	7.21	0.40	0.06	12.9	19.8	16.2	5.76
0.08	7.12	0.38	0.08	12.9	17.3	15.6	7.31
0.07	6.70	0.28	0.06	12.9	18.9	16.3	6.66
0.08	6.86	0.48	0.06	13.2	19.3	14.1	6.48
0.08	6.36	0.27	0.07	14.8	19.2	16.4	6.27
0.06	8.63	0.48	0.06	9.0	18.5	16.6	5.67
0.08	6.24	0.31	0.07	14.0	18.0	15.0	6.82
0.09	6.26	0.45	0.07	12.8	15.1	16.3	6.08
0.08	7.13	0.26	0.07	13.4	19.1	16.5	7.00
0.09	6.34	0.29	0.07	13.1	17.9	14.9	5.95
0.11	8.64	0.34	0.08	12.4	20.1	12.5	7.15
0.06	8.02	0.41	0.07	11.3	20.4	11.3	6.08
0.07	7.76	0.68	0.06	12.7	17.2	19.1	6.43
0.09	5.27	0.14	0.07	14.7	20.2	17.2	7.53
0.08	6.33	0.39	0.05	13.7	17.0	18.9	7.50

(Jatk.)

Holzart *Puulaji*	Waldtyp *Metsätyyppi*	Nr. *N:o*	Ätherlösl. *Eetteriin liuk.*	Kaltwasserlösl. — *Kylmään veteen*		
				Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	Zucker *Sokeria*
			in % der Trockensubst. —			
Birke *Koivu (Betula verrucosa + pubesc.)*	*CT*	1488	10.30	16.40	1.89	5.43
		1491	9.89	16.95	2.18	4.83
		1527	9.17	23.84	1.46	10.15
		2000	12.79	15.03	2.11	4.08
		2010	14.45	19.00	1.55	7.65
	VT	1502	10.30	16.84	1.41	8.15
		1503	9.26	13.00	1.56	5.92
		1504	7.11	21.19	1.29	9.00
		1511	9.26	17.60	1.59	8.15
		2012	18.20	15.81	1.83	5.43
	MT	1473	8.29	25.50	1.32	4.23
		1476	5.92	12.60	1.56	0.46
		1484	9.16	11.70	1.88	1.21
		1500	10.67	15.13	1.46	4.75
		2013	15.23	17.61	1.94	6.02
	OMT	1480	8.34	16.30	1.81	3.33
		1481	5.49	16.00	4.00	2.09
		1487	8.28	15.70	2.11	7.72
		1508	7.93	20.03	1.16	9.35
		1514	8.53	14.20	1.88	7.63
	Lh	1516	10.19	28.20	2.28	4.34
		1523	8.36	15.40	1.69	3.80

(Jatk.)

liuk.	Heisswässerlösl. — *Kuumaan veteen liuk.*			Hemi-zellulosen *Hemi-selluloseja*	Lignin-frakt. *Ligniini-fraktio*	Zellulosen *Selluloseja*	Roh-protein *Raaka-proteiinia*
N	Wasserlösl. *Veteen liuk.*	Asche *Tuhkaa*	N				
%:na kuiv. aineesta							
0.49	5.82	0.29	0.14	7.8	17.6	8.3	9.35
0.36	7.43	0.61	0.17	12.6	21.0	8.2	11.57
0.39	10.81	0.88	0.12	11.9	13.9	9.3	6.95
0.53	8.36	0.48	0.17	12.7	16.6	8.7	7.10
0.33	8.96	0.50	0.17	12.1	17.1	8.2	10.30
0.24	10.33	0.68	0.16	14.9	14.6	8.3	8.79
0.36	8.44	0.48	0.14	11.4	14.7	9.3	9.71
0.17	10.27	0.55	0.12	13.2	14.6	9.6	8.33
0.13	8.78	0.80	0.08	11.3	13.4	9.9	9.42
0.66	7.96	0.49	0.20	13.2	17.3	9.2	7.44
0.13	22.90	0.41	0.03	12.5	16.4	3.7	13.50
0.26	14.50	0.35	0.07	10.3	14.8	3.2	16.40
0.25	6.56	0.58	0.17	11.7	22.0	9.5	13.61
0.34	6.81	0.38	0.16	11.2	20.3	7.8	13.10
0.54	6.71	0.53	0.18	12.1	13.6	7.3	10.70
0.50	9.34	0.80	0.23	11.7	16.3	7.8	13.80
0.11	11.30	0.42	0.12	13.1	17.4	6.8	18.70
0.25	8.28	0.84	0.25	10.8	16.1	8.0	11.80
0.22	8.42	0.55	0.16	10.0	13.9	6.6	11.50
0.15	6.90	0.53	0.07	14.5	15.4	8.1	10.30
0.58	7.53	0.40	0.19	11.3	14.3	8.7	10.22
0.51	6.10	0.20	0.22	13.1	12.7	7.9	9.78

Tab. 6. Chemische Zusammensetzung von Birkenblättern.
Taul. 6. Koivunlehtien kemiallinen kokoomus.

Waldtyp *Metsätyyppi*	Asche *Tuhkaa*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	in % der Trockensubst. — %:*na kuiv. aineesta*						
	3.44	0.17	1.04	0.53	0.65	0.39	2.05
	3.65	0.12	0.99	0.55	0.74	0.54	2.42
	4.30	0.12	1.14	0.58	1.04	0.63	2.17
CT	3.73	0.11	0.77	0.64	0.88	0.53	2.21
	3.73	0.08	0.80	0.63	0.84	0.59	2.24
	4.11	0.08	0.97	0.65	0.96	0.60	2.07
	3.69	0.11	0.43	0.62	0.93	0.62	2.64
	4.30	0.04	0.93	0.63	0.95	0.63	2.27
M	3.87	0.11	0.88	0.60	0.87	0.57	2.26
	4.34	0.21	1.19	0.60	0.89	0.48	2.33
	3.46	0.11	0.81	0.56	0.84	0.44	2.37
	4.33	0.19	0.98	0.57	1.09	0.54	2.52
VT	4.21	0.21	1.24	0.63	0.77	0.54	2.66
	3.31	0.07	0.49	0.57	0.98	0.59	2.45
	3.71	0.09	0.38	0.44	1.32	0.61	2.31
	4.33	0.13	0.45	0.66	1.40	0.61	2.02
	4.08	0.12	1.08	0.58	1.22	0.48	1.81
M	3.97	0.14	0.83	0.58	1.06	0.54	2.31
	3.30	0.08	0.88	0.61	0.76	0.38	2.72
	4.54	0.09	1.42	0.63	0.90	0.49	2.60
	3.54	0.12	1.16	0.60	0.61	0.35	2.27
MT	4.53	0.19	1.67	0.61	0.75	0.37	2.54
	4.17	0.14	1.37	0.60	0.77	0.49	2.40
	3.64	0.05	0.59	0.64	0.90	0.56	3.23
	3.60	0.06	0.45	0.56	1.09	0.52	2.25
	3.66	0.09	0.54	0.82	0.86	0.62	2.16
M	3.87	0.10	1.01	0.63	0.83	0.47	2.52
	5.76	0.20	1.78	0.66	1.27	0.50	2.67
	4.83	0.16	1.55	0.59	1.19	0.33	2.88
	4.93	0.07	1.41	0.70	1.29	0.48	2.22
OMT +	3.56	0.07	1.10	0.58	0.81	0.31	2.18
	3.63	0.08	0.69	0.65	1.07	0.58	2.62
	3.10	0.05	0.79	0.56	0.73	0.39	2.55
	3.63	0.14	1.01	0.62	0.88	0.36	2.54
	5.38	0.09	1.67	0.66	1.19	0.53	2.47
M	4.35	0.11	1.25	0.63	1.05	0.44	2.52

Tab. 7. Chemische Zusammensetzung des Bodens.
Taul. 7. Maan kemiallinen kokoomus.

Waldtyp *Metsätyyppi*	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5
	mg in 100 g Boden — *mg 100 g:ssa maata*			
CT	13.2	3.19	5.60	34.5
	9.4	2.91	6.13	34.6
	9.5	6.40	6.35	32.8
	6.2	3.20	4.46	14.1
	14.2	3.90	8.46	16.4
	15.3	8.40	6.36	19.2
	9.7	3.00	6.02	19.4
	22.7	6.20	6.40	42.4
M	12.5	4.65	6.22	26.7
VT	41.0	9.11	8.00	20.5
	30.9	6.83	7.85	26.4
	20.9	5.62	4.74	33.3
	18.1	8.21	6.34	33.4
	18.6	10.10	10.48	26.6
	29.2	14.40	7.88	15.1
	18.1	7.80	7.60	18.0
	27.0	15.90	10.23	8.8
M	25.5	9.75	7.89	22.8
MT	22.7	8.52	5.60	6.2
	20.7	6.30	6.13	3.4
	130.5	21.93	8.54	15.6
	37.2	10.61	4.60	11.4
	39.0	8.68	7.63	24.2
	19.2	16.80	13.83	7.9
	10.9	9.60	5.70	5.6
	98.3	76.20	24.41	23.7
M	(47.3)	19.83	9.68	12.3
OMT +	123.1	41.62	21.34	8.7
	204.1	44.33	16.55	10.6
	536.5	102.10	36.54	6.4
	160.9	63.20	15.60	7.5
	56.0	31.10	15.40	16.2
	37.5	23.50	8.98	3.8
	59.5	41.90	8.56	10.4
	33.4	28.60	15.84	19.9
M	(151.4)	47.04	17.35	10.4

HAAPAMETSIKÖIDEN RAKENTEESTA JA LAADUSTA

II. LAATU

P. S. TIKKA

STRUCTURE AND QUALITY OF ASPEN STANDS
II. QUALITY

SUMMARY

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Sisällysluettelo

Sivu

Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin 5
Aineiston keräys ja käsittely 8
Aineiston keräys 8
Aineiston käsittely 8
Tutkimuksen tulokset 10
Yleistä 10
Runkojen viat ja epäsäännöllisyydet 10
Oksaisuus 10
Oksaisuuden riippuvuus metsikön iästä 10
Oksaisuuden riippuvuus puun koosta 11
Eri paksuisten oksien keskimääräiset korkeudet (maasta) 13
Eri paksuisten kuivien oksien lukumäärä 14
Kuivien oksien pituudesta 15
Lahovikaisuus 16
Lahovikaisuuden riippuvuus metsikön iästä 17
Lahovikaisuuden riippuvuus puun koosta 19
Lahovikojen vertikaalinen laajuus rungossa 19
Lahovikojen horisontaalinen laajuus rungossa 21
Runkomuodon epäsäännöllisyydet 23
Kapeneminen 23
Muotoviat 24
Muut viat 26
Rungon laadun osoittajat 27
Oksien laatu ja lahovikaisuus 27
Kapeneminen ja oksaisuus 29
Kuori, oksaisuus ja runkolaho 30
Rungon laadun kokonaiskuvaus 34
Tulitikkupuu 36
Käsite 36
Tulitikkupuun (pölkkyjen) yleisestä koosta 36
Runkoaineisto 36
Rungosta saatu tulitikkupuu 37
Aineiston käsittely 37
Tulitikkupuun pituus ja kuutiomäärä 38
Tulitikkupuun laatu 39
Kuutiohäviön kehitys 42
Yhteenveto 44
Käytännöllisiä näkökohtia 48
Kirjallisuusluettelo 51
Summary 52

Katsaus aikaisempiin tutkimuksiin

Haapametsiköiden rakenteen selvittely (ks. I osa, T i k k a, 1954) on luonut vain pääpiirteittäiset puitteet, joiden sisällä toimivia, haapapuuston käyttöarvoonkin vaikuttavia tekijöitä on vain alustavasti kuvattu. Näin saatu toistaiseksi riittämätön kuva vaatii täydennyksekseen erikoisten laatutekijöiden vaikutuksen esille tuomista. Yhtenäisiä tutkimuksia ei tässäkään mielessä ole sanottavasti suoritettu, vaikkakin hyvin monissa artikkeleissa on asiaan viitattu. Poimittakoon kirjallisuudesta muutamia varsinaisten tutkimusten tuloksia, jotka valaisevat haapapuusta saatavan puutavaran määrää, laatukysymystä ym.

Tutkiessaan haapametsikön tuottokykyä ja siitä saatavan tulitikkupuun määrää S c h o t t e (1917) tuli seuraaviin tuloksiin:

Ikä, v.	Bonitteetti	Runkoluku kpl/ha	m³/ha	Saatu puutavaraa (18 cm latv.) m³/ha	Tulitikkupuuta edellisestä, %
23	I	2 340	126.0	—	—
30	I	1 251	150.3	7.7	6.0
53	I	725	257.7	80.2	40.2
31	II	1 243	110.6	1.6	67.0
61	II	220	55.4	10.1	22.2

S c h o t t e on myös tehnyt eräästä haapakoealametsiköstä, joka kasvoi I boniteetin maalla ja jonka kuutio oli 214.5/ha, seuraavan arvolaskelman:

40 %	86.2 m³	tukkipuuta	30 kr	m³:stä	2 586 kr	60 %
57 »	121.9 »	massapuuta	14 »	»	1 707 »	39 »
3 »	6.4 »	halkoja yms.	5 »	»	32 »	1 »
100 »	214.5 »				4 325 »	100 »

E k l u n d-W e n n m a r k (1925) päätyi haapapuutavaran saannin laskelmassaan seuraaviin tuloksiin:

Ikä, v.	m³/ha	kpl.	Tukkeja m³	Tukkeja %
34	142	—	—	—
46	245	600	98.5	40.0
61	196	133	13.8	7.0
60	250	666	79.8	32.0
60	202	366	45.4	22.5
60	201	435	49.0	24.3
80	254	595	89.3	35.3

Syynä siihen, miksi mitan täyttävistä haaparungoista ei saada täyttä määrää raakapuuta, mainitaan kirjallisuudessa useat puun vikaisuudet.

Lundbergin (1916) mukaan menee tulitikkuhaapapuun jalostusprosessissa paljon puuta hukkaan silloinkin kun se on tervettä, koska sorvipölkyistä otetaan viiluja ainoastaan pölkyn 7 cm:n läpimittaan saakka. Mutta jos puussa on vikoja, kuten epäkeskeisesti sijoittunutta tai säteittäistä lahoa, terveitä tai lahovikaisia oksia, halkeamia, lylypuuta, mutkia ym., tulee jätteiden määrä vieläkin suuremmaksi. Tosin ne kaikki poltetaan voimalaitoksen uuneissa. — Mikään puulaji ei ole niin altis lahovioille kuin haapa.

Blumenthal (1942) tutkiessaan haavan esiintymistä ja ominaisuuksia Suomessa, on kiinnittänyt huomionsa myös lahovikoihin:

Metsätyyppi	Koepuita	niistä lahovikaisia	Lahon nousukorkeus
MT	24 kpl.	4 kpl.	6 m (1 kpl.)
VT	27 »	16 »	6 » (12 »
Kuusikorpi	28 »	18 »	6 » (12 »

Lahovika kasvaa iän mukana. 67 v. ikäisissä haapapuissa oli lahon läpimitta rinnankorkeudella 26.5 %, mutta 113 v. ikäisissä jo 37 %. Kannon korkeudella olivat luvut ainoastaan 14.5 % ja 27 %.

Eklund-Wennmarkin (1925) mukaan *Fomes igniarius*-nimisen lahon nousukorkeus 2 koealalla vaihteli 11—13 m:n välillä. Koska metsikön latvuskaton etäisyys maasta oli 13—14 m, oli sen ja lahon pituuden välillä eroa vain 1—2 m.

Blumenthal (1942) on tutkinut myös haavan oksattoman rungon osan osuutta, joksi hän nimittää runko-osaa tyvestä latvuksen alarajaan saakka:

Ikä, v.	Koepuiden luku	Oksaton rungon osa, %
36	3	20.0
64	15	36.1
81	32	48.3
97	22	50.8
116	8	51.8

Todetaan, että haapa 40—50 v. ikään mennessä nopeasti puhdistuu oksistaan, jota vastoin puhdistuminen sen jälkeen hidastuu. 80—120 v. iällä ei ilmiötä enää havaita. Tosin tutkitut koepuut olivat enemmän tai

vähemmän vapaana kasvavia yksilöitä. Tiheissä samoin kuin säännöllisesti harvennetuissa metsiköissä haapa saavuttaa merkitsevästi suuremman oksattoman rungon osan osuuden.

On selvää, että huomio niin tutkijain kuin tulitikkuteollisuuden piirissä on jo kauan kiinnittynyt haavan laatuvaatimuksiin. Niistä on usein kirjoitettu. Mainittakoon tässä vain, että tehokkaana keinona markkinoiden yhtenäisessä organisoinnissa on alettu pitää yleisen ja yhdenmukaisen laatumaksutavan käytäntöön ottamista täsmällisesti määritettyine laatuluokkineen ja niiden mukaisine hintasuhteineen — toistaiseksi kuitenkin vain periaatteessa.

Aineiston keräys ja käsittely

Aineiston keräys

Yleisluontoisia seikkoja koskevien muistiinpanojen (T i k k a, 1954, s. 7—9) lisäksi tehtiin koealoilla seuraavat mittaukset:

Koepuita kaadettiin kultakin koealalta 8—12 kpl., kaikkiaan 219 kpl. Ne edustivat runkojakaantumissarjan eri suuruisia yksilöitä. Karsimisen yhteydessä lovettiin runkoon ensimmäisen tuoreen oksan ja latvuksen leveimmän kohdan sijaintipaikat. Ennen kaatoa ja kaadon jälkeen toimitettiin joukko kuivien oksien pituusmittauksia. Tyvestä latvaan vedettiin piirto osoittamaan rungon samapuoleisuutta. Rungon koko pituus mitattiin. Sitten katkottiin runko 1 m:n pituisiksi pölkyiksi.

Kussakin pölkyssä toimitettiin kuorellisten ja kuorettomain läpimittojen mittaaminen ensimmäisen pölkyn tyvestä ja latvasta ja sitten muiden pölkkyjen latvasta. Samalla mitattiin eri lahojen (kovan, puolikovan, pehmeän) ja terveen keskiön läpimitat. Merkittiin muistiin poikkileikkauksissa esiintyvät ja pölkyn pinnassa tavattavat viat. Tasopintaan karsittujen oksien poikkileikkauksen läpimitat mitattiin ottaen huomioon tasaavat 1, 2, 3, 4 ja 5+ cm:n luokat. Aivan pieniä »linnunsilmä»-oksia ei luettu. Laadun mukaan erotettiin elävät (tuoreet), kuolleet (kuivat), terveet, lahovikaiset, karsiutuneet, karsiutumattomat ja umpeen kyljestyneet oksat (oksankyhmyt) ja niiden yhdistelmät. Kuoren paksuuden (ks. edellä) ohella määritettiin sen karkeus ja väri käyttäen seuraavia luokkia: karkea kaarna, sileähkö kaarna, muodostuva kaarna, sileä harmaa kuori ja sileä vihreä kuori. Kaarnakuorien luontoisista tai epifyyttien aiheuttamista värisävyistä tehtiin lisähuomioita.

Kaikki merkinnät koepuista tehtiin tarkoitusta varten kaavoitetuille millimetrilomakkeille.

Aineiston käsittely

Koska eri asiayhteyksissä aineiston käsittely esitetään lähemmin, tyydytään seuraavassa sen pääpiirteittäiseen selostamiseen.

Aineiston muokkaus aloitettiin täydentämällä laskutoimituksin ja piirroksin metsälomakkeet ensin koko rungon ja sitten tulitikkupuun kohdalta.

Runkopuulle piirrettiin kuorellinen ja kuoreton runkokäyrä, samoin myös eri kovuusasteisten lahojen käyrät. Viimeksi mainitut esittivät samalla yhtenäisten tai erillisten tyvi-, keski- ja latvalahojen asemaa ja suhdetta muihin laatutekijöihin rungon eri osissa. Samoja pituus- ja läpimittalukuja käyttäen voitiin laskea rungon kuorellinen ja kuoreton kuutio samoin kuin eri lajisten lahojen kuutiot, kaikki 1 m:n pätkinä.

Runkomuodon laskelmalliseen kuvaamiseen käytettiin rinnan ja 6 metrin korkeudelta mitattujen läpimittojen erotusta.

Oksamittaukset antoivat mahdollisuuden selvittää rungon oksattoman osan, kuivia oksia käsittävän rungon osan ja latvuksen sijainnit sekä eri lajisten oksien lukumäärän, paksuuden, pituuden ja sijainnin mainituilla rungon osilla.

Kuorimittaukset osoittivat kuoren paksuuden, karkeuden, värin ja sijainnin.

Useimmat ulkoiset ja sisäiset viat samoin kuin monet laatua koskevat erikoismerkinnät sekä yleiskuvan tiedot oli jo metsässä merkitty muistiin. Edellä mainittujen täydennysten kanssa antoi koepuulomake tarkan analyysin rungon koosta ja laadusta sekä monenlaisista riippuvuussuhteista.

Rungosta saatavan tulitikkupuun selvittämiseksi on ollut pakko suorittaa teoreettinen apteeraus, koska käytännölliseen, metsässä tehtävään ei ollut mahdollisuuksia. Tarkoin analysoiduista rungoista voitiin kuitenkin saada tieto miten paljon ja minkälaista puutavaraa (haapatulitikkupuuta) saadaan, kun tiedetään lisäksi rungon sisäinen laatu.

Seuraavana työvaiheena oli perusaineiston käsitteleminen koealoittain, metsikkölajeittain, ikä-, rinnankorkeus-, pituus-, kapenemis- ym. luokittain ja monien muiden näkökohtien mukaan.

Tutkimuksen I osassa (T i k k a, 1954, s. 9—11) on esitetty tietoja koealametsiköiden sijainnista, kasvupaikoista, maastosuhteista, metsiköistä ym.

Tutkimuksen tulokset

Yleistä

Haapametsiköiden rakenteen selvittelyssä (T i k k a, 1954) todetaan puustojen laadusta saatu kuva epätyydyttäväksi. Jo nuorehkoissa metsiköissä on suhteellisen runsaasti eri tavoin viallisia, jopa lahovikaisia puita. Vanhoissa metsiköissä ovat käyttöarvoa tuntuvasti alentavat viat ja niiden valtaamat rungot tulleet enemmistöksi.

Jotta vikaisuuksien vaikutus tulisi esille, on perustana ja vertauskohteena käytettävä metsikkökokonaisuutta ja sen pääosia. Tämä johtaa tutkimaan erilaisten puun vikojen riippuvuutta metsikön iästä, puun koosta ym. Tärkeää on niin ikään selvittää rungon laadun osoittajat. Näiden tutkimusten jälkeen ovat vuorossa itse tulitikkupuu, sen pituus, kuutiomäärä, paljonko sitä saadaan rungosta, sekä tulitikkupuun laatu. Myös selostetaan tulitikkutehtaissa suoritettujen tutkimusten tuloksia. Lopuksi luodaan katsaus haapametsiköiden ja haapapuun tuoton sekä laadun kohottamistoimenpiteisiin.

Runkojen viat ja epäsäännöllisyydet

Oksaisuus

Perusmittausten mukaan jaettiin koepuut pituudelleen kolmeen eri osaan: oksattoman rungon osaan, kuivia oksia käsittävään rungon osaan ja latvukseen. Koepuita käyttäen on voitu koko puustolle piirtää mainittujen rungon osien pituuskäyrät puiden ikä-, rinnankorkeus- ja pituusluokittain. Samoin perustein on laskettu eri paksuisten kuivien ja tuoreiden oksien keskimääräiset korkeudet (maasta). Edelleen on osoitettu niiden lukumäärä rungon jokaista pituusmetriä kohden kannosta latvaan saakka. Huomion kehteena ovat myös olleet kuivien oksien pituussuhteet ja eri paksuisten ja eri lajisten oksien kyky toimia tuhosienten sisäänpääsyteinä. Myöhemmässä vaiheessa selvitellään oksaisuuden ja muiden laatutekijöiden välisiä riippuvuussuhteita.

O k s a i s u u d e n r i i p p u v u u s m e t s i k ö n i ä s t ä

Taulukon 1 mukaan todetaan alinna olevan rungon oksattoman osan pysyttelevän lyhyenä ja iänkin mukaan vain hitaasti nousevan. Lähinnä sen yläpuolella oleva, kuivia oksia käsittävä rnngon osa on edellistä monin ver-

roin pitempi. Iän mukana sen pituus kasvaa alussa nopeammin, mutta keski-iältä lähtien hitaammin, jolloin sen suhteellinen osuus jopa alenee. Ylimmän rungon osan, latvuksen, pituus lisääntyy sekin iän mukana, mutta sen suhteellinen osuus vähenee. Eri metsikkölajien puuston oksaisuudessa ei ole merkittävää eroavuutta. Sopivan puulajisekotuksen ansiosta ovat haapavaltaiset metsiköt kuitenkin toisia hieman edullisemmassa asemassa. Olosuhteet taasen sekametsissä eivät ole joka suhteessa suotuisia haavan oksista puhdistumiselle.

Taulukko 1. Oksaisuuden riippuvuus metsikön iästä

Table 1. Dependence of branchiness upon age of stand

Metsikkö *Stand*	Rungon osa *Part of trunk*	Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
		20	30	40	50	60	70	80	90
		Pituus, m ja % — *Length, m and %*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	Latvus — *Crown*	5.4	6.2	6.7	6.9	7.0	7.2	7.5	7.6
	Kuivien oksien —	*52*	*47*	*43*	*40*	*38*	*37*	*38*	*37*
	Dry branches'..	4.4	6.2	7.8	8.6	9.3	9.5	9.8	10.0
	Oksaton —	*43*	*47*	*50*	*50*	*50*	*49*	*48*	*48*
	Branchless	0.5	0.8	1.1	1.8	2.2	2.5	2.9	3.2
		5	*6*	*7*	*10*	*12*	*14*	*14*	*15*
	Koko pituus — *Entire height* ..	10.3	13.2	15.6	17.3	18.5	19.2	20.2	20.8
		100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	Latvus — *Crown*	5.4	6.2	6.4	6.6	7.3	7.8	8.2	8.5
	Kuivien oksien —	*52*	*47*	*41*	*38*	*38*	*37*	*36*	*35*
	Dry branches'..	4.4	6.2	8.0	9.4	10.0	10.4	11.1	11.3
	Oksaton —	*43*	*47*	*51*	*53*	*51*	*50*	*49*	*47*
	Branchless	0.5	0.8	1.2	1.6	2.1	2.8	3.3	4.2
		5	*6*	*8*	*9*	*11*	*13*	*15*	*18*
	Koko pituus — *Entire height*..	10.3	13.2	15.6	17.6	19.4	21.0	22.6	24.0
		100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Sekametsät — *Mixed*	Latvus — *Crown*			4.6	5.7	6.7	7.7	8.1	8.5
	Kuivien oksien —			*36*	*38*	*40*	*43*	*43*	*44*
	Dry branches'..			7.0	7.8	8.2	8.4	8.7	9.0
	Oksaton —			*55*	*52*	*50*	*47*	*46*	*46*
	Branchless			1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.0
				9	*10*	*10*	*10*	*11*	*10*
	Koko pituus — *Entire height*..			12.8	14.9	16.5	17.9	18.8	19.5
				100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*

Oksaisuuden riippuvuus puun koosta

Taulukon 2 mukaan latvuksen pituuden suhteellinen osuus kasvaa puiden rinnankorkeusläpimitan suuretessa. Vastaavasti alenee latvuksen ala-

puolella olevan rungon osan suhteellinen pituus. Viimeksi mainitussa rungon osassa sijaitsevan kuivien oksien rungon osan suhteellinen osuus alenee, mutta oksattoman rungon osan suhteellinen osuus taasen nousee puun paksuuden suuretessa. Oksien kuoleminen on nopeaa siihen saakka, kunnes runko alkaa saavuttaa järeän puun koon, sen jälkeen hitaampaa. Lopuksi se käytännöllisesti katsoen lakkaa. Sen sijaan oksaton rungon osa lisää pituuttaan rungon järeyden lisääntyessä. Eri metsikkölajien metsiköissä kasvavien runkojen välillä ei puheena olevissa tapauksissa ole sanottavia eroavaisuuksia.

Oksaisuuden riippuvuus puun pituudesta on pääpiirteissään edellä selostetun tapainen. Latvuksen absoluuttisen ja suhteellisen osuuden kehitys puun pituuden kasvaessa on hitaampaa kuin puun paksuuden lisääntyessä. Sama koskee kuivien oksien sekä oksattoman rungon osia.

Taulukko 2. Oksaisuuden riippuvuus puun paksuudesta

Table 2. Dependence of branchiness upon thickness of the tree

Metsikkö *Stand*	Rungon osa *Part of trunk*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*								
		3	7	11	15	19	23	27	31	35
		Pituus, m ja % — *Length, m and %*								
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	Latvus — *Crown*	2.0	3.8	5.5	7.0	8.2	9.0	9.7	10.0	10.4
	Kuivien oksien —	*38*	*38*	*41*	*44*	*45*	*46*	*47*	*46*	*46*
	Dry branches' ..	3.0	5.6	7.0	7.9	8.5	8.6	8.2	7.5	6.4
	Oksaton —	*58*	*58*	*52*	*49*	*47*	*44*	*39*	*34*	*28*
	Branchless	0.2	0.4	0.9	1.1	1.4	2.0	2.9	4.3	5.9
		4	*4*	*7*	*7*	*8*	*10*	*14*	*20*	*26*
	Koko pituus — *Entire height* ..	5.2	9.8	13.4	16.0	18.1	19.6	20.8	21.8	22.7
		100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	Latvus — *Crown*	2.0	3.8	5.3	6.5	7.6	8.6	9.5	10.2	11.1
	Kuivien oksien —	*38*	*38*	*39*	*41*	*42*	*43*	*44*	*44*	*45*
	Dry branches' ..	3.0	5.6	7.2	8.3	8.8	9.4	9.8	10.0	10.2
	Oksaton —	*58*	*58*	*53*	*52*	*49*	*47*	*45*	*44*	*42*
	Branchless	0.2	0.4	1.0	1.2	1.7	2.0	2.5	2.8	3.2
		4	*4*	*8*	*7*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*
	Koko pituus — *Entire height* ..	5.2	9.8	13.5	16.0	18.1	20.0	21.8	23.0	24.5
		100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
Sekametsät — *Mixed*	Latvus — *Crown*	1.3	3.0	4.3	6.0	7.5	8.6	9.5	10.0	10.2
	Kuivien oksien —	*29*	*34*	*34*	*39*	*43*	*45*	*47*	*48*	*49*
	Dry branches' ..	3.1	5.4	7.4	8.3	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
	Oksaton —	*67*	*61*	*59*	*54*	*48*	*44*	*42*	*41*	*40*
	Branchless	0.2	0.4	0.9	1.1	1.6	2.0	2.1	2.3	2.4
		4	*5*	*7*	*7*	*9*	*11*	*11*	*11*	*11*
	Koko pituus — *Entire height* ..	4.6	8.8	12.6	15.4	17.5	19.0	20.0	20.7	21.0
		100	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*

Eri paksuisten oksien keskimääräiset korkeudet (maasta)

Taulukossa 3 ja 4 on esitetty kuivien oksien ja latvuksen rungon osissa esiintyvien eri paksuisten oksien keskimääräiset korkeudet (maasta).

Taulukossa 3 nähdään tilanne metsiköiden ikäluokittain. Edullisena voidaan pitää sitä seikkaa, että ohuimpien (1 cm) kuivien oksien keskimääräinen korkeus ulottuu verraten korkealle rungossa. Jos lisäksi otetaan huomioon 2 cm:n luokka, muodostuu hakkuukypsissä metsiköissä niiden valtaamasta rungon pituudesta yhdessä alinna olevan oksattoman rungon osan kanssa 6—8 m:n korkeudelle ulottuva, oksaisuuden puolesta hyväksi katsottava rungon osa. Myös järeää oksistoa esiintyy tällä rungon osalla, mutta eniten kuitenkin sitä ylempänä aina latvuksen alarajaan saakka. Latvuksessa on järjestys jotenkin päin vastainen, peilikuvan tapainen. Eri paksuisten oksien keskimääräiset korkeudet sattuvat kuitenkin latvuksen puoliväliin. Ainoastaan yleensä latvaosa muutaman metrin pituudella on ohuenlaista oksistoa.

Taulukko 3. Eri paksuisten kuivien ja tuoreiden oksien keskimääräiset korkeudet (maasta) metsikön eri ikäluokissa

Table 3. Average heights of fresh and dry branches of various thicknesses in different age classes of the stand

Oksien laatu *Quality of branches*	Oksien paksuus, cm *Thickness of branches, cm*	Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
		20	30	40	50	60	70	80	90
		Oksien keskimääräiset korkeudet (maasta), m *Average heights of branches, m*							
Kuivat (kuolleet) — *Dry (dead)* ..	1	3.2	4.1	5.0	5.6	6.0	6.5	6.9	7.0
	2	3.4	4.7	6.0	7.1	7.9	8.3	8.6	8.9
	3	3.7	5.4	6.7	7.4	8.1	8.7	9.0	9.2
	4	3.8	5.2	6.7	8.0	9.3	10.3	11.3	12.1
	5	4.5	6.3	7.6	8.4	9.0	9.5	9.9	10.1
	(Latvuksen alaraja — *Crown*)	4.9	7.0	8.5	9.8	11.0	11.8	12.4	12.8
Tuoreet (elävät) — *Fresh (living)*	5	6.0	8.7	10.5	12.2	13.6	14.9	16.0	16.8
	4	6.4	9.0	11.0	12.6	13.8	14.9	16.0	16.8
	3	6.6	9.2	11.0	12.6	13.8	14.9	16.2	17.3
Runkojen keskipituus, m —	2	6.8	9.4	11.1	12.6	13.8	14.9	16.0	16.9
	1	7.8	10.0	11.7	13.0	14.0	15.0	15.8	16.5
Mean height of trees, m		10.3	13.2	15.6	17.3	18.5	19.8	21.0	22.1

Eri paksuisten oksien keskimääräiset korkeudet runkojen paksuusluokittaisessa tarkastelussa (taulukko 4) käyvät huomattavasti selvempään jär-

jestykseen kuin ikäluokittaisessa. Kuivien oksien paksuus lisääntyy latvuksen alarajaan saakka ja taasen latvuksen oksat ohenevat sen alarajasta latvan kärkeen mennessä. Siten järeimmät kuivat ja tuoreet oksat sijoittuvat lähimmäksi toisiansa oleviin korkeus»tasoihin», latvuksen alarajan seuduille.

Runkojen eri pituusluokissa on tilanne suurin piirtein edellä kuvatun tapainen. Kehitys puun pituuden kasvaessa on kuitenkin jonkin verran hitaampaa kuin paksuuden lisääntyessä.

Taulukko 4. Eri paksuisten kuivien ja tuoreiden oksien keskimääräiset korkeudet (maasta) eri paksuisissa puissa

Table 4. Average heights of fresh and dry branches of various thicknesses in trees of different thicknesses

Oksien laatu *Quality of branches*	Oksien paksuus, cm *Thickness of branches, cm*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*								
		3	7	11	15	19	23	27	31	35
		Oksien keskimääräiset korkeudet (maasta), m *Average heights of branches, m*								
Kuivat (kuolleet) — *Dry (dead)* ..	1	2.0	3.7	4.8	5.2	5.4	5.3	5.3	5.3	5.2
	2	2.8	5.0	6.4	6.8	6.7	6.6	6.5	6.3	6.2
	3	3.1	5.4	6.9	7.5	7.4	7.3	7.1	6.9	6.7
	4	3.4	5.8	7.4	8.2	8.7	8.8	8.8	8.7	8.4
	5	3.4	6.0	8.0	8.9	9.4	9.8	10.0	10.2	10.2
	(Latvuksen alaraja — *Crown*)	2.4	6.0	8.0	9.4	10.3	11.0	11.7	12.0	12.4
Tuoreet (elävät) — *Fresh (living)*	5	4.0	6.9	9.2	10.9	12.3	13.4	14.4	15.4	16.2
	4	4.0	7.0	9.8	11.8	13.3	14.4	15.3	16.1	16.8
	3	4.0	7.0	9.6	11.5	12.9	14.0	15.3	16.3	17.4
Runkojen keskipituus, m — *Mean height of trees, m*	2	4.0	7.0	10.0	12.3	13.7	14.7	15.8	16.9	18.0
	1	4.0	7.0	10.0	12.3	13.7	14.7	15.8	16.9	18.0
		4.7	9.6	13.4	15.9	18.0	19.7	21.0	22.4	23.5

Eri paksuisten kuivien oksien lukumäärä

Koska tulitikkupuuta otetaan enimmäkseen vain latvuksen alarajaan saakka, jossa sekä kuivat että tuoreet oksat ovat pisimmät ja paksuimmat, rajoitutaan seuraavassa kuivien oksien lukumäärän tarkasteluun. Koska puun latvuksen alarajan yläpuolinen osa, latvus, on oksiensa suhteen jossakin määrin alapuolisen osan peilikuva, antavat tulokset likimääräisen tiedon tuoreidenkin oksien lukumäärästä.

Oksien määrä on laskettu keskimääräisinä lukuina kutakin 1 metrin pölkkyä kohden alkaen kannosta ja päättyen latvuksen alarajaan. Aineisto on käsitelty järeiden runkojen suuruusluokittain (taulukko 5).

Taulukko 5. Eri paksuisten kuivien oksien lukumäärä

Table 5. Number of dry branches of different thicknesses

Puiden koko *Size of trees*	Oksien paksuus, cm *Thickness of branches, cm*	1-metristen pölkkyjen numero (kantoleikkauksesta alkaen) *Number of logs (beginning with the stump cut)*														Yhteensä *Altogether*	Keskimäärin *Average*
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
		Kuivien oksien lukumäärä 1 m pölkkyä kohden *Quantity of dry branches per log of 1 m length*															
D1.3 — *Dbh* 19—27 cm	1		0.6	1.1	1.1	1.0	0.9	0.9	0.7	0.6	0.4	0.4				7.7	0.7
Pituus — *Height*	2			0.4	0.6	0.7	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3				9.2	0.8
18—21 m	3					0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.6				3.3	0.3
	4					0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3				1.5	0.2
	5							0.3	0.3	0.4	0.8	0.9				2.7	0.2
			0.6	1.5	1.7	2.3	2.7	2.9	2.9	2.9	3.4	3.5				24.4	2.2
D1.3 — *Dbh* 35+ cm	1			0.4	0.7	1.3	1.8	2.1	1.5	0.7	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	10.2	0.7
Pituus — *Height*	2					0.3	0.7	1.2		1.4	1.1	0.6	0.6	0.6	0.6	7.1	0.5
24—27 m	3							0.6	1.8	2.2	2.3	1.8	1.5	1.1	0.9	12.2	0.9
	4									0.3	0.7	0.9	1.2	1.4	1.4	5.9	0.4
	5											1.3	1.8	2.2	2.7	8.0	0.6
				0.4	0.7	1.6	2.5	3.9	3.3	4.6	4.5	5.0	5.4	5.6	5.9	43.4	3.1

Ensinnä todetaan täysin oksattoman rungon osan lyhyt pituus, mikä johtuu melko hitaasta oksien umpeen kyljestymisestä. Ohuempia, 1—2 cm paksuisia oksia näkyy jo 2—3 m:n korkeudella ja niitä riittää latvuksen alarajaan saakka. Todetaan, että elävien oksien kuoleminen tosin tapahtuu melko ripeästikin rungon hakkuukypsäksi varttumiseen mennessä, mutta kuolemisen jälkeen on oksien karsiutuminen hitaasti edistyvää. Niinpä runkojen paksuuden lisääntymisestä huolimatta runkoon jää vuosikymmeniksi paitsi vaivoin umpeen kyljestyneitä oksia (oksankyhmyjä), myös oksanreikiä, tyveään myöten karsiutuneita oksia, lyhyitä ja pitkiä oksantynkiä, jopa murtumattomia oksia. Järeämpiä (4—5 cm paksuisia) oksia alkaa kuitenkin esiintyä ohuemmissa tukkirungoissa 5—6 m:n korkeudelta ja paksummissa rungoissa vasta 9—11 m:n korkeudelta lähtien. Kaikkein järeimpiä oksia esiintyy lähinnä latvuksen alarajaa.

Kuivien oksien pituudesta

Aiemman maininnan mukaan tehtiin metsiköissä muistiinpanoja ja piirroksia myös kuivien oksien pituudesta. Tarkoituksena oli saada lisäselvitystä siihen, miksi oksien karsiutuminen ja umpeen kyljestyminen oksiensakin suhteen valohakuisella, nopeakasvuisella ja rakenteeltaan hauraalla haavalla on riittämätön.

Runkojen oksistaan puhdistumisessa voidaan erottaa oksien kuoleminen, karsiutuminen ja umpeen kyljestyminen.

Edellisissä luvuissa on jo tuotu esiin rungon täysin oksattoman osan pituuden hidas mutta kuivia oksia käsittävän rungon osan pituuden nopea lisääntyminen metsiköiden iän ja runkojen koon karttuessa, joiden mukana myös tapahtuu oksien järeyden lisääntyminen runkojen tyvipuolesta vihreän latvuksen alarajaan saakka. Seuraavassa taulukossa on esitetty näytteitä kuivien oksien pituudesta muutamissa koepuissa:

Taulukko 6. Kuivien oksien pituuksia

Table 6. Lengths of dry branches

Puun — *Tree's* n:o	Pituus, m *Lenght, m*	1-metristen pölkkyjen numero kantoleikkauksesta alkaen *Number of 1 m logs beginning with stump cut*													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		Pisimmän kuivan oksan pituus (m) kussakin 1 m:n pölkyssä *Length of longest dry branch (m) on each 1 m log*													
1	10		0.6	0.4	0.4	0.5									
2	12				0.8	0.4	1.2	1.0							
3	14		0.3	0.2	0.4	0.7	1.5	0.9	1.1						
4	16		0.7	1.0		1.3	1.5	1.4	1.0						
5	18			0.4	0.4	0.7	0.6	0.8	1.2						
6	20						1.1		0.3	1.1	1.6	1.7			
7	22							0.3	0.7	0.5		1.5	0.7	2.6	
8	24				0.3	0.2		1.2	1.0	1.1	0.9		1.9	1.7	1.1

Jos ajatellaan viivalla yhdistetyiksi kuivien oksien uloimmat kärjet (sivuprofiilissa), muodostuu puolisoikio, jonka yläosa sopeutuu vihreän latvuksen alaosaan. Tämä selittyy sillä, että oksien kuivumisprosessi yhtymäkohdan eli latvuksen alarajan seuduilla on nuorin.

Runkojen sekä elävässä että kuivassa oksistossa tapahtuneet muutokset seuraavat paitsi metsikön iän ja koon myös kasvutilan muutoksia. Nuorissa sulkeutuneissa metsiköissä naapuripuiden aiheuttama puristus ja latvuksen ylimmän osan pyrkiminen ylöspäin valoa kohti muovaavat latvuksen kapeaksi ja pitkäksi ja aiheuttavat oksiston yleensä yläviistoisen asennon. Metsikön vanhemmalla iällä puut joutuvat yhä enemmän vapaaseen tilaan. Oksat kasvavat järeiksi, kuoleminen hidastuu ja oksien järeydestä johtuen myös karsiutuminen käy työlääksi. Joskin ero sulkeutuneiden nuorten metsiköiden ja vanhojen harveikkojen välillä on huomattava, voi samassakin metsikössä eri tiheydestä johtuvasta oksiston muovautumisesta elävä latvus saada erilaisia muotoja, jotka jättävät jälkensä myös sen alapuolella tapahtuvaan oksista puhdistumisen kulkuun.

Lahovikaisuus

Perusmittausten nojalla voitiin runkojakaantumissarjan eri kokoisille ja ikäisille puille laskea lahovikaisten runkojen osuus, selvittää niiden pituus-,

paksuus- ja kuutiomääräsuhteet ja erikoisanalysoinnin avulla eriasteisen lahovikaisuuden sijainti ja laajuus runkojen eri korkeudella (maasta). Myöhemmässä vaiheessa tulevat esille lahovikaisuuden ja muiden laatutekijöiden väliset riippuvuussuhteet.

Lahovikaisuuden riippuvuus metsikön iästä

Taulukossa 7 on esitetty lahovikaisten runkojen lukumäärä metsikön eri ikäkausina.

Taulukko 7. Lahovikaisten runkojen lukumäärän kehitys

Table 7. Development of number of rotten trunks

Metsikkö — *Stand*	Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Lahovikaisia runkoja kpl/ha ja % — *no/ha and % of rotten trunks*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	1 398	1 140	980	875	780	720	680	640
	39	*54*	*70*	*79*	*81*	*85*	*90*	*94*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*		900	730	620	540	480	440	400
		55	*63*	*75*	*77*	*82*	*85*	*90*
Sekametsät — *Mixed*			620	460	320	240	200	190
			62	*69*	*71*	*73*	*75*	*85*

Todetaan lahovikaisten runkojen absoluuttisen ja suhteellisen määrän nousevan nopeasti iän mukana. Tämä viittaa siihen seikkaan, että lahovikaa ilmaantuu myöhemmälläkin iällä runkoihin. Puhtaat haavikot ja haapavaltaiset metsiköt näyttävät olevan lahovikaisuudelle alttiimpia kuin sekametsien haapapuusto. Tähän lienee syynä edellisten herkkyys joukkotuholle. Lahovikainen emopuusto on saattanut juuristonsa välityksellä panna alkuun sukupolvesta toiseen jatkuvan lahokannan.

Taulukossa 8 on esitetty lahovikaisten runkojen kuutiomäärä metsikön eri ikäkausina. Koska lahoisten ja lahottomien runkojen koossa ei ole eroa,

Taulukko 8. Lahovikaisten runkojen kuutiomäärän (kuorineen) kehitys

Table 8. Development of volume of rotten trunks (with bark)

Metsikkö — *Stand*	Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Lahovikaisten runkojen m^3/ha ja % *cu. m/ha and % of rotten trunks*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	40	91	137	175	208	231	255	213
	40	*61*	*76*	*83*	*87*	*88*	*91*	*93*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	35	76	106	132	151	164	176	183
	40	*59*	*68*	*76*	*79*	*82*	*85*	*87*
Sekametsät — *Mixed*			59	74	83	89	95	98
			66	*74*	*80*	*84*	*86*	*88*

noudattaa lahovikaisten puiden kuutiomäärän iän mukainen kehitys pääasiallisesti metsikön koko haaparunkoluvun kehitystä. Tämä ilmenee suhteellisten osuuksien melkoisena yhtäpitävyytenä. On otettava huomioon, että tilanne ei ole niin huolestuttava kuin mitä lukuarvot osoittavat, sillä esim. lievästi lahoiset rungot saattavat olla kokonaan käyttökelpoisia.

Metsikön kuutiomäärän (T i k k a, 1954, s. 15) ja lahovikaisten runkojen kuutiomäärän lisäksi on samoin perustein laskettu myös lahoisten rungon osien ja niissä esiintyvän lahoisen puuaineen kuutiomäärät sekä suhteelliset osuudet metsikön koko kuutiomäärästä (kuorineen).

Tarkastelu taulukon 9 mukaan osoittaa tilanteen lahoisten rungon osien kohdalta ilmaisevan lieventäviä seikkoja. Ensinnä on rungon pitkä latvus

Taulukko 9. Lahoisten rungon osien ja lahoisen puuaineen kuutiomäärien kehitys

Table 9. Development of volume of rotten trunk parts and rotten wood

Metsikkö — *Stand*	Metsikön ikä, v. — *Age of stand, years*							
	20	30	40	50	60	70	80	90
	Lahoisten rungon osien m³/ha ja % *cu.m/ha and % of rotten trunk parts*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	18	34	53	77	106	138	171	210
	18	*23*	*29*	*37*	*44*	*53*	*61*	*71*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	12	20	32	48	63	85	105	128
	15	*16*	*21*	*27*	*33*	*43*	*50*	*61*
Sekametsiköt — *Mixed*			38	42	44	46	48	50
			42	*42*	*42*	*43*	*44*	*45*
	Käyttöarvoon vaikuttavan lahoisen puuaineen m³/ha ja % *cu.m/ha and % of rotten timber influencing utilization value*							
Puhtaat haavikot — *Pure aspen* ..	2	7	15	22	33	45	60	78
	2	*5*	*8*	*10*	*14*	*17*	*21*	*27*
Haapavaltaiset — *Aspen dominated*	2	3	4	9	14	20	31	45
	2	*2*	*3*	*5*	*7*	*10*	*15*	*21*
Sekametsät — *Mixed*			5	10	13	17	21	27
			6	*10*	*13*	*16*	*29*	*24*

enimmäkseen lahoton. Käyttöpuun osalla taasen saattaa olla yhtenäisiä tai lahoisten osien kanssa vuorottelevia, aivan terveitä rungon osia. Merkille pantavaa on myöskin, että lahoisten rungon osien kuutiomäärä metsikön nuoremmalla iällä on verraten alhainen, mutta kasvaa nopeasti metsikön iän mukana.

Lahoisen puuaineen kuutiomäärät ja suhteelliset osuudet (taulukko 9) osoittavat, ettei lahoisissakaan rungon osissa kaikki puuaine ole lahoa. Kuitenkin on sanottava, että joskin lahoisen puuaineen absoluuttiset ja suhteelliset määrät ovat verraten alhaiset, tätä etua suureksi osaksi vähentää lahovikaisuuden moninainen esiintymistapa.

Lahovikaisuuden riippuvuus puun koosta

Lahovikojen vertikaalinen laajuus rungossa

Vaikkakin on havaittavissa, että lahovikaisuus puiden kunnon heikentyessä jonkin verran jarruttaa pituuskasvua tai ainakin tekee latvuksen »sairaalloiseksi» ja mahdollisesti vaikuttaa myös paksuuskasvuun, ei oleellista eroa huomattu lahovikaisten ja lahottomien runkojen suuruussuhteissa. Koska sitä paitsi lahovikaisten runkojen lukumäärän osuus metsikön iän mukana nopeasti kasvaa, voidaan lähteä metsikön yleisistä keskipituus- ja keskipaksuusluvuista (T i k k a, 1954, ss. 19—22).

Lahovikaisessa rungossa saattaa olla sekä rungon käyttöarvoon vaikuttavia että siihen vaikuttamattomia lahoja. Milloin rungossa esiintyy vain kovaa lahoa, voi se olla kokonaan käyttöön kelpaavaa. Jos esim. tyvilahossa eli »maannousemassa» on kaikki asteet edustettuna, voi sen yläosa olla pitkältikin kovaa, vielä kenties kelpaavaa lahoa, samoin koko pituudelta uloin, tervettä pintaa vastassa oleva, edellä mainittua lahoastetta edustava vaippa. Sama koskee oksista tai vioittumista rungon sisustaan päässeiden runkolahojen erillisiä tai yhtenäisiä lahoja, jotka saastutuspesäkkeistä etenevät runkoa ylös- ja alaspäin.

Edellä mainittuja näkökohtia silmällä pitäen on rinnankorkeusläpimittaluokittain laadittu taulukko 10 eri tavoin vaikuttavien lahojen keskimääräisistä sijainneista ja pituuksista. Tällöin on huomautettava, että alle 60 cm:n pituiset, lahoisten osien väliin jäävät terveet rungon osat on käytäntöä silmällä pitäen luettu lahovikaisiin rungon osiin kuuluviksi. Taulukossa sanonta »käyttöarvoon vaikuttava» merkitsee lahon käyttöarvoa alentavaa vaikutusta, pahimmassa tapauksessa raakkiutta.

Tuloksista voidaan päätellä, että jos olisi yksinomaan tyvilahoa tai pelkästään runkolahoa, olisi lahovikojen rungon käyttöarvoa alentava vaikutus huomattavasti pienempi, kuin mitä ne yhdessä aikaan saavat. Viimeksi mainittu johtuu siitä, että kumpaisetkin laholajit etenevät toistensa vaikutuspiiriin. Rungoissa, joissa ei ole tyvilahoa, voi sen sijaan olla runkolahoa, jopa tyveen saakka. Jos runkoa lahottaa vain tyvilaho, saattaa se rungossa nousta hyvin korkealle. Jos samassa rungossa on kumpaisiakin laholajeja, voivat ne ohittaa toisensa eli sijaita samassa rungon osassa.

Kohdistettaessa huomio järeihin runkoihin todetaan käyttöarvoon vaikuttavan lahon valtaavan huomattavan osan (40—50 %) runkojen pituudesta. Tämä osa sitä paitsi sijaitsee suhteellisesti kaikkein arvokkaimmalla rungon osalla.

Terveiden runkojen mukaan lukeminen kuitenkin parantaa tilannetta, mutta sitä vähemmän mitä järeämpiin runkoluokkiin siirrytään. Seuraava asetelma osoittaa, että niiden mukaantulon vaikutus vähenee rungon järeyden lisääntyessä.

Taulukko 10. Lahoisten rungon osien sijainti ja pituus

Table 10. Position, length and % of rotten trunk parts

Lahon laatu — *Type of rot*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*								
	3	7	11	15	19	23	27	31	35
	Lahoisten rungon osien sijainti sekä pituus m ja % — *Position, length and % of rotten trunk parts*								
Tyvilaho, käyttöarv. vaikuttava *Butt rot, influencing utilization value*	0—1.3	0—3.2	0—4.6	0—5.5	0—6.0	0—6.3	0—6.6	0—6.8	0—6.9
Tyvilaho, käyttöarv. ei vaikuttava *Butt rot, not infl. utilization value*	*26*	*33*	*34*	*34*	*34*	*32*	*31*	*30*	*29*
Runkolaho, käyttöarv. vaikuttava *Trunk rot, infl. utilization value*	0—1.3	0—3.2	0—4.6	0—5.8	0—6.5	0—7.2	0—7.8	0—8.3	0—8.6
sijainti — *Position*	*26*	*33*	*34*	*36*	*36*	*36*	*37*	*37*	*37*
pituus, m — *Length, m*	1.0—2.3	2.3—4.8	3.2—6.6	3.7—7.5	3.8—8.1	3.8—8.5	3.7—8.8	3.6—9.1	3.4—9.4
pituus, % — *Length, %*	1.3	2.5	3.4	3.8	4.3	4.7	5.1	5.5	6.0
Runkolaho, käyttöarv. ei vaikutt. *Trunk rot, not infl. utilization value*	*26*	*25*	*25*	*24*	*24*	*24*	*24*	*24*	*26*
sijainti — *Position*	1.0—2.6	2.3—5.2	2.6—7.0	2.8—8.6	2.9—9.6	2.9—10.4	2.8—11.0	2.7—11.6	2.4—12.0
pituus, m — *Length, m*	1.6	2.9	4.4	5.8	6.7	7.5	8.2	8.9	9.6
pituus, % — *Length, %*	*32*	*30*	*33*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*
Kaikki lahot, käyttöarv. vaikutt. *All rots, influencing utilization value*									
sijainti — *Position*	0—2.3	0—4.8	0—6.6	0—7.5	0—8.1	0—8.5	0—8.8	0—9.1	0—9.4
pituus, m — *Length, m*	2.3	4.8	6.6	7.5	8.1	8.5	8.8	9.1	9.4
pituus, % — *Length, %*	*46*	*49*	*49*	*47*	*45*	*43*	*42*	*40*	*40*
Kaikki lahot, käyttöarv. ei vaikutt. *All rots, not infl. utilization value*									
sijainti — *Position*	0—2.6	0—5.2	0—7.0	0—8.6	0—9.6	0—10.4	0—11.0	0—11.6	0—12.0
pituus, m — *Length, m*	2.6	5.2	7.0	8.6	9.6	10.4	11.0	11.6	12.0
pituus, % — *Length, %*	*52*	*53*	*52*	*54*	*54*	*53*	*52*	*52*	*51*
Runkojen keskipituus, m — *Mean height of trees, m*	5.0	9.8	13.5	16.0	17.9	19.7	21.2	22.5	23.4

	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*							
	3—5	6—10	11—15	16—20	21—25	26—30	31—35	36—40
	Lahovikaiset rungon osat % metsikön keskipituudesta *% of mean height of stand formed by rotten trunk parts*							
Vain lahovikaiset ..	48	49	48	46	44	42	40	40
Kaikki rungot	23	23	24	26	32	35	34	33

Lahovikojen horisontaalinen laajuus rungossa

Kuten edellisessä luvussa on esitetty, on lahovikoja kahta pääryhmää: juurista tai tyvestä runkoon noussut tyvilaho (»maannousema») ja oksien tai runkovioittumien kautta sisustaan päässyt runkolaho. Kumpaisetkin laholaadut voidaan edelleen jakaa kolmeen asteeseen, joita ovat kova, puolikova (eli puolipehmeä) ja pehmeä laho. Runkopuun poikki- ja halkileikkauksissa nähdään myös terve pintapuu ja useimmiten terve keskiö.

Ensi silmäykseltä näyttää lahovikojen esiintyminen olevan runkojen koosta ja iästäkin riippumatta hyvin vaihtelevaa. Milloin ne esiintyvät säännöllisinä tyvestä latvaan päin kapenevina, milloin erillisinä, milloin toisiinsa eri tavoin liittyneinä rungon sisustan osina. Lähempi tarkastelu viittaa kuitenkin eräänlaiseen säännön mukaisuuteen. Eri lahoasteet pintaosasta ytimeen päin seuraavat toisiansa jonkinlaisessa kovuusjärjestyksessä. Tervettä pintavaippaa vastassa on yleisimmin kovan lahon rengas, joka toisissa tapauksissa ulottuu ytimeen saakka, toisissa rajoittuu puolikovaan tai pehmeään lahoon tai terveeseen keskiöön. Harvemmissa tapauksissa terve pintavaippa rajoittuu suorastaan puolikovaan tai pehmeään lahoon. On silti vaikea sanoa onko erilaisten esiintymistapausten moninaisuus vaiko jonkinlainen säännön mukaisuus vallitsevin.

Etsittäessä jotakin yhtenäisyyttä lahovikojen esiintymisessä on rungot ryhmitetty koon puolesta saman arvoisiin ryhmiin ja laskettu eriasteisten lahojen paksuuden keskiarvot ja niiden suhteelliset osuudet järeissä rungoissa (63 koepuuta), joissa lahovikaisuuden vertikaalisen ja horisontaalisen kehityksen voidaan katsoa saavuttaneen jonkinlaisen kypsyysasteensa. Keskiarvoja laskettaessa on tällöin odotettavissa, että useat lahon sijainnin erikoispiirteet häviävät. Säännöllisin on terve uloin pintavaippa, jonka paksuuden kulku suurin piirtein noudattaa runkokäyrän kulkua. Yksityisissä rungoissa se toisinaan puhkaisee sisempänä olevat eri asteiset lahorenkaat (poikkileikkauksen vyöhykkeet) ja ulottuu ytimeen saakka kapeampana tai leveämpänä rintamana. Tästä johtuu, että lahovikaisestakin rungosta voidaan saada täysin terveitä lyhyitä pölkkyjä. Seuraava rengas ytimeen päin siirryttäessä on kovaa eli enemmän tai vähemmän alkuasteista lahoa. Ainakin renkaan sisäraja puolikovaa tai pehmeää lahoa vastaan ei enää ole mitenkään selvä. Toisinaan »juoksee» terve keskiö jotensakin saman paksuisena, mutta useimmiten se esiintyy lyhyempinä tai pitempinä eristet-

Taulukko 11. Lahovikojen »kovuusrenkaiden» kaksinkertainen paksuus ja sen suhteellinen osuus läpimitasta rungon eri korkeuksilla

Table 11. Varying hardness of rots, double thickness of »rings» and its relative portion of the diameter

Mittakorkeus maasta m *Measuring height from the ground, m*	Runkojen rinnankorkeusläpimitta ja pituus — *Diameter at breast height and length of trunks*																							
	17, 19 cm | 24 m					21, 23 cm | 25 m				25, 27 cm | 26 m				29, 31 cm | 27 m				33+ cm 29 m			
	Lahon eri kovuus »renkaiden» kaksinkert. paksuus cm ja % — *Varying hardness of rot double thickness of »rings», cm and %*																							
	Terve keskiö *Healthy center*	(Puoli)pehmeä *(Half) soft*	Kova laho *Hard rot*	Terve, uloin *Healthy, outer surface*	Koko läpimitta *Entire diameter*	Terve keskiö *Healthy center*	(Puoli)pehmeä *(Half) soft*	Kova laho *Hard rot*	Terve, uloin *Healthy, outer surface*	Koko läpimitta *Entire diameter*	Terve keskiö *Healthy center*	(Puoli)pehmeä *(Half) soft*	Kova laho *Hard rot*	Terve, uloin *Healthy, outer surface*	Koko läpimitta *Entire diameter*	Terve keskiö *Healthy center*	(Puoli)pehmeä *(Half) soft*	Kova laho *Hard rot*	Terve, uloin *Healthy, outer surface*	Koko läpimitta *Entire diameter*	Terve keskiö *Healthy center*	(Puoli)pehmeä *(Half) soft*	Kova laho *Hard rot*	Terve, uloin *Healthy, outer surface*	Koko läpimitta *Entire diameter*
Kanto-*Stumpf*	2.2		2.6	16.4	21.2	2.0	1.8	5.6	13.6	23.0	2.2	1.8	2.4	21.6	28.0		3.4	8.6	20.0	32.0		8.4	14.0	15.6	38.0
	10		*12*	*78*	*100*	*9*	*8*	*24*	*59*	*100*	*8*	*6*	*9*	*77*	*100*		*11*	*27*	*62*	*100*		*22*	*37*	*41*	*100*
2	2.0	—	5.6	10.0	17.6	1.8	4.0	4.0	10.0	19.8	1.6	4.8	4.4	14.2	25.0		4.6	9.0	13.4	27.0		16.6	11.6	8.0	36.2
	11		*32*	*57*	*100*	*9*	*20*	*20*	*51*	*100*	*6*	*19*	*18*	*57*	*100*		*17*	*33*	*50*	*100*		*46*	*32*	*22*	*100*
4	1.0		6.0	9.4	16.4	1.8	3.2	3.6	10.0	18.6	1.6	3.6	3.6	13.4	22.2	1.6	3.2	8.4	11.2	24.4		14.8	10.0	8.0	32.8
	6		*37*	*57*	*100*	*10*	*17*	*19*	*54*	*100*	*7*	*17*	*16*	*60*	*100*	*7*	*13*	*34*	*46*	*100*		*45*	*31*	*24*	*100*
6	1.1	1.1	5.6	8.0	15.8	1.8	3.0	3.2	9.6	17.6	1.6	3.6	3.4	12.4	21.0	1.6	2.4	7.4	11.2	22.6		9.8	10.0	9.8	29.6
	7	*7*	*35*	*51*	*100*	*10*	*17*	*18*	*55*	*100*	*8*	*17*	*16*	*59*	*100*	*7*	*11*	*33*	*49*	*100*		*33*	*34*	*33*	*100*
8	1.7	1.7	3.6	8.0	15.0	1.8	1.8	3.6	8.4	15.6	1.6	3.8	3.0	11.4	19.8	2.0	2.2	6.4	10.8	21.4		6.4	10.6	11.0	28.0
	12	*11*	*24*	*53*	*100*	*11*	*12*	*23*	*54*	*100*	*8*	*19*	*15*	*58*	*100*	*9*	*10*	*30*	*51*	*100*		*23*	*38*	*39*	*100*
10	1.0	1.0	3.6	8.0	13.6	2.0	0.6	4.0	7.8	14.4	1.6	2.6	3.0	11.2	18.4	2.0	1.0	6.6	9.4	19.0		2.8	12.2	11.6	26.6
	8	*7*	*26*	*59*	*100*	*14*	*4*	*28*	*54*	*100*	*9*	*14*	*16*	*61*	*100*	*11*	*5*	*35*	*49*	*100*		*10*	*46*	*44*	*100*
12				12.0	12.0	2.0		3.4	6.6	12.0	1.4		2.4	12.4	16.2	1.0	0.2	6.0	9.2	16.4			11.6	12.8	24.4
				100	*100*	*17*		*28*	*55*	*100*	*9*		*15*	*76*	*100*	*6*	*1*	*37*	*56*	*100*			*48*	*52*	*100*
14						1.8		3.4	4.8	10.0				14.0	14.0	1.0			12.2	13.2			6.2	16.4	22.6
						18		*34*	*48*	*100*				*100*	*100*	*8*			*92*	*100*			*27*	*73*	*100*
16								2.0	6.0	8.0									10.0	10.0			1.0	19.0	20.0
								25	*75*	*100*									*100*	*100*			*5*	*95*	*100*

tyinä pesäkkeinä milloin se ei ole yhteydessä terveen uloimman pintarenkaan kanssa.

Taulukko 11 ei siis ilmennä erikoispiirteitä, mutta ilmoittaa kuitenkin puun sisustassa olevain eri renkaiden, niin terveiden kuin lahoistenkin, keskimääräisen paksuuden. Keskimäärin paksuin ja siis myös kuutioltaan suurin on uloin terve pintarengas (»pintapuu»), jonka paksuuden suhteellinen osuus ohuemmissa järeissä rungoissa kannon ja 18 cm:n minimiläpimittaan juoksutetun rungon osan välillä vaihtelee n. 1/2—2/3 välillä, mutta järeämmissä rungoissa 1/3—1/2 välillä. Mainitun rungon osan pituudella vaihtelee uloimman kovan lahorenkaan osuus koko läpimitasta 1/5—1/3 välillä. Vieläkin sisempien eriasteisten lahojen kovuudesta tai terveestä keskiöstä (jalostusprosessissa sorvipölkyn viilutusta silmällä pitäen) riippuu määrätyn pituisten rungon osien käyttökelpoisuus.

Runkomuodon epäsäännöllisyydet

Rungon kapeneminen tai solakkuus kuuluvat puun luontaiseen kehitykseen eikä niitä sellaisinaan ole katsottava epänormaalisuuksiksi tai säännöttömyyksiksi. Niihin voidaan kuitenkin lukea liikakapenevuus ja raippamaisuus (suhteissa puun pituuteen). Varsinaisina runkomuotovikoina on pidetty kaikkia poikkeavuuksia yksirunkoisuudesta ja rungon suoruudesta. Tällaisia ovat mutkat, haarakohdat, lahon aiheuttamat tyvipaisumat ja yleensä runkokäyrän luonnollista kulkua keskeyttävät pitkänomaiset paksunemat ja ohentumat.

K a p e n e m i n e n

Koepuiden jokaisen metriluvun päästä mitattujen läpimittojen perusteella olisi haavan runkomuoto voitu mitata useitakin tarkkoja menetelmiä käyttäen. Koska viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet kiinteän suhteen vallitsevan rinnan- ja 6 metrin korkeudelta mitattujen läpimittojen eron ja rungon kuutiomäärän välillä ja siten todistaneen mainitun eron käyttökelpoiseksi osoittamaan rungon kapenemista eli runkomuotoa (I l v e s s a l o 1947), on sitä käytetty myös seuraavassa selvityksessä.

Jo tutkimuksen I osassa (T i k k a, 1954, taulukko 9, s. 27) on selvitys runkojen kapenemisesta metsikön iän mukana. Todetaan niiden keskimääräisessä kapenemisessa verraten vähäisiä muutoksia. Pienin on kapeneminen nuorissa metsiköissä, joissa puuston suurempi tiheys ja nopea pituuskasvu edistävät rungon solakaksi tulemista, suurin taasen vanhoissa metsiköissä, joihin mennessä puuston jatkuva harveneminen on kiihottanut paksuuskasvua taantuvan pituuskasvun kustannuksella. Se seikka, että keskimääräisessä kapenemisessa ei ole huomattavampaa nousua, johtunee puiden koon melkoisista vaihteluista.

Taulukko 12. Rungon kapenemisen riippuvuus puun paksuudesta

Table 12. Dependence of taper of the trunk upon thickness of the tree

Ikäluokka, vuotta *Age class, years*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*							
	7	11	15	19	23	27	31	35
	Kapeneminen D1.3—D6.0, cm — *Taper Dbh—D6.0, cm*							
21—40	2.5	2.7	3.2	3.9	4.6			
41—80	3.0	3.0	3.1	3.3	3.8	4.4	5.1	5.9
Kaikki — *All* ...	2.8	2.9	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.9

Eriteltäessä rungot paksuutensa mukaan todetaan kapenemisessa jo huomattava ero ohuiden ja järeiden runkojen välillä. Tämä huomio on sitäkin merkittävämpi, koska puheena olevassa suhteessa sanottavaa eroavaisuutta ei ole nuorten ja vanhojen metsiköiden välillä.

Taulukko 13. Rungon kapenemisen riippuvuus puun pituudesta

Table 13. Dependence of taper of the trunk upon length of the tree

Ikäluokka, v. *Age class, years*	Pituus, m — *Length, m*									
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	Kapeneminen, D1.3—D6.0, cm — *Taper Dbh—D6.0, cm*									
21—40	2.5	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9				
41—80	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.6	3.9	4.1	4.3
Kaikki — *All* ..	2.8	2.9	3.0	3.3	3.5	3.6	3.6	3.9	4.1	4.3

Runkojen eri pituusluokissa kapeneminen muistuttaa suuressa määrin iän mukaista kapenemista. Merkittävämpää eroa kapenemisluvuissa ei ole lyhyiden ja pitkien puiden välillä.

Mikäli etsitään äärimmäisyyksiä, tavataan erityisen raippamaisia muotoja rinnankorkeudelta 3—4 cm:sten, pitkien runkojen joukossa. Erittäin tyvekkäitä, runnankorkeudeltaan paksuja, mutta pituudeltaan suhteellisen lyhyitä puita löytää vuosikausia avonaisella paikalla kasvaneiden yksilöiden joukosta.

Muotoviat

Tutkimuksen I osassa (Tikka, 1954, taulukko 3 s. 18) oli koealojen kaikki puut jaettu puuluokkiin ja niissä eroteltu mutkaisuudeltaan ja haaraisuudeltaan jotensakin vahvasti edustetut rungot. Seuraava asetelma osoittaa niiden suhteellisen osuuden.

	Runkoja, joissa on mutkia	haaroja	mutkia + haaroja	Yhteensä
	% koko puuluvusta			
Puhtaat haavikot, 20—40 v.	5	Δ	Δ	5
Haapavaltaiset »	10	1	1	12
Puhtaat haavikot, 41—80 v.	15	8	2	25
Haapavaltaiset »	13	3	3	19
Sekametsät »	18	6	5	29
Keskimäärin	9	2	2	13

Nuorissa metsissä lienevät mutkat ja haarat karjan, hirvien ja mahdollisesti jänisten aikaan saamia. Metsikön iän ja puuston harventumisen lisääntyessä on runkoa deformoivilla luonnon ym. tekijöillä suuremmat tuho-

Taulukko 14. Mutkaisten rungon osien ja haarakohtien sijainti

Table 14. Position of fork points and bent parts of trunk

Rungon osan korkeus maasta, *Height of trunk part from ground*, m	Mutkaisen rungon osan pituus, m *Length of bent trunk part*, m	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm* 3	7	11	15	19	23	27	31	35	%
		Tapausten lukumäärä, % — *Quantity of cases, %*									
		Mutkat — *Bends*									
0—4	0—1	60	8	5							5
	1—2	10	33	9	7	5					8
	2+	20		10	2						4
4—8	0—1		5	3		4					2
	1—2	10	25	33	9	10	11				17
	2+		13	10	7	8	4				7
8—12	0—1		4	2	4	4	3	10			4
	1—2		8	16	29	21	19				17
	2+		4	12	18	14	4		25		12
12+	0—1				7	4					2
	1—2				11	18	30	30	25		11
	2+				6	12	29	60	50	100	11
Mutkatapauksia, kpl. *Cases of bends, no.*		10	24	58	45	49	27	10	4	1	228
» %		*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*
		Haarat — *Forks*									
0—4		100									2
4—8					10	6	10				5
8—12			100	50	50	38	20	33	75		39
12+				50	40	56	70	67	25	100	54
Haaratapauksia, kpl. *Cases of forks, no.*		1	1	4	10	16	10	9	4	1	56
» %		*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*	*100*

työn mahdollisuudet. Niitä ovat myrsky, lumenpaino ja välillisesti lahoviat. Katkenneen rungon sijalle on kasvanut yksi tai useampia sijaisrunkoa ja tätä tietä mutkia ja haaroja.

Taulukossa 14 on esitetty mutkaisten rungon osien (pituuksien) ja haarakohtien sijainti rungossa. Eniten on näitä vikoja 11—23 cm:n rinnankorkeusläpimitan täyttävissä puissa. Runsaimmin on 1—2 m:n pituisia mutkia. Lyhyet mutkat ovat useimmiten äkkimutkia. Pitkiä, yli 2 m:n mutkia sanotaan lengoiksi. Koko aineisto (219 koepuuta) huomioon ottaen on runkoa kohden mutkia 0.9 kpl. ja haaroja 0.3 kpl.

Muut viat

Muita haavan vikoja ovat paisumat, haavat, halkeamat, hyönteisvioitukset, jne.

Paisumia tavataan yleensä ja harvakseltaan vain vanhemmissa metsiköissä. Siinä tapauksessa, että niiden yhteydessä on syvälle puun sisään ulottuvaa epänormaalia solumuodostusta, saattaa paisumilla olla käytännöllistä merkitystä. Toisinaan on haapapuun tyviosassa n. s. punapuuta. Sen valtaama rungon osa on useimmiten paisunut, tynnyrimäinen. Mahdollisesti on kysymys »vesisilosta». Lahoa ei siinä välttämättä tarvitse olla.

Haavoista on ensinnäkin mainittava ne leimat, jotka ovat jääneet liian pitkiksi ajoiksi runkoon ja aiheuttaneet siihen »haavalahoa» ja värinmuutoksia. Valtion metsissä on leimaus pääasiassa tarkoittanut polttopuuksi tms. hakattavia runkoja tai harvennuspuuta, eikä sillä näin ollen ole arvopuustoon kohdistuvaa suoranaista haittaa.

Haavojen joukkoon on myös luettava hirvien aiheuttamat kaluamahaavat aina 2.5 m:n korkeuteen saakka. Tuhot ovat eräiden seutujen nuoremmissa metsiköissä yleisiäkin. Usein ovat sanan mukaisesti kaikki puut hirven kaluamia. Haavojen pituudet vaihtelevat 0.2—2 m:n välillä. Todennäköisesti hirvi yläleuan hampaillaan alaspäin vetäen irroittaa kuoren. Hampaiden jäljet ovat usein nähtävissäkin. Vanhemmiten kaluamahaavojen pintaan ilmaantuu harmoittumista ja pinnan alle väri- ja lahovikaa, jotka iän mukana pahenevat. Vanhoissa ja kaarnoittuneissa rungoissa on haavapinta vaivoin kasvaneen, mutta korkeahkon kyljestymäsolukon reunustama. Pahimmissa tapauksissa on tällainen rungon osa esim. sorvipölkyksi kelpaamaton.

Halkeamista ovat tyypillisimpiä tyvi (pakkas)halkeamat reunakyljestymineen ja harjanteineen. Pakkasen ohella tai erikseen voidaan aiheuttajiksi lukea mm. tuulen- ja lumenpaino. Viimeksi mainittujen tilille kuuluvat niin ikään oksien karsiintuminen kuoren ja pintapuun repeämisineen, rungon katkeamat ja kuivalatvaisuus.

Hyönteisvioituksia on varsinkin nuoremmissa metsiköissä runsaanlaisesti. Mainittava on erityisesti eräiden hyönteisten toukkakäytävät rungon tyviosan sisustassa (vrt. K a n g a s, 1942).

Rungon laadun osoittajat

Edellisissä luvuissa on selvitetty, missä määrin runkojen oksaisuus, lahovikaisuus ja runkomuodon epäsäännöllisyydet ovat riippuvaisia metsikön iästä ja puun koosta sekä myös erilaisista muista rungon vikaisuuksista. Mainitut riippuvuussuhteet eivät kuitenkaan yksin riitä ilmaisemaan varsinkaan rungon sisäisiä vikaisuuksia, joiden toteaminen puun ulkonäön perusteella on tärkeää mm. leimauksissa ja puutavaran teossa. Tässä suhteessa onkin vaikeuksia, sillä on ulkoisesti moitteettomia runkoja, jotka ovat lahovikaisia, ja on ulkoisesti vikaisia, jotka ovat sisäisesti aivan terveitä. Seuraavissa luvuissa tarkastellaan eräitä rungon laadun enemmän tai vähemmän varmoja osoittajia.

Oksien laatu ja lahovikaisuus

Aiemmin on kuvattu ne edellytykset, joiden vallitessa eräät haavan tuhosienet pääsevät oksien kautta runkopuuhun ja sitä lahottamaan. Kaikki oksat eivät suinkaan ole yhtä otollisia sienten vastaanottopaikkoja. Tällöin voidaan ensinnä eliminoida alinna oleva rungon oksaton osa, joka tehokkaasti torjuu tuhosienten hyökkäykset, sillä sen oksat ovat enemmän tai vähemmän paksun pintavaipan ja kaarnan peittämät, ts. umpeutuneet puun sisään. Toiseksi on mainittava elävän oksiston muodostama latvusosa, joka kokonaan estää tuhosienten sisään pääsyn. Mahdollisuus siihen kuitenkin lisääntyy, jos myrsky tai lumenpaino on katkaissut rungon tai oksia. Päähuomio onkin kiinnitettävä kuivien oksien rungon osaan, jossa tuhosienivaaran laajuus riippuu oksien karsiutumisen kulusta. Koska oksantyngät lyhenevät latvuksen alarajasta rungon tyveen päin siirryttäessä, lisääntyy samassa määrässä tuhosienivaara. Tyveään myöten karsiutuneet oksat tai kyljestymän reunustamat, enemmän tai vähemmän lahonneet oksat eli »oksanreiät» ovat otollisimpia tuhosienten vastaanottopaikkoja. Tuhosienet lahottavat rungon sisustaa ja työntävät itiöemiään (kääpiä) niin lyhyiden kuin pitkien oksantynkien juureen jopa kaukana saastutuspaikasta. On kuitenkin huomioon otettava, että lahovikainen runko saattaa myös olla aivan käävätön. Erityisesti on mainittava umpeenkyljestyneiden oksien muodostamat oksankyhmyt, jotka usein valtaavat melkoisen rungon pituusosuuden. Toisissa tapauksissa ne ovat ilmaisuja runkolahon olemassaolosta.

Taulukossa 15 on esitetty vertailu kuivien oksien ja runkolahon valtaamista rungon osista, niiden sijainnista, pituudesta ja suhteellisesta osuudesta.

Taulukko 15. Kuivien oksien ja runkolahon valtaamat rungon osat, niiden sijainti, pituudet ja suhteelliset osuudet

Table 15. Parts of trunk dominated by dry branches and trunk rot, their position, lengths and relative portions

Rungon osa *Part of trunk*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*								
	3	7	11	15	19	23	27	31	35
	Sijainti, pituus, m ja % — *Position, length and %*								
Kuivat oksat — *Dry branches*									
sijainti — *Position*	0.2—3.4	0.4—6.0	0.8—8.0	1.1—9.2	1.5—10.3	2.0—10.9	2.5—11.4	3.2—11.9	3.6—12.2
pituus, m — *Length, m*	3.2	5.6	7.2	8.1	8.8	8.9	8.9	8.7	8.6
pituus, % — *Length, %*	*64*	*57*	*53*	*51*	*49*	*45*	*42*	*39*	*37*
Runkolaho — *Trunk rot*									
sijainti — *Position*	1.0—2.6	2.3—5.2	2.6—7.0	2.8—8.6	2.9—9.6	2.9—10.4	2.8—11.0	2.7—11.6	2.4—12.0
pituus, m — *Length, m*	1.6	2.9	4.4	5.8	6.7	7.5	8.2	8.9	9.6
pituus, % — *Length, %*	*32*	*30*	*33*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*
Runkojen keskipituus, m — *Mean height of trees, m*	5.0	9.8	13.5	16.0	17.9	19.7	21.2	22.5	23.4

Ensinnä todetaan kuivien oksien rungon osan olevan pitempi runkolahon valtaamaa rungon osaa, kuitenkin niin, että järeissä rungoissa eroavuudet on jotensakin pienet ja sijainti suurin piirtein sama. Edellä sanottua vahvistavat myös suhteelliset pituusosuudet. Se seikka, että ohuemmissa (ja iältäänkin enimmäkseen nuoremmissa) rungoissa kuivien oksien rungon osa on pitempi runkolahon valtaamaa rungon osaa, osoittaa, ettei laho vielä ole käyttänyt kaikkia etenemismahdollisuuksiaan rungon sisustassa.

Kapeneminen ja oksaisuus

Aiemmin on mainittu haavan tyvekkyyden ja oksaisuuden lisääntyvän kasvutilan käydessä väljemmäksi. Tyvekkäimpiä ja oksaisimpia ovat vanhoissa haavikoissa ja avonaisella maalla kasvavat yksilöt. Taulukossa 16 on esitetty, missä määrin rungon kapeneminen ja oksaisuus ovat keskinäisessä riippuvuussuhteessa. Laskelma kohdistuu yli 40-vuotisiin metsikköihin, joissa runkoluku ha kohden oli yleensä alle 1 000 kpl.

Taulukko 16. Kapeneminen ja oksaisuutensa puolesta erilaiset rungon osat

Table 16. Various trunk parts by their taper and branchiness

Rinnankorkeusläpimitta, cm *Diameter at breast height, cm*	Kapeneminen D1.3—D6.0, cm — *Taper Dbh—D6.0, cm*							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Oksattoman + kuivien oksien rungon osan pituus, % *Length of branchless + part of trunk with dry branches, %*							
< 10	70	66	61	56				
10—20	70	65	59	54	46			
20—30	59	59	58	58	56	54	51	
> 30			60	60	59	57	55	52
	Oksattoman rungon osan pituus, % — *Length of branchless part of trunk, %*							
< 10	5	5	4	3				
10—20	12	11	10	7	5			
20—30	10	10	10	9	7	6	5	
> 30			14	13	12	11	10	9
	Runkojen keskipituus, m — *Mean height of trees, m*							
< 10	10.7	10.1	9.7	9.0				
10—20	17.7	17.2	16.8	16.2	15.6			
20—30	21.8	21.0	20.5	19.8	18.9	18.0	17.0	
> 30			26.2	26.0	25.9	25.7	25.4	25.2

Edellä mainitun taulukon mukaan alustavasti todetaan saman paksuisten runkojen pituuden lyhenevän kapenemisen lisääntyessä, ts. runkojen paksuuden ollessa sama, lyhyemmät puut ovat tyvekkäämpiä kuin pitemmät puut. Voimakkaimmin tämä ilmiö kohdistuu rinnankorkeudelta järeimpiin paksuusluokkiin, joissa sitä paitsi kapenemisluvut alkavat vasta 4 cm:stä. Toisaalta ei suuria kapenemislukuja ole runkojen ohuemmissa paksuusluokissa.

Toiseksi todetaan oksattoman + kuivien oksien rungon osan lyhenevän (ja latvuksen pitenevän) kapenemisen lisääntyessä, lisäksi jopa voimakkaammin kuin puun pituuden kasvaessa, ts. runkomuoto huononee ensimmäiseen tuoreeseen oksaan ulottuvan rungon osan lyhetessä.

Edelleen havaitaan oksattoman rungon osan lyhenevän kapenemisen lisääntyessä. Vaikka tämä piirre on heikonlainen, vahvistaa sekin sitä tosiasiaa, että oksaisuus lisääntyy kapenemisen suuretessa.

Taulukossa 17 on pyritty tuomaan esiin kapenemisen ja oksan pinta-alan välinen riippuvuussuhde. Laskelmaa varten oli ensinnä jokaiselle kapenemisluokalle laskettu eri paksuisten kuivien oksien poikkileikkauspinta-alojen summa ja sitten tämä summa jaettu kapenemisluokan kuivien oksien lukumäärällä. Tuloksista, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, selviää, että oksan poikkileikkauspinta-ala suurenee rungon kapenemisen lisääntyessä, joten tällöinkin on olemassa selvä, joskaan ei varsin vahva kapenemisen ja oksaisuuden välinen riippuvuussuhde.

Taulukko 17. Kapeneminen ja oksapinta-ala

Table 17. Taper and branch area

Rinnankorkeusläpimitta, cm *Diameter at breast height, cm*	Kapeneminen D1.3—D6.0, cm — *Taper Dbh—D6.0, cm*							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Oksan poikkileikkauspinta-ala, cm² — *Cross-section area of branch, cm²*							
10—20	4.76	4.44	4.68	4.78	5.24			
20—30	5.80	6.24	6.94	7.27	7.46	6.84	6.37	
> 30			10.67	10.70	11.00	10.76	11.19	11.19

Sitä vastoin samantapainen vertailu kapenemisen ja rungon 1 m kohden lasketun oksien poikkileikkauspinta-alasumman välillä ei osoittanut varmaa suuntaa. Laskelma oli tehty erikseen kuivien oksien rungon osan ja erikseen oksattoman + kuivien oksien rungon pituus huomioon ottaen.

Päätelmänä voidaan sanoa tyvekkäiden runkojen olevan suhteellisesti runsas- ja paksuoksaisempia kuin solakoiden eli hitaasti kapenevien runkojen.

Kuori, oksaisuus ja runkolaho

Perusmittausten mukaan on 1 m:n pölkyttäin merkitty kuoren paksuus, karkeus ja väri. Tarkoituksena on selvittää kuoren ja eräiden laatutekijöiden mahdollinen keskinäinen riippuvuussuhde. Taulukossa 18 on esitetty kuoren laadun (kuoriluokkien) osoittamat pituusosuudet runkojen rinnankorkeusläpimittaluokittain. Laskelma koskee yli 40-vuotisia metsiköitä. Tulosten mukaan kuoren karkeus vähenee (eli sileys lisääntyy) rungon tyvestä latvaan päin siirryttäessä. Alinna olevan karkean kaarnakuoren ja

Taulukko 18. Erilaatuisen kuoren sijainti

Table 18. Position of different types of bark

Kuoriluokka — *Bark class*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*								
	3	7	11	15	19	23	27	31	35
	Sijainti, pituus m ja % *Position, length, m and %*								
Karkea kaarnakuori — *Rough bark*									
sijainti — *Position*	—	0—0.8	0—1.5	0—1.9	0—2.1	0—2.2	0—2.3	0—2.4	0—2.4
pituus, m — *Length, m*	—	0.8	1.5	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4
pituus, % — *Length, %*	—	*8*	*11*	*12*	*12*	*11*	*11*	*11*	*10*
Sileähkö kaarnakuori — *Medium rough bark*									
sijainti — *Position*	—	0.8—1.3	1.5—2.1	1.9—2.8	2.1—3.2	2.2—3.8	2.3—4.0	2.4—4.2	2.4—4.4
pituus, m — *Length, m*	—	0.5	0.6	0.9	1.1	1.6	1.7	1.8	2.0
pituus, % — *Length, %*	—	*5*	*4*	*6*	*6*	*8*	*8*	*8*	*9*
Muodostuva kaarnakuori — *Bark in the process of becoming rough*									
sijainti — *Position*	0—1.7	1.3—3.0	2.1—4.0	2.8—4.7	3.2—5.2	3.8—5.8	4.0—6.2	4.2—6.6	4.4—6.8
pituus, m — *Length, m*	1.7	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0	2.2	2.4	2.4
pituus, % — *Length, %*	*34*	*17*	*14*	*12*	*11*	*10*	*10*	*10*	*10*
Sileä harmaa kuori — *Smooth gray bark*									
sijainti — *Position*	1.7—3.8	3.0—7.5	4.0—10.2	4.7—11.5	5.2—12.5	5.8—13.5	6.2—14.1	6.6—14.7	6.8—15.2
pituus, m — *Length, m*	2.1	4.5	6.2	6.8	7.3	7.7	7.9	8.1	8.4
pituus, % — *Length, %*	*42*	*46*	*46*	*42*	*41*	*39*	*37*	*36*	*36*
Sileä vihreä kuori — *Smooth green bark*									
sijainti — *Position*	3.8—5.0	7.5—9.8	10.2—13.5	11.5—16.0	12.5—17.9	13.5—19.7	14.1—21.2	14.7—22.5	15.2—23.4
pituus, m — *Length, m*	1.2	2.3	3.3	4.5	5.4	6.2	7.1	7.8	8.2
pituus, % — *Length, %*	*24*	*24*	*25*	*28*	*30*	*32*	*34*	*35*	*35*
Runkojen keskipituus, m — *Mean height of trees, m*	5.0	9.8	13.5	16.0	17.9	19.7	21.2	22.5	23.4

ylinnä sileän vihreän kuoren peittämää rungon osaa lukuun ottamatta eri kuoriluokkien pituusosuudet pitenevät alhaalta ylöspäin siirryttäessä. Sileähkön kaarnakuoren ja sileän vihreän kuoren suhteelliset pituudet lisääntyvät rungon paksuuden suuretessa. Karkean kaarnakuoren peittämän rungon osan suhteellinen pituus pysyy samana. Muodostuvan kaarnakuoren ja sileän harmaan kuoren pituusosuudet lyhenevät rungon paksuuden lisääntyessä. Kaikki absoluuttiset pituusosuudet lisääntyvät rungon paksuuden karttuessa.

Taulukossa 19 on selvitetty sitä seikkaa, millä eri kuoriluokkien pituusosuuksilla kuivien oksien rungon osa ja runkolahon valtaama rungon osa sijaitsevat tai päin vastoin puuttuvat.

Taulukko 19. Kuivien oksien ja runkolahon sijainti kuoren eri laatuluokissa

Table 19. Position of branches and trunk rot in various bark quality classes

Rungon osa *Part of trunk*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast neight, cm*								
	3	7	11	15	19	23	27	31	35
	Kuivien oksien ja runkolahon sijainti eri kuoriluokkien rungon osassa *Position of dry branches and trunk rot in the trunk part of various bark classes*								
Kuivien oksien rungon osa — *Part of the trunk with dry branches*	0.2—3.4	0.4—6.0	0.8—8.0	1.1—9.2	1.5—10.3	2.0—10.9	2.5—11.4	3.2—11.9	3.6—12.2
Sijainti eri kuoriluokissa: — *Position in different bark classes:*									
Karkea kaarnakuori — *Rough bark*		+	+	+	+				
Sileähkö kaarnakuori — *Medium rough bark* ..		+	+	+	+	+	+	+	+
Muodostuva kaarnakuori — *Bark in the process of becoming rough*		+	+	+	+	+	+	+	+
Sileä harmaa kuori — *Smooth gray bark* ...	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sileä vihreä kuori — *Smooth green bark* ..									
Runkolaho — *Trunk rot* ..	1.0—2.6	2.3—5.2	2.6—7.1	2.8—8.6	2.9—9.6	2.9—10.4	2.8—11.0	2.7—11.6	2.4—12.0
Sijainti eri kuoriluokissa: — *Position in different bark classes:*									
Karkea kaarnakuori — *Rough bark*									
Sileähkö kaarnakuori — *Medium rough bark* ..						+	+	+	+
Muodostuva kaarnakuori — *Bark in the process of becoming rough*		+	+	+	+	+	+	+	+
Sileä harmaa kuori — *Smooth gray bark* ...	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sileä vihreä kuori — *Smooth green bark* ..									

Kuivien oksien rungon osa runkojen kaikissa paksuusluokissa sijaitsee sileähkön + muodostuvan kaarnakuoren + sileän harmaan kuoren peittämässä rungon osassa, mutta puuttuu sileän vihrean kuoren pituusosuudelta ja runkojen järeissä paksuusluokissa karkean kaarnakuoren pituusosuudelta.

Runkolahon valtaama rungon osa runkojen kaikissa paksuusluokissa sijaitsee muodostuvan + sileän harmaan kuoren peittämässä rungon osassa, mutta puuttuu karkean kaarnakuoren ja sileän vihreän kuoren pituusosilta sekä runkojen ohuimmissa paksuusluokissa sileähkön kaarnakuoren pituusosuudelta.

On kuitenkin huomioon otettava, että kuorensa puolesta samanlaisten runkojen joukossa on sekä lahovikaisia että lahottomia puita. Kysymys saattaa olla kahdesta toisistaan riippumattomasta tekijästä. Onkin ajateltavissa, että oksista ja vioittumista rungon sisustaan päässyt tuhosieni ei »kysy» kuoren laatua. Ajan mittaan voi kuitenkin puun kuoreen ilmaantua sitä värittäviä epifyyttejä, jotka ovat merkkejä puun heikentyneestä tai huonosta kasvukunnosta. Viimeksi mainittuun voi olla syynä puun yli-ikäisyys, soveltumaton kasvupaikka, liika vapaana kasvaminen, jne. Milloin näitäkään edellytyksiä ei ole, on sellaiseksi otaksuttava pahaksi kehittynyt lahovikaisuus. Kenties ei tarvitse näinkään pitkälle odottaa. Räsäsen (1927) mukaan heti *Fomes igniarius*-sienen runkoon pääsyn jälkeen ilmaantuu rungon pintaan tavallisia jäkäliäkin. Lassila (1931) mainitsee kuoren kellahtavan värin ja jäkälät vikaisen puun tuntomerkkeinä.

Seuraavassa selvitetään kuoren paksuutta mahdollisena rungon laadun osoittajana.

Perusmittauksessa oli mitattu kuorelliset ja kuorettomat läpimitat kunkin katkotun 1 m:n pölkyn latvasta ja myös ensimmäisen pölkyn tyvestä eli kannon korkeudelta. 1 m:n mittakohdan korkeus kannosta taasen on jotensakin sama kuin rinnankorkeus.

Taulukko 20. Kuoren kaksinkertainen paksuus

Table 20. Double thickness of bark

Rinnankorkeusl.mitta, cm *Diameter at breast height* cm	Mittakohdan korkeus kannosta, m — *Height of measuring point from ground, m*														
	0—3	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
	Kuoren kaksinkertainen paksuus, mm — *Double thickness of bark, mm*														
10—15	14	11	10	8	6	4	3	2							
15—20	18	15	14	12	9	7	5	3	2						
20—25	26	21	18	15	13	10	8	6	4	3	2				
25—30	30	25	22	18	15	13	10	8	7	5	3	2			
30—35	40	31	24	20	17	15	13	11	10	8	7	5	4	3	2

Kuoren paksuudella on jo biologisena tapahtumana mielenkiintoa, mutta merkitystä myös suojelevana vaippana erilaisia vikaisuuksia vastaan sekä ulkoisena vihjeenä sisäisten vikojen olemassa olosta (ks. s. 27). Huomiotta ei voi myöskään jättää kuoren paksuutta jalostusprosessin alkuvaiheessa suoritettavassa kuorinnassa.

Kuoren paksuuden ilmaisijoina on paitsi sijaintia kuoren ikä ja kaarnoittuneisuus sekä epifyyttinen aiheuttama väritys. Taulukossa 21 on esitetty erilaatuisen kuoren kaksinkertainen paksuus runkojen eri paksuusluokissa:

Taulukko 21. Eri laatuisen kuoren kaksinkertainen paksuus

Table 21. Double thickness of different types of bark

Kuoren laatu *Type of bark*	Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*				
	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35
	Kuoren kaksinkertainen paksuus, mm *Double thickness of bark, mm*				
Karkea kaarnakuori — *Rough bark*	12	16	22	26	30
Sileähkö kaarnakuori — *Medium rough bark*	10	13	17	20	22
Muodostuva kaarnakuori — *Bark in the process of becoming rough*	8	12	15	17	18
Sileä harmaa kuori — *Smooth gray bark* ..	5	7	9	11	12
Sileä vihreä kuori — *Smooth green bark* ..	2	3	4	5	6

Koska kuoren laatu jossakin määrin ilmaisee runkolahon sijainnin (taulukko 19), voitaisiin tarkastella myös kuoren paksuuden ja runkolahon sijainnin välistä riippuvuussuhdetta. Koska toisaalta kuoren paksuus ohenee karkeasta kaarnakuoresta sileään vihreään kuoreen siirryttäessä, voidaan päätellä kuoren paksuuden osoittavan ainakin ylimalkaan runkolahon esiintymislaajuutta eli pituusosuutta rungossa.

Rungon laadun kokonaiskuvaus

Edellä selostetuista rungon laadun osoittajista ei johonkin yksityiseen ole yksinomaan luotettava. Mieluummin on, silmämääräisen arvion ollessa kysymyksessä, tarkastettava kaikkien tunnusmerkkien luomaa kokonaiskuvaa. Rungon laadun eri osoittajista tehdyn selvityksen täydennykseksi on vielä laadittu taulukko 22 pystypuiden lahovikaisuuden päättelemiseksi ulkoisten tunnusmerkkien mukaan. Pohjana on käytetty koko mitattua koepuuaineistoa metsiköiden ikäluokittain. Rungot on jaettu lahoisen puuaineen kuution osuutta (%) osoittaviin luokkiin ja tarkasteltu eri tunnusmerkkisten runkojen osuutta kunkin luokan omasta puuluvusta ottaen huomioon, että samoja puita voi sisältyä eri tunnusmerkkiryhmiin.

Taulukko 22. Pystypuiden lahovikaisuuden päätteleminen ulkoisten tunnusmerkkien mukaan

Table 22. Determination of rot defects of standing tree according to external features

Ikäluokka, v. *Age class, years*	Lahoisen puuaineen kuution % *% volume of rotten wood*	Aineiston runkoluku, kpl. *Number of trunks of material, no.*	Runkoluvusta seuraavanlaisia puita, % — *Following types of trees among trunks, %*																
			Käävällisiä, joista *Bracket fungi, from where obtained*			Oksankyhmyllisiä, joista kyhmyja kpl/m *Knotty wood, in which knots are no/m*					Eri tavoin kapenevia D1.3—D6.0, cm *Tapering differently Dbh—D6.0, cm*				Mutkaisia, haaraisia *Bent, branchy*	Mekaan. vioittuneita *Mechanically damaged*	Kaarnallisia, joissa kuori ulottuu kork. maasta, m *Rough bark trees in which the bark protrudes to a height of m*			
			ei tulitikkupuuta *not match wood*	tulitikkupuuta *match wood*	Yht. *Together*	<1	1	2	3>	Yht. *Together*	0—2	2—4	4—6	7+			1	3	5	7+
20—40	0	30									30	63	7		10	14	100			
	1—10	20				10	5			15		75	20	5	10	15	85	15		
	11—20	19	5	5	10	31	11			42		63	32	5	11	5	90	10		
	21—30	14				29	7			36		79	21		7		72	28		
	31—40	2									50		50		50		50	50		
	41—50	2				50				50		100			50	50	50	50		
	51+	2	100		100	100				100		50	50		50			100		
		89	3	1	4	17	4			21	11	68	19	2	12	8	86	14		
41—80	0	7				57	14			71	14	86			28	14	88	12		
	1—10	6		17	17	83	17			100		50	33	17	33	17	67	33		
	11—20	19	10	16	26	42	11			53		53	47		26	16	31	48	21	
	21—30	36	22	22	44	36	42	3		81		56	33	11	25	39	45	50	5	
	31—40	26	23	31	54	35	31	7	4	77	4	58	31	7	23	46	43	27	30	
	41—50	25	12	16	28	32	36	28	4	100		68	20	12	24	40	44	36	12	8
	51+	11	27		27	36	27	10		73		36	28	36	18	36	46	45	9	
		130	18	18	36	39	30	8	2	79	2	57	30	11	25	34	42	42	14	2

Tulitikkupuu

Käsite

Tehtaiden haapatulitikkupuun laatuvaatimusohjeissa, hankinta-, kauppavälikirja- ja kauppasopimuskaavakkeessa käytetään sanoja »tulitikkuhaapa», »tulitikkupuu», »tavara», »tukki» ja »pölkky» ilmaisemaan osto- tai kuljetusyksikköä. Kullakin tehtaalla on omat ohjeensa, joista selviävät pölkkyjen laatu, mitat ja katkaiseminen, mittaus ja vastaanotto, hinta ja suoritustavat yms.

Osto- ja kuljetusyksikkönä tulitikkuhaapapölkkyjen pituus vaihtelee 3—23 jalkaan. Alin paksuus pölkyn latvasta (kuoren alta, ohuemmalta puolen) on 7—8 tuumaa. (Lähemmin s. 37—38).

Tulitikkupuu saadaan siis kannon ja minimikatkaisuläpimittakohdan välisestä rungon osasta. Toisissa tapauksissa käytetään koko osa yhtenä kappaleena, toisissa tapauksissa taasen mm. käsittelyn ja kuljetuksen helpottamiseksi pitempinä tai lyhyempinä pölkkyinä. Tulitikkupuulla ymmärretään sitä puutavaraa, joka metsästä kuljetetaan jalostuspaikalle.

Mainittakoon tässä yhteydessä, että varsinainen jalostusyksikkö on sorvipölkky.

Tulitikkupuun (pölkkyjen) yleisestä koosta

Tutkimuksen I osan johdantoluvussa (T i k k a, 1954) on esitetty syyt haapapuun suhteelliseen vähyyteen maassamme. On myös todettava tulitikkupuun verraten alhainen keskipaksuus. Esimerkkinä mainittakoon, että erään tehtaan kirjanpidosta pistokokein otetut 374 pölkkyä jakaantuivat niiden keskeltä otetun kuorellisen läpimitan mukaan seuraavasti:

Pölkyn paksuus keskeltä, Engl. tuumaa												Yhteensä
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Kappaletta, %												
2	8	16	23	20	13	9	3	3	1	1	1	100

Keskikooksi saatiin n. 14′ × 9 ½″ (= n. 4 m × 24 cm). Tiedossa ei ole, minkä laista runkojen järeyttä edellä mainittu esimerkki vastaa, sillä monet seikat vaikuttavat rungosta saatavien pölkkyjen kokoon. On ilmeistä, että järeää haapapuuta jalostava teollisuus kärsii sekä raaka-aineen saantivaikeuksista että sen suhteellisen alhaisesta koosta.

Runkoaineisto

Tutkimuksen I osassa (T i k k a, 1954 s. 16 ja 25) on esitetty metsikön runkoluvun jakaantuminen eri rinnankorkeusläpimittaluokkiin metsikkö-

lajeittain ja ikäluokittain. Yli 40-vuotisissa puhtaissa haavikoissa oli järeitä, rinnankorkeudelta yli 20 cm:siä runkoja 40 %, haapavaltaisissa 50 % ja sekametsissä 21 % runkoluvusta ja 63, 74 ja 48 % kuutiomäärästä.

Koepuuaineistosta (219 runkoa) oli järeitä 73 kpl. eli 31 %. Se jakaantui eri rinnankorkeusläpimittaluokkiin seuraavasti:

Rinnankorkeusläpimitta, cm					Yhteensä
23	27	31	35	39	
Kappaletta, %					
74	22	2	1	1	100

Todetaan selvittelyyn erotetun runkoaineiston kuuluvan suurimmaksi osaksi järeän puun alempiin paksuusluokkiin (vrt. asetelmaan edellä).

Rungosta saatu tulitikkupuu

Aineiston käsittely

Tutkimusaineiston keräystä ja käsittelyä koskevissa luvuissa (s. 9) on mainittu olleen pakko suorittaa teoreettinen apteeraus, koska varsinaiseen puutavarantekoon kesä-syksyn aikana ei ollut mahdollisuuksia. Tarkoin analysoiduista rungoista voitiin kuitenkin saada tieto, miten paljon ja minkälaista tulitikkupuuta saadaan, kun tiedetään lisäksi rungon sisäinen laatu. Käytännössä viimeksi mainitun selville saaminen nojautui ulkoisten tunnusmerkkien huomiointiin, tyveämisellä toteamiseen ym. keinoihin. Rungon jaossa muu aines koostui hakkuutähteistä, joita ovat kanto, tyveys, leikot ja latva.

Rungosta otettiin tulitikkupuu mahdollisuuksien mukaan käytännössä olevia ohjeita noudattaen. Kuten mainittiin, kullakin tehtaalla on omat tulitikkupuun laatuvaatimuksensa.

Yhteisinä vaatimuksina eri ohjeissa mainitaan, että tulitikkupuun tulee olla kuorellinen, mahdollisimman oksaton, suora, tuore, valkoinen (vesiharmaa kelpaa), terve, eheä ja vapaa punapuusta, maannousemasta ja halkeamista. Kuitenkin sallitaan pölkyn sydämessä selvästi erottuvaa, kovaa, kiinteää, säteilemätöntä lahoa. Tässä samoin kuin seuraavissa tapauksissa on eri tehtaiden ohjeiden välillä eroavuuksia. Mainittakoon vain ääriarvot.

Pölkyn sydämessä sallitun lahon määrä vaihtelee seuraavasti: alle 10″ pölkyissä 1—3″ ja yli 10″ pölkyissä 3—4″.

Pölkkyjen tulee olla sahalla katkaistuja puolille tai täysille jaloille (3) 4—23′. Toiset tehtaat antavat eri määräyksiä puutavaraerien keskipituudesta, toiset mm. miten monta sadannesta saa olla lyhyempiä pölkkyjä ja missä sellaisia vastaan otetaan.

Pölkyn paksuus mitataan kuoren alta, ohuemmalta puolen (toisissa tapauksissa myös keskeltä kuoren päältä). Minimilatvaläpimitta on 8″, mutta 7 ja 7 ½″ läpimittaisia otetaan määräsadannes kappalemäärästä tai huokeammalla hinnalla.

Tasausvara, jota ei kuutiolaskelmissa oteta huomioon, on yleisimmin 3—4″, mutta lyhyissä pölkyissä 5—8″.

Kaatoajasta ei toisissa ohjeissa ole määräyksiä, toisissa taasen määrätään talvikaato tai rasiinkaato, jopa mainiten kuukaudet tai määräkuukausikin.

Muista ohjeista ja määräyksistä mainitaan sivulla 36.

Tulitikkupuu käsitti siis kannon ja minimikatkaisuläpimittakohdan välisen rungon osan. Jos se oli terve tai lievästi vikainen, luettiin se kokonaisuudessaan käyttökelpoiseksi. Milloin puu oli vikainen, toimitettiin tarpeen mukaan tyveäminen ja muiden sallimattomien vikojen (tyvihalkeamien, lahoisten rungon osien, äkkimutkien, haarakohtien, paksujen oksakiehkuroiden ym.) leikkominen. Tällöin tuli runko pölkytetyksi, jolloin pidettiin periaatteena sitä, että rungon puisevimmasta osasta saatiin mahdollisimman hyvä tyvipölkky, sitten välipölkky (tai useampia) ja latvapölkky, riippuen kannon ja minimikatkaisuläpimittakohdan välisen rungon osan pituudesta. Pölkytys oli suoritettu siitä syystä, että voitaisiin verrata metsäaineiston ja erikseen mitatun tehtaan koe-erän antamia tuloksia toisiinsa.

Tulitikkupuun pituus ja kuutiomäärä

Jotta yhteys tutkimuksen alusta saakka noudatettuun metrijärjestelmään säilyisi, on seuraavissakin selvittelyissä käytetty metrisiä pituus-, paksuus- ja kuutiomäärälukuja. Tarvittaessa ne voidaan vaivatta muuntaa jaloiksi, tuumiksi ja kuutiojaloiksi.

Taulukossa 23 on esitetty eri paksuisten runkojen pituuden jakaantuminen tulitikkupuun ja tähteiden kesken. Aineisto käsittää 73 runkoa, joka jakaantuu rinnankorkeusläpimittaluokkiin sivulla 37 olevan asetelman mukaisesti.

Todetaan rinnankorkeusläpimitan suuretessa tulitikkupuun pituusosuuden lisääntyvän, samoin tyveyksen ja leikkojen osuuden kasvavan kohtalaisesti, mutta latvatähteen pituusosuuden melko nopeasti alenevan. Pituuden ollessa sama, erityisesti pelkän tyveyksen merkitys kasvaa rungon paksuuden lisääntyessä, koska se sijaitsee rungon puisevimmassa osassa.

Taulukosta 24 nähdään pituuslukuja vastaavat kuutiomäärät. Kuutiosuhteet antavat tulitikkupuulle paremman sijan kuin pituussuhteet. Tulitikkupuun kuution osuuden verraten hidas lisääntyminen rungon järeyden kasvaessa johtunee tyveysten ja leikkojen osuuden suurenemisesta. Merkille pantavaa on latvatähteen sijoittuminen. Runkojen järeimmässä luokassa sen osuus on ainoastaan kolmannes siitä, mitä se on alimmassa luokassa.

Taulukko 23. Rungon (ilman kantoa) pituuden jakaantuminen tulitikkupuun ja tähteiden kesken

Table 23. Division of trunk (without stump) into match wood and waste

Rinnankorkeusläpimitta, cm *Diameter at breast height, cm*	Runko (ilman kantoa) *Trunk without stump*	Tulitikkupuu *Match wood*	Tyveys ja leikot *Butting off and breaks*	Latvatähde *Top waste*	Tähteet yhteensä *Waste in general*
	Pituus, m ja % — *Length in m and %*				
23	20.7	5.5	1.2	14.0	15.2
	100	*26*	*6*	*68*	*74*
27	21.9	9.1	1.5	11.3	12.8
	100	*42*	*7*	*51*	*58*
31	22.9	10.7	1.9	10.3	12.2
	100	*47*	*8*	*45*	*53*
35	24.4	12.2	2.6	9.6	12.2
	100	*50*	*11*	*39*	*50*
39	25.0	13.1	3.0	8.9	11.9
	100	*52*	*12*	*36*	*48*

Taulukko 24. Rungon (ilman kantoa) kuutiomäärän jakaantuminen tulitikkupuun ja tähteiden kesken

Table 24. Division of trunk volume (without stump) between match wood and waste

Rinnankorkeuslämipitta, cm *Diameter at breast height, cm*	Runko (ilman kantoa) *Trunk without stump*	Tulitikkupuu *Match wood*	Tyveys ja leikot *Butting off and breaks*	Latvatähteet *Top waste*	Tähteet yhteensä *Waste in general*
	Kuutiomäärä (k.m³) ja % — *Volume (solid m³) and %*				
23	0.405	0.246	0.037	0.122	0.159
	100	*61*	*9*	*30*	*39*
27	0.566	0.359	0.071	0.136	0.207
	100	*63*	*13*	*24*	*37*
31	0.744	0.486	0.121	0.137	0.258
	100	*65*	*16*	*19*	*35*
35	0.925	0.620	0.178	0.127	0.305
	100	*67*	*19*	*14*	*33*
39	1.132	0.761	0.249	0.122	0.371
	100	*67*	*22*	*11*	*33*

Tulitikkupuun laatu

Kuten aiemmin on mainittu, käsittää tulitikkupuuaines kannon ja minimikatkaisuläpimittakohdan välisen rungon osuuden. Useimmissa tapauksissa laho- ym. vikojen takia sitä ei kuitenkaan saada lyhentämättömänä. Taulukossa 25 on tarkastettu tulitikkupuun määrän ja siihen vaikuttavien tekijöiden riippuvuussuhdetta. Todetaan tulitikkupuun ja oksattoman + kuivien oksien rungon osan pituuksien välillä joltinenkin yhtäpitävyys. Varsinaisessa puutavaranteossa tulitikkupuu katkaistaan yleisimmin latvusrajan alapuolelta. Eräissä kauppavälikirjoissa siitä on nimenomainen määräyskin. Erittäin järeissä rungoissa tulitikkupuu juoksutetaan

latvusrajan yläpuolellekin, jos riittävän pitkiä oksattomia välejä on käsillä. Oksaisuudesta on vielä mainittava, että järeimmät oksat keskittyvät latvusrajan seuduille. Koska runkokin näillä kohdilla on melkoisesti ohentunut ja runsaimmin kapeneva, saattaa näistä syistä katkaiseminen tapahtua minimiläpimittakohtaa paljonkin alempaa. Paksuoksaisia kiehkurakohtia ei oteta tulitikkupuuhun. Sama koskee äkkimutkia, haarakohtia ja ns. punapuuta. Pahin tekijä on kuitenkin lahovikaisuus: rungon tyviosassa »maannousema» ja *Fomes igniaruksen* ym. aiheuttama runkolaho. Niiden pääasiallinen sijainti on jotakuinkin sama kuin sen rungon osan, josta tulitikkupuu otetaan. Pahinta kuitenkin on, että lahon olemassa oloa ei ilman muuta todeta. Erityisen taitavat tekomiehet ovat sen päättelemisessä hyvinkin

Taulukko 25. Tulitikkupuun pituuden ja eri laatutekijöiden välinen riippuvuussuhde

Table 25. Development ratio between the length of match wood and different quality factors

Rinnankorkeusläpimitta, cm — *Diameter at breast height, cm*				
23	27	31	35	39
Kooltaan tulitikkupuuksi kelpaava (kannon ja Dmin 7″ välinen) rungon osa, m *Match wood sized trunk part (between stump and Dmin 7″), m*				
6.7	10.6	12.6	14.8	16.1
Oksaton + kuivien oksien rungon osa, m — *Part of trunk between stump and fresh branches*				
10.9	11.4	12.0	12.5	13.0
Eri paks. kuivien oksien keskim. korkeudet, m *Average height of dry branches of various thicknesses, m*				
(1 cm) 5.3	5.3	5.3	5.2	5.1
(2 ») 6.6	6.5	6.3	6.2	6.1
(3 ») 7.3	7.1	6.9	6.7	6.6
(4 ») 8.8	8.8	8.7	8.4	8.0
(5 ») 9.8	10.0	10.2	10.2	10.3
Järeitä (4—5 cm) oksia tulitikkupuussa, kpl. — *Thick (4—5 cm) branches in match wood, no.*				
4	7	10	14	18
Järeitä (4—5 cm) oksia tulitikkupuun 1 m kohden, kpl. *Thick (4—5 cm) branches per 1 m of match wood*				
0.5	0.6	0.8	1.1	1.3
Käyttöarvoon ± vaikuttavan lahovian pituus, m *Length in meters of rot affecting utilization value*				
8.5	8.8	9.1	9.4	9.7
Todellinen tulitikkupuuksi kelpaava rungon osa, m — *Actual length of match wood, m*				
5.5	9.1	10.7	12.2	13.1
Kooltaan kelpaavan ja todellisen tulitikkupuun pituusero, m *Length difference of match wood sized and actual match wood, m*				
1.2	1.5	1.9	2.6	3.0

pitkällä. Silti voi pölkkyihin jäädä sallimatonta laho- ym. sisäistä vikaa. Kaikenlaisen vikaisuuden vaikutus tulitikkupuun lopulliseen pituuteen nähdään myös taulukosta 25. Samanlainen taulukko kuutioluvuin esitettynä asettaisi tulitikkupuun paremmalle sijalle kuin pituusluvuin esitetty (vrt. taulukkoja 23 ja 24).

Taulukosta 26 nähdään koeaineiston tulitikkupuusta saatujen pölkkyjen keskikoko (pituus 5.0 m ja läpimitta keskeltä 24 cm) sekä pölkystä saatujen sorvipölkkyjen lukumäärä ja laatu ynnä poistettujen osien määrä. Täten voitiin metsäaineisto soveltaa määrätyin rajoituksin eräällä tehtaalla mitattuun pölkkykoe-erään ja sitten verrata kumpaisenkin aineiston antamia tuloksia toisiinsa. Metsäaineistoksi oli pisto-ottein valittu 36 pölkkyä ja tehtaan koe-eräksi 24 pölkkyä. Näin vähäisellä aineistolla saatuja tuloksia ei voida yleistää, mutta antavat ne kuitenkin kuvan sorvipölkkyjen laadusta ennen viilutusta sorvikoneessa.

Taulukko 26. Tulitikkupuusta (pölkystä) saadut sorvipölkyt ja niiden laatu

Table 26. Quality of lathe blocks obtained from match wood (log)

Tulitikkupuu (pölkky) *Match wood (log)*			Sorvipölkyt — *Lathe blocks*										Poistettujen osien pituus, m *Length of parts removed, m*
Pituus *Length*		Läpimitta keskeltä, cm *Diameter at center, cm*	Pituus, m *Length, m*	Kpl. *No.*	Sallitun lahon keskiläpim. cm *Diameter of rot, cm*	Oksien paksuus, cm *Thickness of branches, cm*					Yht. kpl. *Together, no.*		
jalkaa feet	m					1	2	3	4	5	oksia keskimäärin sorvipölkkyä kohden, kpl. *Branches on average lathe block*		
Metsäaineisto (36 tulitikkupuupölkkyä)—*Selted material (36 match wood logs)*													
16.1	5.0	24.0	0.6	8.0	3.4	0.1	0.2	0.3	0.1	0.4	1.1	0.2	
Koe-erä tehtaalla (24 tulitikkupuupölkkyä) — *Trial sample at factory (24 match wood logs)*													
15.7	4.8	26.4	0.6	7.7	3.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.7	0.3	

Sorvipölkkyjen keskipituudeksi saatiin 60 sm. Eräällä tehtaalla olivat vaihtelurajat 55—67 cm, toisella 51—57 cm ja kolmannella (60—)64 cm.

Tehtaan katkaisusahaan pantiin pölkky mieluummin tyvipää edellä. Ensin poistettiin pölkyn päästä harmoittunut, sienikääpien peittämä tai kuljetuksessa kolhiintunut pää. Mitan täyttämätön päätekappale jäi niinikään jätteeksi. Vikaisissa pölkyissä, joissa saattoi olla lahoa, paksuoksaisia kohtia yms., suoritettiin niiden leikkomisia. Myös metsäaineiston pölkyt katkottiin samojen perusteiden mukaan.

Kumpaisenkin aineiston suhteen todetaan yhtäpitävyys. Poistettujen osien vähyys johtuu ensinnä siitä, että raakkipölkkyjä ei ole mukana ja toiseksi siitä, että pölkkyjen joukossa oli huomattava osa aivan terveitä.

Joissakin pölkyissä oli taasen paljonkin vikaa, ja jätteiksi jäävän puun osuus oli huomattava. Jos raakkipölkytkin olisi otettu laskelmaan, olisi »sirkkelihäviö» noussut huomattavasti suuremmaksi.

Laatukysymys ei suinkaan pääty sorvipölkkyyn. Vasta sen jälkeisen jalostusprosessin vaiheet voivat antaa lopullisen vastauksen kysymykseen tulitikkupuun laadusta.

Kuutiohäviön kehitys

Kuutiohäviön kehityksen selvittämiseksi olisi tullut seurata s a m a n aineiston käsittelyvaiheita kaadosta aina jalostusprosessin viimeiseen jaksoon saakka. Tällaista aineistoa ei kuitenkaan ole käsillä. Tämän puutteen edes osittaiseksi poistamiseksi on kuitenkin metsäaineiston ja tehtaissa koottujen muistiinpanotietojen nojalla tehty seuraava laskelma kuutiohäviön kehityksestä, kun alkukuutiomäärä merkitään 100:lla.

Järeiden runkojen k-m³	kaadon		jälkeen	100
» » »	raakkauksen	(12 %)	»	88
Tulitikkupuun »	tyveämisen yms.	(29 »)	»	63
» »	uitto- yms. häviön	(5 »)	»	60
Sorvipölkkyjen »	sirkkeli »	(23 »)	»	46
Jalosteen »	jalostus »	(27 »)	»	34

Volume of timber trees	*after felling*		*100*
» » » »	» *culling (12 %)*		*88*
» *of match wood*	» *butting, etc. (29 %)*		*63*
» » » »	» *waste infloating, etc. (5 %)*		*60*
» *of lathe blocks*	» *waste in circular saws (23 %)* ...		*46*
» *of finished product*	» *waste in manufacture (27 %)*		*34*

Kaadetuksi tulee sellaisiakin puita, jotka joutuvat raakeiksi. Haapapuustojen nykyistä huononpuoleista laatua osoittaa myös hakkuutähteiden (tyveysten, leikkojen, latvan) melkoinen osuus. Yksinomaan latvatähteen osuus on huomattava siitäkin syystä, että suuren minimikatkaisuläpimitan vuoksi tulitikkupuu katkaistaan verraten alhaalta.

Uitossa on uittohäviöllä (uppopuiden määräosuudella) oma merkityksensä. Lisäksi puu saattaa uiton kestäessä ja mahdollisen välivarastoinnin aikana kärsiä erinäisiä vaurioita.

Milloin erityisen hyvät puutavaranteko- ja kuljetussuhteet vallitsevat, saattaa tehtaalle tulla varastoiduksi tavallista suuremmat puumäärät, jolloin osa niistä ylivuotisena joutuu varastolahon turmelemaksi, jopa käyttöön kelpaamattomaksi. Uitetun puun kohtuullinen sinistyminen ei aiheuta

raakkaamista. Sieni- ym. tuhojen välttämiseksi pidetään tavallisimmin »juoksevaa varastoa». Tarkoituksenmukaisiin varastointimenetelmiin on alettu kiinnittää huomiota.

Jalostusprosessin kulun selostaminen voidaan tässä sivuuttaa. Sen sijaan kosketellaan lyhyesti edellä esitetyssä asetelmassa lueteltujen kuutiohäviöiden syitä, jotka antavat lisävalaistusta myös raaka-aineen laatukysymykseen.

Edellä on jo selostettu sirkkelissä tapahtuvan kuutiohäviön syitä.

Sirkkelistä joutuvat pölkyt kuumailmakammioon. Käsittelyn tarkoituksena on helpottaa mm. kuorintaa. Pölkyt kuoritaan (puoliautomaattisessa) kuorimakoneessa, joka kuoren lisäksi poistaa oksankyhmyt ja muut epätasaisuudet, jopa puuosaakin.

Sorviosastossa on koneita raaka-aineen sorvaamiseksi tulitikkusäleiden ja rasian pohjien ynnä kehysten valmistusta varten.

»Tulitikkulinjan» sorvikoneessa, piikkipuristimien välissä, pyörivästä pölkystä »sorvataan» ensiksi koko pölkyn pituudelta pintakerrosta, kunnes pölkky saa aivan sylinterimäisen muodon. Mitä kapenevampi ja soikeampi pölkky on, sitä suurempi on kuutiohäviö pyöristyksessä. Varsinaisessa viilutuksessa paljastuvat laho-, väri- ym. viat. Raakatut viilujen osat erotetaan välittömästi käyttökelpoisista. Käyttökelvottomat purilaat joutuvat niin ikään jätteiksi. Sen sijaan terveistä purilaista saadaan rasianpohja- ja kehysaineksia.

Asianomaisen käsittelyn jälkeen joutuvat viilut sopivan levyisinä ja päällekkäin ladottuina tikkuhakkukoneeseen. Erinäisten välivaiheiden jälkeen säleet (tikut) joutuvat seulakoneeseen, joka erottaa vajaapituiset, heikot ja rikkinäiset tikut sekä muun purun. Näin tapahtuu osaksi myös komplettikoneessa, jonka toiminnan myöhemmässä vaiheessa tikut saavat tuliraapaisupään.

»Rasialinjan» sorvikoneissa valmistetaan viiluja rasianpohjia ja -kehyksiä varten. Tällöinkin erottuu jätteiksi joutuvaa ainesta. Käyttökelpoisista viiluista valmistetaan rasiaosastossa rasioita ja niiden kehyksiä. Koneissa rutistuvat heikkorakenteiset valmisteet.

Rasiain täyttöosastossa samaten kuin pakkaushuoneessa tuskin aiheutuu puunhukkaa.

Jalostusprosessin eri vaiheissa syntynyt puujätemäärä käytetään kokonaisuudessaan tehtaan voimalaitoksessa polttoainetarpeen tyydyttämiseksi, minkä se suurimmaksi osaksi täyttääkin. Kysymyksessä eivät siis suinkaan ole aivan pienet jätemäärät.

Yhteenveto

Yleistä

Jotta vikaisuuksien vaikutus haapapuun ja erityisesti tulitikkupuun laatuun tulisi selville, on perustana ja vertailukohteena käytetty metsikkökokonaisuutta ja sen pääosia. Tämä on johtanut tutkimaan erilaisten puun vikojen riippuvuutta metsikön iästä, puun koosta ym. Tärkeää on ollut selvittää puun laadun osoittajat. Osassa tutkimusta on aineisto voitu yhdistää yhdeksi kokonaisuudeksi. Näin on tehty varsinkin tulitikkupuun kohdalta. On selvitetty sen paksuus-, pituus- ja kuutiomääräsuhteet, paljonko sitä ja sorvipölkkyjä saadaan sekä saadun raaka-aineen laatu. Tutkimuksen pohjana on ollut sekä metsä- että tehdasaineisto.

Rungon oksaisuus

Rungon oksaton osa ja latvus lisääntyvät, mutta kuivien oksien rungon osa vähentyy metsikön iän ja runkojen koon suuretessa. Edullisena seikkana voidaan pitää ohuempien (1—2 cm) kuivien oksien sijainnin ulottumista verraten korkealle rungossa. Järeä (4—5 cm) kuiva oksisto on keskittynyt enimmäkseen sen ja elävän oksiston yhtymäkohdan eli latvusrajan seuduille. Eri paksuisten (1, 2, 3, 4 ja 5 cm) oksien keskimääräiset korkeudet (maasta) runkojen paksuusluokittaisessa tarkastelussa käyvät huomattavasti selvempään järjestykseen kuin ikäluokittaisessa. Tämä johtuu siitä, että saman ikäluokan puustossa on hyvin eripaksuisia (ja -pituisia) runkoja.

Erityisesti on kiinnitettävä huomio kuivien oksien karsiutumis- ja umpeenkyljestymisilmiöön. On todettu, että oksien itseharveneminen (kuoleminen) tapahtuu melko nopeastikin rungon hakkuukypsäksi varttumiseen mennessä, mutta kuolemisen jälkeen on niiden karsiutuminen hitaasti edistyvää, jopa työlästä. Vuosikymmeniksikin jää runkoon myös vaivoin kyljestyneitä oksia (»oksankyhmyjä») ja avonaisia »oksanreikiä», jotka ovat muodostuneet reunoiltaan kyljestyneistä, mutta multamaisiksi lahonneista oksista, sekä lyhyitä että pitkiä, jopa aivan murtumattomia oksia. Viimeksi mainitut, saattavat olla yli kolmekin metriä pitkiä ja sijaitsevat latvuksen alapuolella, latvusrajan seuduilla, sen suojassa mm. lumenpainolta.

Rungon lahovikaisuus

Lahovikaisten runkojen absoluuttinen lukumäärä vähenee, mutta suhteellinen osuus lisääntyy metsikön iän mukaan. Näiden runkojen sekä absoluuttinen että suhteellinen kuutiomäärä lisääntyvät metsikön vanhetessa. Samassa suhteessa kasvavat lahoisten rungon osien ja lahoisen puuaineen kuutiomääräluvut.

Rungon koon vaikutuksesta lahoisten rungon osien pituussuhteisiin on sanottava, että tyvilahon nousukorkeus ja runkolahon valtaaman rungon osan absoluuttinen pituus lisääntyvät, mutta viimeksi mainitun suhteellinen osuus pysyy jotenkin muuttumattomana puun koon suuretessa. Kaikki lahot huomioon ottaen niiden absoluuttinen pituus suurenee, mutta suhteellinen osuus alenee koon lisääntyessä.

Lahon horisontaalinen laajuus oli mitattu 1-metristen pölkkyjen päistä. Todettiin eri lahoasteiden seuraavan toisiansa jonkinlaisessa kovuusjärjestyksessä, rengasmaisesti ytimen ympärillä. Uloinna tervettä pintavaippaa vastaan on kovan lahon rengas tai vyöhyke, siitä sisempänä puolikovan (puolipehmeän) lahon vyöhyke ja edelleen pehmeän lahon rengas. Viimeksi mainittu voi ulottua ytimeen saakka tai sitten ytimen ympärillä olevaan terveeseen keskiöön. Keskimäärin paksuin ja siis myös kuutioltaan suurin on terve uloin vaippa (»pintapuu»), jonka paksuuden suhteellinen osuus ohuemmissa rungoissa kannon ja 18 cm:n minimimatkaisuläpimittakohdan välisellä rungon osuudella on ½—⅔, mutta paksummissa rungoissa ⅓—½ poikkileikkauksen läpimitasta. Lahorenkaiden ja terveen keskiön osuus on siten ohuemmissa rungoissa ⅓—½ ja järeimmissä ⅓—⅔ poikkileikkauksen läpimitasta. Edellä olevan selostuksen mukaan on tullut mitatuksi lahon suhteellinen horisontaalinen laajuus myös rungon eri korkeuksilla kannosta. Merkille pantavaa on, että se on rungon alimmalla (n. 1 m:n) osuudella pienenlainen verrattuna keskisissä rungon osissa oleviin. Tämä johtuu siitä, että »maannousema» ei ole niin yleinen kuin runkolaho, joka etenemisessään rungossa ei aina ole ehtinyt tyveen saakka. Rungon ylemmissä osissa lahon absoluuttinen laajuus tosin vähenee latvaan päin, mutta suhteellinen osuus lisääntyy, johtuen osittain rungon kapenemisesta. Edelleen on otettava huomioon, että runkolaho ei ole aina yhtenäinen, vaan katkeileva, johtuen tämä useistakin saastutuskohdista. Väliin jää tällöin terveitä rungon osia.

Rungon kapeneminen

Runkojen keskimääräisessä kapenemisessa metsikön iän mukana todetaan verraten vähäisiä muutoksia (T i k k a, 1954, taulukko 9, s. 27). Pienin on kapeneminen nuorissa metsiköissä, suurin vanhoissa metsiköissä. Eriteltäessä rungot paksuutensa mukaan todetaan kapenemisessa jo huo-

mattava ero ohuiden ja järeiden runkojen välillä. Edelliset ovat myös solakampia kuin jälkimmäiset. Runkojen eri pituusluokissa kapenemisen kehitys muistuttaa suuressa määrin iän mukaista kapenemista.

Äärimmäisyystapauksia ovat ohuiden (rinnankorkeudelta 3—4 cm) runkojen raippamaisuus ja järeiden runkojen liikatyvekkyys. Rinnankorkeudelta samanpaksuisista ovat lyhyet rungot käyttöarvoltaan alempiarvoisia kuin pitkät (solakat) rungot.

Rungon muut viat tai epäsäännöllisyydet

Runkomuodon epäsäännöllisyyksistä mainittiin edellisessä luvussa raippamaisuus ja liikatyvekkyys. Varsinaisia rungon muotovikoja ovat mutkaisuus (ja lenkous) ja haaraisuus. Mutkat ovat kaikenikäisissä metsiköissä yleisempiä kuin haarakohdat. Niiden käyttöarvoa alentava vaikutus riippuu sangen paljon sijainnista. Pahimmat aiheuttavat leikkomisia eli puumäärän alenemista.

Paisumilla, haavoilla, halkeamilla, hyönteisvioituksilla ym. on pahimmillaan sama vaikutus kuin rungon muotovioilla. Niiden edullinen merkitys rajoittuu vain siihen, että ne toimivat ulkoisina tunnusmerkkeinä sisäisten, varsinkin lahovikojen selville saamiseksi pysty- ja kaadetuissa, mutta vielä pölkyttämättömissä rungoissa. Tätä tarkoitusta palvelevat myös seuraavassa luvussa mainitut rungon laadun muut osoittajat, ts. erinäiset riippuvuussuhteet sekä rungon laadun kokonaiskuvaus.

Rungon laadun osoittajat

Sivuilla 27—35 on selvitetty missä määrin runkojen oksaisuus, lahovikaisuus ja runkomuodon epäsäännöllisyydet ovat riippuvaisia metsikön iästä ja rungon koosta. Enemmän tai vähemmän vahvoja riippuvuussuhteita on olemassa myös seuraavien laatutekijäin välillä: Oksien laatu ja lahovikaisuus, rungon kapeneminen ja oksaisuus, kuori, oksaisuus ja runkolaho sekä rungon laadun kokonaiskuvauksessa samaan rungon lahokuutioluokkaan kuuluvien erilaisten vikaisuuksien keskinäinen vertailu.

Tulitikkupuun määrä ja laatu

Tulitikkupuulla tarkoitetaan tässä sitä haapaapuutavaraa, joka metsästä kuljetetaan jalostuspaikalle.

Kokemukset ja tutkimukset ovat osoittaneet tulitikkupuun verraten alhaisen keskikoon. Tämä johtuu paitsi järeän runkopuuston suhteellisen vähäisestä osuudesta, myös viimeksi mainitun laho- ym. vikaisuudesta, joka

saattaa aiheuttaa tuntuvia tyveämisiä ja leikkomisia. Tähteiden, joihin luetaan myös latvatähde, osuus tekee 48—74 % laskettuna rungosta ilman kantoa. Tähteiden osuus lisääntyy rungon järeyden lisääntyessä. Rungon pituudesta (ilman kantoa) saadaan tulitikkupuuta 26—52 % (5.5—13.1 m), ja sitä enemmän, mitä järeämmästä rungosta on kysymys. Jos pituuden sijasta otetaan kuutioluvut, muuttuu tulitikkupuun osuus paljon suuremmaksi, 61—67 %, enimmän järeimmistä rungoista.

Tulitikkupuu saadaan kannon ja minimikatkaisuläpimittakohdan välisestä rungon osasta. Koska tulitikkupuun pituus juoksutetaan (tuoreen) latvuksen rajaan, mutta ei mieluusti latvuksen puolelle, käsittää tulitikkupuu samat vikaisuudet, jotka on kuvattu olevan runkopuun tällä osuudella. Mutta koska tästä rungon osasta puutavaranteossa tyvetään ja leikotaan kaikki sallimattomat, kuten lahoviat, äkkimutkat, punapuu yms., on jäljellä tulitikkupuu, puutavara, joka katsotaan terveeksi tai sallittuja vikoja kantavaksi.

Tutkittaessa tulitikkupuun (puutavaran) ulkoisten ja sisäisten vikojen määrää sekä metsässä että tehdasaineiston perusteella, todetaan sorvipölkkyjen teossa poistettavien vikaisten tulitikkupuun osien määrä (raakeitta) vähäiseksi. Se seikka, että tehtaan sirkkelissä ja sorvikoneessa jätteiden määrä koostuu niin suureksi, että sillä miltei yksinomaan tyydytetään tehtaan voimalaitoksen polttoainetarve, johtuu monistakin syistä. Ensinnä on jo puutavaraan jäänyt metsässä sisäisiä vikoja, kuten lahovikaa ja pahoja oksia. Kuljetuksen aikana puutavara kärsii vaurioita ja uittopuu lisäksi enemmän tai vähemmän haittavaa sinistymistä. Varastolaho turmelee puuta olosuhteista riippuen metsä-, väli- ja tehdasvarastoissa.

Käytännöllisiä näkökohtia

Käsillä olevan tutkimuksen tulokset antavat monessa suhteessa epätyydyttävän kuvan maamme haavikoiden ja haapapuun laadusta. Syyt ovat osaksi luontaisia osaksi teknillisiä.

Suomessa haapa kasvaa tämän puulajin varsinaisen optimialueen ulkopuolella. Parhaimissakin tapauksissa ovat haavan kasvuala, puuvarasto ja kasvu pienet verrattuina muiden pääpuulajiemme kasvualaan ym. On selvää, että sitä herkemmin on niihin koskenut metsänhoidollisten ja käyttöarvoa kohottavasti vaikuttavien toimenpiteiden puute tai laiminlyönti. Tämä puolestaan on johtanut vuotuista kasvua ainakin ½ milj. m³:lla ylittäviin hakkuihin.

Edellä mainituissakin puitteissa, tekisi mieli sanoa juuri mainituista syistä, on mahdollisuuksia haapametsiköiden tuoton ja laadun kohottamiseen. Kannustimena olisi ennen muita se, että ensiluokkainen järeä haapapuu on arvonsa ja hintansa puolesta täysin rinnastettavissa arvokkaimpaan koivu- ja havupuuraaka-aineeseen. Tästä syystä olisi laatumaksutapaan kiinnitettävä nykyistä yleisempi huomio[1]).

Parannuksiin haapapuun käsittelyn kaikissa vaiheissa käytäneen heti. Ensinnä olisi haavalle palautettava sen jo alkuaankin suhteellisen pienet parhaiden maiden kasvualat, joilta haapakanta on uuvutushakkuin miltei hävitetty, ja lisäksi perustettava samanlaisille maille uusiakin taimistoja. Edellisiä huonommat mustikkatyypin maat eivät suinkaan ole siinä määrin haavalle soveltumattomia kuin yleisesti otaksutaan. Tutkimukset ovat osoittaneet, että haapa näillä mailla voi saavuttaa rinnankorkeudelta jopa 40 cm:n paksuuksia. Tarkoituksenmukaisin metsänhoidollisin toimenpiteisin olisi saatava enimmältä osalta lahovikaisen haapakannan tilalle uusi, terve ja elinvoimainen. Näin voitaisiin haavalle soveltuvaa kasvualaa tuntuvasti laajentaa. Siemenistä nousseet taimet antaisivat parhaat takeet laatupuuston muodostamiselle. On käytettävä hyväksi myös juurivesamuodostusta. Ehtona kuitenkin on, että emopuusto ja kasvupaikan maaperä ovat (tuhosienihuovastoilla) saastuttamattomat ja siis puustot lahovaarasta vapaat, ja että metsänhoidollisin toimenpitein jatkuvasti seurataan myös ja nimenomaan juurivesapuustojen (pikkumetsiköiden, puuryh-

[1]) Ruotsissa käytetään laatuluokitusta ja laatumaksutapaa. (Aspen som tändsticksvirke 1945. Vrt. myös Astro 1936).

mien, yksittäispuiden yms.) kehitystä. Taimistojen hoito, kasvatushakkaukset ja erityisesti kuivien oksien karsimistoimenpiteet varmistaisivat takeet aikanaan korjattavalle järeän laatupuun sadolle. Kokeellisin tutkimuksin tulisi selvittää edullisimmat hoitotoimenpiteet metsänuudistusmenetelmistä alkaen. Peruslähtökohtana on pidettävä sitä, että järeän, terveen haapapuun kasvattamiseen varataan ensi sijassa parhaat maat ja tuotettu puutavara sitä jalostavalle teollisuudelle ja tämän varmistamiseksi haavalle vähemmän soveltuvien metsämaiden puuntuotosta järeä osa samaan tarkoitukseen. (Pinohaavasta, ks. Arffman 1928, Jalkanen 1951, ym.).

Järeän puun tuottamista silmällä pitäen olisi koko maassamme toimitettava vuosittain haapavaliopuustomme kantakirjaan merkitseminen ja sen kasvatuksen ja talteenoton organisoiminen. Sitä ei kuitenkaan voida tehdä erillisenä toimenpiteenä, koska valiopuut ja niiden kasvatus ovat elimellinen osa kokonaisuudesta. Toisena tienä olisi itsessään tulitikkuteollisuuden piirissä herännyt kysymys sen ja metsänomistajien välillä tehtävistä viljelyssopimuksista, joitten aiheuttamiin kustannuksiin kumpaisetkin osapuolet ottaisivat osaa takuuna terveen järeän tulitikkupuun luovuttaminen aikanaan teollisuusosapuolen käyttöön. Edelleen on mainittava, että Suomessa vuonna 1947 alulle pantu rodunjalostustoiminta avannee aivan uusia näköaloja haavan tuoton ja laadun kohottamisessa. On perustettu rodunjalostussäätiö, jonka hallituksessa ovat edustettuina metsäalan eri puolet. Erityisen kannatusyhdistyksen kautta se kerää käyttövaransa pääasiassa puunjalostusteollisuudelta. Säätiön kanssa kiinteässä yhteydessä toimii Metsäntutkimuslaitoksen rodunjalostusasema (Sarvas 1950). Vuonna 1948 ilmoitti eräs tulitikkutehdas tekijälle, että se olisi kiinnostunut ulkomailta hankittavien hybriditaimien kasvattamisesta Suomessa. Mustonen (1951) selostaa, miten SOK:n Vaajakosken tulitikkutehdas on ryhtynyt kokeilemaan haavan viljelyä rodunjalostusaseman luovuttamilla risteytyshaavan taimilla. Mainittakoon tässä yhteydessä toistamiseen, että rodunjalostusaseman toimesta on myös kokeiltu haavan kasvattamista siemenistä (Hagman 1951).

Se suhteellisen vähäinen puutavaramäärä, minkä haavikkomme luovuttavat, on saatava jalostuspaikalle mahdollisimman täysimääräisenä, tuoreena ja pilaantumattomana, huomioon ottaen sen herkkyyden kaikenlaisille vioille. Niiden ennakkotorjuntaa oleellisesti vahvistavat paitsi edellä esitetyt metsänhoidolliset toimenpiteet ja asianmukainen laatuarviointi myös oikean kaatoajan sekä -tavan käyttö ja puutavaran käsittely metsässä, jotka useimmiten määräytyvät käytettävän kuljetusajan ja -tavan mukaan. Toimenpiteillä pyritään mm. estämään vikaisia osia jäämästä puutavaraan turhaksi ja haitalliseksi painolastiksi kuljetuksessa ja jalostuksessa. Haapapuutavaran uittokysymyksiin on kiinnitettävä huomio.

Samaten eivät varastointi ja sen suoritustavat ole irrallisia toimenpiteitä, vaan ne tavalla tai toisella liittyvät kaikkiin puutavaran käsittelyvaiheisiin sekä teknillisinä että sen käyttöarvoon vaikuttavina tekijöinä. Sama koskee lahosuojausmenetelmien käyttöä.

Jalostusprosessin kulkua olisi tehostettava sekä tuotantokapasiteetin kohottamiseksi että jalosteen viennin lisäämiseksi. Tähän voitaisiin päästä mm. koneiden ja jalostustekniikan ajanmukaistamisella ja kehittämisellä sekä eri jalostusosastojen saumattomalla yhteistoiminnalla.

Kirjallisuusluettelo

Arffman, K. H. 1928. Haapahalkopinoista paperipuita. Metsämies, s. 238—240.

Aspen som tändsticksvirke. 1945. Sv. skogsvårdsför. tidskr., s. 479—487.

Astro. 1936. Das Zündholz. Rosenheim, Obernbayern.

Barth, Agnar. 1942. Aspen, dens kultur og behandling for kvalitetsproduksjon. Oslo.

Blumenthal, Bo-Erik. 1936. Tändsticksvirkets avverkning och kvalitetsfordringarna på detsamma. Skogsbruket, s. 47—51.

—»— 1942. Studier angående aspens förekomst och egenskaper i Finland. Silva fennica 56.

Callin, Georg. 1948. Om flottning av björk och asp. Norrl. skogsvårdsför. tidskr. s. 321—379.

Eklund, S., Wennmark, G. 1925. Några undersökningar av aspskog. Sv. skogsvårdsför. tidskr.

Hagman, Max. 1951. Haavan kasvattaminen siemenestä. Metsätietoa n:o 3.

Ilvessalo, Yrjö. 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. Metsäntutk. lait. julk. 34.4.

Jalkanen, Esko. 1951. Roskahaavasta selluloosaa. Metsälehti n:o 10.

Kallio, V. J. 1916. Tulitikkuteollisuudesta. Ylip. Kauppal.

Kangas, Esko. 1942. Forstentomologische Studien an der Espe. Ann. Entomol. Fennici 18.1.

Lassila, Ilmo. 1931. Haapametsien puunlaadun parantamisesta. Metsämies, s. 150—151.

Lehto, Jaakko. 1950. Haapa oikeaan arvoonsa. Metsälehti n:o 46—47.

Lundberg, Gustav. 1916. Om virke för tändsticksfabrikation. Norrl. skogsvårdsför. tidskr., s. 1—37.

Moilanen, V. 1949. Tulitikkuhaavan kasvatus. Metsämies, s. 280—281.

Mustonen, Martti. 1951. SOK ryhtynyt kokeilemaan haavan viljelyä. Hels. San. 28/7.

Rotuhaapoja tulitikkuteollisuudelle Ruotsin puurodunjalostuksen tuloksina. Maaseudun tulevaisuus, n:o 117.

Sarvas, Risto. 1950. Kolme vuotta metsäpuiden rodunjalostustyötä Suomessa. Metsät. aikakl., s. 229—232.

Schotte, Gunnar. 1917. Om aspens produktionsförmåga. Medd. fr. St. Skogsförsöksanst. H. 13—14.

Stelander, B. O. 1936. Faneerikoivun ja tulitikkuhaavan mittaus ja vastaanotto. Metsälehti n:o 13—14.

Räsänen, Veli. 1927. Über Flechtenstandorte und Flechtenvegetation im westlichen Nord-Finnland. (Väitöskirja.) Vanamon julk.

Tikka, P. S. 1944a. Haapa, sen kasvatus ja tuoton lisääminen. Suomen Mhy:n (valistustoim.) palkitsema kilpakirjoitus. (Konekirjoite.)

—»— 1944b. Haapa arvokkaimpia metsäpuitamme. Maa, s. 449—450, 499—501.

—»— 1944c. Haapametsiä kasvattamaan. Metsälehti.

—»— 1954. Haapametsiköiden rakenteesta ja laadusta. I. Rakenne. (Summary: Structure and quality of aspen stands. I. Structure). Metsäntutk. lait. julk. 44.4.

Vesterinen, Emil. 1925. Tulitikkuteollisuus ja haapametsämme. Tapio, s. 284—286.

STRUCTURE AND QUALITY OF ASPEN STANDS
II. QUALITY

Summary

Introduction

In order to make clear the influence of defects on the quality of aspen and especially match wood, the stand of wood as a whole and its main components have been used as a base and point of comparison. This has led to the investigation of the dependence of various wood defects upon the age of the stand, the size of the tree, etc. The important thing has been to explain the indicators of wood quality. The quality of match wood, how much of it is obtained from the trunk and the quantity and quality of lathe blocks obtained from match wood have thus been explained.

Material

Information about the material is in Part I of the study (Tikka 1954, p. 32). The following should be added from the point of view of quality study.

Before felling, the sample trees were listed according to their thickness measured at breast height, a number of length measurements were made, the tree class and crown layer were determined, the lengths of dry branches were listed and appraised, etc. After felling, the trunk was cut into logs of 1 meter length. From each log diameter measurements were taken of barked and unbarked cross sections as well as of different degrees of rot rings (zones), lists and measurements were made of living and dead branches of various thicknesses, branch stubs, knots, and open knot holes on the surface of the tree, and notes were made of all types of internal and external defects found in each log, etc. Many calculations, to which we have referred in the introduction were made on the basis of the material. The numerical results can be seen in the tables, pp. 11—42.

Branchiness of the trunk

The branchless part of the trunk and the fresh top increase, but the part of the trunk containing dry branches decreases as the age of the stand and the size of the trunk increase. The average (level) height of dry branches of different thicknesses may be seen in the tables.

Special attention should be paid to the self-pruning and healing of dry branches. It has been determined that branches die quite rapidly during the time that the tree becomes mature for felling, but after dying self-pruning progresses slowly, even laboriously. Shorter or longer dry branches, even up to 3 meters in length may remain on the top of the trunk for decades and on the middle or lower part of the trunk remain branch stubs, unhealed branches, knots, open, internally rotten branches (»knot holes»), etc. The amount and quality of branchiness (clearness of branches) are an especially important influencing factor in the utilization value of trunk and match wood. — (Tables pp. 11—16).

Rottenness of the trunk

The absolute quantity of rotten trunks and their relative proportion increases with the age of the stand. Both the absolute and relative volumes of the trunks increase as the stand ages. The figures for the volume of the rotten trunk portions and rotten wood increase in the same proportion. (Tables, pp. 17—18).

Concerning the influence of the size of the trunk on the length ratios of the rotten parts of the trunk, it should be mentioned that the height of butt rot and the absolute length of the part of the trunk dominated by rot increase, but the relative portion of the latter remains rather fixed as the size of the tree increases. Taking all rots into consideration, their absolute length increases, but their relative portion decreases as the size of the tree increases. (Table, p. 20).

The vertical and horizontal extent of rot may be best observed in tables, pp. 20, 22.

It is clear that rot is one of the worst factors decreasing the amount of match wood obtained from the trunk.

Taper of the trunk (dbh —d 6.0, cm)

Comparatively slight changes have been ascertained in the average taper of the trunks according to the age of the stand. (Part I, table 9, p. 27, T i k k a 1954). The smallest is the taper in young stands, the largest is in old stands. When trunks are separated according to their thickness, a considerable difference in taper may be determined between thin and large trunks. The former are also more slender than the latter. In the height classes of trunks the development of taper is to a great extent reminiscent of development according to age. (Table, p. 24).

Extreme cases are spindly or too slender thin trunks (3—4 cm: at breast height) and thick trunks with too much taper. Among trees of the same thickness at breast height the short trunks have less utilization value than the long (slender) trunks.

Other defects or irregularities of the trunk

Aspen has many other defects and irregularities. Among the defects in the form of the trunk, bends are more general than forks. Their effect of lowering the utilization value of the trunk depends largely upon their situation and quantity (Table, p. 25. See also T i k k a 1954, p. 18).

Root swellings, wounds, splits, defects caused by insects, etc. have, at their worst, the same influence as the trunk's defects in form. They are noteworthy also, in that they are indicators of the existence of internal defects, especially rot. This, however is not always true.

Indicators of trunk quality

It has already been explained to what extent branchiness of the trunks, rot and other irregularities of trunk form depend upon the age of the stand and the size of the trunk. There also exists a rather strong connection between the following quality factors: quality of branches and rot, taper of the trunk and branchiness, bark, branchiness and trunk rot, as well as mutual comparison of the various defects belonging to the same rot volume class in a comprehensive description of trunk quality. (Tables, pp. 28—35).

Quantity and quality of match wood

By match wood we mean the aspen which is transported from the forest to the manufacturing site. Match wood is obtained from the part of the trunk between the stump and the cutting point of minimum diameter. Defects, especially rot, sharp bends, forks, splits, etc., cause butting off and other breaks. The portion of logging waste, if the top waste is also included, makes up 48—74 % counting the length of the trunk without the stump. The waste portion increases as the thickness of the trunk increases. Match wood may be obtained from 26—52 % of the trunk (5.5—13.1 m.) (without the stump) or even more as the thickness of the trunk increases. If figures for volume are considered instead of length, the portion of match wood becomes much larger, 61—67 %, and more from thicker trunks. (Tables, pp. 39, 40).

When the worst or most intolerable defects have already been removed from the match wood trunk in the forest, tolerable defects, such as internal branchiness and rot remain in the match wood. Taking this into consideration the match wood log relatively healthy. This is shown also by a study in which the match wood (a large number of blocks) was cut into log lengths in the forest (diverse material) and into lathe blocks in the factory's circular saws (factory material). (Table, p. 41).

However, the fact that in the manufacturing process (circular saw, lathe, etc.) the amount of waste becomes so large that it alone almost satisfies the fuel needs of the factory's power plant is due to many reasons. The development of volume waste from the forest to the last stage of the manufacturing process may be seen from exposition, p. 42).

Practical applications

Aspen should in general be grown only on the best forest lands. New territory should be acquired, wasted areas should be retured to cultivation of aspen, and thick, healthy aspens growing on poorer lands should also be set apart for the manufacturing industry, especially match wood factories. Care of second growth, improvement cutting, and especially the marking of selected trees, pruning operations and cultivation as well as the organizing of care and the marking of selected aspens in special pedigree books would be necessary. The question also arises of the making of cultivation agreements and the division of the costs of cultivating thick trees needed by industry between forest owners and match wood factories. The development and adoption of quality classification and payment according to quality would greatly help.

Timber should be brought to the manufacturing site unspolled and healthy, fresh and in full quantity. An expert appraisal of the stand as well as an appraisal of the quality and health of the felled trunk and match wood would greatly help, and would prevent intolerable defects from remaining in the timber. Logging and the handling of logs should be appropriately developed in all stages. Various transportation and storage methods and the use of diverse methods of protection are also relevant. Improvements in the development of production capacity should be made. The smooth cooperation of the various manufacturing divisions and the modernization of machinery, etc. work to this purpose.

METSÄNKASVATUSTA VARTEN OJITETTUJEN SOITTEN RAVINNEPITOISUUKSISTA

ERKKI VAHTERA

ÜBER DIE NÄHRSTOFFGEHALTE DER FÜR WALDERZIEHUNG ENTWÄSSERTEN MOORE

DEUTSCHES REFERAT

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Esillä oleva tutkimus on suoritettu metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosastossa vuosina 1948—1955. Osaston esimiehelle ja samalla laitoksen johtajalle professori O. J. Lukkalalle olen kiitollinen siitä, että hän on antanut minulle aiheen ja järjestänyt tilaisuuden tutkimukseni suorittamiseen. Lisäksi olen saanut häneltä käyttööni osaston aikaisemman turvenäyteaineiston ja siitä tehtyjen kemiallisten analyysien tulokset, joita olen käyttänyt osittain sellaisinaan tutkimuksessani. Työtäni hän on seurannut jatkuvalla mielenkiinnolla ja vaivojaan säästämättä antanut minulle arvokkaita ohjeita.

Professori Mauno J. Kotilaiselle olen erityisen kiitollinen niistä suuriarvoisista neuvoista, joita sain häneltä aineistoni käsittelyvaiheessa.

Professoreita Matti Sauramoa, Harry Varista ja maat. ja metsät. toht. Pentti J. Viroa kiitän niistä neuvoista, joita sain heiltä viimeistellessäni aineistoani julkaisuasuun, sekä maat. ja metsät. kand. Olavi Huikaria erityisestikin avusta turpeitten kasvinjäännöskoostumusten määrityksissä. Maat. ja metsät. kand. Juhani Sarastolta olen muun ohella saanut hyödyllistä tukea vertaillessani turpeitten kemiallisia ominaisuuksia ojituksen jälkeisiin pintakasvillisuuden muutoksiin; kiitän häntä.

Suomen Luonnonvarain Tutkimussäätiölle olen kiitollinen siitä taloudellisesta avusta, jota sain tutkimukseni painoasuun saattamiseksi ja sen painattamiseksi, sekä metsäntutkimuslaitokselle siitä, että se suoritti julkaisuni painatuksen.

Helsingissä 14. 4. 1955.

Erkki Vahtera

Sisällysluettelo

	Sivu
Johdanto	7
Tutkimusaineisto ja -menetelmät	9
Aineisto	9
Menetelmät	11
Ojituksen jälkeiset kasvinjäännöskoostumuksen muutokset	14
Happamuus	19
Aikaisempia tutkimuksia	19
Turvelajien happamuus	21
Suotyyppien kasvualustan happamuus	27
Raakatuhka	32
Aikaisempia tutkimuksia	32
Turvelajien raakatuhkapitoisuus	34
Suotyyppien kasvualustan raakatuhkapitoisuus	38
Ravinteet	43
Turpeen sisältämien ravinteiden aikaisemmista tutkimuksista	43
Typpi	48
Turvelajien typpipitoisuus	48
Suotyyppien kasvualustan typpipitoisuus	53
Kalkki	58
Turvelajien kalkkipitoisuus	58
Suotyyppien kasvualustan kalkkipitoisuus	61
Magnesia	64
Turvelajien magnesiapitoisuus	64
Suotyyppien kasvualustan magnesiapitoisuus	65
Fosfori	67
Turvelajien fosforipitoisuus	67
Suotyyppien kasvualustan fosforipitoisuus	71
Kali	74
Turvelajien kalipitoisuus	74
Suotyyppien kasvualustan kalipitoisuus	75
Soitten ravinnepitoisuuksien mukainen luokittelu	77
Korvet	81
Rämeet	82
Nevat	85
Letot	86
Loppukatsaus	87
Kirjallisuusluettelo	90
Deutsches Referat	95

Johdanto

Turpeitten kemiallista koostumusta on tutkittu verraten paljon, mutta varsinkaan tutkimusten alkuaikoina ei samalla kiinnitetty riittävää huomiota niitten kasvinjäännöskoostumukseen. Riittävien tutkimusten puuttuessa kasvikoostumuksen korrelaatiosta turpeen kemialliseen koostumukseen tyydyttiin alkuaikoina turpeet jaoittelemaan vain mutasuo- ja rahkasuoturpeisiin (mm. Tacke 1904). Kasvinjäännöskoostumuksen merkitys turpeen kemiassa on otettu yksityiskohtaisemmin huomioon Zailerin ja Wilkin (1907) tutkimuksissa, ja tutkimusten edistyessä alettiin kiinnittää tähän puoleen yhä suurempaa huomiota (mm. Melin 1917, Warén 1924, Kotilainen 1928 ja Kivinen 1933). Turpeitten kasvinjäännöskoostumus ja samalla niiden kemialliset ominaisuudet määräytyvät ennen kaikkea siitä, mistä kasviryhmistä ja -lajeista turve on muodostunut. Suokasvien ja niistä muodostuneitten turpeitten välistä korrelaatiota ovat tutkineet mm. Wiegman (1837), Zailer ja Wilk (1907), Gully (1913), Kotilainen (1928), Kivinen (1933) ja Pankakoski (1939). Turpeen kasvinjäännöskoostumus kuvastaa tavallisesti myös sitä suon elävää osaa, kasviyhdyskuntaa, josta turve on aikoinaan muodostunut. Soille muodostuvien erilaisten kasviyhdyskuntien synty on riippuvainen hyvin monista tekijöistä. Niin kauan kuin turvekerros on ohut, vaikuttaa pohjamaan laatu kasvillisuuteen (mm. Granlund 1932 ja Kivinen 1933). Toisaalta taas soita ympäröivä erilainen mineraalimaa ja kallioperä aiheuttavat eroja soille tulevien vesien elektrolyyttien määrässä (mm. Zailer ja Wilk 1907, von Post 1925, Brenner 1930, Kivinen 1932 ja Hjertstedt 1932, 1936). Useissa tutkimuksissa on todettu olevan vuorosuhde suovesien sisältämien ravinteiden ja monien suokasvien välillä (mm. Ramann 1895, Weber 1902, Mentz 1912, Malmström 1923, Kotilainen 1928 ja Kivinen 1932, 1933). Tämän seikan on havaittu olevan myös yhtenä edellytyksenä suotyyppien syntyyn. Myöskin on eri suokasvien kasvualustan happamuuden todettu olevan lajeille ja lajiryhmille ominainen. Suovesien reaktio onkin osaltaan eräs merkittävä tekijä tai ainakin määrätynlaisen kasvualustan tunnus soille muodostuvien kasviyhdyskuntien synnyssä (vrt. mm. Kotilainen 1928, 1933, Kivinen 1932,

1933 ja Pankakoski 1939). Edellisen perusteella voidaan havaita soille muodostuvien kasviyhdyskuntien laadun olevan riippuvainen, joskaan ei yksinomaisesti, suovesien ravinteisuudesta ja happamuudesta.

Suovesien laadun lisäksi on lajiston koostumukselle perin merkityksellinen suoveden määrä ja sen liikkuvuus. Suoveden korkeus näyttääkin olevan eräs olennaisimmista tekijöistä suokasvien kasvupaikkojen valinnalle (vrt. mm. Melin 1917, Metsävainio 1931). Kotilaisen (1928) mukaan vaikuttaa soitten pintakasvillisuuteen pohjaveden korkeus ehkä enemmän kuin mikään muu tekijä. Suotyyppien synnyssä on tärkeänä tekijänä tulvavesien määrä ja tulvien kestoaika (mm. Rancken 1912, Mentz 1912, Cajander 1913, Malmström 1923, 1928 ja Kotilainen 1928). Mikäli niukkaravinteinenkin pohjavesi on helposti liikkuvaa, saattaa kaikesta huolimatta syntyä kasvillisuudeltaan varsin reheviäkin soita (mm. Backman 1919, Auer 1922 ja Lukkala 1929 a).

Edellä mainittujen kasvupaikkatekijöiden lisäksi on vielä mainittava lajien välinen kilpailu, jonka seurauksena syntyneissä laaja-alaisissakin kasviyhdyskunnissa saattaa vallitsevien lajien luku olla perin alhainen. Eräät turvelajit ovatkin muodostuneet varsin harvoista vallitsevista lajeista tai lajiryhmistä (mm. Kotilainen 1928, Kivinen 931, 1933), joskin myös eri kasvumuotojen kestävyys maatumisessa vaihtelee.

Ojittamattomilla soilla tapahtuu ulkonaisten olosuhteiden muutoksia tavallisesti varsin hitaasti. Mikäli suo ojitetaan tai se jostakin syystä ehkä itsestään kuivuu, tapahtuu siinä sellaisia äkillisiä muutoksia, joiden seuraukset ovat havaittavissa jo suhteellisen nopeasti. Kasvualustan muutosten seurauksena alkaa syntyä uusia kasviyhdyskuntia, ja lajien esiintyminen ja niiden väliset suhteet muuttuvat. Kuivumisen aiheuttamia muutoksia pintakasvillisuudessa ovat tutkineet mm. Cajander (1913), Melin (1917), Tanttu (1915), Multamäki (1923), Malmström (1928), Lukkala (1929 a, 1937), Keltikangas (1945) ja Sarasto (1951, 1952 a, 1952 b). Tällaisten muutosten seurauksien täytyy näkyä soille syntyvän uuden pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksessa ja siten myös happamuussuhteissa sekä raakatuhka- ja ravinnepitoisuuksissa ym. Esillä olevan tutkimuksen tarkoituksena on osaltaan selvittää metsäojitettujen soitten turvelajien kemiallisia eroavuuksia sekä ojituksen jälkeistä pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksen kehitystä ja ravinnepitoisuuksien muuttumista.

Tutkimusaineisto ja -menetelmät

Aineisto

Tutkimuksiin käytetyn näyteaineiston ovat keränneet vuosina 1928—1947 prof. O. J. Lukkaian ohjeitten mukaan metsäntutkimuslaitoksen suontutkimusosaston assistentti, metsänhoitaja E. K. E. Saarinen sekä metsäteknikot Aarne Rantalahti ja Toivo Välivuori. Maisterit J. Kivekäs, Irja Aario, Alli Hase, T. K. Korosuo ja T. K. Parviainen ovat kemiallisesti analysoineet suurimman osan em. näytteistä. Vuosina 1948—1952 otettujen näytteiden kokoamisessa ovat minua avustaneet metsäteknikot Rantalahti ja Välivuori.

Näytteet ovat melkein kaikki peräisin em. laitoksen suontutkimusosaston koealoilta. Nämä on valittu eri puolilta maatamme erilaisilta suotyypeiltä. Näytteitä on kuitenkin varsin niukasti kaikkein huonoimmiksi arvostetuilta soilta, niinpä aineistoa ei ole käytännöllisesti katsoen lainkaan mm. Pohjois-Suomen rahkarämeiltä ja -nevoilta. Samaten puuttuu näyteaineistoa lyhytkortisilta nevoilta, silmäkenevoilta ym. metsäojituksen kannalta vähemmän merkitseviltä suotyypeiltä. Varsinaisesti tulvavesien alle joutuvia suotyyppejä ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä käsitelty. Näytteitä on otettu tutkimusta varten yhteensä 1 245 kpl, joiden jakaantuminen eri suotyyppien kesken ilmenee taulukosta 1.[1])

Suurin osa näytteenottopaikoista on viimeisten 50 vuoden aikana ojitetuilla soilla. Näytteet on otettu suohon kaivetun kuopan pystysuorasta seinämästä 10—20 cm:n, 30—40 cm:n ja osittain myös 50—60 cm:n syvyydestä. Ottaen huomioon tutkimuksen tarkoituksen ei syvemmistä turvekerroksista suoritettavia tutkimuksia ole katsottu tarpeellisiksi. Mikäli jotkut em. syvyyksistä otetuista näytteistä ovat olleet pääasiassa kivennäismaata, ne on kaikki jätetty käsittelemättä. Tämän takia eräiltä

[1]) Esillä olevassa julkaisussa käytetään jo vakiintuneita suotyyppien lyhennysmerkintöjä seuraavasti:
LhK = lehtokorvet, VK = varsinaiset korvet, RhK = ruoho- ja heinäkorvet, NK = nevakorvet, LK = lettokorvet, KR = korpirämeet, IR = isovarpuiset rämeet, RhSR = ruohoiset sararämeet, VSR = varsinaiset sararämeet, HSR = huonohkot sararämeet, ITR = isovarpuiset tupasvillarämeet, RR = rahkarämeet, LR = lettorämeet, SN = suursaranevat, KN = kalvakkanevat, RiN = rimpinevat, RN = rahkanevat, VL = varsinaiset letot ja RiL = rimpiletot.

Taul. 1. Näytteiden jakaantuminen suotyypeittäin.

Tab. 1. Die Verteilung der Proben nach Moortypen.

Suotyyppi	kpl	Suotyyppi	kpl
VK	129	RR	28
RhK	41	LR	36
NK	14	SN	33
LK	7	RiN	130
KR	20	KN	39
IR	212	RN	2
RhSR	41	RiL	46
VSR	69	VL	18
HSR	56	Erillisiä turvenäytteitä	189
NR	135	Yhteensä	1 245

Taul. 2. Näytteiden jakaantuminen paikkakunnittain.

Tab. 2. Die Verteilung der Proben nach Ortschaften.

Paikkakunta	kpl	Paikkakunta	kpl
Vilppula, Vilppulan k. a.	331	Lammi, Evon h. a.	9
Padasjoki, Vesijaon k. a.	161	Tammela, Torronsuo	9
Muhos, Pyhäkosken k. a.	132	Tervo, Kurkisuo	9
Haapavesi, Piipsanneva	76	Rautavaara, Luosta	8
Lapinjärvi, Lapinjärven k. a.	76	Sippolan metsäkoulun alue	8
Tuusula, Ruotsinkylän k. a.	76	Vanaja, Suursuo	8
Kolari, Teuravuoma	74	Kivijärvi, Autio	7
Kankaanpää, ent. Pohjankankaan k. a.	48	Keuruu, Aittolampi	6
Rovaniemen mlk., Kivalon k. a.	43	Kittilä kk.	6
Kivennapa, ent. Raivolan k. a.	28	Kuivaniemi	6
Sodankylä, Petkula	20	Isokyrö, Orismala	5
Parkano, Häädetjärven k. a.	18	» Tervaneva	5
Yläne, Leijansuo	16	Saarijärvi, Pyhähäkin v. p.	4
Eurajoki, Vuojoki	15	Parkano, Pirttineva	3
Juupajoki, Korkeakosken h. a.	15	Suomenniemi, Itkonniemi	2
Bromarv, Solbölen k. a.	12	Espoo, Leppävaara	2
Uusikirkko, Merisuo	10		

ohutturpeisilta suotyypeiltä on tutkittu näytteitä hyvin vähän ja toisilta ei lainkaan.

Taulukossa 2 on lueteltu eri näytteenottopaikat sekä näytteiden määrät. Näytteenottopaikkojen suhteellisen vähälukuisuuden vuoksi ei aineisto laajuudestaan huolimatta riitä antamaan tyhjentävää kokonaiskuvaa koko maan olosuhteista. Etenkin BC-turvenäytteitä on niukasti, eikä varsinaisilta kalkkiseuduilta, kuten Kemijoki-varrelta ja Kuusamosta, niitä ole lainkaan.

Turvelajeista on käsitelty omina luokkinaan rahkaturve (St), saraturve (Ct) ja ruskosammalsaraturve (BCt). Rahkasaraturve (SCt) ja sararahkaturve (CSt) ovat välimuotoja kahden em. turvelajin välillä. Puumaisten kasvien jäännösten osuus turvekoostumuksessa on merkitty L:llä,

esim. LSt (vrt. Lukkala — Kotilainen 1951). Mikroskooppisiin tutkimuksiin perustuvat turpeitten kasvinjäännöskoostumukset ilmaistaan kaavan muodossa seuraavassa esitetyn turvetekijäjaoituksen avulla Heikurainen ja Huikari (1952, s. 8) julkaisun mukaisesti.

Turvetekijöinä on tässä yhteydessä pidetty seuraavia:

S-turvetekijän muodostavat rahkasammalet EuS-turvetekijässä mainittuja lajeja lukuun ottamatta.

EuS-turvetekijän muodostavat *S. Warnstorfianum* sekä *S. Squarrosa* ja *S. Subsecunda* ryhmät.

B-turvetekijän muodostavat varsinaiset lehtisammalet.

Er-turvetekijän muodostaa *Eriophorum vaginatum*.

GrC-turvetekijään kuuluvat kaikki heinämäiset kasvit, siis sarat ja heinät.

NL-turvetekijään on laskettu kuuluviksi kaikki puut, pensaat ja varvut.

Edellisen perusteella merkitsee $S_3NL_{15}GrC_{82}$ sellaista turvetta, jossa on 3 % rahkasammaleen, 15 % puun ja varpujen sekä 82 % heinämäisten (sarojen ja heinien) kasvien jäännöksiä.

Turvekaavassa esiintyvät prosenttiluvut ovat korjauslaskennalla saatuja ottaen huomioon erilainen maatumisnopeus.

Maatumisasteen määritys on suoritettu näytteiden oton yhteydessä käyttäen von Postin (1924) maatumisasteikkoa H_1—H_{10}. Lisäksi on määritys varmistettu laboratoriossa.

Suotyyppien nimet on otettu suontutkimusosaston koealakorteista seuraten pääasiallisesti Lukkala — Kotilaisen (1951) käyttämiä nimityksiä. Edellisestä poiketen on kalvakkanevat vielä perinteisesti (Cajander 1913) käsitelty omana tyyppinä (Lukkala — Kotilainen 1945). Lisäksi on seurattu Lukkala — Kotilaisen (1951) mukaista suotyyppien metsäojitus- ja viljelysarvojen hyvyysluokittelua.

Aineiston käsittelyssä käytetään lyhyyden vuoksi 10—20 cm:n syvyydestä otetuista näytteistä pintaturpeen nimitystä.

Menetelmät

Näytteiden ottajat ovat määrittäneet turpeen kasvinjäännöskoostumuksen silmämääräisesti heti näytteenottopaikalla. Sama toimenpide on toistettu vielä laboratoriossa. Lisäksi on vuoden 1936 jälkeen otetuista näytteistä suoritettu mikroskopoiden varmentava määritys Heikuraisen ja Huikarin (1952) esittämän menetelmän mukaan.

Reaktio on määritetty pH-lukuna näytteiden tuoreena ollessa. Tätä varten on punnittu kaksoispunnituksin aina yhtä paljon mahdollisimman

monesta näytteen kohdasta otettua turvetta, koska saman näytteen eri kohdista tehdyt määritykset usein vaihtelevat jonkin verran. Punnituksen jälkeen näytteet on lietetty samalla määrällä tislattua vettä. Luonnostaan kuivien näytteiden kostuttamiseen on kuitenkin käytetty tavallista suurempia vesimääriä, koska veden paljous ei sanottavasti vaikuta vahvasti puskuroituihin turvelietteisiin, ellei käytetä vettä ylen runsaasti. N. 18—20 tunnin seisottamisen jälkeen pH-luvut on määritetty suurimmaksi osaksi F. M. Lautenschlägerin potentiometrillä kinhydronielektrodia käyttäen.

Kokonaistyppi on määritetty ns. Kjeldahlin menetelmän mukaan, ja se on laskettu %:ssa ilmakuivasta turpeesta.

Turpeet on kuivattu pitämällä niitä 16—20 tuntia lämpökaapissa 105—110 C°:ssa. Tästä ns. kuiva-aineesta on punnittu 10 g analyysissä käytettäväksi.

Edellä mainittua kuiva-ainetta on hehkutettu n. 500 C°:ssa, kunnes kaikki hiili on palanut. Raakatuhkalla tarkoitetaan tätä turpeitten hehkutusjäännöstä, jonka pitoisuus on laskettu prosentteina kuiva-aineesta.

Raakatuhka on liuotettu suolahappoon. Liuos on piihapon poistamiseksi haihdutettu kuiviin. Jäännökseen, jota on ½ tuntia kuivatettu vesihauteella, on lisätty suolahappoa. Näin saatu liuos on jonkin ajan kuluttua laimennettu vedellä ja suodatettu 100 ml:n mittapulloihin, jotka on täytetty merkkeihin saakka. Tästä analyysiliuoksesta on määritetty myöhemmin mainitut ravinteet, joiden pitoisuus on laskettu prosentteina kuiva-aineen määrästä.

Kalsium on saostettu oksalaattina osasta em. liuosta ja määritetty titraamalla $KMnO_4$-liuoksella.

Magnesium on saostettu kalsiumin kera Viron (1945) mukaan.

Fosfori on määritetty Schuhknecht-Weibelin fotometrillä molybdeenisinisenä. Määrityksessä on erikoisesti syytä kiinnittää huomiota turpeissa olevaan rautaan, joka ferrimuodossa ehkäisee sinisen värin kehitystä. Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla on todettu turpeen rautapitoisuuden voivan olla niinkin suuren, ettei fosforin läsnäolosta huolimatta tarvitse sinistä väriä kehittyä lainkaan. Raudan häiritsevän vaikutuksen parhaaksi poistamistavaksi todettiin sen pelkistäminen ferriraudasta ferroraudaksi natriumbisulfiittiliuoksella.

Määritystä varten otettiin em. raakatuhkaliuoksesta sellainen erä, joka vastasi 50 mg alkuperäistä analyysiainetta. Liuos haihdutettiin vesihauteella kuiviin, jonka jälkeen siihen lisättiin 4 ml HNO_3:n ja H_2SO_4:n seosta (9 : 1) pyrofosfaattien muuttamiseksi ortofosfaateiksi. Tämän jälkeen haihdutettiin vesihauteella typpihappo pois, jäännös laimennettiin vedellä ja huuhdeltiin 100 cm^3:n mittapulloihin, joihin lisättiin 3 ml liuosta, jossa oli 50 g $NaHSO_3$:a 1 000 ml:ssa. Tämän jälkeen pidettiin näytteet vesihauteella tunnin, jona aikana ferrirauta pelkistyi ferroraudaksi. Tämän

jälkeen lisättiin varsinaiset kolorimetriset reagenssit. Ensin lisättiin 1 ml liuosta N:o 1 ja välittömästi tämän jälkeen 2 ml liuosta N:o 2. Puolen tunnin kuluttua lisättiin 5 ml liuosta N:o 3.[1])

Kalium on määritetty suoraan raakatuhkaliuoksesta Schuhknecht-Weibelin liekkifotometrillä.

---

[1]) Liuos N:o 1 sisältää 1 000 ml:ssa 2 g metolia, 10 g $Na_2SO_3 \times 7H_2O$:a ja 300 g $Na_2S_2O_5$:a.
Liuos N:o 2 on valmistettu liuottamalla 43.2 g MoO_3:a 10 %:een ammoniakkiliuokseen, jonka jälkeen on lisätty 500 ml 10-n H_2SO_4:a ja laimennettu 1 000 ml:an.
Liuos N:o 3 sisältää 1 000 ml:ssa 200 g CH_3COONa:a.

Ojituksen jälkeiset kasvinjäännöskoostumuksen muutokset

Pääosan turpeesta muodostavat orgaaniset ainekset, joita rahka- ja saraturpeissa on maatumisasteittain prosenteissa seuraavasti (I s o t a l o 1951, s. 37):

	St		Ct	
	H_1	H_8	H_5	H_9
Veteen liukenevia org. aineita	2.67	1.01	2.05	1.30
Eetteriin » aineita	2.50	6.48	4.26	5.11
Hemiselluloosaa	28.2	9.0	20.5	4.4
Selluloosaa	18.4	4.0	19.4	1.4
Ligniiniä	24.1	56.3	46.8	56.8
Valkuaisaineita	3.3	9.8	9.8	14.3

Hänen tutkimustensa mukaan rahkaturpeitten suhteellisen runsas veteen liukeneva orgaaninen aines hajaantuu täydellisemmin kuin saraturpeitten. Eetteriin liukenevan monipuolisen aineksen hajaantuminen on sitä vastoin hitaampaa, koska sen %-määrä kasvaa. Hyvin maatuneissa S-turpeissa sen määrä saattaa nousta aina 6.48 %:iin.

Hemiselluloosaa on raa'assa S-turpeessa 28 % ja sen määrä nousee maatumisen alkuvaiheessa, mikä johtuu hemiselluloosalajien suhteellisen suuresta vastustuskyvystä bakteerien aiheuttamassa hajaantumisessa (W a k s m a n 1936). Maatumisen jatkuessa sen %-määrä kuitenkin laskee ollen hyvin maatuneessa S-turpeessa ainoastaan 9 % (I s o t a l o 1951, s. 37). C-turpeitten hemiselluloosat ovat sitä vastoin rahkaturpeita helpommin hajoavia (W a k s m a n 1936) ja niiden määrä vähenee maatumisen kuluessa aina 4—5 %:ksi (I s o t a l o 1951, s. 37).

Aerobisten ja anaerobisten bakteerien, monien sienten ym. organismien suurimmalle osalle ovat hemiselluloosat eräs kaikkein tärkeimmistä energianlähteistä. Muutamat mikro-organismien lajit ovat erikoistuneet hajoittamaan ainoastaan määrättyä hemiselluloosalajia.

S-turpeitten selluloosat ovat helpommin hajaantuvia kuin niiden vastaavat hemiselluloosat (W a k s m a n 1936). Hyvin maatuneina S-turpeet sisältävätkin ainoastaan 4—5 % selluloosaa. C-turpeissa tapahtuu vielä

nopeampi selluloosan hajaantuminen, ja ne sisältävät hyvin maatuneina vain 1—2 % selluloosaa. Anaerobisissa olosuhteissa mikrobit eivät näytä pystyvän hajoittamaan ligniiniä, mistä syystä sen määrä tällöin kasvaa 50—57 %:ksi (Isotalo 1951, s. 37).

Ojituksen jälkeen tapahtuu turpeitten fysikaalisissakin ominaisuuksissa huomattavia muutoksia, jotka edistävät mikrobielämän elpymistä. Anaerobiset olosuhteet muuttuvat aerobisiksi. Sen seurauksena on mikrobimäärän nousu, sekä homesienien määrän moninkertainen kasvu, jotka molemmat ilmiöt on havaittu kokeissa (Huikari 1953). Tavallisesti nopeutuu pintakerroksen maatuminen, jonka seuraukset ovat havaittavissa jo paljain silmin. Rahkaturpeitten happamuus, suuri selluloosan määrä, typpiyhdisteiden vaikea hyväksikäyttö, orgaanisesti sidotun fosforin hidas mineraloituminen ym. tekijät ovat kuitenkin omiaan hidastamaan ojituksen jälkeistä maatumista. Etenkin sellaisilla rahkasoilla, joiden pH-lukema on alle 4.0, näyttää maatuminen olevan erittäin hidasta. Esimerkkinä mainittakoon Isonkyrön Tervanevan ojitettu osa, jossa on alueita, joiden pintaturpeen maatumisaste on yli 80 vuotta ojituksen jälkeen H_1—H_3. Anaerobien bakteerien sopivin pH-alue on 7.0—7.5, mutta ne voivat elää jo sellaisella alustalla, jonka pH-lukema on vähän yli 4.0 (Isotalo 1951, s. 100).

Kun suurin osa soitamme varsinkin Etelä-Suomessa on melko happamia, rahkanevoilla ja -rämeillä pH-lukema jopa alle 4:n, rajoittaa tämä bakteerien elinedellytyksiä. Tämän vuoksi jääneekin turpeen hajoittaminen näiden suotyyppien pintaturpeen osalta sienten tehtäväksi. Nämä saattavat hajoittaa ligniiniäkin, jopa nopeamminkin kuin selluloosaa, kun taas bakteerien hajoituskyvyllä ei liene sanottavaa merkitystä. Sienet muodostavat bakteereihin verraten lisäksi runsaasti uutta orgaanista ainesta, sienirihmastoa, joka muodostaakin melko olennaisen osan syntyvästä humuskerroksesta (Mikola 1952).

Soitten ojitus muuttaa, kuten edellisellä sivulla mainittiin, huomattavasti niiden pintakerroksen ominaisuuksia kasvualustana. Tämän seurauksena tapahtuu muutoksia luonnontilaisessa kasvillisuudessa. Uusien kasviyhdyskuntien jäännökset vaikuttavat kuivumisen kuluessa syntyvän turpeen kasvinjäännöskoostumukseen. Toisaalta maatuminen, kasvien nyt syvemmälle tunkeutuvat juuret ym. muuttavat entisenkin turpeen koostumusta. Seuraavassa käsitellään 10—20 cm:n syvyydessä olevassa turvekerroksessa tapahtuvia muutoksia, jotka näyttävät suurelta osalta aiheutuvan kasvipeitteen ojituksen jälkeisestä kehityksestä.

Cajander (1913) on maassamme ensimmäisenä tutkinut suon pinnan kuivumisen aiheuttamia kasvillisuuden muutoksia luonnonkuivatuksilla. Myöhemmin ovat Tanttu (1915), Multamäki (1923) ja Lukkala (1929 a, 1937) sekä Ruotsissa varsinkin Melin (1917) ja Malmström (1928) selvittäneet samaa asiaa erikoisesti ojitusalueilla.

Keltikangas (1945) on edellä mainittujen aineistojen perusteella tarkastellut kasvillisuuden kehitystä kohti mahdollista lopullista tasapainotilaa.

Lukkalan (1929 a) toimesta aloitettiin määräajoin tehdä pysyvien koealojen järjestelmällisiä kasvipeitekuvauksia. Tähän aineistoon perustuen Sarasto (1951, 1952 a, 1952 b) on julkaissut tietoja 0—40 vuotena ojituksen jälkeen tapahtuneesta aluskasvillisuuden kehityksestä useilla suotyypeillä. Muutokset sammalpeitteessä ovat hänen mukaansa kaikkein hitaimpia, joka johtunee sammalten suuremmasta ekologisesta »venymiskyvystä» kasvualustan muutoksiin nähden. Runsain lajistoluvun nousu tapahtuu yleensä 0—10 vuotta ojituksen jälkeen. Tätä Sarasto kutsuu rynnäkkövaiheeksi, seuraavaa lähinnä 10—30 vuoden välistä epämääräisempää laskujen ja nousujen vaihetta taisteluvaiheeksi sekä viimeistä 30—40 vuoden kautta tasoittumisvaiheeksi. Eri vaiheiden esiintymisajat ja pituudet ovat kuitenkin suuresti riippuvaiset suotyypeistä ja lisäksi ojitustehosta.

Lukkala (1929 a, 1937, 1951) on julkaissut tietoja myös samojen koealojen puuston määristä. Mainituista julkaisuista puuttuvien koealojen puuston kuutiomäärät olen saanut suontutkimusosaston koealakortistosta.

Välittömästi ojituksen jälkeen tapahtuva pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksen muutos on melko hidasta. Se tulee näkyviin alkuaan melkein puuttomilla soilla kuitenkin yleensä vasta noin 20:n vuoden kuluttua. Tällöin on jo havaittavissa vähäistä rahkanjäännösten suhteellisen osuuden pienenemistä varpujen ja heinämäisten kasvien hyväksi. Mikäli suolla on jo ojitettaessa puustoa, näkyy puunjäännösten suhteellisen osuuden lisääntyminen selvästi jo ainakin 20 vuoden kuluttua ojituksen jälkeen. Välittömästi ojituksen jälkeen tapahtuvia jäännöskoostumuksen muutoksia ei ole voitu jatkuvasti seurata samoilla koealoilla, vaan tulokset perustuvat koko aineiston antamaan yleiskuvaan.

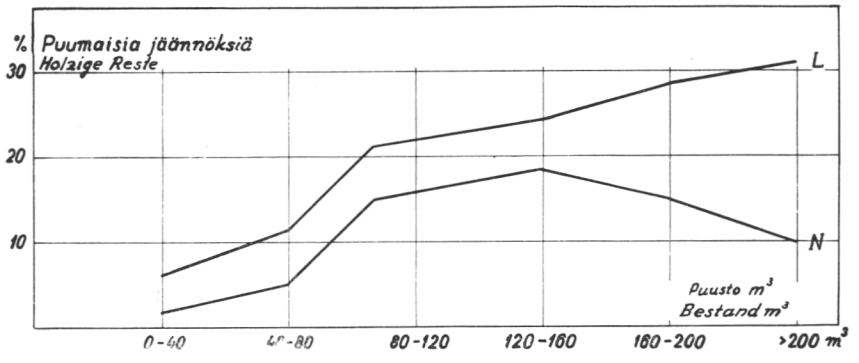
Myöhäisempiä kehityksen vaiheita on seurattu pääasiassa Vilppulan Jaakkoinsuolla, jolta saadut tulokset perustuvat jatkuviin havaintoihin seuraavilla koealoilla:

1 (ITR), 2 (RhK), 3 (IR), 4 (IR), 5 a (RhSR), 5 b (RSR), 6 a (ITR), 6 b (TR), 7 a (VSR), 7 b (VSR), 8 a (VSR), 8 b (VSR), 9 a (ITR), 9 b (ITR), 10 a (VSR), 10 b (VSR), 12 (KR), 13 (LhK), 15 (SN), 16 (NK), 23 a (LR), 23 b (LR), 24 (ITR), 25 (VK) ja 26 (NK). Kunkin koealan numeron jäljessä sulkeissa oleva lyhennys tarkoittaa suotyyppiä (vrt. Lukkala — Kotilainen 1951). Enimpien edellä lueteltujen koealojen kohdalla on pyritty riittävään ojitustehoon. Tästä huolimatta pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksen kehitys, johon suotyypillä on ratkaiseva osuus, on varsin erilainen eri koealoilla.

Täällä ja muualla tehdyt havainnot osoittavatkin, että pintaturpeen muutunta on lähinnä ojituksen jälkeisen kasvillisuuden ja etenkin puuston

kehityksestä riippuvainen. Seuraavassa esitetyssä jaoittelussa ei ole otettu huomioon suotyyppejä eikä niiden arvioituja tuottokykyjä, vaan vertailuperusteena on turpeen puumaisten jäännösten osuus suhteessa puuston kuutiomääriin ja osittain näiden kasvuun kuluneeseen aikaan.

Kuvassa 1 on esitetty puuston kuutiomäärän ja 10—20 cm:n syvyydessä olevan kerroksen varpujen (N) sekä puunjäännösmäärien (L) välinen korrelaatio. Kuten näkyy vastaa puunjäännösmäärien suhteellinen lisääntyminen metsän kuutiomäärän nousua. Varpujen osuus lisääntyy siihen saakka, kunnes puusto on kasvanut 120—160 m³/ha, jonka jälkeen seuraa lasku. Tämä on ilmeisesti seurauksena edeltäneen vaiheen aikaisesta puitten varjostavasta vaikutuksesta varpujen osuuteen aluskasvillisuudessa.



Kuva 1. Pintaturpeen (10—20 cm) puiden (L) ja varpujen (N) jäännösten %-määrä puuston kuutiomäärän kasvaessa.

Abb. 1. Der Prozentsatz für Hölzer (L) und Zwergsträucher (N) des Oberflächentorfes (10—20 cm) bei wachsender Kubikmasse des Holzbestandes.

Jos samanaikaisesti otetaan huomioon puuston kuutiomäärät ja näiden tuottoon kulunut aika, voitaneen suot jaoitella sellaisiin ryhmiin, jotka samalla ovat vertailtavissa kasvinjäännöskoostumuksen muutoksiin.

E n s i m m ä i s e n r y h m ä n (vrt. kuva 1) muodostavat suot, joiden puusto saavuttaa 100 m³/ha rajan 15—30 vuoden kuluttua ojituksesta. Näillä voidaan havaita pintaturpeessa sarojen, puiden ja usein myös varpujen jäännösten suhteellisen määrän lisääntymistä. Tämän kauden kuluessa saavuttaa myös graminidien jäännösten suhteellinen määrä maksiminsa. Myöhäisemmässä vaiheessa, n. 40 v. ojituksen jälkeen, on havaittavissa selvä heinämäisten kasvien suhteellisen osuuden pieneneminen, joka johtuu tätä edeltäneessä vaiheessa lisääntyvän, nyt maksiminsa saavuttaneen puuston varjostavasta vaikutuksesta. Puunjäännösten osuus on noussut keskimäärin n. 42 %:ksi, varpujen on pysynyt ennallaan tai hieman vähentynyt ollen n. 17 %. »Loppu» on melkein pelkästään graminidien jäännöksiä, joiden osuus on pienentynyt puunjäännösten hyväksi.

Toisen ryhmän muodostavat suot, joiden puuston määrä saavuttaa 50 m³/ha rajan n. 30 vuotta ojituksen jälkeen. Tälle kuivumisvaiheelle on ominaista graminidien jäännösten suhteellisen määrän maksimi, joka tosin on alhaisempi kuin edellisessä ryhmässä. Tässä vaiheessa S-jäännösten osuus on pienentynyt puun ja varpujen jäännösten määrän tullessa suurin piirtein yhtä suuriksi. Tällaisten soitten puusto saavuttaa yleensä seuraavan 10:n vuoden aikana 100 m³/ha määrän. Tällöin edellisen ryhmän tapaan graminidien osuus alkaa jäännöskoostumuksessa menettää merkitystään. Varpujen jäännösten osuus on noussut keskimäärin n. 13 %:ksi, samoin puunjäännösten määrä on noussut n. 29 %:ksi. »Lopun» muodostavat S- ja C-jäännökset hyvin erilaisissa määräsuhteissa kuitenkin rahkasammalten osuuden pienentyessä kuivumisen kuluessa.

Kolmannen ryhmän muodostavat sellaiset suot, joitten puusto on saavuttanut 30 m³/ha rajan 30 vuotta ojituksen jälkeen. Näissä ei pintaturpeen kasvinjäännöskoostumuksessa ole tapahtunut paljoakaan muutoksia. Graminidien, paitsi tupasvillan, jäännöksillä ei ole merkitystä turpeen muodostajana missään vaiheessa. Valtaosan turpeesta muodostavat tutkittuna aikana S-jäännökset.

Neljännen ryhmän muodostavat sellaiset suot, jotka eivät ole ojituksen jälkeen ainakaan toistaiseksi sanottavasti metsittyneet. Useat tällaisista soista ovat ravinteisuudeltaan niin huonoja (mm. rahkarämeet ja rahkanevat), että jo se on metsänkasvun esteenä. Tällaisten soitten pintaturpeen kasvinjäännöskoostumuksessa ei ole havaittavissa juuri minkäänlaisia muutoksia. Näissä onkin turve muodostunut pääasiallisesti S-jäännöksistä. Samaan ryhmään kuuluu kuitenkin sellaisiakin soita, joilla ravinnepitoisuuksiensa puolesta olisi edellytykset metsittyä (mm. monet rimpiletot ja eräät rimpinevat). Mikäli näille kuivatuksen vaikutuksesta syntyy aikaisemmista suuresti eroavia kasviyhdyskuntia, ei niiden vaikutuksesta pintaturpeen muutuntaan ole riittävää aineistoa.

Edellisen perusteella voidaan todeta varsinkin ojituksen jälkeisen puuston aiheuttavan suuriakin muutoksia pintaturpeen kasvinjäännösten suhteellisessa muutunnassa. Ojituksen aikaansaama uusi aines on yleensä helpommin maatuvaa kuin alkuperäinen turveaines. Ojitus nopeuttaa alkuperäisenkin turpeen hajaantumista, jonka yhteydessä vapautuu ravinteita muuttuneen kasvipeitteen, myös puuston, käyttöön. Tällöin saattaa maassa oleva orgaaninen aines jopa vähetä karikkeiden ym. tuomasta lisästä huolimatta. Turpeen muutunta tapahtuu kuitenkin hyvin hitaasti, joten kasvillisuuden ja puuston mahdollinen »klimaks» vaihe tuskin vielä on selvästi nähtävissä ainoallakaan maamme ojitetulla suolla.

Happamuus

Aikaisempia tutkimuksia

Ojittamattomien soitten turpeitten happamuuden vaihtelut ovat jo kauan olleet tutkimuksen kohteena. Bersch (1910) totesi lakmuspaperilla *Sphagnum*-turpeitten selvän happamuuden, kun taas ns. mutasuoturpeet olivat neutraaleja tai vain lievästi happamia. Samansuuntaisiin tuloksiin tuli Valmari (1921) käyttäessään lakmusliuosta indikaattorina. Brenner (1924) on ensimmäisenä Suomessa suorittanut turpeitten varsinaisia pH-määrityksiä. Myöhemmin (1930) hän on osoittanut eutrofisten suotyyppien reaktion olevan melkein neutraalin, lukuun ottamatta *Sph. Warnstorfianum*-soita, joilla hän on todennut hieman alhaisempia pH-arvoja.

Kotilainen (1928) on julkaissut perusteellisen tutkimuksen suokasvien ja niiden kasvualustan happamuuden välisistä suhteista. Happamuuden perusteella hän jakaa suotyypit kolmeen pääryhmään ja korkeammat suokasvit kasvualustan happamuuden perusteella neljään ryhmään. Lisäksi hän jakaa turpeet viiteen päälajiin entisen rahkaturpeen ja mutasuoturpeen asemesta. Samantapaisen jaon oli Waréen (1925) jo aikaisemmin tehnyt. Kotilainen on kiinnittänyt erityistä huomiota myös turpeitten kasvinjäännöskoostumuksen ja happamuuden väliseen korrelaatioon saaden ääriarvoiksi toisaalta *Sphagnum*-lajien, lukuun ottamatta niihin kuuluvia eutrofisia lajeja, ja toisaalta ruskosammalien jäännöksistä muodostuneet turpeet. BC-turpeita (= AC-turpeet hänellä) lukuun ottamatta ovat hänen tutkimuksensa mukaan turpeet yleensä pintakerroksessaan happamia. Hyvin maatuneet turpeet, ruskosammalsaraturpeita lukuun ottamatta, saattavat olla yhtä happamia tai vieläpä happamempia kuin sama turvelaji vähemmän maatumattomana. Lisäksi hän on käsitellyt happamuuden sekä toisaalta raakatuhkan, typen ja kalkkipitoisuuden sekä maatumisasteen välistä korrelaatiota. Myöhemmin (1933) hän on esittänyt täydentäviä tietoja eräitten suokasvien suhteesta niiden kasvualustan happamuuteen.

Aarnio (1928) on tutkinut varsinaisesti mineraalimaan näytteiden kuivattamisesta johtuvia pH-lukeman vaihteluita. Hänen tutkimustensa

mukaan tulevat maanäytteet yleensä happamemmiksi, jos niiden annetaan olla kostuttamattomina 25°:n lämmössä. Samalla hän toteaa, että humusta runsaasti sisältävät maat muuttuvat muita vähemmän. Jos turvetta sisältäviä maanäytteitä sitä vastoin kostutetaan ja annetaan olla 25°:n lämmössä, muuttuvat ne aluksi vähemmän happamiksi, mutta jo 7:n vuorokauden kuluttua alkaa pH-lukema muuttua jälleen pienemmäksi.

Lukkalan (1929 b) mukaan ojituksen seurauksena on happamuuden lisääntyminen sitä enemmän, mitä tehokkaampi kuivatus on ja mitä parempi suotyyppi luonnostaan on. Lisäksi on turpeen happamuusaste ainakin suurin piirtein verrannollinen muihin tärkeisiin kasvupaikkatekijöihin, ennen kaikkea typpi- ja kalkkipitoisuuksiin. Suotyyppien kesken on samoin havaittavissa selviä happamuuseroja.

Kivinen (1932) on havainnut eutrofisten *Sphagnum*-lajien puristusnesteen olevan vähemmän hapanta kuin muiden *Sphagnum*-lajien. Toisaalta hän osoittaa (1933) S-turpeitten happamuuden vaihtelevan erittäin paljon riippuen turvetta muodostavista *Sphagnum*-lajeista ja niistä olosuhteista, missä ne turvetta muodostavat. Happamuuden voidaan kuitenkin todeta vähenevän sarjassa S-turpeet—C-turpeet—BC-turpeet. Lisäksi Kivisen havaintojen mukaan S-turvetta muodostuu useimmiten sellaisiin soihin, joiden pohjavesi on ravinneköyhää ja hapanta. Turpeen muodostuminen on kuitenkin yleensä enemmän riippuvainen veden määrästä kuin sen laadusta. Saraturpeitten muodostumisalustalla on veden reaktio ainoastaan harvoin erikoisen hapan. Sararahka- ja rahkasaraturpeet, kahden edellisen välimuodot, muodostuvat tavallisesti soihin, joissa on sangen ravinneköyhä ja hapan vesi. Ruskosammalsaraturvetta muodostuu sellaisiin soihin, joissa on huomattavasti ravinteisempaa ja lievästi hapanta vettä, tai ainakin veden on oltava virtaamalla vaihtuvaa.

Samassa yhteydessä (s. 39) hän osoittaa soitten veden pH-lukeman vaihtelevan rämeissä 3.9—5.4, nevoissa 4.0—6.6, korvissa 4.4—6.4 ja letoissa 5.2—7.2.

Pankakoski (1936) on samoin havainnut lettojen pintaturpeen olevan vähiten happamen, kun taas eräät rämeet ja nevat ovat pinnaltaan kaikkein happamimpia. Myöhemmin (1939, s. 144—146) hän esittää tietoja Hiisjärven luonnonpuiston eri suotyyppien pH-lukemien vaihteluista. Tutkimissaan rämeissä hän on sen todennut vaihtelevan 3.5—4.6, nevoissa 3.4—5.3, letoissa 4.7—7.0, oligotrofisissa korvissa 3.5—4.4, mesotrofisissa korvissa 4.1—5.7 ja eutrofisissa korvissa 5.0—6.7. Lisäksi hän esittää tietoja eri kasvilajien kasvualustan pH-vaihteluista.

Useat muutkin kotimaiset tutkijat ovat kiinnittäneet huomiota soitten happamuussuhteisiin. Kivinen (1948 s. 119) on laskenut kaikkien aikaisempien kotimaisten tutkijoiden eri turvelajeille saamien pH-lukemien keskiarvot ja toteaa niiden olevan seuraavat:

Turvelaji	pH-lukema	Turvelaji	pH-lukema
Rahkaturve (St)	3.6	Eutr. rahkasaraturve (Eut SCt)	5.0
Sararahkaturve (CSt)	4.2	Saraturve (Ct)	5.0
Rahkasaraturve (SCt)	4.7	Ruskosammalsaraturve (BCt)	5.7

Yhteisenä piirteenä eri tutkijoiden saamilla pH-arvoilla on niiden suuret vaihtelut samankin turvelajin piirissä. Vaikka vaihtelut tosiaan ovatkin melkoiset, niin kaikesta huolimatta olisi syytä kiinnittää huomiota yksityisten tapausten määrityksissä mahdollisesti esiintyviin virhetekijöihin, joita lienee useita. Varsinkin pH-määritysten ensi aikoina oli menettelytavoissa huomattavia eroja, mistä johtuen saatiin erilaisia tuloksia. Usein on lisäksi jätetty mainitsematta reaktioon vaikuttava näytteenottosyvyys sekä maatumisaste. Samoin lienee varsin usein turpeitten kasvinjäännöskoostumuksen määritys etenkin maatuneissa näytteissä ollut epätarkka, mikäli se on suoritettu silmävaraisesti. Useimmissa tapauksissa lienee määritys tehty vielä näytteen tuoreena ollessa, mutta ei varmaan läheskään aina heti näytteen oton jälkeen, joka sekin on yksityisten tapausten vertailussa huomioon otettava seikka, koska tämä »seisomisaika» on usein erilainen pituudeltaan ja ulkonaisilta olosuhteiltaan.

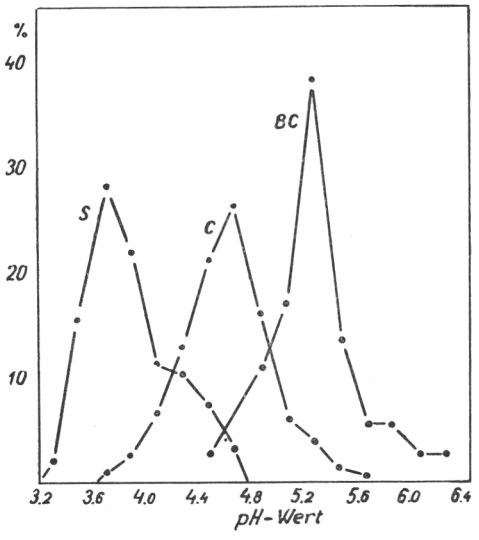
Turvelajien happamuus

Jos vertaillaan pienenkin turvenäytteen eri osista tehtyjä pH-määrityksiä, on jo havaittavissa lukemissa selviä eroja. Sen tähden on kunkin näytteen pH-määritys syytä tehdä kaksoismäärityksenä, ja näyteaines on otettava mahdollisimman monesta tutkittavan näytteen kohdasta, koska tuoreen turpeen homogenisoiminen on suhteellisen vaikeaa.

Mikäli näytteet pääsevät kuivumaan ennen reaktion määrittämistä, muuttuu pH-lukema melkein aina. Aikaisemmin (V a h t e r a 1951) esittämieni tutkimuksien täydennykseksi verrattiin Vesijaolta otettujen kuudenkymmenen S- ja LSC-turpeen tuoreina ja 4 vuoden laboratoriossa kuivumisen jälkeen määritettyjä pH-lukemia keskenään, jolloin huomattiin pH-lukemien muuttuneen turpeitten kuivuessa keskimäärin 0.35 korkeammiksi. Näytteistä oli tosin n. 12 % (7 kpl) muuttunut päinvastaiseen suuntaan, mutta keskimäärin ainoastaan 0.14 pH-astetta. Suurin ero lukeman kasvavaan suuntaan oli 0.91 ja pienenevään 0.59. Kun em. turpeita sitä vastoin kuivattiin lämpökaapissa 100—150°:ssa tai vieläkin korkeammassa lämmössä, ne kaikki muuttuivat huomattavasti happamemmiksi, kuten jo A a r n i o (1928) on havainnut. Lisäksi tutkittiin muutamia sara- ja ruskosammalsaraturpeita, joissa muutokset kuivattaessa ilmassa ja lämpökaapissa olivat samankaltaisia kuin em. turvelajeissakin. Edellisen perus-

teella voidaankin todeta, etteivät ojitettujen soitten turpeet yleensä muutu happamemmiksi kuten luonnontilaiset niitä kuivatettaessa tavallisessa huoneenlämmössä.

Mahdollisimman oikeiden tulosten saamiseksi olisi pH-määritys varminta suorittaa heti näytteenottopaikalla. Seuraavassa esitetyt pH-lukemat on yleensä määritetty laboratoriossa vuorokauden kuluessa näytteiden saapumisesta ja siis vielä niiden tuoreina ollessa. Puute siirrettäväksi sopivista luotettavista mittauslaitteista työn alkuvaiheessa on pakottanut tähän tapaan, jota on noudatettu yhtenäisyyden vuoksi loppuun asti.



Kuva 2. S-, C- ja BC-turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Abb. 2. Die Verteilung der S-, C- und BC-Torfe auf die pH-Klassen.

Kuvassa 2 on esitetty turpeitten jakaantuminen eri pH-luokkiin, joiden amplitudiksi on valittu 0.2 pH-astetta. Saman turvelajin peräkkäiset arvot on yhdistetty selvyyden vuoksi katkoviivalla.

Tarkasteltaessa kuivattujen soitten turpeitten pH-suhteita on yleensä havaittavissa erittäin selvä samanlaisuus ojittamattomien soitten turpeitten pH-suhteisiin. Vaikka vaihtelut samankin turvelajin piirissä ovat melkoisia, on kaikesta huolimatta selvästi havaittavissa happamuuden pieneneminen sarjassa rahkaturpeet — saraturpeet — ruskosammalsaraturpeet. Rahkaturpeitten pH-lukema on vaihdellut 3.2—4.8 keskiarvon ollessa jonkin verran korkeampi kuin Kivisen (1948) aikaisempien tutkijoitten tulosten mukaan laskema keskiarvo 3.6. Saraturpeitten pH-lukemien vaihtelut ovat olleet 3.7—5.7 ja ruskosammalsaraturpeitten 4.5—6.3, jotka arvot ovat keskimäärin jonkin verran pienemmät kuin Kivisen (1948) laskemat tulokset. Tämä voinee osittain johtua siitä, että aineistoni BC-turpeista on vain vähäinen osa varsinaisilta lettoseuduilta (kalkkiseuduilta). Em. erotus on kuitenkin niin pieni, että päätelmien teko reaktion muuttumissuunnasta on mahdotonta pelkästään tämän perusteella, koska se on suurin piirtein yhtäpitävä monien muiden aikaisempien tutkimusten kanssa (vrt. Kivinen 1933). Koska näyteaineisto koko maan soitten määrään verrattuna on suhteellisen pieni, vaikuttavat lisäksi paikalliset olosuhteet osaltaan saatuihin arvoihin. S-turvetta edustavat näytteet

eivät läheskään kaikki ole puhtaasti *Sphagnum fuscum*-jäännösten muodostamia, joten eroavaisuus tämän turvelajin osalta voi johtua jo pelkästään tästäkin. Sararahka- ja rahkasaraturpeet ovat happamuudeltaan olleet rahka- ja saraturpeitten välimuotoja.

Turvekoostumuksessa pienissä määrissä esiintyvillä puunjäännöksillä ja pH-lukemalla ei näytä olevan korrelaatiota. Jos puumaisten jäännösten määrä rahkaturpeessa nousee noin kolmannekseen tai yli sen, niin useimmiten tällaiset turpeet ovat vähemmän happamia kuin »puhtaammat» *Sphagnum*-turpeet. Muissa turvelajeissa ei vastaava ilmiö ole ainakaan yhtä selvästi havaittavissa.

Taul. 3. Eri syvyydestä otettujen turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 3. Die Verteilung der aus verschiedener Tiefe entnommenen Torfe auf die pH-Klassen.

pH	St (170)			Ct (117)			BCt (35)		
	10—20 cm	30—40 cm	50—60 cm	10—20 cm	30—40 cm	50—60 cm	10—20 cm	30—40 cm	50—60 cm
	%								
3.21—3.60	29.2	14.5	4.7	—	—	—	—	—	—
3.61—4.00	50.8	58.1	37.2	9.5	—	—	—	—	—
4.01—4.40	13.8	16.1	41.8	38.1	10.0	8.6	—	—	—
4.41—4.80	6.2	11.3	16.3	45.2	60.0	37.1	6.7	—	—
4.81—5.20	—	—	—	4.8	25.0	40.0	26.6	33.3	20.0
5.21—5.60	—	—	—	2.4	5.0	11.4	53.3	53.3	40.0
5.61—6.00	—	—	—	—	—	2.9	6.7	6.7	40.0
6.01—6.40	—	—	—	—	—	—	6.7	6.7	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Eri syvyyksistä otettujen näytteiden jakaantuminen pH-luokkiin on esitetty taulukossa 3, jossa luokkien vaihtelulaajuudeksi on valittu 0.4 pH-astetta. Taulukosta voidaan havaita, että turpeet ovat pintakerroksessaan happamempia kuin syvemmässä, joka seikka on ollut todettavissa

Taul. 4. Eri maatumisasteisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 4. Die Verteilung der Torfe verschiedenen Humifizierungsgrades auf die pH-Klassen.

pH	St (185)					Ct (48)					BCt (32)				
	Maatumisaste					Maatumisaste					Maatumisaste				
	1—2	3—4	5—6	7—8	9—10	1—2	3—4	5—6	7—8	9—10	1—2	3—4	5—6	7—8	9—10
	%														
<3.51	—	2.9	13.7	4.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.51—4.00	68.2	60.0	45.2	56.1	80.0	—	—	5.0	9.1	—	—	—	—	—	—
4.01—4.50	15.9	25.7	26.0	24.4	20.0	—	25.0	35.0	13.6	—	—	—	—	—	—
4.51—5.00	15.9	11.4	13.7	12.2	—	—	62.5	55.0	45.5	—	—	—	20.0	9.1	—
5.01—5.50	—	—	1.4	2.4	—	—	12.5	5.0	31.8	50.0	—	—	70.0	63.6	—
>5.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50.0	—	—	10.0	27.3	100.0
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	—	100.0	100.0	100.0	100.0	—	—	100.0	100.0	100.0

ojittamattomissakin soissa. Jos tarkastelemme turvelajien happamuutta myös niiden maatuneisuuden mukaan, huomaamme, että tässäkin suhteessa on olemassa jonkinlaista säännönmukaisuutta. Taulukossa 4 on esitetty eri maatumisasteisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin, joiden amplitudi on 0.5 pH-astetta. Yhdistämällä kaksi von Postin peräkkäistä maatumisastetta on saatu viisi maatuneisuusluokkaa.

Tutkitussa aineistossa (273 näytettä) ei ole lainkaan esiintynyt vähän maatuneita sara- ja ruskosammalsaraturpeita. Mikäli voi päätellä puutteellisesta aineistosta, näyttää siltä, että rahka- ja saraturpeitten kaikkein vähimmin maatuneet osat olisivat lievemmin happamia kuin keskinkertaisesti maatuneet. Kokonaan tai melkein kokonaan maatuneet turpeet, maatumisaste 9—10, näyttävät jälleen olevan vähemmän happamia. Ruskosammalsaraturpeitten happamuus pienenee maatuneisuuden lisääntyessä. Kotilainen (1928) on tullut tutkiessaan luonnontilaisia turpeita samanlaisiin tuloksiin.

Taulukossa 5 on esitetty raakatuhkapitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten (516 näytettä) jakaantuminen pH-luokkiin. Sen mukaan rahkaturpeet ovat kaikkein tuhkaköyhimpiä, jota vastoin muiden turvelajien ja niiden raakatuhkamäärien välillä ei ole selvää korrelaatiota. Sanotusta huolimatta voidaan kuitenkin todeta, että lisääntyviä raakatuhkapitoisuuksia yleensä vastaa nouseva pH-lukema, joka seikka on havaittavissa yksityistenkin turvelajien piirissä. Kaikista näytteistä, joiden raakatuhkapitoisuus on ollut alle 3.0, on n. 81 % ollut pH-lukemaltaan 3.5—4.5. Pitoisuuden ollessa 3.0—6.0 on n. 75 % näytteistä ollut pH-lukemaltaan 4.0—5.0, johon samaan ryhmään on 6.0—10.0 % raakatuhkaa sisältäneistä näytteistä kuulunut n. 81 %. Yli 10 % raakatuhkaa sisältävistä näytteistä on n. 63 % ollut pH-lukemaltaan 4.5—5.5.

Taulukossa 6 on esitetty typpipitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten (516 näytettä) jakaantuminen pH-luokkiin. Siitä havaitaan, ettei yksityis-

Taul. 5. Raakatuhkapitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 5. Die Verteilung der Torfe verschiedenen Rohaschegehaltes auf die pH-Klassen.

pH	Raakatuhka %			
	< 3.01	3.01—6.00	6.01—10.00	> 10
	%			
<3.51	11.4	2.5	—	—
3.51—4.00	53.2	17.2	5.3	3.9
4.01—4.50	27.6	37.5	44.6	19.2
4.51—5.00	7.8	37.5	35.2	41.0
5.01—5.50	—	3.9	11.7	21.8
>5.50	—	1.4	3.2	14.1
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0

Taul. 6. N-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 6. Die Verteilung der Torfe verschiedenen N-Gehaltes auf die pH-Klassen.

pH	N %				
	< 1.01	1.01—1.50	1.51—2.00	2.01—2.50	> 2.50
	%				
<3.51	8.0	6.5	2.2	1.3	—
3.51—4.00	62.0	47.1	17.2	6.7	—
4.01—4.50	18.0	29.3	38.9	32.0	29.0
4.51—5.00	4.0	11.4	28.3	45.3	52.6
5.01—5.50	6.0	4.9	12.8	14.0	18.4
>5.50	2.0	0.8	0.6	0.7	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

tapauksissa ole aina korrelaatiota reaktion ja N-pitoisuuden välillä. Runsaasti typpeä sisältävät turpeet ovat kuitenkin usein lievästi happamia, jonka havainnon on tehnyt mm. Kotilainen (1928) ojittamattomilla soilla. Hyvin runsaasti raakatuhkaa sisältävät turpeet ovat usein lievästi happamia, kun taas niiden N-pitoisuus on tavallisesti melko pieni, kuten taulukosta 13 näkyy. Edellisen perusteella on ymmärrettävissä, että lievästi happamien turpeitten N-pitoisuus eräissä tapauksissa saattaa olla jopa alle 1 %.

Taul. 7. CaO-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 7. Die Verteilung der Torfe verschiedenen CaO-Gehaltes auf die pH-Klassen.

pH	CaO %						
	<0.2	0.2—0.4	0.4—0.6	0.6—0.8	0.8—1.0	1.0—1.5	> 1.5
	%						
<3.5	6.9	2.5	5.3	—	—	—	—
3.5—4.0	44.8	31.7	18.6	19.6	7.7	—	—
4.0—4.5	34.5	35.2	35.4	23.2	38.5	26.3	4.5
4.5—5.0	8.6	26.6	33.6	41.1	23.1	34.2	40.9
5.0—5.5	5.2	3.5	6.2	16.1	26.9	39.5	54.6
>5.5	—	0.5	0.9	—	3.8	—	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Kalkkipitoisuudeltaan erilaisten turpeitten (510 näytettä) jakaantuminen pH-luokkiin on esitetty taulukossa 7. Sen happamat turpeet sisältävät kalkkia vähiten ja lisääntyvät kalkkimäärät vastaavat yleensä nousevia pH-lukemia. Tämän seikan on mm. Kotilainen (1928) havainnut ojittamattomilla soilla. Lievästi happamet, hyvin runsaasti raakatuhkaa sisältävät turpeet ovat kuitenkin usein mineraalimaita muistuttavina kalkkipitoisuudeltaan alhaisempia kuin vastaavat vähemmän raakatuhkaa sisältävät turpeet.

Taul. 8. MgO-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 8. Die Verteilung der Torfe verschiedenen MgO-Gehaltes auf die pH-Klassen.

pH	MgO %					
	< 0.04	0.04—0.06	0.06—0.08	0.08—0.10	0.10—0.12	> 0.12
	%					
<3.5	4.2	1.3	3.9	2.0	2.8	0.7
3.5—4.0	58.3	35.0	20.5	22.0	27.8	14.4
4.0—4.5	33.3	40.0	29.5	36.0	19.4	24.2
4.5—5.0	4.2	22.4	41.0	34.0	33.3	33.3
5.0—5.5	—	1.3	5.1	4.0	16.7	26.1
>5.5	—	—	—	2.0	—	1.3
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Vaikka keskimääräisten kalkki- ja magnesiapitoisuuksien välillä onkin korrelaatio (taulukko 20), ei lisääntyvää MgO-pitoisuutta aina vastaa nouseva pH-lukema (taulukko 8) läheskään yhtä selvästi kuin vastaavan ilmiön ollessa kyseessä CaO:n suhteen. Tämä johtuu pääasiassa tavallisesti happamien rahkaturpeitten suhteellisen suurista magnesiapitoisuuksista (taulukko 22). Kuitenkin voidaan tutkitun aineiston (421 näytettä) puitteissa havaita suhteellisen runsaasti magnesiumia sisältävien turpeitten olevan keskimäärin lievemmin happamia kuin magnesiaköyhien. Yksityisissä tapauksissa ovat vaihtelut suuret, koska esim. jaoittelussa kaikkein runsaimman MgO-luokan edustajat ovat pH-lukemaltaan olleet alle 3.5:stä aina yli 5.5:n.

Turvenäytteiden (240 kpl) P_2O_5-pitoisuuksien vaihtelut ja niiden perusteella suoritettu jako pH-luokkiin on esitetty taulukossa 9. Sen mukaan happamat turpeet sisältävät suhteellisesti niukimmin fosforia, kun taas runsaimmin fosforia sisältävät ovat kaikki pH-lukemaltaan yli 3.5. Lievästi happamat turpeet eivät kuitenkaan ole läheskään aina suhteellisesti fosfori-

Taul. 9. P_2O_5-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen pH-luokkiin.

Tab. 9. Die Verteilung der Torfe verschiedenen P_2O_5-Gehaltes auf die pH-Klassen.

pH	P_2O_5 %							Yht. %
	< 0.2	0.2—0.3	0.3—0.4	0.4—0.5	0.5—0.6	0.6—0.7	> 0.7	
	%							
<3.5	10.0	40.0	30.0	10.0	10.0	—	—	100.0
3.5—4.0	5.1	30.8	37.3	14.1	5.1	1.2	6.4	100.0
4.0—4.5	4.8	12.1	22.9	28.9	7.2	6.0	18.1	100.0
4.5—5.0	5.5	14.5	16.4	23.6	7.3	3.6	29.1	100.0
5.0—5.5	7.1	7.1	28.7	7.1	—	—	50.0	100.0
>5.5	—	—	—	—	—	—	—	—

rikkaita. Vähenevän happamuuden ja lisääntyvien fosforimäärien välillä on kuitenkin yleensä jonkinlainen korrelaatio, joka on ymmärrettävissä, koska mm. happamuusolosuhteet säännöstelevät raudan saostumista fosfaattina (vrt. Puustjärvi 1952).

Sitä vastoin reaktion ja kalipitoisuuksien välillä ei näytä olevan selvää suhdetta, joskin eniten kalia sisältävät turpeet ovat varsin usein myös vähemmän happamia.

Suotyyppien kasvualustan happamuus

Suotyyppijaoittelumme pohjautuu soitten pintakasvillisuuden sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen koostumuksen eroavaisuuksiin. Koska jotkut kasvilajit näyttävät sietävän alustan happamuusasteen suhteen melko suppeaa vaihtelupiiriä, ovat, kuten sanotaan, stenoiikkisia (vrt. mm. Carsten Olsen 1921, Warén 1924, Christophersen 1925, Kotilainen 1928, Kivinen 1933), toisilla on laajempi vaihtelulaajuus, ovat siis euryoiikkisia, turvealustan happamuus on joko välittömästi vaikuttava tekijä (eräät viimeaikoina suoritetut kokeet luonnonkasveilla osoittavat sellaista) tai välillisenä tekijänä tietyn maanlaadun indikaattori. Koska yksityiset kasvilajit reagoivat eri tavoin, toiset taas »samajännitteisesti» kasvualustan happamuuteen, vaikuttaa happamuus yhtenä tekijänä kasviyhdyskuntien muodostumiseen. Progressiivinen suokehitys varsinkin rahkavaltaisen turvekerroksen syntyvaiheesta lähtien aiheuttaa kehityksen happamempaan suuntaan. Tästä lähtien muuttuu suotyypin turvealustan ja reaktion välinen korrelaatio yhä selvemmäksi.

Taulukossa 10 on esitetty näytteiden (259 kpl) jakaantuminen suotyypeittäin eri pH-luokkiin.

Korpityyppeihin kuuluvat suot ovat yleensä lievästi happamia. Vähimmin hapanta on lettokorpien sekä ruoho- ja heinäkorpien turve. Varsinaisista korvista otettujen näytteiden happamuus on pääosaltaan suhteellisen alhainen. Nevakorvet usein varsinaisten korpien vettyneempinä asteina lähentelevät reaktioltaan edellisiä. Lehto-, kangas- ja rääseikkökorpien turvekerros on niin ohut, että mineraalimaa vaikuttaa myös kasvualustan happamuussuhteisiin.

Eri rämetyyppien alustan pH-suhteille on ominaista hyvin suuri vaihtelulaajuus, jopa siinä määrin, että tämän ryhmän alatyypit edustavat vaihtelupiirin ääriarvoja. Lettorämeissä turve on happamuudeltaan alhaisin. Ruohoiset sararämeet ovat jo hieman happamempia kuten myös varsinaiset sararämeet ja korpirämeet. Huonohkojen sararämeitten alustan pH-lukema on ollut todennäköisesti aineiston yksipuolisuuden takia 10—20 cm:n syvyydellä keskim. 0.1 suurempi kuin varsinaisten sara-

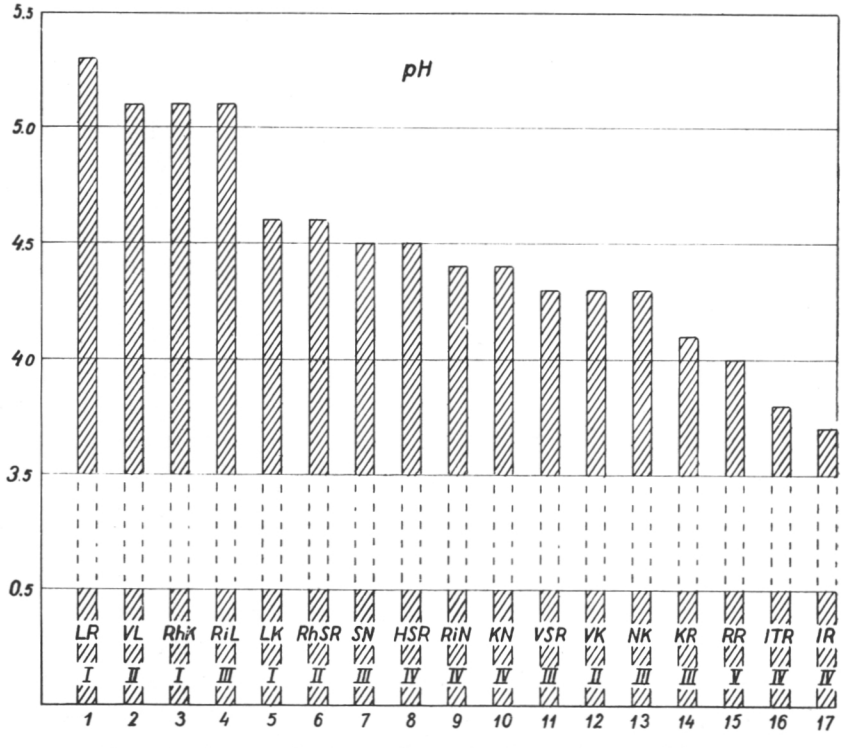
Taul. 10. Suotyyppien turvealustan

Tab. 10. Die Verteilung der Torfunterlage

pH	Korvet				Rämeet			
	VK (35)	RhK (12)	NK (8)	LK (5)	KR (8)	IR (44)	RhSR (15)	VSR (25)
								%
<3.5	2.9	—	—	—	—	20.5	—	—
3.5—4.0	14.2	—	—	—	25.0	65.9	13.3	12.0
4.0—4.5	48.6	33.3	50.0	—	25.0	13.6	46.7	60.0
4.5—5.0	31.4	33.3	25.0	100.0	50.0	—	40.0	28.0
5.0—5.5	2.9	33.3	25.0	—	—	—	—	—
>5.5	—	—	—	—	—	—	—	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

rämeitten, joka ero käytännössä kuitenkin merkitsee suunnilleen samaa happamuustasoa. Happamimpia ovat rahkarämeet, tupasvillarämeet ja isovarpuiset rämeet, joista viimeksi mainituista osa kuuluu ojitettujen soittemme melkeinpä kaikkein happamimpiin.

Nevoissakin kasvualustan happamuussuhteet ovat hyvin vaihtelevat. Lievimmin happamia ovat suursara- ja rimpinevat, joiden veroisia



Kuva 3. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset pH-lukemat.

Abb. 3. Die durchschnittlichen pH-Ablesungen für den Nährboden der Moortypen.

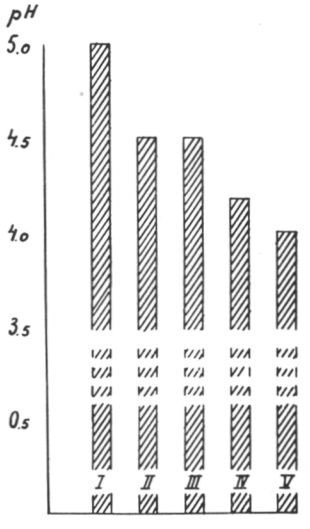
jakaantuminen eri pH-luokkiin.

der Moortypen auf die pH-Klassen.

				Nevat			Letot	
HSR (23)	TR (21)	RR (6)	LR (9)	SN (10)	RiN (21)	KN (9)	RiL (10)	VL (2)
—	9.5	—	—	—	—	—	—	—
—	66.7	50.0	—	10.0	4.7	—	—	—
23.0	23.8	50.0	22.2	30.0	42.9	55.6	—	—
77.0	—	—	11.1	50.0	42.9	44.4	30.0	50.0
—	—	—	66.7	10.0	9.5	—	60.0	—
—	—	—	—	—	—	—	10.0	50.0
100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100 0

ovat olleet myös tutkitut kalvakkanevat. Vaikka letot yleensä ovat lievimmin happamia ojitetuista soistamme, on näidenkin joukossa sellaisia, joiden pH-lukema on ainoastaan vähän yli 4.5.

Kuvassa 3 on esitetty tutkitut suotyypit kasvualustan keskimääräisen pH-lukeman mukaisessa järjestyksessä. Jokaisen tyypin nimilyhennyksen alle on lisäksi merkitty metsäojitusarvon mukainen hyvyysluokka. Jos verrataan kuvassa esitettyä suotyyppien kasvualustan happamuuden mukaista järjestystä Lukkalan em. hyvyysluokitteluun, huomataan sen suurin piirtein olevan samantapaisen. Suurimman poikkeuksen tekevät kalvakkanevat ja huonohkot sararämeet, joiden kasvualustan pH-lukema on selvästi korkeampi kuin niiden metsäojitusarvo edellyttäisi. Rimpinevojen ja rimpilettojen kasvualustan happamuussuhteet vastaavat pikemmin niiden viljelyskelpoisuus- kuin metsäojituskelpoisuusarvoja. Viimeksi mainittujen alhaisuus perustuu niihin kokemuksiin, joita on saatu näiden tyyppien kuivatuksen jälkeisestä vaikeasta metsittymisestä (vrt. mm. Huikari 1951, 1953). Joka tapauksessa voidaan todeta, että yksityisten tapausten suurista heilahteluista huolimatta metsäojitusarvot sekä vielä suuremmassa määrässä arvioitu viljelyskelpoisuus ovat verraten selvässä korrelaatiossa happamuuteen.



Kuva 4. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset pH-lukemat.

Abb. 4. Die durchschnittlichen pH-Abiesungen der Waldentwässerungs-Güteklassen.

Kuvassa 4 on esitetty soitten metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset pH-lukemat, jotka on laskettu kuhunkin luokkaan kuuluvien suotyyppien kasvualustan pH-lukemien (kuva 3) keskiarvona. Vaikka ojituksen jälkeistä metsittymistä silmällä pitäen laadittu hyvyysluokittelu ei

olekaan kokonaisuudessaan samanlainen reaktion mukaiseen paremmuusjärjestykseen verraten, on kaikesta huolimatta havaittavissa happamuuseroja kaikkien luokkien kesken.

Koska samaankin suotyyppiin kuuluvien yksityisten soitten happamuus saattaa vaihdella sekä ojitetuilla että ojittamattomilla soilla, on reaktion kuivatuksen jälkeisen muuttumissuunnan määrittämiseksi seurattu tietyillä koealoilla tapahtuvaa kehitystä. Pelkkiin keskiarvoihin pohjautuva vertailu ei yksistään riittäisi selvittelyn perusteeksi, sillä usein ei tarvitse olla kysymys mistään varsin suurista muutoksista. Käsiteltävässä aineistossa ei ole valitettavasti tietoja ojitusta edeltäneistä olosuhteista, sillä näytteet on suureksi osaksi koottu vasta muutaman tai useankin vuoden kuluttua ojituksen jälkeen. Koska hapettumisesta johtuva reaktion muuttuminen seuraa melko pian turpeen päästessä ilman kanssa kosketukseen, ei tutkittu aineisto anna oikeaa kuvaa heti ojituksen jälkeen mahdollisesti tapahtuneesta kehityksestä, vaan se pystyy pääasiallisesti valottamaan vain myöhemmin pitemmän ajan kuluessa tapahtuneita happamuuden muutoksia. Ainoa suo, jonka ojituksen jälkeisiä happamuuden muutoksia on seurattu yhtäjaksoisesti lähes 25 vuotta, on Vilppulan Jaakkoinsuo, jonka koealat edustavat varsin monia suotyyppejä. Tämänkin suon happamuusmääritykset aloitettiin tosin vasta noin 20 vuotta ojituksen jälkeen. Rinnan em. aineiston kanssa on käytetty hyväksi niitä tuloksia, joita on saatu ympäri maatamme sijaitsevilta myöhemmin ojitetuilta soilta.

Kuten edellä mainittiin (s. 20), on soittemme todettu useimmiten muuttuvan kuivatuksen jälkeen happamemmiksi (vrt. Kivekäs 1932, Vahtera 1951). Puustjärven (1952, s. 51—56) mukaan näyttävät luonnontilaiset, lievästi happamet turpeet muuttuvan kuivuessaan enemmän happameen suuntaan kuin jo alkuaan happamet. Lukkalan (1929 b, s. 8) tutkimusten mukaan on havaittavissa happamuuden pienentyvän ojan välittömästä läheisyydestä saran heikommin kuivattua keskustaa kohden.

Suurin happamuuden muutos tapahtunee välittömästi ojituksen jälkeen. Tämä kehitys jatkuu vuosikymmeniä, vaikka se ei myöhäisemmässä vaiheessaan olekaan muuttumissuunnaltaan yhtä selväpiirteinen. Tämän kauden kuluessa tapahtuneita vaihteluita on tutkittu jatkuvasti seuraamalla samoja koealoja erilaisilta soilta, jotka ovat olleet ojitettuina 10—45 vuotta. Näistä on n. 71 % muuttunut happamemmiksi. Suurin muutos happameen suuntaan on ollut 1.0 ja neutraaliin vastaavasti 0.5. Ottaen huomioon koko aineisto voidaan keskimääräisen happamuuden todeta pienentyneen vain 0.19 pH-astetta, joka sinänsä on varsin vähän. Happamien soitten reaktion muutokset ovat pienempiä ja metsittymisen jälkeinen happamuuden vähentyminen yleisempää kuin ojitettaessa lievästi happamilla soilla. Alunperin happamien soitten keskimääräinen muuttuminen happameen

suuntaan on niin vähäistä, ettei sillä ole käytännöllistä merkitystä. Vaikka suurin osa tutkituista sara- ja ruskosammalsaraturvetta sisältävistä soista onkin tämän kehityskauden kuluessa muuttunut happamemmiksi, on kuitenkin joukossa sellaisiakin, joissa kehitys on tapahtunut vastakkaiseenkin suuntaan.

Edellisessä kappaleessa kiintyy huomio erikoisesti happamuuden myöhemmässä vaiheessa tapahtuviin jopa täysin vastakkaissuuntaisiin muutoksiin. Tutkimusaineiston perusteella on pyritty selvittämään niitä ilmiöitä, jotka saattavat tämän aiheuttaa. Pätevien syiden löytäminen tutkittujen ominaisuuksien puitteissa on kuitenkin osoittautunut mahdottomaksi. Tätä osoittaa jo sekin, että kahdella aivan vierettäisellä koealalla, jotka tutkittujen ominaisuuksiensa puolesta ovat täysin samanlaisia, kehitys saattaa tapahtua vastakkaisiinkin suuntiin.

Vaikka suurin osa soistamme muuttuukin kuivatuksen jälkeen happamemmiksi, ei tämän tarvitse sinänsä olla ojituksen jälkeisen metsittymisen esteenä, koska yleisimpien puulajiemme, männyn, kuusen ja koivun, viihtyminen ei ole riippuvainen yksinomaan alustan happamuussuhteista. Tässä yhteydessä ei ole tutkittu sitä, missä määrin muutos vaikuttaa mikrobien elämään ym. ja täten välillisesti kasvillisuuteen.

Raakatuhka

Aikaisempia tutkimuksia

Turpeitten raakatuhkapitoisuus vaihtelee hyvin suuresti lähinnä siksi, että soille voi tulla tulvaveden, virtaavan veden, tuulien ym. mukana sekundääristä kivennäisainesta, joka yhdessä turvetta muodostavien lajien oman primäärisen tuhkapitoisuuden kanssa määrää sen raakatuhkan kokonaismäärän.

Luonnontilaisten turpeitten tuhkapitoisuus on ollut jo pitkät ajat tutkijoitten huomion kohteena. Zailer ja Wilk (1907) ovat esittäneet tuloksia mm. S-, C- ja B-turpeitten raakatuhkapitoisuuksista. Tätä selvittävistä kotimaisista tutkijoista mainittakoon Warén (1924), Kotilainen (1928), Tuorila (1928) ja Anttinen (1928) sekä Lukkala (1929 b).

Kivinen (1933, s. 69) on koettanut mekaanisin keinoin erottaa sekundäärisen tuhkan primäärisestä siinä onnistumatta. Aikaisempien tutkijoitten tulosten kanssa yhtäpitävästi hän on todennut *Sphagnum*-turpeen sisältävän tuhkaa niukimmin. Sara- ja ruskosammalsaraturpeissa on sitä vastoin suhteellisesti korkeampi raakatuhkapitoisuus. Ennen kaikkea sekundäärisestä raakatuhkasta johtuen ei hänen tutkimustensa mukaan voida vetää rajaa eri turvelajien välille, joskin eutrofiset turpeet yleensä sisältävät runsaimmin raakatuhkaa.

Salmi (1947) on laskenut maamme laajahkojen soitten turpeitten keskimääräiseksi tuhkapitoisuudeksi 3.31 %, mikä tulos edustaa 60 suon eri syvyyksistä otettujen 216:n näytteen antamaa keskiarvoa. Hänen esittämänsä arvo poikkeaa varsin olennaisesti muiden tutkijain tuloksista eikä sitä voitane pitää koko maan olosuhteita luonnehtivana.

Seuraavassa esitetään Kivisen (1948, s. 119) aikaisempien tutkijain tulosten mukaan laskemat luonnontilaisten turvelajien keskimääräiset raakatuhkapitoisuudet.

Turvelaji	Raakatuhkaa %	Turvelaji	Raakatuhkaa %
Rahkaturve	3.7	Eutr. rahkasaraturve	9.7
Sararahkaturve	7.8	Saraturve	8.8
Rahkasaraturve	8.1	Ruskosammalsaraturve	10.1

Rautiaisen (1952) mukaan ovat puunjäännöksiä sisältävien luonnontilaisten turpeitten keskimääräiset raakatuhkapitoisuudet seuraavat:

Turvelaji	Raakatuhkaa %	Turvelaji	Raakatuhkaa %
LSt	6.1	LCt	10.2
SLt	5.7	CLt	10.2

Aikaisemmille tutkimuksille yhteisenä piirteenä voidaan pitää rahkaturpeitten kaikkein alhaisinta tuhkapitoisuutta, joka kasvaa *Sphagnumien* jäännösten suhteellisen osuuden pienentyessä. Vaikka mm. sara- ja ruskosammalsaraturpeet sisältävätkin varsin runsaasti raakatuhkaa, ei mitään jyrkkää rajaa voida vetää eri turvelajien välille. Tavallisesti kuitenkin eutrofiset turpeet sisältävät runsaimmin raakatuhkaa. Turpeitten kasvinjäännöskoostumuksen ja niiden raakatuhkapitoisuuden välillä ei yleensä ole korrelaatiota muissa turvelajeissa kuin rahkaturpeessa (vrt. mm. Kivinen 1933).

Vaikka sekundäärisen tuhkan osuus turpeitten raakatuhkan kokonaismäärästä näyttää olevankin varsin olennainen etenkin ohutturpeisissa soissa, vaikuttaa useimmissa tapauksissa ratkaisevasti asiaan turvetta muodostavien kasvilajien oma primäärinen tuhka. Kun ojituksen jälkeen tulvavesien ja yleensä myös valuvien vesien mukanaan tuoman sekundäärisen mineraaliaineksen määrä vähenee tai loppuu kokonaan, täytyy kuivatuksen jälkeen syntyneessä turpeessa primäärisen raakatuhkan suhteellisen osuuden kasvaa.

Tietoja eri suokasvien tuhkan määrästä tavataan jo Wiegmannin (1837) tutkimuksessa. Suokasvien kemiallisen koostumuksen suhdetta syntyvään turpeeseen ovat tarkemmin tutkineet Zailer ja Wilk (1907), meillä varsinaisesti kuitenkin Kivinen (1933), jonka tutkimusten mukaan eri lajien tuhkapitoisuuksissa on varsin huomattavia eroja. Hän mainitsee (1933, s. 69—70) keskimääräisinä arvoina eri turvelajien turpeen muodostajien tuhkapitoisuudesta seuraavat kotimaiset keskiarvot:

Rahkaturpeen muodostajien tuhkapitoisuus keskimäärin:

Sphagnum fuscum	2.48 %	*Eriophorum vaginatum.*	2.02 %
» *papillosum*	3.90 »	*Scirpus caespitosus*	2.87 »

Saraturpeen muodostajien tuhkapitoisuus keskimäärin:

Carex rostrata	7.93 %	*Carex chordorrhiza*	6.13 %
» *filiformis*	5.42 »	*Eriophorum polystachyum*	4.65 »
» *limosa*	6.99 »	*Menyanthes trifoliata*	6.68 »

Ruskosammalsaraturpeen muodostajien tuhkapitoisuus keskimäärin:

Drepanocladus intermedius .	12.94 %	*Orchis incarnatus*	6.53 %
Paludella squarrosa	7.50 »	*Saxifraga hirculus*	7.55 »
Eriophorum latifolium	4.80 »	*Menyanthes trifoliata* ...	6.68 »
» *flava*	4.49 »	*Equisetum fluviatile*	14.73 »
» *teretiuscula*	7.37 »		

Eutrofisen rahkasaraturpeen muodostajien tuhkapitoisuus keskimäärin:

Sphagnum Warnstorfianum 5.4 % *Carex-ja korkeammat lajit* (kts. edeltä)

Kuivatuksen jälkeen metsittyneillä soilla on myös puiden karikkeilla merkittävä osuus turpeen muodostajana. Jo vanhastaan tiedetään, että puuaineksen tuhkapitoisuus on varsin alhainen. Ebermayerin (1876, s. 92—93) mukaan vaihtelee männyn juurien ja runkopuun tuhkapitoisuus 0.42—0.47 %, kun taas kuolleissa oksissa se on 1.19 %. Kuusen runkopuussa ovat vaihtelut 0.17—0.32 % ja oksissa kuorineen 0.97—1.87 %. Koivussa on runkopuun tuhkapitoisuus 0.40 % ja kuorettomien oksien 0.84 % ja niiden kuoren 5.38 %. Aaltosen (1950, s. 9) mukaan on männyn vihreitten neulasten tuhkapitoisuus 2.25 % ja kuusen 2.84 sekä koivun lehtien 3.95 %. Edellisen perusteella voidaan todeta, että puiden karikkeiden tuhkapitoisuus on ainakin osittain jopa melkoisesti pienempi kuin useimpien muiden turpeenmuodostajien.

Turvelajien raakatuhkapitoisuus

Edellä esitetyt tiedot turpeitten tuhkapitoisuuksista ovat peräisin ojittamattomilta soilta. Taulukossa 11 on esitetty metsäojitettujen soitten rahka-, sara- ja ruskosammalsaraturpeitten raakatuhkapitoisuuksien vaihtelut ja niiden perusteella suoritettu eri syvyyksistä otettujen näytteiden jako raakatuhkapitoisuusluokkiin.

Taul. 11. Eri syvyyksistä otettujen turpeitten jakaantuminen raakatuhkapitoisuusluokkiin.

Tab. 11. Die Verteilung der aus verschiedenen Tiefen entnommenen Torfe auf die Rohaschegehaltklassen.

R-tuhka %	St (142)			Ct (119)			BCt (32)	
	10—20 cm	30—40 cm	50—60 cm	10—20 cm	30—40 cm	50—60 cm	10—20 cm	30—40 cm
	%							
<3 ..	49.3	74.4	65.6	—	12.5	31.0	—	—
3—6 ..	39.4	23.0	21.9	28.6	33.3	27.6	62.1	100.0
6—10..	8.5	2.6	12.5	52.4	20.9	6.9	34.5	—
>10..	2.8	—	—	19.0	33.3	34.5	3.4	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Koska taulukon laadintaan käytetty aineisto on kasvinjäännöskoostumuksensa puolesta rinnastettavissa ojittamattomiin soihin, on helposti ymmärrettävissä se samankaltaisuus, joka on havaittavissa näiden kesken. Rahkaturvetta muodostavien lajien alhaisen tuhkapitoisuuden takia on tämä turvelaji kaikkein tuhkaköyhin, kuten aikaisemmatkin tutkijat ovat todenneet (vrt. s. 32). Lisäksi on pinnassa runsaammin tuhkaa kuin 30—40 cm:n syvyydessä niin kuin jo W a r é n (1924) osoitti. Saraturpeet sisältävät tuhkaa runsaammin kuin rahkaturpeet, mikä lähinnä johtuu ojitusta edeltäneitten ja kuivatuksen jälkeen lisääntyneitten korkeampien kasvien runsaammasta tuhkapitoisuudesta. Saraturpeissakin on pintakerros aina 30—40 cm:n syvyyteen tuhkarikkainta (vrt. W a r é n 1924). Rahkaturpeita lukuun ottamatta ei turvelajeilla ja niiden raakatuhkapitoisuuksilla näytä olevan yksityisissä tapauksissa selvää korrelaatiota (vrt. s. 32). Niin kauan kuin turpeitten kasvinjäännöskoostumus säilyy kuivatuksen jälkeen suurin piirtein muuttumattomana, ei raakatuhkapitoisuuksissakaan ilmene sanottavia eroja verrattuna ojittamattomien soitten turpeisiin. Ojitettujen soitten metsittymisen seurauksena muuttuu kuitenkin pintakerroksen kasvinjäännöskoostumus kasvillisuuden osittaisen muutoksen seurauksena. Eräs olennaisimmista tekijöistä on puiden lisääntyvä karikemäärä, joka vaikuttaa soille syntyvään pintaturpeeseen. Taulukossa 12 on esitetty alle 20 %, 20—50 %, 50—80 % ja yli 80 % puunjäännöksiä sisältävien »rahka- ja saraturpeitten» (187 näytettä) jakaantuminen eri raakatuhkapitoisuusluokkiin.

Taul. 12. Puunjäännösmääriltään erilaisten rahka- ja saraturpeitten jakaantuminen raakatuhkapitoisuusluokkiin.

Tab. 12. Die Verteilung der Sphagnum- und Seggentorfe verschiedener Holzrestmenge auf die Rohaschegehaltklassen.

Puunjäännöksiä %	Raakatuhka %								
	St (72)			Yht. %	Ct (115)				Yht. %
	< 3	3—6	6—10		< 3	3—6	6—10	> 10	
	%				%				
<20.	69.0	28.6	2.4	100.0	—	27.3	54.5	18.2	100.0
20—50.	14.3	64.3	21.4	100.0	3.2	35.5	41.9	19.4	100.0
50—80.	9.1	81.8	9.1	100.0	—	56.3	34.3	9.4	100.0
>80.	16.7	16.7	66.6	100.0	20.0	50.0	20.0	10.0	100.0

Taulukon 12 perusteella voidaan havaita rahkaturpeitten suhteellisen puunjäännösmäärän kasvun vastaavan nousevaa raakatuhkapitoisuutta, joka ei kuitenkaan ole ollut tutkitussa aineistossa yli 10 %. Koska karikkeiden tuhkapitoisuus on usein varsinaisesti rahkaturvetta muodostavien

kasvilajien tuhkapitoisuutta korkeampi, ja kun puista tullut aines on helpommin maatuvaa kuin alkuperäinen turve (vrt. Mikola 1952), niin on ymmärrettävissä uuden aineksen korkeampi tuhkapitoisuus. Saraturpeissa nousevia puunjäännösmääriä vastaa sitä vastoin laskeva tuhkapitoisuus. Koska karikesadon tuhkapitoisuus on osittain saraturvetta muodostavien lajien pitoisuutta alhaisempi (vrt. s. 33), on pitoisuuden alaneminen täysin ymmärrettävää. Yksityisissä tapauksissa ei korrelaatio ole kuitenkaan aina selvä sen paremmin rahka- kuin saraturpeissakaan, joka johtunee lähinnä puuaineksen maatumisasteesta, osittain mahdollisesti myös sekundäärisen raakatuhkan osuudesta. Puunjäännöksiä sisältävien ruskosammalsaraturvenäytteiden lukumäärä on niin pieni, ettei mahdollinen muuttumissuunta niistä varmuudella ilmene, varsinkin kun tällaiset suot ovat suhteellisen hiljattain ojitettuja, eivätkä ole vielä edes kaikki ehtineet metsittyäkään.

Myös turpeitten maatuneisuus vaikuttaa osaltaan niitten tuhkapitoisuuteen. Mikäli vertaillaan ojitettujen soitten samasta syvyydestä otettuja näytteitä keskenään, havaitaan rahka- ja saraturpeissa maatumisasteen nousua vastaavan raakatuhkapitoisuuden nousun (vrt. mm. Kotilainen 1928, Kivinen 1933, Isotalo 1952). Eri syvyyksistä otettujen turpeitten maatumisasteitten mukainen raakatuhkapitoisuuksien vertailu ei kuitenkaan anna em. tulosta, koska ojitettujen soitten pintakerroksen raakatuhkapitoisuus on yleensä siksi korkea, ettei syvempää otettujen näytteiden vastaavasti täydellisempi maatuneisuuskaan voi aiheuttaa niin suurta pitoisuuden nousua, että pintakerroksen vastaavat arvot saavutettaisiin (vrt. Warén 1924).

Turpeitten ravinne- ja raakatuhkapitoisuuksilla näyttää eräissä tapauksissa olevan jonkinlainen korrelaatio. Turpeitten (756 näytettä) raakatuhkapitoisuuksien vaihtelut ja niiden perusteella suoritettu jako eri typpipitoisuusluokkiin on esitetty taulukossa 13.

Taul. 13. Raakatuhkapitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen N-pitoisuusluokkiin.

Tab. 13. Die Verteilung der Torfe verschiedener Rohaschegehalte auf die N-Gehaltklassen.

N-%	Raakatuhka %						
	< 3	3—6	6—10	10—20	20—30	30—40	> 40
	%						
<1.0	29.4	1.6	—	—	10.7	—	31.8
1.0—1.5	43.5	23.5	10.7	22.6	10.7	11.8	45.5
1.5—2.0	19.4	43.6	32.7	46.8	46.4	49.1	22.7
2.0—2.5	5.3	26.1	38.6	22.6	28.6	33.3	—
>2.5	2.4	5.2	18.0	8.0	3.6	5.8	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Taulukosta voidaan havaita alle 3 % raakatuhkaa sisältävien turpeitten sisältävän niukasti typpeä, mikä johtuu suureksi osaksi tähän ryhmään kuuluvien rahkaturpeitten typen niukkuudesta. Tämän ryhmän hieman runsaammin typpeä sisältävät turpeet ovat puunjäännöksiä sisältäviä saraturpeita, joiden runsaampi typpimäärä aiheutuu sarojen suhteellisen korkeasta typpipitoisuudesta. Sellaiset turpeet, joissa sekundäärisen raakatuhkan osuus nousee niin suureksi, että kokonaistuhkapitoisuus ylittää 40 %, ovat samoin varsin typpiköyhiä. Koska typpipitoisuus on laskettu kuivapainosta eikä orgaanisen aineksen määrästä, on tulos sinänsä harhaan johtava, eikä sen suinkaan tarvitse merkitä tällaisten turpeitten typen kokonaismäärän vähyyttä.

Jos vertaillaan turpeitten CaO-pitoisuuksien suhdetta niiden raakatuhkapitoisuuteen, havaitaan alle 3 % raakatuhkaa sisältävien turpeitten CaO-määrän olevan kaikkein alhaisimman. Tämä johtuu kyseiseen ryhmään kuuluvien rahkaturpeitten alhaisista CaO-pitoisuuksista. Mikäli raakatuhkan alkuperä jätetään ottamatta huomioon, ei tuhka- ja CaO-pitoisuuksien välillä ole muunlaista korrelaatiota. Sitä vastoin yksityisissä tapauksissa saattaa esim. sekundäärisen raakatuhkan laatu vaikuttaa CaO-pitoisuuteen (vrt. mm. Hjertstedt 1932, 1936).

MgO-pitoisuuksien vaihtelut, kuitenkin tietenkin suhteellisen ahtaissa vaihtelurajoissa, ovat turpeissa erittäin suuret (vrt. taul. 22). Sama ilmiö on selvästi havaittavissa eri raakatuhkapitoisuusluokissakin. Yli 40 % raakatuhkaa sisältävissä turpeissa MgO-pitoisuus on kaikissa yli 0.12 %, joka tietenkin on peräisin sekundäärisen raakatuhkan mineraaliaineksista. Koska suurin osa tutkimusaineistosta (419 näytettä) on alueilta, joiden kallioperässä ei ole paljoa emäksisiä aineksia, on ymmärrettävissä, että n. 64 % näytteistä sisältää MgO:a alle em. määrän. Korrelaatio raakatuhka- ja MgO-pitoisuuksien välillä on yleensä yksityisissä tapauksissa varsin löyhä sekundäärisen tuhkan laadusta ja osuudesta johtuen, koska eri turvelajien primäärisen tuhkan MgO-pitoisuuksien suhteellisen pienillä eroilla ei käytännössä näytä olevan sanottavaa merkitystä.

Kuten edellä on mainittu, ovat alle 3 % raakatuhkaa sisältävät turpeet rahkaturpeita tai runsaasti puunjäännöksiä sisältäviä saraturpeita. Tällaisten turpeitten P_2O_5-pitoisuus on yleensä kaikkein alhaisin (vrt. mm. Kivinen 1933, s. 47 ja 82). Turpeitten raakatuhka- ja P_2O_5-pitoisuudella ei olekaan korrelaatiota em. poikkeusta lukuun ottamatta.

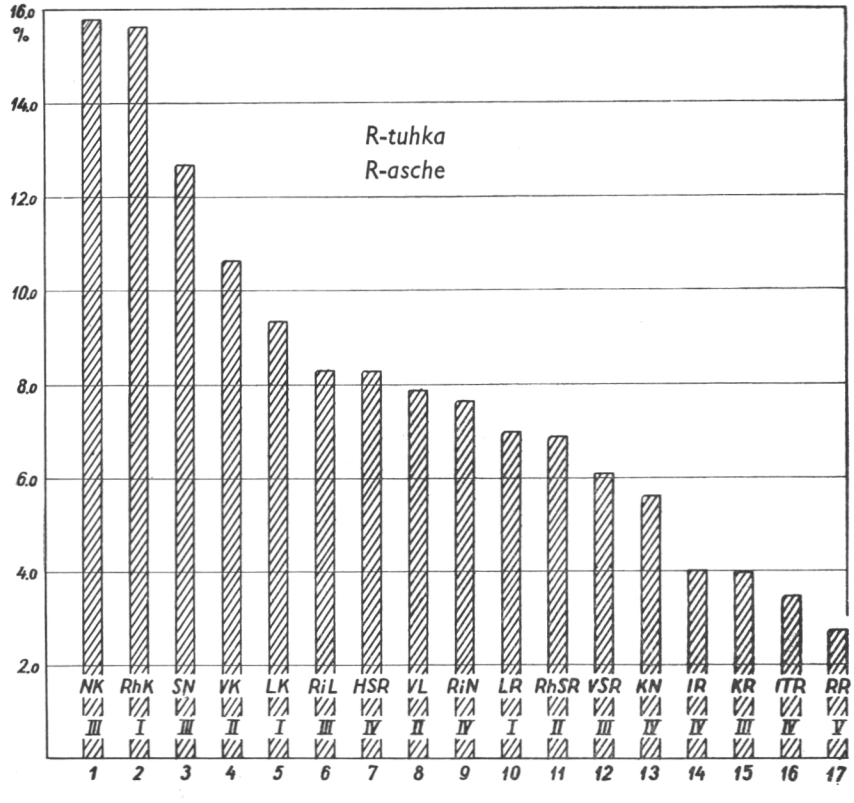
Alle 10 % raakatuhkaa sisältävissä turpeissa ei kali- ja raakatuhkapitoisuuksilla ole selvää riippuvaisuussuhdetta. Jos raakatuhkapitoisuus on sitä vastoin suurempi, nousevia arvoja vastaa keskimäärin nouseva kalipitoisuus. Yli 40 % raakatuhkaa sisältävissä näytteissä on K_2O-pitoisuus kaikissa yli 0.03 %, eräissä jopa yli kymmenenkin kertaa suurempi. Ainoastaan sekundäärinen raakatuhka saattaa aiheuttaa näin korkeita kalipitoisuuksia.

Tutkitun aineiston (495 näytettä) muissa raakatuhkapitoisuusluokissa, paitsi yli 40% sisältävässä, vaihtelevat K_2O-pitoisuudet siinä määrin, ettei korrelaatiota varsinaisesti ole.

Suotyyppien kasvualustan raakatuhkapitoisuus

Ojitusta edeltäneen ajan kuluessa on soille saattanut tulla tulvavesien, valuvien vesien, tuulien ja sateitten mukana, kuten edellä jo mainittiin, varsin erilaisia määriä sekundääristä raakatuhkaa. Tämä yhdessä primäärisen tuhkan kanssa voi aiheuttaa pintakerroksen raakatuhkapitoisuuksissa varsin suuria eroja etenkin suoyhdistymien, mutta vieläpä samankin suotyypin puitteissa.

Kuvassa 5 on esitetty tutkitut suotyypit keskimääräisen raakatuhkapitoisuuden mukaisessa järjestyksessä. Alkupään tässä muodostavat odotetusti eräät korvet ja loppupään hyvyysluokiltaan heikoimmat nevat ja



Kuva 5. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset raakatuhkapitoisuudet.
Abb. 5. Die durchschnittlichen Rohaschegehalte des Nährbodens der Moortypen.

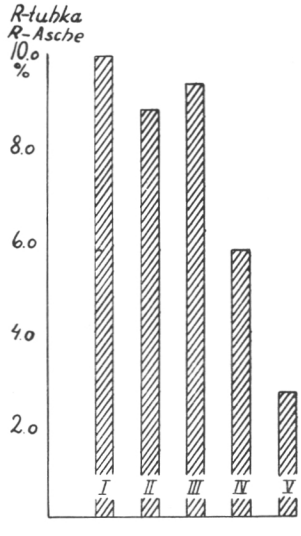
rämeet. Huonohkot sararämeet ovat luokittelussa joutuneet todennäköisesti tavallista runsaamman sekundäärisen tuhkan määrän takia varsin edulliseen asemaan. Lettomaisten soitten sekundäärisen raakatuhkan määrät eivät useinkaan ole yhtä korkeita kuin korvista otetuissa näytteissä, joten niiden tuhkapitoisuus paremminkin osoittaa primäärisen tuhkan osuutta ja tällä tavoin paremmuutta muihin niukemmin raakatuhkaa sisältäviin soihin verraten.

Tutkitussa aineistossa eivät IV:n ja V:n hyvyysluokan suot ole yhtä poikkeusta lukuun ottamatta sisältäneet raakatuhkaa yli 21 %, josta pääosa lienee jo sekundääristä alkuperää. Edellistä korkeammat sekundäärisen tuhkan aiheuttamat raakatuhkapitoisuudet eivät sitä vastoin ole harvinaisuuksia varsinkaan eri korpityyppien ja poikkeustapauksissa eräiden muidenkin I:n ja II:n hyvyysluokan soitten joukossa. Alhaisimmat raakatuhkapitoisuudet on todettu huonoimpien suotyyppien turvealustoissa. Eräissä rahkarämeissä, isovarpuisissa rämeissä, tupasvillarämeissä ja kalvakkanevoissa raakatuhkapitoisuus on alle 2 %, jopa Isonkyrön Tervanevassa niinkin alhainen kuin 0.87 %. Useissa tapauksissa ei suotyypin turvealustan ja sen raakatuhkapitoisuuden välillä voi löytää korrelaatiota.

Kuvassa 5 on kunkin suotyypin nimilyhennyksen alle lisäksi merkitty metsäojitusarvoon perustuva hyvyysluokka ja tuhkapitoisuuden mukainen järjestysnumero. Jos vertailemme em. luokitteluja keskenään, huomaamme eräitten korpityyppien turvealustojen olevan raakatuhkapitoisempia kuin niiden metsäojitusarvon mukainen hyvyysluokka edellyttää. Koska monia korpityyppejä edustavat suot sisältävät runsaasti raakatuhkaa, ovat lettomaiset suot niukemmin sekundääristä raakatuhkaa sisältävinä joutuneet jaoittelun keskivaiheille. Rimpilettojen ja -nevojen metsittymisvaikeuksien takia on niiden metsäojitusarvo alhaisempi, mitä turvealustan raakatuhkapitoisuus ehkä edellyttäisi.

Metsäojitushyvyysluokilla ja niihin kuuluvien suotyyppien turvealustan keskimääräisillä raakatuhkapitoisuuksilla ei voi odottaa olevan suoranaista korrelaatiota, koska sitä ei ollut edes yksityisten suotyyppien turpeitten raakatuhkapitoisuuden ja niiden metsäojitusarvon välillä.

Kuvasta 6 näkyy havainnollisesti, että eri metsäojitushyvyysluokkiin kuuluvien suotyyppien turpeitten keskimääräisten raakatuhkapitoisuuksien keskiarvot laskevat hyvyysluokan pienentyessä. Vaikka tämä korrelaatio todellisuudessa



Kuva 6. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset raakatuhkapitoisuudet.

Abb. 6. Die durchschnittlichen Rohaschegehalte der Waldentwässerungs-Güteklassen.

onkin perin höllä, voidaan kaikesta huolimatta todeta, että parhaisiin metsäojitushyvyysluokkiin kuuluvien soitten kasvualustan raakatuhkapitoisuus on varsin usein korkeampi kuin sellaisten soitten, jotka kuuluvat huonoimpiin hyvyysluokkiin.

Ojittamattomien ja ojitettujen soitten raakatuhkapitoisuuksien vertailu osoittaa, että molempien sekundäärisen raakatuhkan määrissä esiintyvät vaihtelut eivät useinkaan noudata varsinaisesti mitään säännönmukaisuutta. Tällaista vertailua käyttäen päästäisiin parhaisiin tuloksiin sellaisilla soilla, joiden sekundäärinen aines on tullut ilman välityksellä mm. tuulien tai sateiden mukana.

Ojituksen jälkeen tapahtuvia raakatuhkapitoisuuksien muutoksia voidaan parhaiten tarkkailla seuraamalla yksityisten koealojen jatkuvaa kehitystä. Seuraavassa esitetyt havainnot ovat peräisin 78:lta koealalta, joista eräitten pintakerroksen (10—20 cm) turvetta on tutkittu 25, toisten 10 viimeisen vuoden aikana. Ojitusten nykyinen ikä on vaihdellut vastaavasti 15—45 vuoteen. Koska ojituksen vaikutus raakatuhkapitoisuuteen on erittäin monista seikoista johtuva, ei pelkkä arvojen vertailu anna läheskään aina riittävää kokonaiskuvaa, vaan on sen saamiseksi varsin usein syvennyttävä kunkin yksityistapauksen luonteeseen.

Seuraavassa ymmärretään suhteellisen ohutturpeisilla soilla sellaisia, joidenka 10—20 cm:n syvyydessä olevassa kerroksessa ei ole ennen ojitusta varsinaista mineraalimaata, vaikkakin se ulottuu lähelle em. kerrosta. Osassa näitä soita tapahtuu kuivatuksen jälkeisen maatumisen ja painumisen johdosta turvekerroksen ohenemista siinä määrin, että 10—20 cm:n syvyydessä olevassa kerroksessa on jo varsinaista mineraalimaata. Tämä nostaakin usein huomattavasti raakatuhkapitoisuutta, jolla ei tarvitse olla mitään tekemistä turpeen raakatuhkapitoisuuden kanssa. Toisissa pitoisuuden muutos rajoittuu mm. maatumisen nopeudesta riippuvaan tuhkapitoisuuden kasvuun. Oman ryhmänsä muodostavat sellaiset suot, joiden pintakasvillisuus muuttuu siinä määrin, että se aiheuttaa selviä muutoksia turpeen kasvinjäännöskoostumuksessa. Ehkä selvimmin näkyy runsaan karikesadon vaikutus tuhkapitoisuuden alentajana mm. eräissä saraturpeissa. Useimmissa tämän ryhmän soista vaikuttavat kaikki em. tekijät, joiden erottaminen varsinkin rajatapauksissa on perin vaikeaa.

Paksuturpeisissa soissa pintakerroksen tuhkapitoisuus kasvaa tavallisesti ojituksen jälkeen mm. maatumisen takia. Myöhemmät muutokset ovat kuitenkin olennaisesti riippuvaisia pintakasvillisuuden kehityksestä, joka ajan kuluessa antaa selvän leimansa kasvinjäännöskoostumukseen. Selvimpänä muutoksen aiheuttajana näyttää olevan metsittymisen jälkeen tapahtuva puumaisten jäännösten lisääntyminen. Muuttuminen on lisäksi riippuvainen alkuperäisestä turvelajista (vrt. s. 17).

Rahkaturpeisissa soissa saattavat raakatuhkapitoisuudet myöhemmän kehityksen kuluessa muuttua väliin nousevaan väliin laskevaan suuntaan eikä suon kehityksessä silti voida todeta siihen mitään näkyviä syitä. Tällaisten soitten raakatuhkapitoisuuden ja sen muuttumisen suuruusluokan valaisemiseksi mainittakoon muutamia esimerkkejä. Näistä Vilppulan ja Vesijaon koealat ovat puita kasvavia, kun taas muut ovat käytännöllisesti katsoen puuttomia. Noin 20 vuotta ojituksen jälkeen oli Vilppulan Jaakkoinsuon viiden rahkaturvetta sisältävän koealan raakatuhkapitoisuuden keskiarvo v. 1928 3.1 % ja v. 1941 2.4 %. Vesijaon viiden suurin piirtein samanikäisen koealan keskiarvo oli v. 1941 3.9 % ja v. 1952 4.1 %. Lähes 80 vuotta ojitettuna olleiden Rautavaaran Luostansuon neljän koealan vastaava keskiarvo oli 4.4 % ja Isonkyrön Tervanevan kahden koealan 1.4 %. Yleispiirteenä voidaan todeta, etteivät puuston aiheuttamat kasvualustan kasvinjäännöskoostumuksen muutokset yleensä aiheuta raakatuhkapitoisuudessa mitään selviä muutoksia. Rahkasammalten ja puitten jäännökset karikkeiden ohella näyttävät turpeen raakatuhkapitoisuuteen vaikuttavina tekijöinä olevan niin saman arvoisia, että jo ulkoiset olosuhteet voivat yksityisissä tapauksissa aiheuttaa pitoisuuden muutoksia. Erittäin voimakkaan metsittymisen seurauksena on kuitenkin usein raakatuhkapitoisuuden lisääntyminen.

Saraturvetta sisältävien 21:n eri puolilla Suomea sijaitsevan koealan keskimääräinen raakatuhkapitoisuus oli 12—15 vuotta ojituksen jälkeen 10—20 cm:n syvyydessä 5.6 % ja 5 vuotta myöhemmin 6.0 %. Yksityisissä tapauksissa on muuttuminen ollut suurin piirtein yhtä yleistä kumpaankin suuntaan ja näyttää sen määräävän pääasiallisesti puuston määrä. Ojituksen jälkeinen raakatuhkapitoisuus kasvaa pintaturpeessa yleensä niin kauan kuin karikkeiden suhteellinen osuus on lisääntynyt riittävästi voidakseen niukasti tuhkaa sisältävien puumaisten jäännösten määrällä alentaa varsinaisten saraturpeitten raakatuhkapitoisuutta (vrt. s. 36). Noin 20 vuotta ojituksen jälkeen oli Vilppulan Jaakkoinsuon 9:n saraturvetta sisältävän koealan keskimääräinen tuhkapitoisuus vuonna 1928 7.7 % (vaihtelu 4.0—12.8 %). Tämän jälkeen tapahtunut voimakas puuston kehitys on lisännyt huomattavasti puumaisten jäännösten määrää, jonka seurauksena on ollut vuoteen 1952 mennessä raakatuhkapitoisuuden aleneminen 5.1 %:ksi (vaihtelu 2.0—7.3 %). Keskimääräiset arvot olivat vuosina 1936 ja 1941 edellisten väliltä. Yleispiirteenä voidaankin todeta saraturpeissa tapahtuvan ojituksen jälkeen ensin raakatuhkapitoisuuden nousua, joka muuttuu kuitenkin karikesadon lisääntymisen vuoksi alenevaksi.

Määrältään vähäisissä ruskosammalsaraturpeissa on tapahtunut raakatuhkapitoisuuden nousua ainakin sinä suhteellisen lyhyenä (n. 20 vuotta) ajanjaksona, jonka tutkimus käsittää. Tämä voi aiheutua soitten vielä heikosta puuston kehityksestä taikka toisaalta turvelajin muita suurem-

masta maatumisnopeudesta, joka tehokkuudellaan pystyy voittamaan puumaisten jäännösten lisääntymisestä johtuvan tuhkapitoisuuden alenemisen.

Kaikki maamme metsäojitetut suot ovat melko lyhyen ojitusikänsä vuoksi vielä kehityksen alaisia, joten mahdollista tasapainotilaa ei todennäköisesti ole saavutettu. Alun perin keskimääräiseltä tuhkapitoisuudeltaan rikkaimmat suot ovat ojituksenkin jälkeen yleensä säilyttäneet ainakin tutkittuna aikana runsaamman raakatuhkapitoisuutensa ja lisäksi varsinaisen ravinnepitoisuutensa.

Ravinteet

Turpeen sisältämien ravinteiden aikaisemmista tutkimuksista

Vaikka turpeitten raakatuhkan runsaus usein viittaa samalla varsinaisten ravinteidenkin runsauteen, ei sen kuitenkaan aina tarvitse näin tehdä. Kuten edellä on selostettu, on yksityisten ravinteiden ja raakatuhkapitoisuuden välinen korrelaatio sangen usein löyhä.

Turpeitten kemiallisen koostumuksen aikaisemmista tutkimuksista selostetaan tässä yhteydessä ainoastaan suuntaa antaneita ulkomaisia sekä tämän tutkimuksen kannalta merkittäviä kotimaisia alan saavutuksia.

Turpeitten kemiallisen koostumuksen kaikkein varhaisimmissa tutkimuksissa ei yleensä kiinnitetty huomiota niiden kasvinjäännöskoostumukseen. Tämän vuoksi näyttivät kemialliset ominaisuudet vaihtelevan säännöttömästi. Eräs kriitillisessä mielessä vanhimmista tutkimuksista on Wiegmannin (1837) julkaisema. Siinä esitetään tuloksia turpeitten ja niitä muodostavien kasvilajien kemiallisista ominaisuuksista. Samalla hän on todennut turvetta muodostavien lajien kemiallisten ominaisuuksien vaikuttavan suoranaisesti niistä muodostuneisiin turpeisiin.

Turvetutkimuksen kehittyessä edelleen alettiin kiinnittää yhä enemmän huomiota mainittuun seikkaan ja jaoiteltiin turpeet eri turvelajeihin, jotka oli saatu niitä pääasiallisesti muodostavien kasvilajien perusteella (vrt. mm. Zailer ja Wilk 1907, Gully 1909, Zailer 1910, Warén 1924, Kotilainen 1928, Kivinen 1933 ym.).

Tacke (1904) osoittaa kalkkipitoisuuden olevan rahkaturpeissa yleensä huomattavasti pienemmän kuin mutasuoturpeissa. Lisäksi sisältävät rahkaturpeet yleensäkin vähemmän ravinteita kuin sellaiset turvemuodostumat, jotka syntyäkseen vaativat ravinnerikasta vettä. Zailer ja Wilk (1907) ovat turpeitten kalkkipitoisuuksissa todenneet samanlaisia eroja kuin Tackekin. Turvetta muodostavien kasvilajien typpipitoisuuden lisäksi vaikuttaa turpeen typpipitoisuuteen sen maatumisaste, jonka lisääntyessä yleensä suurenee myös typpipitoisuus. Mutasuoturve sisältää tavallisesti fosforia runsaammin kuin rahkaturve. Turpeitten kalipitoisuuksissa ei sitä vastoin ole suuria eroja. Zailerin (1910, s. 146) suorittamista tutkimuksista käy ilmi, että mutasoiden pintakerroksessa (0—20 cm)

on K_2O, P_2O_5 ja CaO runsaammin kuin syvemmällä (20—40 cm) olevissa kerroksissa. Sama ilmiö on havaittavissa myös rahkasoissa K_2O:n ja P_2O_5:n suhteen. Saman tutkimuksen (s. 133) mukaan sisältävät erään kohosuon kaikki turvekerrokset niukasti CaO (0.11—0.58 %) ja sen määrä kohoaa alhaalta ylöspäin, paitsi aivan pintakerroksessa, jossa sitä on hyvin niukasti. Myöhemmin ovat Zailer ja Wilk (1911) todenneet tuhka- ja ravinnepitoisuuksien yleensä kasvavan maatumisen edistyessä, varsinkin CaO-pitoisuus on huomattavasti korkeampi selvästi maatuneissa kuin vähän maatuneissa turpeissa.

L. von Postin (1913) tutkimusten mukaan vaihtelevat varsinkin N- ja CaO-pitoisuudet turpeitten kasvinjäännöskoostumuksen mukaan. P_2O_5-pitoisuuksissa ei sitä vastoin ole esiintynyt suuriakaan eroja.

Melin (1917) on tutkinut metsäojitettuja etupäässä oligotrofisia soita. Yksipuolisen aineiston takia ei hän voinut todeta sellaisia eroja, joita oli havaittu Keski-Euroopan rahka- ja mutasuoturpeitten ravinnepitoisuuksissa.

Valmari (1921) on määrittänyt eri metsätyyppien kasvualustan ravinnepitoisuuksia. Analysoitujen maanäytteiden joukossa on myös turpeita. Hänen tutkimuksensa viittaavat siihen, etteivät maan kali- ja fosforipitoisuudet ole missään määrätyssä korrelaatiossa metsänkasvuun, joskin on huomattava, että hänen analyysiensä luku on verraten vaatimaton. Puuntuottokyky sitä vastoin kasvaa rinnan orgaanisen aineksen ja elektrolyyttipitoisuuden kasvun kanssa. Typen kokonaismäärä ei ole ratkaiseva jonkin alueen tuottokykyä määrättäessä, vaan se on riippuvainen liukenevan typen määristä. Ravinteeksi kelpaava typpi on seurauksena mikrobielämästä, jonka runsautta mm. pH-suhteet säännöstelevät. Maan reaktioon vaikuttaa toisaalta mm. sen CaO-määrä, josta tärkeimmän osan muodostaa helposti liukenevassa muodossa oleva. Yleensä kuitenkin runsas CaO-määrä ja edullinen reaktio edistävät typen mobilisaatiota. Koska Valmarin tutkimus ainoastaan osittain sivuaa turpeita, on tästä syystä ymmärrettävää, ettei hän kiinnittänyt huomiota siihen, mikä vaikutus turpeitten maatuneisuudella on niiden kemialliseen koostumukseen. Hänen käsitystään typen kokonaismäärän merkityksettömyydestä on vaikea ymmärtää, koska hän kuitenkin esittää ravinteeksi kelpaavan typen olevan seurauksena mikrobielämästä, johon käytetty typpi on nykyisen käsityksen mukaan suureksi osaksi peräisin maassa olevista yhdisteistä.

Warén (1924) on julkaisemansa aineiston, joka sekään ei ole suuri, perusteella selvittänyt meikäläisten turpeitten kemiallisia ominaisuuksia ja on todennut edellä esitettyjen tutkijoitten tapaan niiden lähinnä riippuvan turvetta muodostavista lajeista. Turpeitten typpipitoisuus yleensä kasvaa putkilokasvien jäännösten lisääntyessä ja *Sphagnum*-jäännösten vähetessä turvekoostumuksessa. Warénin profiilianalyysejä tarkasteltaessa kiin-

tyy huomio siihen, että samassakin turvelajissa on pintaturve runsasravinteisempaa kuin väliturve.

Brenner (1930) on julkaisunsa soita käsittelevässä osassa kosketellut pääasiallisesti eutrofisia soita. Hänen tutkimustensa mukaan ruskosammalsarasoitten kalkkipitoisuus ja typpipitoisuus ovat hieman korkeammat kuin *S. Warnstorfianum*-soitten. Lisäksi Brenner on havainnut eutrofisten soitten MgO-, K_2O-, Na_2O-, P_2O_5- ja SO_3-pitoisuuksien olevan suurin piirtein samanlaisia kuin muissakin soissa.

Kotilainen (1928) on mm. osoittanut, että turpeitten happamuuden ja N-pitoisuuden välillä on määrätty korrelaatio. Alhaisia pH-lukemia vastaa myös alhainen N-pitoisuus. Reaktioltaan edullisten turpeitten ei kuitenkaan aina tarvitse sisältää runsaasti typpeä, varsinkaan sellaisissa tapauksissa, joissa on runsaasti sekundääristä tuhkaa. Runsaasti kalsiumia sisältävät turpeet ovat reaktioltaan edullisia, mutta lievästi happamissa turpeissa ei kuitenkaan tarvitse aina olla runsaasti kalkkia.

Kivinen (1933) on julkaissut tutkimuksen suokasvien ja niiden kasvualustan ravinnesuhteista. Hän toteaa turpeitten typpipitoisuuden vaihtelevan varsin runsaasti. Rahkaturpeet sisältävät kuitenkin vähemmän typpeä kuin korkeampien kasvien ja ruskosammalien jäännöksistä syntyneet turpeet. Samoin turpeitten typpipitoisuus kasvaa maatumisasteen mukana.

Turpeitten kalkkipitoisuuskin vaihtelee Kivisen mukaan melko runsaasti. Suurin osa rahka-, sararahka-, rahkasara- ja saraturpeista sisältää CaO:a alle 1 %:n. Eutrofisissa turpeissa on kuitenkin yleensä enemmän kalkkia. Kalkkipitoisuus on runsain ruskosammalsaraturpeissa, mutta vaihtelut ovat niissä suhteellisesti suurimpia. Turpeitten kalkkipitoisuus on yleensä suurempi kuin niitä muodostavien kasvien. Kivisen käsityksen mukaan tämä johtunee vaikeasti liukenevien kalsiumhumaattien muodostumisesta.

Suokasvien fosforipitoisuuden on Kivinen todennut vastaavan suurin piirtein niiden vaateliaisuutta. Turpeitten fosforipitoisuuskin vaihtelee osaksi tästä johtuen melko runsaasti, vaikka useissa tapauksissa onkin havaittavissa korrelaatio fosforipitoisuuden ja kasvinjäännöskoostumuksen välillä. Yleensä turvetta muodostavat kasvit sisältävät runsaammin fosforia kuin niistä muodostunut turve, jonka fosforipitoisuudessa on havaittavissa alenemista maatumisasteen kasvaessa. Tämä osoittaa, että osa fosforihaposta esiintyy elävissä kasveissa suhteellisen helppoliukoisessa muodossa ja saattaa kasvien kuoltua huuhtoutua pois. Samassa yhteydessä Kivinen toteaa, että rahkaturpeitten fosforihappo on helpommin liukenevaa kuin ruskosammalien ja korkeampien kasvien jäännöksistä syntyneissä turpeissa. Suhteellisen runsaasta liukenevan fosforihapon määrästä huolimatta ovat rahkaturpeet yleensä P_2O_5-köyhimpiä, sara- ja ruskosammalsaraturpeet rikkaimpia ja muut turvalajit niiden väliltä.

Hjertstedt (1932 ja 1936) on käsitellyt Svenska Mosskulturföreningenin aineistoon (8 626 näytettä) perustuen Ruotsin soitten viljelyskelpoisuutta ym. (1936, s. 455—456). Maatumisasteen CaO- ja N-pitoisuuksien lisäksi on n. 25 %:sta näytteitä tutkittu lisäksi P_2O_5- ja K_2O-pitoisuus. Julkaisussaan hän jaoittelee Ruotsin suot niiden CaO- ja N-määrien mukaan eri luokkiin, joissa samalla otetaan huomioon soitten sijainti maassa.

CaO-määriltään alhaisia ovat sellaiset suot, jotka sisältävät kalkkia alle 4 000 kg/ha 0—20 cm:n kerroksessa, keskinkertaisia sellaiset, joissa määrä on 4 000—6 000 kg/ha ja runsaita sellaiset, joissa määrä on yli 6 000 kg/ha. CaO:a on Ruotsin soissa keskimäärin 7 300 kg/ha. Sellaiset suot, joissa määrä on yli 6 000 kg/ha, eivät hänen käsityksensä mukaan tarvitse kalkitusta. Näitä on 41 % kaikista Ruotsin soista, siis sangen huomattava luku, joka osoittaa kambrosiluurikerrostumien merkityksen soitten trofialle, 37 % soista on sellaisia, joissa määrä on alle 3 000 kg/ha. Lisäksi on selviä eroja CaO-määrissä lääneittäin. Norrbottenissa esim. on 97 % soista kalkin tarpeessa.

Hjertstedtin mukaan sellaiset suot, jotka sisältävät pintakerroksessaan (0—20 cm) typpeä alle 8 000 kg/ha, ovat typpilannoituksen tarpeessa. Tällaisia soita on Ruotsissa aineiston perusteella 42 %. Soitten keskimääräinen typpimäärä on 9 100 kg/ha. Jos vertaillaan Ruotsin eri läänien soita niiden typpimäärien mukaan, voidaan järjestyksen todeta olevan suurin piirtein samanlaisen kuin kalkkimäärienkin mukaisen. Hjertstedt toteaakin, että kalkkirikkaat suot ovat yleensä myös typpirikkaita; poikkeuksen tekevät kuitenkin Jämtlandin suot.

Selvää yhdenmukaisuutta on kuitenkin havaittavissa Hjertstedtin mukaan eri turvelajien ravinnepitoisuuksissa. Vaihtelut ovat kuitenkin varsin huomattavia samassakin turvelajissa eri piireissä. Edellisen ohella hän esittää eri turvelajien esiintymisen Ruotsissa ja samalla tiedot niiden maatumisasteesta.

Kaila (1948) on tutkinut viljelysmaittemme fosforitaloutta ja samalla osittain kosketellut turpeitten fosforipitoisuutta. Hän mainitsee (s. 42), että mm. *Sphagnum fuscum* sisältää 0.11 % P_2O_5:a, josta 96 % on orgaanisesti sidottuna. Yleensä on hänen tutkimustensa mukaan eri turvelajien kokonaisfosforista suurin osa orgaanisesti sidottuna määrän vaihdellessa 85—98 % (s. 51). Kailan suorittamien kokeiden mukaan orgaanisesti sidotun fosforin merkitys sellaisenaan ravinteena on hyvin pieni tai melkeinpä olematon. Lisäksi hän mainitsee, että turpeitten epäorgaanisesti sidottu fosfori on muiden maalajien vastaavaan muotoon verrattuna todennäköisesti vähemmän käyttökelpoista sekä kasveille että mikrobeille, koska siitä on 64—84 % nukleotoidi-fosforia (s. 51).

Vahtera (1951) esittää tietoja metsäojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista esillä olevan tutkimuksen osa-aineistoon perustuen.

Isotalo (1951) selostaa selluloosaa hajoittavien bakteerien toimintaa kohosoilla (vrt. s. 14). Myöhemmin (1952) hän on julkaissut tietoja rahkasoitten viljelyä ehkäisevistä tekijöistä ja ehdottaa keinoja tilanteen parantamiseksi. Käyttökelpoisten ravinnemäärien lisäämiseksi hän suosittelee mm. polttamista, jonka vaikutus on jo entuudestaan tunnettu.

Rautiainen (1952) esittää tietoja puunjäänteitä sisältävien turpeitten ravinnepitoisuuksista ja vertailee niitä vastaaviin puhtaisiin turvelajeihin (vrt. s. 33).

Mikola (1952) mainitsee ojitettujen soitten pintakerroksen muuttuvan laadultaan metsittymisen yhteydessä maahan tulevan uuden kasvinjäännösaineksen vuoksi. Helpommin maatuvana se saattaa edistää vanhankin turpeen maatumista täten lisäten käyttökelpoisten ravinteiden määrää. Suurin osa puiden käyttämistä ravinteista palaa maahan karikkeiden mukana. Terveessä metsämaassa saattavat samat ravinteet teoreettisesti kiertää maasta puuhun ja puusta maahan loputtomiin, joten pintakerroksen köyhtymistä ei varsinaisesti tarvitse tapahtua.

Typpi

Turvelajien typpipitoisuus

Aikaisempien tutkimustulosten mukaan turpeen typpipitoisuus osoittaa melkoisia vaihteluita. Yleensä voidaan sanoa, että rahkaturpeitten typpipitoisuus on pienin, mutta se kasvaa korkeampien kasvien ja ruskosammalien jäännösten lisääntyessä. Suokasvien typpipitoisuus on lisäksi alhaisempi kuin niistä muodostuneen turpeen (vrt. s. 50). Samoin nousee typpipitoisuus turpeen maatumisasteen kasvaessa (vrt. s. 43). Samankin turvelajin typpipitoisuudet saattavat vaihdella melkoisesti. Tämä johtuu turvetta muodostaneiden lajien suhteista ja lisäksi mm. suon mikrobielämän edellytyksistä.

Seuraavassa on esitetty eri turvelajien keskimääräiset kokonaistyppipitoisuudet, jotka K i v i n e n (1948, s. 119) on laskenut Suomessa aikaisemmin suoritettujen tutkimusten perusteella.

Turvelaji	N %	Turvelaji	N %
Rahkaturve	1.2	Eutr. rahkasaraturve ...	2.3
Sararahkaturve	1.8	Saraturve	2.3
Rahkasaraturve	2.1	Ruskosammalsaraturve .	2.2

R a u t i a i s e n (1952) mukaan ovat puunjäännöksiä sisältävien turpeitten typpipitoisuudet keskimäärin seuraavat:

Turvelaji	N %	Turvelaji	N %
LSt	1.8	LCt	2.2
SLt	1.7	CLt	2.2

Taulukossa 14 on esitetty omien rahka-, sara- ja ruskosammalsaraturvenäytteiden (250 näytettä) N-pitoisuuksien vaihtelut ja niiden perusteella suoritettu jako eri syvyyksissä typpipitoisuusluokkiin. Käytetty aineisto on eri ikäisiltä ojituksilta, jonka vuoksi se on jo tässäkin mielessä osittain epähomogeenista. Ojitetuissakin soissa rahkaturpeitten typpipitoisuus on pienin. Se kasvaa sarojen ja ruskosammalten jäännösten suhteellisen määrän noustessa samoin kuin maatumisasteenkin kasvaessa. Rahkasoissa ei

Taulukko 14. Turvenäytteiden jakaantuminen N-pitoisuusluokkiin eri syvyyksissä.

Tab. 14. Die Verteilung der Torfproben verschiedener Tiefe auf die N-Gehaltklassen.

Turve-laji	Syvyys cm	Typpipitoisuus %					Yht. %
		< 1.0	1.0—1.5	1.5—2.0	2.0—2.5	> 2.5	
		%					
	10—20	30.7	46.7	17.3	5.3	—	100.0
St (138)	30—40	22.5	50.0	27.5	—	—	100 0
	50—60	34.6	38.5	26.9	—	—	100.0
St Yht.		29.0	46.1	22.0	2.9	—	100.0
	10—20	—	11.6	15.4	46.1	26.9	100.0
Ct (81)	30—40	9.1	4.5	18.8	54.6	13.0	100.0
	50—60	6.7	13.3	43.4	23.3	13.3	100.0
Ct Yht.		5.1	10.3	26.9	39.7	18.0	100.0
BCt (31)	10—20	—	8.0	4.0	32.0	56.0	100.0
	30—40	—	—	—	66.7	33.3	100.0
BCt Yht.		—	6.5	3.2	38.7	51.6	100.0

taulukossa olevien eri syvyyksien typpipitoisuuksien välillä ole selviä eroja. Suuruusluokaltaan ovat arvot likimain samanlaisia kuin ojittamattomissakin soissa. Sara- ja ruskosammalsaraturpeissa on pinta aina 30—40 cm:n syvyyteen saakka typpirikkain. Varsinkin jälkimmäisessä turvelajissa on typpipitoisuus K i v i s e n (1948) esittämiä keskiarvoja korkeampi. CS- ja SC-turpeitten typpipitoisuus on rahka- ja saraturpeitten väliltä.

Taulukko 15 osoittaa puumaisten jäännösten vaikutuksen pintakerroksen (10—20 cm) »rahka- ja saraturpeitten» typpipitoisuuteen. Aineiston (200

Taul. 15. Puumaisten jäännösten vaikutus pintakerroksen S- ja C-turpeitten N-pitoisuuksiin.

Tab. 15. Die Wirkung holziger Überreste auf den N-Gehalt von S- und C-Torfen der Oberflächenschicht.

Turve-laji	Puu-maisten jäännösten %-määrä	Typpipitoisuus-%					Yht. %
		< 1.0	1.0—1.5	1.5—2.0	2.0—2.5	> 2.5	
		%					
	<20	35.1	59.5	5.4	—	—	100.0
	20—40	—	58.3	25.0	16.7	—	100.0
St (77)	40—60	—	66.7	33.3	—	—	100.0
	60—80	—	50.0	50.0	—	—	100.0
	>80	—	20.0	80.0	—	—	100.0
	<20	—	18.2	18.2	63.6	—	100.0
	20—40	—	12.5	66.7	14.5	6.3	100.0
Ct (123)	40—60	—	20.6	53.0	23.5	2.9	100.0
	60—80	—	35.3	47.1	17.6	—	100.0
	>80	—	26.6	66.7	6.7	—	100.0

näytettä) mukaan puhtaitten rahkaturpeitten typpipitoisuus on alhaisin ja kasvaa pitoisuus puumaisten jäännösten osuuden lisääntyessä. Puumainen aines sinänsä on varsin typpiköyhää, eikä se yksin saata aiheuttaa typpipitoisuuden kasvua. Karikkeiden mukana tuleva muu osa on kuitenkin niin typpirikasta (vrt. s. 55), että pitoisuuden nousu saattaa johtua jo pelkästään tästä syystä. Mikäli jäännöspitoisuus on yli 80 %, keskimääräinen typpipitoisuus on likipitäen sama kuin Rautiaisen (1952) SL-turpeitten vastaava arvo. Saraturpeissa vaihtelualue on laajempi, joten yksityisissä tapauksissa ei korrelaatio ole yhtä selvä. Yli 80 % puumaisia jäännöksiä sisältävät »rahka- ja saraturpeet» ovat typpipitoisuuksiltaan likimain saman veroisia. Niukasti typpeä sisältävien puumaisten jäännösten runsaus näyttääkin jonkin verran alentavan saraturpeen N-pitoisuutta.

Turpeissa olevien typpiyhdisteiden varsinaisesta luonteesta ollaan vielä eri mieltä. Yleisesti on todettu, että typpi on melkein kokonaisuudessaan orgaanisesti sidottua, jollaisena se on kasvien ravinteeksi suureksi osaksi sopimatonta. Vasta mikro-organismien vaikutuksesta se muuttuu kasveille käyttökelpoiseen muotoon. Muuttumisnopeus on kuitenkin riippuvainen hyvin monista tekijöistä, joista kokonaistypen suhteellinen määrä on eräs tärkeimmistä. Typpirikkaissa turpeissa osa typestä muuttuu verraten nopeasti ammoniakiksi, kun taas pienet määrät vastaavasti hidastavat tapahtumaa. Jos typpeä on yli 1.7 %, pystyvät mikrobit hajoittamaan valkuaisaineita siinä määrin, että osa typestä vapautuu ammoniakkina, jota kasvit voivat käyttää hyödykseen. Anaerobisessa maatumisessa ei N-pitoisuus ole yhtä ratkaiseva kuin aerobisissa olosuhteissa (Waksman 1931).

Heikosti maatuneissa (H_1—H_4) rahkaturpeissa on valkuaisaineen määrä 3.3—5.1 % ja se kasvaa maatumisasteen noustessa (H_8) 9.8 %:ksi (Isotalo 1951, s. 37). Kokonaistypen määrä on maatumattomassa ja maatuneessa turpeessa (H_1 ja H_8) 0.77 ja 1.72 % sekä veteen liukenevan 0.23 ja 0.16 % (Isotalo 1951, s. 37). Raa'an ja happamen rahkaturpeen pienestä kokonaistypen määrästä huolimatta on siinä veteen liukeneva osuus suhteellisen suuri. Tämä on pääasiallisesti ammoniakkina, joka imeytyy turpeeseen tai jonka kasvit voivat heti käyttää (Waksman 1931). Typpibakteerit sen sijaan eivät voi käyttää tätä ammoniakkia turpeitten suuren happamuuden vuoksi. Heikosti maatuneitten S-turpeitten hiilen ja typen suhde on yli 30 ja vielä H_6:ssa yli 20. Vasta vielä täydellisemmin maatuneissa suhde on laskenut alle 10 (Isotalo 1951, s. 37). Jos bakteereille käyttökelpoisen hiilen ja typen suhde on suurempi kuin 12, on se esteenä typpibakteerien muuttaessa ammoniakkia nitraateiksi (Clark ja Adams 1912). Rahkaturpeitten muittenkin ravinteiden suhteellisen pieni määrä tekee ne mikrobeille epäedulliseksi elinpaikaksi.

Saraturpeet ovat edellisiä edullisempia melkein kaikissa suhteissa. Niiden happamuus on yleensä lievempi, typen kokonaismäärä korkeampi ja hiilihydraatit helpommin hajaantuvia (mm. Kotilainen 1928, Kivinen 1933, Waksman 1936). Bakteereille käyttökelpoisen hiilen ja typen suhde on vähän maatuneessa turpeessa pienempi, esim. H_5:ssä 14.5, jolloin valkuaisaineita on 9.8 %. Mikrobien toiminnan seurauksena valkuaisainepitoisuus nousee 14.3 %:ksi, joka on huomattavasti suurempi kuin *Sphagnum*-turpeissa (Isotalo 1951, s. 37) Ravinnesuhteet ovat samoin yleensä paremmat kuin rahkaturpeissa. Saraturpeissa typen mobilisaation mahdollisuudet ovat huomattavasti paremmat kuin rahkaturpeissa. Rahkaturpeet hajaantuvat ojituksenkin jälkeen hitammin kuin muut turvalajit, mikä ilmiö on edellisen perusteella helposti ymmärrettävissä. Tämän vuoksi ei heikosti maatuneessa pintakerroksessa tapahdu sanottavaa typen rikastumista (Isotalo 1951, s. 37). Saraturpeitten pintakerros on aina 30—40 cm:n syvyyteen saakka N-pitoisuudeltaan kaikkein rikkainta, joten ojituksen typpipitoisuutta kohottava vaikutus näyttää ulottuvan pintakerrosta syvemmällekin. Ojittamattomissa soissa ainoastaan pintaturve on ravinnerikkaampaa kuin syvemmissä kerroksissa (vrt. mm. Waréen 1924). Metsäojitettujen soitten saraturpeen typpipitoisuus on keskimäärin hieman korkeampi kuin vastaava arvo ojittamattomissa soissa. Ruskosammalsaraturpeissa sama ilmiö näkyy vieläkin selvemmin.

Taulukossa 16 on esitetty 10—20 cm:n syvyydestä otettujen turpeitten (95 näytettä) jakaantuminen typpipitoisuusluokkiin maatumisasteittain, joista aina kaksi perättäistä on yhdistetty. Rahkaturpeisiin kuuluviksi on laskettu ainoastaan sellaiset, joiden S-tekijän ja Er-tekijän yhteenlaskettu summa on yli 80 %, minkä rajan yli taasen saraturpeissa nousee GrC-tekijän osuus. Lisäksi on pyritty siihen, ettei minkään muun yksityisen

Taul. 16. Pintakerroksen eri maatumisasteella olevien S- ja C-turpeitten jakaantuminen N-pitoisuusluokkiin.

Tab. 16. Die Verteilung der in der Oberflächenschicht vorkommenden S- und C-Torfe verschiedenen Humifizierungsgrades auf die N-Gehaltklassen.

Turvelaji	Maatumisaste	Typpi %					Yht. %
		< 1.0	1.0—1.5	1.5—2.0	2.0—2.5	> 2.5	
		%					
St (53)	1—2	80.0	20.0	—	—	—	100.0
	3—4	39.1	56.5	4.4	—	—	100.0
	5—6	—	81.5	18.5	—	—	100.0
Ct (42)	3—4	—	16.6	16.7	66.7	—	100.0
	5—6	—	5.3	21.0	73.7	—	100.0
	7—8	—	—	20.0	80.0	—	100.0

turvetekijän osuus ole yli 10 %. Em. edellytykset täyttävistä turpeista on jätetty pois näytteet rimpimäisiltä soilta. Edellä mainittujen turpeitten N-pitoisuus on yleensä runsaastikin yli 2.0 %. Tästä huolimatta eivät ne ole ojituksen jälkeen 20:ssäkään vuodessa maatuneet juuri lainkaan, vaan niiden maatumisaste on pysynyt edelleen H_4—H_5:nä. Aineisto onkin peräisin sellaisilta soilta, joiden pintakerroksen ojituksen jälkeiseen kasvinjäännöskoostumukseen ei kuivatuksen jälkeinen pintakasvillisuuden muutos ole varsinaisesti vielä ehtinyt vaikuttaa.

Valtaosa tällaisista rahkaturpeista on maatumisasteeltaan H_4—H_6. Maatumisen edistyessä on yleensä havaittavissa typpipitoisuuden samanaikainen kasvu (vrt. mm. Kivinen 1933).

Saraturpeitten maatumisaste on 20—25 vuotta ojituksen jälkeen yleensä H_6—H_{10}. Lisäksi nämä ovat jo alun perin edellisiä typpirikkaampia (vrt. s. 48) ja niiden maatuminen tapahtuu ojituksen jälkeen tavallisesti hieman nopeammin kuin rahkaturpeitten. Seurauksena onkin useimmiten N-pitoisuuden kasvu.

Aikaisemmin on osoitettu typpipitoisuuden keskimääräisen kasvun vastaavan nousevia pH-lukemia. Yksityisissä tapauksissa saattavat kuitenkin N-pitoisuuksiltaan samanlaisetkin turpeet vaihdella pH-lukemaltaan aina 3.5—5.5. Ainoastaan sellaiset, joiden N-pitoisuus on yli 2.5 %, ovat reaktioltaan kaikki olleet yli 4.0 (taul. 6). Toisaalta vaikuttaa hyvin korkea raakatuhkapitoisuus pienentävästi N-pitoisuuteen (vrt. s. 37). Tällaisissa tapauksissa on usein korkeasta pH-lukemasta huolimatta alhainen typpipitoisuus (taul. 6 ja 13). Nousevia N-pitoisuuksia vastaa keskimäärin myös nouseva raakatuhkapitoisuus. Yksityisissä tapauksissa korrelaatio on kuitenkin hyvin löyhä (vrt. Kotilainen 1928, Kivinen 1933).

Taulukossa 17 esitetyt turpeitten (711 näytettä) typpipitoisuuden vaihtelut ja niiden jakaantuminen CaO-pitoisuusluokkiin. Alle 1 % typpeä sisältävistä turpeista on n. 21 % CaO-pitoisuudeltaan alle 0.2 % ja kaikki alle 1 %. Toisaalta yli 1.5 % typpeä sisältävistä näytteistäkin on 7—11 %

Taul. 17. N-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen CaO-pitoisuusluokkiin.

Tab. 17. Die Verteilung der Torfe verschiedenen N-Gehaltes auf die CaO-Gehaltklassen.

N %	CaO %						Yht. %
	< 0.2	0.2—0.4	0.4—0.6	0.6—1.0	1.0—1.5	> 1.5	
	%						
<1.0	21.1	49.3	21.1	8.5	—	—	100.0
1.0—1.5	19.8	48.8	15.1	12.2	4.1	—	100.0
1.5—2.0	10.7	34.7	26.3	16.4	9.2	2.7	100.0
2.0—2.5	6.8	34.8	18.0	21.1	12.5	6.8	100.0
>2.5	8.9	44.4	22.2	11.1	8.9	4.5	100.0

CaO-pitoisuudeltaan alle 0.2 %. Yleensä näyttää nousevia N-pitoisuuksia vastaavan myös keskimäärin nouseva CaO-pitoisuus. Yksityisissä tapauksissa korrelaatio on hyvin löyhä, koska N-pitoisuudeltaankin samanlaisten näytteiden vastaavat kalkkipitoisuudet saattavat vaihdella koko em. jaoittelualueella. Kaikkein typpiköyhimmät näytteet tekevät kuitenkin edellisestä poikkeuksen sisältäen niukasti kalkkia. Tämä onkin helposti ymmärrettävissä, koska kaikkein typpiköyhimmät turpeet ovat etupäässä *S.fuscum* turpeita, jotka ovat tunnetusti CaO-pitoisuudeltaan kaikkein alhaisimpia (vrt. Kotilainen 1928, Kivinen 1933).

Taulukossa 18 on esitetty pintakerroksen turpeitten (390 näytettä) typpipitoisuuden vaihtelu ja sen perusteella niiden jakaantuminen eri P_2O_5-pitoisuusluokkiin. N-pitoisuudeltaan kaikkein huonoimmat turpeet ovat myös keskimääräiseltä fosforipitoisuudeltaan kaikkein alhaisimpia. Varsinaisten lettojen typpirikkaat turpeet ovat kuitenkin usein fosforiköyhiä, mikä näkyy varsinkin yli 2.5 % typpeä sisältävien turpeitten ryhmässä, koska juuri tässä on suhteellisesti eniten näytteitä tästä tyypistä. Yksityisissä tapauksissa korrelaatio on kuitenkin hyvin löyhä, vaikka nousevia typpipitoisuuksia vastaakin yleensä keskimäärin nouseva P_2O_5-pitoisuus.

Taul. 18. N-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen P_2O_5-pitoisuusluokkiin.

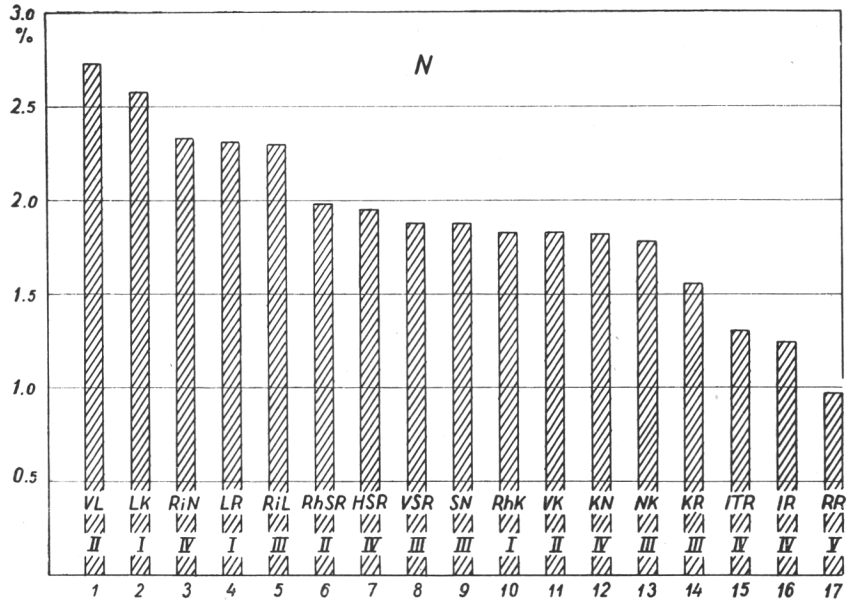
Tab. 18. Die Verteilung der Torfe verschiedenen N-Gehaltes auf die P_2O_5-Gehaltklassen.

N %	P_2O_5 %							Yht. %
	< 0.2	0.2—0.3	0.3—0.4	0.4—0.5	0.5—0.6	0.6—0.7	> 0.7	
<1.0	19.1	36.2	23.4	10.6	2.1	—	8.6	100.0
1.0—1.5	10.7	35.5	22.6	15.1	3.2	3.2	9.7	100.0
1.5—2.0	9.4	11.7	26.5	22.7	8.6	8.6	12.5	100.0
2.0—2.5	7.6	6.3	24.1	25.3	6.3	10.1	20.3	100.0
>2.5	9.3	25.6	18.6	23.3	9.3	2.3	11.6	100.0

Tutkitun aineiston puitteissa ei typpi- ja K_2O-pitoisuuksien välillä ole havaittavissa varsinaista korrelaatiota. Vaikka kalkin ja magnesian välillä vallitseekin positiivinen korrelaatio (vrt. taul. 20), on se typen ja magnesian välillä hyvin epäselvä.

Suotyyppien kasvualustan typpipitoisuus

Entuudestaan on tunnettua ja edelläkin on osoitettu (vrt. s. **49**) eri kasvilajien jäännöksistä muodostuneitten turpeitten erilainen N-pitoisuus. Tämä sama ilmiö on luonnollisesti havaittavissa myöskin verrattaessa keskenään eri suotyyppien pintaturpeitten välisiä N-pitoisuuksia, mikäli suo-

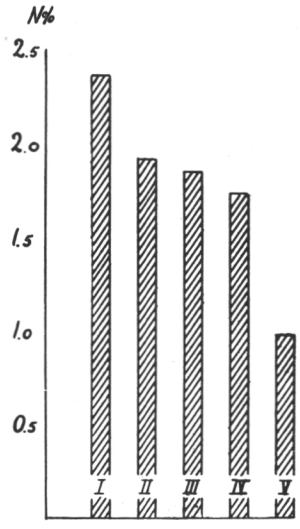


Kuva 7. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset N-pitoisuudet.
Abb. 7. Die durchschnittlichen N-Gehalte des Nährbodens der Moortypen.

tyypit ja pintaturpeitten koostumukset poikkeavat toisistaan riittävästi. Varsinkin »rahkoittuneilla» suotyypeillä saattaa elävä sammalkerros olla ehtinyt muuttua niin paljon, ettei vielä muuttumattomana pysyneen varsinaisen pintaturpeen tarvitse luonnehtia sen hetken suotyyppiä.

Kuvassa 7 on esitetty eräät suotyypit turvealustan keskimääräisen typpipitoisuuden mukaisessa järjestyksessä. Verrattaessa tätä järjestystä kuvassa 3 esitettyyn pH-lukeman mukaiseen järjestykseen havaitaan selvää samankaltaisuutta. Molemmissa esiintyvät suurin piirtein samat suotyypit parhaimpien joukossa pienin sijavaihteluin. Huomattavin poikkeus on ruoho- ja heinäkorpiin kuuluvien soitten suhteellisen alhainen typpipitoisuus, joka lähinnä johtunee niiden korkeasta sekundäärisestä raakatuhkapitoisuudesta (vrt. kuva 5). Lisäksi rimpinevat (kuva 7) ovat N-pitoisuuden mukaisessa järjestyksessä suhteellisesti edullisemmassa asemassa kuin pH-lukeman mukaisessa (vrt. kuva 3). Viiden typpipitoisuudeltaan alhaisimman suotyypin turvealusta on myös kaikkein happaminta. Mikäli otetaan huomioon jo aikaisemmassa yhteydessä mainitut rimpisten soitten metsittymisvaikeudet sekä em. ruoho- ja heinäkorpien aiheuttama poikkeus, voidaan todeta suotyyppien typpipitoisuuden mukaisen paremmuusjärjestyksen vastaavan vielä enemmän Lukkala—Kotilainen (1951) esittämää metsäojitus- ja viljelysarvojen mukaista hyvyysluokittelua kuin vastaava pH-lukeman mukainen järjestys.

Kuvassa 8 on esitetty eri hyvyysluokkien keskimääräiset N-pitoisuudet, jotka on laskettu niihin kuuluvien suotyyppien turvealustojen pitoisuuksien keskiarvoina. Hyvyysluokat I ja V eroavat selvästi välillä olevista, jotka ovat suuruusluokaltaan melko lähellä toisiaan. Tämä johtunee suurelta osalta III:een hyvyysluokkaan kuuluvien rimpilettojen ja IV:een kuuluvien rimpinevojen ja huonohkojen sararämeitten kasvualustan suhteellisen korkeista typpipitoisuuksista. Kaikesta huolimatta voidaan havaita keskimääräisen N-pitoisuuden olevan sitä alhaisempi, mitä heikompi hyvyysluokka on kyseessä.



Kuva 8. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset N-pitoisuudet.

Abb. 8. Die durchschnittlichen N-Gehalte der Waldentwässerungs-Güteklassen.

Suotyyppien kasvualustan ojituksen jälkeiset typpipitoisuudet eivät tavallisesti joudu niin suoraviivaisen kehityksen alaiseksi kuin turvelajien yhteydessä selostettiin, sillä lisääntyvän puuston kasvava karikkeiden määrä muodostuu nimittäin vähitellen olennaiseksi tekijäksi, sillä männyn, kuusen ja koivun tuoreet karikkeet sisältävät typpeä 0.89 %, 1.09 % ja 0.87 % (Aaltonen 1940, s. 277 Wittichin mukaan), kun taas *Sphagnum fuscum* sisältää typpeä vain keskimäärin 0.67 % ja sarat yleensä kaikki melkoisesti yli 1.0 % (Kivinen 1933, s. 49). Koska karikkeiden määrä pysyy usein ojituksen jälkeisen kehityksen alkuvaiheessa melko pienenä, voi niiden hajaantuminen tapahtua siksi nopeasti, ettei jo saavutettu maatumisaste pienene, vaan saattaa jopa noustakin. Myöhemmässä vaiheessa on kuitenkin varsin tavallista, että karikkeiden osuuden lisääntyessä maatumisaste selvästi pienenee. Nämä vaihtelut näkyvät vastaavasti soitten N-pitoisuuksissakin.

Rahkaturvetta sisältävissä soissa lisääntyvä karikkeiden määrä kohottaa N-pitoisuutta, mikäli maatumisaste pysyy likipitäen muuttumattomana, koska karikkeiden N-pitoisuus on hieman korkeampi kuin *S. fuscumin.* Jos maatumisaste sitä vastoin selvästi pienenee, typpipitoisuuskin laskee niistä arvoista, jotka ojituksen jälkeinen maatuminen on jo saanut aikaan. N-pitoisuus säilyy kuitenkin tavallisesti korkeampana, kuin mitä se on samalla maatumisasteella olevissa ojittamattomissa soissa. Metsää kasvavissa rahkaturpeisissa soissa pintaturpeen maatumisaste vaihtelee yleensä H_3—H_5, mutta saattaa se olla huomattavasti korkeampikin sellaisissa turpeissa, joissa puunjäännösten osuus on hyvin runsas, joskin maatumisasteen nousu voi olla tällaisissa turpeissa osittain näennäistäkin. Saraturvetta sisältävissä soissa runsas karikesato, jonka typpipitoisuus on osit-

tain pienempi kuin sarojen yleensä, aiheuttaa tavallisesti pitoisuuden alenemista, koska maatumisaste vielä usein pienenee jo saavuttamastaan arvosta. Voimakkaasti metsittyneissä soissa se alenemisestaan huolimatta on tavallisesti niinkin korkea kuin H_5—H_7.

Kuten jo turvelajien yhteydessä mainittiin, tapahtuu ruskosammalsaraturvetta sisältävissä soissa maatumisen vaikutuksesta N-pitoisuuden nousua. Koska tällaiset tutkitut suot ovat ojitusiältään suhteellisen nuoria ja aineisto ei niitä muutenkaan käsitä riittävästi, ei myöhemmän kehityksen suunnasta ole vielä varmuutta. Eräissä tapauksissa ei yleisestä suunnasta poikkeavia typpipitoisuuden muutoksia ole voitu selvittää. Siihen olisi vaadittu lähempiä tutkimuksia, joiden suorittaminen ei ole tässä yhteydessä ollut mahdollista.

Yksityisten suotyyppien ojituksen jälkeinen metsäntuottokyky on osaksi riippuvainen myös typen mobilisoitumismahdollisuudesta, jonka tärkeimpiä edellytyksiä on jo aikaisemmassa yhteydessä (vrt. s. 50) selostettu. Eri aikoina useilla koealoilla ojituksen jälkeen suoritettujen typpilannoitusten avulla on pyritty selvittämään näiden alojen mahdollinen liukoisen typen puute. Tällaiset kokeet loppuun saatettuina vievät kuitenkin pitkän ajan ja lopputulokseen saattavat täten vaikuttaa muutkin tekijät. Metsäojitettujen soitten typpitalous näyttää viittaavan kehityksessään samaan suuntaan kuin viljelykseen otettujen soittenkin (vrt. mm. Valmari 1921, Kivinen 1948).

Jos arvostellaan suotyyppien kasvualustan metsäojituskelpoisuutta niiden typpipitoisuuden mukaan, huomataan ruskosammalsaraturvetta sisältävien soitten olevan ehdottomasti parhaita. Tämän turvelajin N-pitoisuus on jo alun perin suurin, jota paitsi typpi on siinä sidottuna sellaisiin yhdisteisiin, jotka hajaantuvat helpoimmin ja luovat siten parhaat edellytykset typen luontaiselle mobilisaatiolle. — Saraturvetta ja puunjäännöksiä sisältävät suotyypit ovat samoin yleensä jo luonnostaan suhteellisen typpirikkaita. Ojituksen seurauksena tapahtuu pintakerroksessa typen mobilisaatio yleensä riittävän nopeasti. Eräissä soissa happamuus on kuitenkin, etenkin maamme pohjoisosissa, epäedullisempien ilmasto-olosuhteiden lisäksi typen mobilisaation hidastaja. Rahkaturvetta sisältävissäkin suotyypeissä voisi typen kokonaismäärä ehkä olla puiden kasvulle riittävä, mutta on kuitenkin huomattava, että se on sidottuna sellaisiin yhdisteisiin, joiden hajaantuminen on vaikeaa. Etenkin jos happamuusolosuhteet ovat epäedulliset, näyttää typen mobilisaatio käyvän melko hitaasti. Mikäli pH-lukema on yli 4.0—4.5, näyttää N-pitoisuuden puolesta olevan edellytyksiä ojituksen jälkeiselle tyydyttävälle metsänkasvulle Etelä- ja Keski-Suomessa sellaisillakin soilla, joiden turve on edes kohtalaisesti maatunutta rahkaturvetta. Mitä pohjoisemmaksi mennään, sitä epäedullisemmaksi käyvät olosuhteet typen mobilisaatiossa, kuitenkin ottaen huomioon, että

maatuneisuus sielläkin edistää mobilisaatiota. Sararahka- ja rahkasaraturpeet ovat ominaisuuksiltaan em. kahden ryhmän välimuotoja, joiden hyvyyden määrää saraturpeen osuus koostumuksessa. Puunjäännökset hyvin maatuneina yleensä parantavat näiden turvelajien ominaisuuksia.

Mikäli pidetään 1.7 %:n typpipitoisuutta (vrt. Isotalo 1951, s. 39) jonkinlaisena rajana typen mobilisaatiossa, voidaan todeta useimpien tutkittujen suotyyppien kasvualustan keskimääräisen pitoisuuden olevan tätä korkeamman. Ainoastaan rahkarämeet, isovarpuiset rämeet, korpirämeet ja tupasvillarämeet ovat keskimäärin olleet typpipitoisuudeltaan alle tämän rajan. Vaikka tämä pitoisuus ei olekaan osoittautunut erikoisen ratkaisevaksi, voitanee sitä kaikesta huolimatta pitää jonkinlaisena vertailukohtana, koska juuri typpipitoisuudeltaan tätä alhaisemmat suot ovat usein metsäojitus- ja viljelysarvoltaan heikoimmat. Poikkeuksena ovat kuitenkin suot, joiden alhainen N-pitoisuus johtuu korkeasta sekundäärisen raakatuhkan osuudesta.

Jos halutaan edeltä käsin arvioida jonkin suon todennäköistä ojituksen jälkeistä metsäntuottokykyä, näyttää typpipitoisuuden määritys — vaikeasti metsittyviä rimpisiä soita lukuunottamatta — yleensä olevan varsin käyttökelpoinen tähän tarkoitukseen. Varsinkin ravinnepitoisuuksiltaan muuten heikohkoilla soilla typen merkitys näyttää olevan usein ratkaisevakin.

Kalkki

Turvelajien kalkkipitoisuus

Vaikka kalkin tärkeä merkitys kasvien levinneisyydelle on ollut tunnettua jo viime vuosisadalla, tiedetään sen tehtävästä kasvifysiologisessa mielessä suhteellisesti vähän. Joka tapauksessa on kalkin todettu olevan perin tärkeä kasvien elintoiminnassa.

Turpeittenkin kalkkipitoisuuteen on kiinnitetty huomiota jo sangen varhaisessa vaiheessa. Eri tutkijoitten saamat CaO-pitoisuudet vaihtelevat melkoisesti samassakin luonnontilaisessa turvelajissa. Tämä johtunee osittain paikallisista olosuhteista. Jo Rindell (1902) mainitsi sen johtuvan ympärillä olevien kivennäisten erilaisista kalkkipitoisuuksista sekä pohjaveden laadusta. Mm. Ruotsissa tehtyjen laajojen tutkimusten perusteella on havaittu kallioperän nousevan CaO-pitoisuuden vastaavan myös turpeitten kohoavia kalkkipitoisuuksia (Hjertstedt 1936). Suuret suot ovat reunoiltaan kalkkirikkaampia kuin keskeltä, koska kivennäismailta valuvan veden mukana tuleva kalkki pidättyy niiden laitaosiin. Happamien turpeitten kalkkipitoisuus on usein pieni; kalkkirikkaat ovat reaktioltaankin yleensä parhaita (Kotilainen 1928, s. 136, Kivinen 1933, s. 115). Turvelajien CaO-pitoisuus nousee sarjassa rahkaturpeet — saraturpeet — ruskosammalsaraturpeet. Aikaisempien tutkimusten mukaan ovat maamme turvelajien keskimääräiset kalkkipitoisuudet seuraavat (Kivinen 1948, s. 119):

	CaO, %		CaO, %
Rahkaturve	0.5	Eutr. rahkasaraturve ...	1.2
Sararahkaturve	0.7	Saraturve	1.0
Rahkasaraturve	0.7	Ruskosammalsaraturve ..	1.9

Taulukossa 19 on esitetty rahka-, sara- ja ruskosammalsaraturpeitten (230 näytettä) jakaantuminen CaO-pitoisuusluokkiin. Lisäksi on jaoittelussa otettu huomioon näytteenottosyvyys. Rahkaturpeitten CaO-pitoisuus on alhaisin ja ruskosammalsaraturpeitten korkein. Sararahka- ja rahkasaraturpeet ovat pitoisuuksiltaan rahka- ja saraturpeitten väliltä.

Taul. 19. Turpeitten jakaantuminen eri syvyyksissä CaO-pitoisuusluokkiin.
Tab. 19. Die Verteilung der Torfe verschiedener Tiefe auf die CaO-Gehaltklassen.

Turvelaji	Syvyys cm	CaO %					Yht. %
		< 0.2	0.2—0.4	0.4—0.6	0.6—0.8	> 0.8	
		%					
St (131)	10—20	21.5	55.4	15.4	4.6	3.1	100.0
	30—40	22.0	48.8	24.4	4.8	—	100.0
	50—60	12.0	56.0	24.0	8.0	—	100.0
Ct (74)	10—20	7.4	51.9	22.2	11.1	7.4	100.0
	30—40	4.6	50.0	13.6	18.2	13.6	100.0
	50—60	—	52.0	12.0	8.0	28.0	100.0
		< 0.8	0.8—1.0	1.0—1.2	1.2—1.5	> 1.5	
BCt (25)	10—20	41.2	11.8	17.6	29.4	—	100.0
	30—40	—	—	12.5	62.5	25.0	100.0

Lisäksi nousee pitoisuus siirryttäessä pinnalta syvemmälle. Vastaava pitoisuuden kasvu on havaittavissa maatumisasteenkin lisääntyessä (vrt. Kotilainen 1928, Kivinen 1933).

Ojitettujen soitten eri turvelajien keskimääräiset CaO-pitoisuudet näyttävät useimmiten olevan alhaisempia kuin luonnontilaisten turpeitten vastaavat keskiarvot (vrt. s. 58).

Jos »rahka- ja saraturpeet» jaoitellaan niiden sisältämien puumaisten jäännösten mukaan eri luokkiin, voidaan suorittaa vertailuja luokkien CaO-pitoisuuksien kesken. Alle 20 % puumaisia jäännöksiä sisältävissä rahkaturpeissa on kalkkipitoisuus suhteellisesti pienin. Sellaiset »rahkaturpeet», jotka sisältävät valtaosaltaan puumaisia jäännöksiä, saattavat sitä vastoin olla suhteellisen kalkkirikkaitakin. Puunjäännöksiä sisältävät saraturpeet ovat kuitenkin kalkkipitoisuudeltaan runsaampia kuin vastaavat S-turpeet. Kummassakin turvelajissa näyttävät yksityisten tapausten paikalliset olosuhteet vaikuttavan enemmän niitten kalkkipitoisuuteen kuin niissä olevat puumaisten jäännösten vaihtelevat määrät. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, koska puitten karikkeiden kalkkipitoisuus vaihtelee jossain määrin kasvualustan kalkkipitoisuuden mukaan (Aaltonen 1940, s. 274).

Runsas tupasvillan osuus kasvinjäännöskoostumuksessa saattaa useissa tapauksissa vaikuttaa alhaiseen kalkkipitoisuuteen, joka johtuu tupasvillan alhaisesta kalkkipitoisuudesta (Kivinen 1933, s. 26).

Yleensä runsaasti kalkkia sisältävät turpeet ovat lievästi happamia, mutta korkeasta CaO:n määrästä huolimatta voi happamuus kuitenkin eräissä tapauksissa olla melkoinen (vrt. mm. Kotilainen 1928, 1933, Kivinen 1933). Samoin vastaavat tavallisesti alhaiset kalkkipitoisuudet alhaisia raakatuhkan määriä, vaikka poikkeukset yksityisissä ta-

pauksissa saattavat olla sangen huomattaviakin. Turpeitten runsas kalkkipitoisuus kuvastaa usein myös niiden korkeaa N-pitoisuutta. Eräissä tapauksissa saattavat runsaasti kalkkia sisältävät turpeet olla typpipitoisuudeltaan jopa alle 1.0 % ja toisaalta taas kalkkiköyhienkin typpipitoisuus voi väliin nousta yli 2.0 % (vrt. taul. 17).

Taulukossa 20 on esitetty alle 0.4 %, 0.4—0.6 % ja yli 0.6 % CaO:a sisältävien turpeitten (418 näytettä) jakaantuminen eri MgO-pitoisuusluokkiin. Taulukon perusteella voidaan todeta kalkkiköyhien turpeitten sisältävän keskimäärin niukemmin magnesiaa kuin kalkkirikkaampien. Yksityisissä tapauksissa on korrelaatio kuitenkin usein löyhä, koska kalkkipitoisuuksista riippumatta MgO-pitoisuus voi vaihdella melkeinpä koko liikkuma-alueella. Em. yleisluontoinen kalkki- ja magnesiapitoisuuksien välinen korrelaatio on hyvin ymmärrettävissä, koska soitten kalkkimäärien on todettu olevan riippuvaisia niiden kallioperästä, jossa korkeita kalsiumin määriä vastaa tavallisesti myös runsas Mg-pitoisuus.

Taul. 20. CaO-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen MgO-pitoisuusluokkiin.

Tab. 20. Die Verteilung der Torfe verschiedenen CaO-Gehaltes auf die MgO-Gehaltklassen.

CaO %	MgO %				Yht. %
	< 0.06	0.06—0.1	0.1—0.2	> 0.2	
	%				
<0.4	43.3	40.3	12.9	3.5	100.0
0.4—0.6	5.7	50.0	37.5	6.8	100.0
>0.6	3.1	10.1	43.4	43.4	100.0

Taulukossa 21 on esitetty alle 0.2 %, 0.2—0.6 %, 0.6—1.0 %, 1.0—1.5 % ja yli 1.5 % CaO:a sisältävien pintaturpeitten jakaantuminen eri P_2O_5-pitoisuusluokkiin.

Taul. 21. CaO-pitoisuuksiltaan erilaisten turpeitten jakaantuminen P_2O_5-pitoisuusluokkiin.

Tab. 21. Die Verteilung der Torfe verschiedenen CaO-Gehaltes auf die P_2O_5-Gehaltklassen.

CaO %	P_2O_5 %							Yht. %
	< 0.2	0.2—0.3	0.3—0.4	0.4—0.5	0.5—0.6	0.6—0.7	> 0.7	
	%							
<0.2	8.7	21.7	19.6	28.3	8.7	6.5	6.5	100.0
0.2—0.6	12.8	22.4	19.4	17.3	4.6	5.1	18.4	100.0
0.6—1.0	7.4	16.7	19.0	23.3	7.4	11.9	14.3	100.0
1.0—1.5	5.9	17.6	23.5	23.5	11.8	11.8	5.9	100.0
>1.5	—	—	37.5	12.5	50.0	—	—	100.0

Kalkki- ja fosforipitoisuuksien välillä ei ole havaittavissa mitään selvää korrelaatiota. Kalkkiköyhissä turpeissa on fosforin suhteellisesti alhainen pitoisuus hieman yleisempää kuin kalkkirikkaissa. Tämä johtuu rahkaturpeitten yleisestä ravinteiden niukkuudesta. Runsaasti kalkkia sisältävien turpeitten joukossa ovat suhteellisen runsaasti fosforia sisältävät turpeet hieman yleisempiä kuin fosforiköyhien joukossa. Tämä johtuu C- ja BC-turpeitten S-turpeita keskimäärin korkeammasta P_2O_5-pitoisuudesta (vrt. taul. 23).

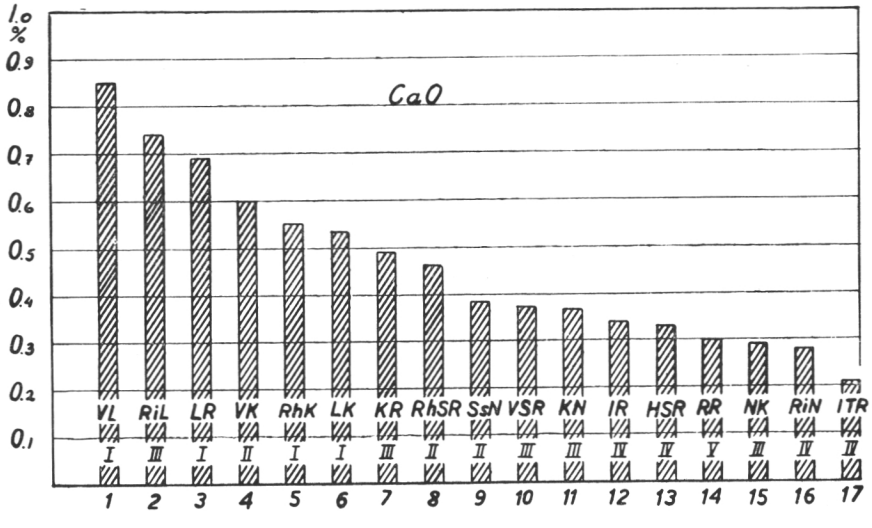
Kalkki- ja kalipitoisuuksien välillä ei ole havaittavissa korrelaatiota.

Suotyyppien kasvualustan kalkkipitoisuus

Edellä havaittiin eri turvelajien kalkkipitoisuuksien välillä selviä eroja, jotka tulevat näkyviin myös suotyyppien turpeitten vastaavissa arvoissa.

Kuvassa 9 on esitetty eräiden suotyyppien kasvualustan keskimääräiset CaO-pitoisuudet. Alkupäässä ovat yleensä lettomaiset suot, joiden suhteellisesti korkea kalkkipitoisuus johtuu välillisesti suurelta osalta kallioperän CaO:n runsaudesta. Korvet ovat tunnetusti boniteetiltaan vaihtelevia. CaO-pitoisuudeltaankin ovat aineistossani esiintyvät eri korpityyppien turpeet keskimäärin suhteellisen kalkkirikkaita, joskin vaihtelualue on varsin laaja. Poikkeuksen edellisestä tekevät nevakorpien turpeet, joiden alhaiset kalkkipitoisuudet voivat johtua pelkästään aineistoni yksipuolisuudesta.

Erikoisesti kiintyy huomio rimpinevojen pieneen kalkkipitoisuuteen, joka on poikkeava verrattuna vastaavaan N-pitoisuuteen. Huonoimpia



Kuva 9. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset CaO-pitoisuudet.
Abb. 9. Die durchschnittlichen CaO-Gehalte des Nährbodens der Moortypen.

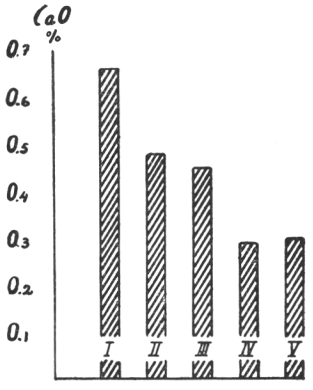
ovat tupasvillarämeet, joiden tavallista pienempi CaO-pitoisuus saanee selityksensä jo aikaisemmin mainitusta tupasvillan jäännösten alhaisesta kalkkipitoisuudesta. Yleensä tutkittujen suotyyppien kasvualustan kalkkipitoisuus suuressa määrin vastaa yleistä käsitystä niitten viljavuudesta.

Jos verrataan edellä esitettyjen suotyyppien pintakerroksen keskimääräisiä CaO-pitoisuuksia niitä pääasiallisesti muodostaviin luonnontilaisiin turvelajeihin, voidaan todeta ojituksen jälkeisten kalkkipitoisuuksien olevan alhaisempia. Seuraamalla yksityisten koealojen ojituksen jälkeisiä kalkkipitoisuuden muutoksia voidaan havaita kehityksen tosiaan tapahtuvan em. suuntaan. Muutokset ovat suuruudeltaan yksityisissä tapauksissa hyvin erilaiset, jopa eräissä tapauksissa tapahtuu CaO-pitoisuuden kasvuakin. Runsaasti kalkkia sisältävien soitten kalkkipitoisuuden pieneneminen on useimmiten suurempi kuin niukasti kalkkia sisältävien. Alkuperäinen järjestys ei kuitenkaan yleensä muutu tapahtuneista pienenemisistä huolimatta. Muutoksien suuruusluokkaa kuvannevat parhaiten ne erot, jotka ovat havaittavissa aikaisemmin esitettyjen luonnontilaisten turvelajien ja eri suotyyppien keskimääräisten CaO-pitoisuuksien välillä.

Syiden löytäminen em. ilmiön selvittämiseksi on vaikeaa, mutta lienee yhteydessä niihin ojituksen jälkeisiin muutoksiin, joihin mm. metsittyminenkin kuuluu. Tätä toteamusta tukevat esim. ne havainnot, joita on tehty Isonkyrön Tervanevan jo lähes 80 vuotta vanhalla ojitusalueella, jonka metsittyminen on jäänyt melkein olemattomaksi. Täällä ei ole tapahtunut ainakaan selvää pitoisuuden pienenemistä ympäristöön eikä luonnontilaisten rahkaturpeitten keskiarvoon verraten. Alueen ojitusteho on ollut suhteellisen heikko, eikä turve ole maatunut 10—20 cm:n syvyydessä juuri lainkaan, vaan on vieläkin ainoastaan H_2—H_3. Samaan suuntaan viittaavat lisäksi Rautavaaran Luostansuon ojitusteholtaan vastaavanlaiset kuivatusyritykset, joiden jälkeinen metsittyminen on jäänyt samoin hyvin vähäiseksi.

Metsittymisen jälkeen tapahtuva pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksen muutoskaan ei näytä aiheuttavan ko. pienentymistä, koska jo aikaisemmin on osoitettu, ettei puumaisten jäännösten suhteellisella osuudella näytä olevan selvää vaikutusta kalkkipitoisuuksiin. Verrattaessa keskenään sellaisia tapauksia, joissa muutos on ollut selvä ja suuruusluokaltaan likimain samanlainen, voidaan todeta, ettei metsän puuston kuutiomäärän ja sen samalla itseensä sitomien CaO-määrien tarvitsisi olla verrannollisia turpeessa tapahtuneeseen kalkkimäärien pienenemiseen. Tämän perusteella voidaan todeta, ettei pitoisuuden väheneminen yksistään johdu puuston itseensä sitomasta kalkin määrästä. Eräänä syynä ilmiöön lienee se huuhtoutuminen, jonka sulamis- ja sadevedet aiheuttavat ojituksen jälkeisten

muutostapahtumien seurauksena. Kivisen (1933, s. 113) mukaan ovat 1 %:een sitruunahappoon liukenevat CaO:n määrät suurin piirtein samaa suuruusluokkaa muissa turvelajeissa paitsi eutr. rahkasaraturpeissa ja ruskosammalsaraturpeissa, joissa liukenevaisuus on huomattavasti suurempi. Liukenevan kalkin määrille ovat kuitenkin ominaisia suuret paikalliset vaihtelut, jotka osaltaan tekevät ymmärrettäväksi yksityisissä tapauksissa esiintyvät perin eri suuruiset muutokset.



Kuva 10. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset CaO-pitoisuudet.

Abb. 10. Die durchschnittlichen CaO-Gehalte der Waldentwässerungs-Güteklassen.

Kuvassa 10 on esitetty eri hyvyysluokkien keskimääräiset CaO-pitoisuudet, joissa on havaittavissa melkoisia eroja. Ainoastaan IV:n ja V:n hyvyysluokan arvot ovat suurin piirtein samat, mikä johtuu tupasvillarämeitten turpeitten alhaisesta CaO-pitoisuudesta.

Edellä esitetyn perusteella voidaan todeta soitten kasvualustan CaO-pitoisuuden olevan eräs niistä tärkeistä tekijöistä, jotka parantavat soittemme kasvuominaisuuksia. Sama toteamus on tehty yleensä kovilla mailla, joilla mm. männikön viljavuus on suuresti riippuvainen vaihtuvan kalkin määrästä (vrt. Viro 1951). Soita ojitettaessa onkin syytä erikoisesti kiinnittää huomiota niitten kalkkivarastojen runsauteen.

Magnesia

Turvelajien magnesiapitoisuus

Kasvit käyttävät varsinaisena ravinteena suhteellisen vähän magnesiaa, joka kuuluu mm. lehtivihreän rakennusaineisiin. Eräitten kasvien siemenet sisältävät lisäksi melko runsaasti magnesiaa. Maan vaihtokykyisten emästen määrästä magnesian osuus on suurempi kuin alkalimetallien, mutta huomattavasti pienempi kuin kalkin (A a l t o n e n 1940, s. 339).

Tietoja maamme luonnontilaisten turvelajien MgO-pitoisuuksista on käytettävissä niukemmin kuin esim. vastaavia tuloksia kalkista. W a r é n ja K o t i l a i n e n (1922, 1923) ovat esittäneet mm. seuraavat arvot:

	MgO, %		MgO, %
Rahkaturve	0.06—0.11	Saraturve	0.09—0.32
Sararahkaturve	0.04—0.25	Ruskosammal- ja korpiturve	0.06—0.09

Yleensä on havaittavissa suuria vaihteluita samankin turvelajin MgO-pitoisuuksien kesken. Toisaalta ovat eri turvelajien pitoisuudet hyvin yleisestikin samaa suuruusluokkaa. Tämä osoittaa, ettei magnesiapitoisuus juuri luonnehdi eri turvelajien ominaisuuksia, vaan on riippuvainen muista tekijöistä.

Taulukossa 22 on esitetty rahka-, sara- ja ruskosammalsaraturpeitten (164 näytettä) jakaantuminen MgO-pitoisuusluokkiin eri syvyyksissä. Rahkaturpeita lukuun ottamatta kasvaa turpeitten MgO-pitoisuus pinnalta syvemmälle mentäessä. S-turpeissa pinta (10—20 cm) on kaikkein magnesiarikkain; pitoisuus on pienempi 30—40 cm.n syvyydessä ja kasvaa jälleen 50—60 cm:n syvyydessä. Rahkaturpeitten pintakerroksen MgO-pitoisuus on keskimäärin jopa suurempi kuin saraturpeissa, mutta jo 30—40 cm:n syvyydessä se on kuitenkin C-turpeitten pitoisuutta pienempi. Ruskosammalsaraturpeitten keskimääräinen pitoisuus on suurin. Yleensä on todettavissa, että magnesiaa on selvästi niukemmin kuin kalkkia, joskin vaihtelut ovat suuret. Suurimmat vaihtelut esiintyvät rahkaturpeissa (0.014—0.576 %) ja pienimmät ruskosammalsaraturpeissa (0.169—0.244 %), joissa se saattaa johtua aineiston niukkuudesta.

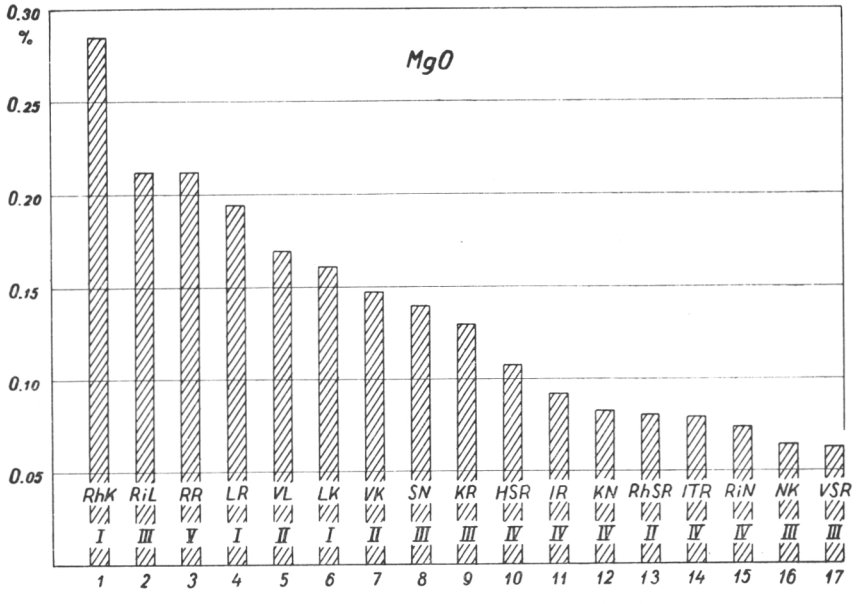
Taul. 22. Turpeitten jakaantuminen eri syvyyksissä MgO-pitoisuusluokkiin.
Tab. 22. Die Verteilung der Torfe verschiedener Tiefe auf die MgO-Gehaltklassen.

Turvelaji	Syvyys cm	MgO % < 0.04	0.04—0.08	0.08—0.12	0.12—0.20	> 0.20	Yht. %
		%					
St (101)	10—20	12.8	38.5	10.3	33.3	5.1	100.0
	30—40	23.7	50.0	21.1	5.2	—	100.0
	50—60	20.9	37.5	25.0	8.3	8.3	100.0
Ct (48)	10—20	—	88.9	11.1	—	—	100.0
	30—40	—	76.4	11.8	5.9	5.9	100.0
	50—60	—	30.8	23.0	15.4	30.8	100.0
BCt (15)	10—20	—	—	—	50.0	50.0	100.0
	30—40	—	—	—	28.6	71.4	100.0

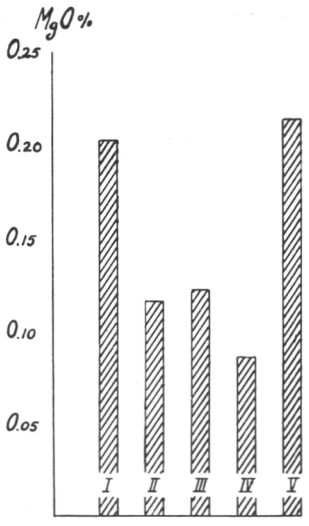
Aikaisemmin on eri yhteyksissä jo osittain käsitelty magnesian ja muiden ravinteiden ym. välistä korrelaatiota ja todettu sen olevan melko löyhän. Magnesian ja fosforin sekä kalin välillä ei ole korrelaatiota juuri lainkaan.

Suotyyppien kasvualustan magnesiapitoisuus

Jo turvelajien MgO-pitoisuuksien perusteella on odotettavissa, että suotyyppien turvealustan magnesiapitoisuuksien mukainen järjestys (kuva 11)



Kuva 11. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset MgO-pitoisuudet.
Abb. 11. Die durchschnittlichen MgO-Gehalte des Nährbodens der Moortypen.



Kuva 12. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset MgO-pitoisuudet.

Abb. 12. Die durchschnittlichen MgO-Gehalte der Waldentwässerungs-Güteklassen.

poikkeaa varsin olennaisesti niiden metsäojitusarvon mukaisesta luokittelusta.

Runsaimmin MgO:a sisältävät lettomaisten soitten turpeet, mutta eräät runsaasti rahkaa sisältävät suot ovat heti näiden jäljessä. Edellisen perusteella voidaankin päätellä, ettei soitten suhteellisen runsaitten MgO-pitoisuuksien tarvitse läheskään aina samalla osoittaa muittenkin ravinteiden runsautta. Tätä havaintoa tukee vielä sekin tosiasia, ettei eri hyvyysluokkienkaan keskimääräinen MgO-pitoisuus vastaa kokemusta niiden metsäojitusarvosta, jonka toteamuksen voi tehdä kuvasta 12.

Koska magnesiapitoisuudet ovat yleensä melkoisesti alhaisemmat kuin vastaavat kalkin arvot, on magnesian osuus maan vaihtuvien emästen joukossa sitäkin pienempi. Jonkin suon ojittamisen jälkeistä metsäntuottokykyä etukäteen arvioitaessa ei MgO-määritys näytä olevan tarpeen, koska kasvien tarvitsemat magnesian määrät ovat niin pieniä, ettei puutetta esiintyne.

Fosfori

Turvelajien fosforipitoisuus

Ojittamattomien soitten turpeitten fosforipitoisuuksista on entuudestaan tietoja runsaasti. Kotimaisista tutkijoista mainittakoon mm. Rindell (1899, 1905), Malm (1908, 1911, 1912), Malm ja Rancken (1914, 1915, 1916, 1917), Rancken ja Malm (1921), Warén (1920, 1922, 1923), Warén ja Kotilainen (1923), Lukkala (1929 a), Kivinen (1933, 1948) ja Kaila (1948).

Edellisten tutkimusten perusteella voidaan P_2O_5-pitoisuuden todeta olevan alhaisen kaikissa turvelajeissa. Vaihtelut P_2O_5-pitoisuuksissa ovat kuitenkin suhteellisen suuret muiden ravinnepitoisuuksien tapaan. Fosforipitoisuuden ja kasvinjäännöskoostumuksen välillä on havaittavissa jonkinlaista yhteenkuuluvaisuutta. S-turpeitten fosforipitoisuudet ovat kaikkein alhaisimpia ja C- ja BC-turpeitten kaikkein suurimpia, muut turvelajit, kuten tavallista, ovat pitoisuuksiltaan em. väliltä. Koska vaihtelut P_2O_5-pitoisuuksissa ovat samassakin turvelajissa eri seuduilla suhteellisen suuret, em. riippuvaisuussuhde jää yksityisissä tapauksissa pakostakin melko löyhäksi. Kuitenkin on havaittavissa, että korkeampien kasvien jäännökset sisältävät yleensä runsaammin fosforia kuin alempien kasvien.

Seuraavassa on esitetty Kivisen (1948, s. 119) laskemat keskimääräiset P_2O_5-pitoisuudet, jotka perustuvat aikaisemmin maassamme julkaistuihin tuloksiin.

Turvelaji	P_2O_5, %	Turvelaji	P_2O_5, %
Rahkaturve	0.08	Eutr. rahkasaraturve	0.13
Sararahkaturve	0.13	Saraturve	0.15
Rahkasaraturve	0.14	Ruskosammalsaraturve	0.16

Rautiaisen (1952) mukaan ovat metsäturpeitten keskimääräiset P_2O_5-pitoisuudet seuraavat:

Turvelaji	P_2O_5, %	Turvelaji	P_2O_5, %
LSt	0.15	LCt	0.21
SLt	0.15	CLt	0.21

Taulukossa 23 on esitetty pintakerroksen rahka-, sara- ja ruskosammalsaraturpeitten (179 näytettä) jakaantuminen P_2O_5-pitoisuusluokkiin, jotka ovat samat kuin aikaisemmissakin jaoitteluissa.

Taul. 23. Pintaturpeitten jakaantuminen P_2O_5-pitoisuusluokkiin.
Tab. 23. Die Verteilung der Torfe der Oberflächenschicht auf die P_2O_5-Gehaltklassen.

P_2O_5 %	St (97)	Ct (58)	BCt (24)
	%		
<0.2	16.5	10.3	20.8
0.2—0.3	38.1	27.6	20.8
0.3—0.4	33.0	22.4	33.3
0.4—0.5	8.3	8.6	16.7
0.5—0.6	3.1	6.9	4.2
0.6—0.7	1.0	5.2	4.2
>0.7	—	19.0	—
Yht. %	100.0	100.0	100.0

Saraturpeet ovat em. taulukon perusteella suhteellisesti fosforirikkaimpia ja kaikkein köyhimpiä rahkaturpeet. Tutkitussa aineistossa ovat rahka- ja saraturpeitten fosforipitoisuudet korkeampia kuin edellä esitetyt Kivisen (1948) arvot. Tämä johtunee suurelta osalta siitä uusitusta menetelmästä, jota P_2O_5:n määrityksissä on käytetty. Mitä enemmän turpeissa on rautaa, sitä suuremman virheen se aiheuttaa fosforin määrityksessä. Tässä mielessä tutkittiin n. 600 näytettä erikoisesti pelkistämällä ferrirauta ferroraudaksi ja ilman pelkistystä. Kaikissa määrityksissä ilman pelkistystä saatiin fosforille liian pieniä arvoja. Virheen absoluuttinen suuruus vaihteli 0.01—1.2 %. Pelkistyksen jälkeen oli fosforipitoisuus useimmiten 2—3-kertainen, mutta usein jopa 20—25-kertainen.

Erikoisesti kiintyy huomio eri turvelajien fosforipitoisuuksien erittäin suuriin vaihteluihin, jotka näyttävät suurelta osalta olevan paikallisista olosuhteista riippuvaisia. Runsaasti rautaa sisältävät turpeet ovat varsin usein myös fosforirikkaita. Koska soittemme happamuussuhteet ovat usein sellaisia, että raudan saostuminen fosfaattina on mahdollista, voitaneen rauta- ja fosforipitoisuuksien positiivinen korrelaatio selittää tästä johtuvaksi (vrt. Puustjärvi 1952). Rautapitoisuuksia ei ole määritetty, vaan perustuu em. toteamus silmämääräiseen raudan aiheuttaman värin voimakkuuden toteamiseen raakatuhkassa ja raakatuhkaliuoksessa. Riippuvaisuussuhteen tarkempi määritys vaatii vielä lisätutkimuksia.

Pintakerroksen (10—20 cm) yli 20 % puumaisia jäännöksiä sisältävät rahkaturpeet ovat P_2O_5-pitoisuudeltaan yleensä hieman korkeampia kuin puhtaat rahkaturpeet, mutta jäännösmäärän runsaudella ja fosforipitoisuudella ei ole selvää korrelaatiota. Saraturpeissa ei puunjäännösmäärien ja fosforipitoisuuksien välillä ole minkäänlaista korrelaatiota, vaan pitoisuus

näyttää olevan suhteellisesti eniten riippuvainen paikallisista olosuhteista. Jos sitä vastoin seurataan saman koealan fosforipitoisuuden muutoksia puunjäännösmäärän kasvaessa, voidaan useimmissa tapauksissa todeta pitoisuuden alenevan. Tämä voi osittain johtua fosforiköyhien puumaisten jäännösten suhteellisen osuuden kasvusta, mutta todennäköisesti vieläkin enemmän ojituksen aiheuttamista olosuhteiden muutoksista. Ojittamattomissa saraturvetta sisältävissä soissa on rautaa suhteellisen runsaasti pohjavedessä ja siten raudan osittainen saostuminen fosfaattina mahdollista. Varsinkin kuivatuksen jälkeen voimakkaasti metsää kasvavilla soilla alkaa muodostua kasvinjäännöskoostumukseltaan muuttunut pintakerros, jossa raudan saostuminen fosfaattina ei ole enää ainakaan siinä määrin mahdollista kuin ennen ojitusta.

Turpeissa on aivan pinta (0—5 cm) kaikkein fosforirikkainta, jonka mm. Warén (1924) on todennut ojittamattomilla soilla. Koska soissa ainakin 30—40 cm:n syvyyteen saakka näyttää fosforipitoisuus useimmiten pienenevän pinnasta syvemmälle mentäessä, herää kysymys, mistä tämä aiheutuu. Mikäli tämä johtuisi pH-lukemasta, luulisi happamien turpeitten olevan fosforirikkaimpia, koska turpeitten happamuus pienenee tavallisesti pinnasta pohjaan päin (vrt. s. 23). Tutkittu aineisto ei kuitenkaan näytä tukevan tätä olettamusta. Mikäli vertaillaan samalla maatumisasteella olevien eri syvyyksistä otettujen turpeitten fosforipitoisuuksia keskenään, havaitaan, ettei maatumisaste yksin määrää P_2O_5-pitoisuutta, vaan näytteenottosyvyydellä on ratkaiseva merkityksensä. Pintakerroksen turpeet ovat tässäkin tapauksessa selvästi parhaita. Turpeet ovat useimmiten fosforiköyhempiä kuin niitä muodostavat kasvilajit ovat olleet (vrt. Zailer ja Wilk 1907, Gully 1913, Kivinen 1933). Jo Gully mainitsee mm. *Sphagnum*-lajien elävien osien sisältävän fosforia runsaammin kuin kuolleitten, mutta vielä turpeeksi maatumattomien. Tämä johtunee siitä, että elävissä kasveissa osa fosforista on mahdollisesti suhteellisen helposti liukenevassa muodossa ja voi kasvien kuoltua vapautua.

Se, että pintakerros on yleensä happamuudesta, maatumisasteesta ym. seikoista riippumatta fosforirikkainta, johtunee osittain siitä, että elävä kasvipeite on progressiivisen suokehityksen aikana kuljettanut mukanaan pintakerrokseen pieniä fosforivarastoja suon pohjakerroksista.

Jo 10—20 cm:n syvyydessä oleva kerros on aivan pintaa fosforiköyhempi. Fosforipitoisuuden aleneminen jatkuu aina 30—40 cm:n syvyydessä olevaan kerrokseen saakka. Fosforipitoisuus on kuitenkin 50—60 cm:n syvyydessä olevassa kerroksessa korkeampi kuin edellisessä kerroksessa, mutta ei saavuta kuitenkaan niitä arvoja, joita on aivan pinnassa. Syvemmät kerrokset ovat kuivatuissakin soissa pintaa rautarikkaammat ja niissä vallitsevat

usein muutenkin sellaiset olosuhteet, joissa raudan saostuminen fosfaattina on ainakin osittain mahdollista (vrt. Puustjärvi 1952).

Mikrobien toiminta saattaa edellisen lisäksi selittää eri kerroksissa vallitsevaa fosforitasapainoa. Ojitettujen soitten pintakerros on mikrobeille edullisempi elintila kuin syvemmässä olevat kerrokset, kuten jo aikaisemmin typen käsittelyn yhteydessä selostettiin (vrt. s. 51). Hajoittaessaan turpeen kemiallisia yhdisteitä tarvitsevat mikrobit solukkojensa rakentamiseen turpeessa olevaa fosforia. Sitä joutuu täten sitoutumaan uudelleen elollisiin aineisiin, joihin se varastoituu osittain nukleotidiyhdisteinä. Nämä muodostavat muuttuneina proteiinin ja ligniinin kanssa suhteellisen vaikeasti hajaantuvia elimellisiä yhdisteitä. Toisaalta mikrobit taas saattavat turpeitten vaikealiukoisia orgaanisia fosforiyhdisteitä helppoliukoiseen muotoon (Kaila 1948). Tällöin voivat sitä käyttää hyödykseen toiset mikrobit, osittain ehkä korkeammatkin elävät kasvit tai se voi huuhtoutua muihin kerroksiin. Pintaa syvemmälle mentäessä pienenevät mikrobien elinedellytykset ja samalla fosforin pois huuhtoutumisen mahdollisuus kasvaa. Tietyissä olosuhteissa saattavat fosforiyhdisteet kuitenkin saostua pohjavedestä vivianiittina. Samanaikaisesti saostuu tavallisesti ferrokarbonaattia ja -hydroksidia. Puustjärvi (1952) on tutkinut niitä olosuhteita, joissa tällainen saostuminen on mahdollista soissamme. Ruotsissa on jo mm. Lundblad (1935 ja 1941) tehnyt havaintoja fosforin rikastumisesta Svartökärr nimisessä suossa, joka on tavallisia soita huomattavasti fosforirikkaampi. Koska aineistossani ei esiinny varsinaisia vivianiittisaostumia, ei tähän puoleen ole kiinnitetty huomiota, vaikka tavallista huomattavasti runsaammalla fosforipitoisuudella varmaan onkin oma vaikutuksensa ojituksen jälkeisessä metsänkasvussa.

Edellä esitetyt %-luvut ovat P_2O_5:n kokonaispitoisuuksia. Fosforista on kuitenkin ainoastaan osa liukenevassa muodossa. Kivisen (1933) mukaan sisältävät rahkaturpeet suhteellisesti eniten helposti liukenevaa fosforia, kun taas sara- ja ruskosammalsaraturpeitten fosforiyhdisteet ovat vaikeammin liukenevia. Kuitenkin vain pieni osa turpeitten fosforihaposta on helposti liukenevassa muodossa. Kasvinjäännöskoostumuksen lisäksi näyttävät paikalliset olosuhteetkin vaikuttavan olennaisesti liukenevan fosforin määriin.

Kaila (1948) on tutkimuksissaan todennut turvelajiemme kokonaisfosforin määrästä olevan 85—98 % sidottuna orgaanisiin yhdisteisiin, joista 64—84 % on nukleotidiyhdisteitä. Tätä orgaanista fosforia käyttävät mikrobit ravinnokseen, mutta kasvit eivät näytä pystyvän tähän ilman mikrobien apua. Turpeitten maatuessa käyttävät mikrobit hyväkseen niiden runsaita hiilivarastoja ja sitovat itseensä eri muodoissa vapautuvaa fosforia. Maatumisen yhteydessä fosforin suhteellinen osuus kasvaa. Koska turpeissa esiintyvien mikrobien fosforin tarve on suuri, ei ole juuri toivoa orgaanisen fosforin mineralisoitumisesta, jota tapahtuu vasta sen jälkeen,

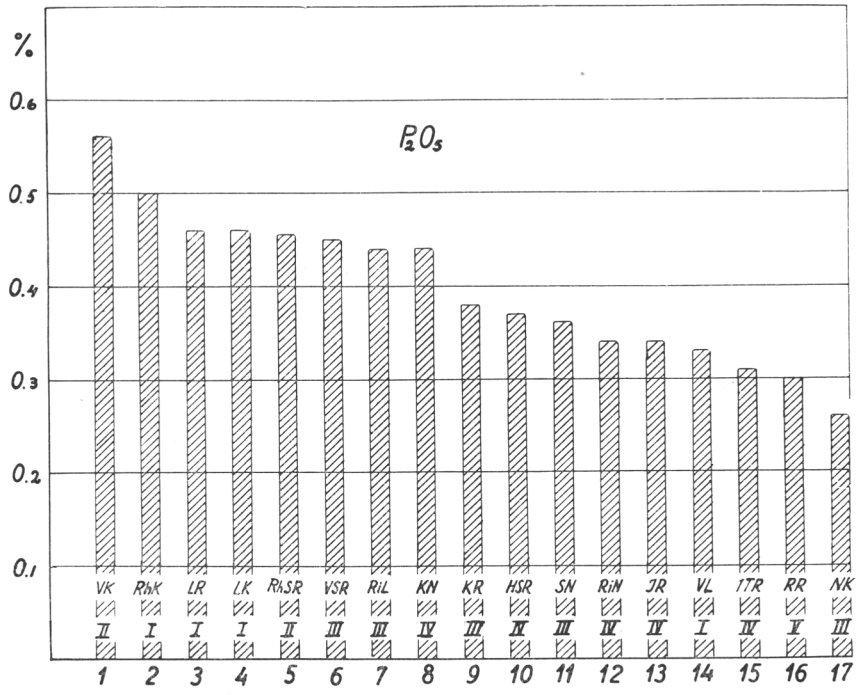
kun mikrobeille käyttökelpoisen hiilen ja orgaanisen fosforin suhde on tullut 200:ksi. Turpeissa lisäävät mikrobit maatumisen yhteydessä vesiliukoisen orgaanisen fosforin määrää. Kokonaisfosforista on 85—93 % happo-emäskäsittelyllä uutettavissa, joten maan orgaanisia fosforiyhdisteitä on pidettävä hiili- ja typpiyhdisteisiin verrattuina helposti liukenevina. On kuitenkin huomattava, että eloperäisessä aineksessa maahan tuleva fosfori on yllättävän suuressa määrin epäorgaanisina yhdisteinä. Lisäksi esim. homesienien hajaantuessa osa fosforista vapautuu epäorgaanisessa muodossa.

Ojituksen jälkeen tapahtuvassa mikrobien lisäyksessä on mm. homesienillä huomattava osuutensa (Huikari 1953). Koska varsin huomattava osa soistamme on laadultaan sellaisia, että ojituksen jälkeinen metsittyminen on mahdollista, niin näille kehittyneen puuston ym. kasvillisuuden täytyy saada tarvitsemansa fosfori niiden alustana olevasta turpeesta. Tämä osoittaa puitten pystyvän kilpailemaan ainakin tietyissä olosuhteissa mikrobien kanssa käyttökelpoisesta fosforista, josta osa voinee olla turpeissa alun perin ollutta epäorgaanista fosforia ja osa ehkä myöhempien kasvinjäännösten mukana tullutta. Lisäksi esim. sienirihmastojen hajaantumisessa vapautuvalla fosforilla saattaa olla oma merkityksensä. Tapahtuneita muutoksia ei tässä yhteydessä ole tutkittu, joten erilaisia mahdollisuuksia lienee muitakin.

Suotyyppien kasvualustan fosforipitoisuus

Kuvassa 13 on esitetty suotyypit turvealustansa keskimääräisten fosforipitoisuuksien mukaisessa järjestyksessä, joka poikkeaa osittain paljonkin kasvillisuusboniteetin mukaisesta hyvyysluokittelusta.

Yksityisten suotyyppien puitteissa ovat fosforipitoisuuksien vaihtelut erittäin suuret. Kaikkein huonoimmissa suotyypeissä ovat hyvin korkeat P_2O_5-pitoisuudet toisissa erittäin harvinaisia, kun taas toisissa niitä ei ole ollut ainuttakaan. Paikalliset olosuhteet näyttävät vaikuttavan pitoisuuteen enemmän kuin pelkkä suotyyppi. Se, että varsinaisissa korvissa on ollut kaikkein korkein P_2O_5-pitoisuus, johtuu Lapinjärven koealoista, joissa arvot ovat huomattavasti keskimääräistä korkeammat. Ilman näitä olisivat ruoho- ja heinäkorvet olleet parhaita. Varsinaisten lettojen samoin kuin nevakorpien keskimääräiset P_2O_5-pitoisuudet ovat olleet ehkä odotettua alhaisemmat. Tämä voinee kuitenkin johtua aineiston pienuudesta. Järjestyksen loppupäässä ovat tunnetusti huonot, runsaasti rahkaturvetta sisältävät isovarpuiset rämeet sekä tupasvilla- ja rahkarämeet. Suotyyppien fosforipitoisuuksien mukaiseen järjestykseen ei mielestäni ole syytä paljoakaan kiinnittää huomiota, koska vaihtelut samankin tyypin puitteissa ovat perin suuret ja suureksi osaksi paikallisista olosuhteista riippuvaiset.



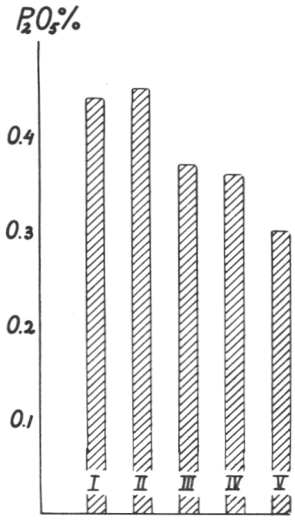
Kuva 13. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset fosforipitoisuudet.
Abb. 13. Die durchschnittlichen P_2O_5-Gehalte des Nährbodens der Moortypen.

Kuvassa 14 on esitetty metsäojitushyvyysluokkien turpeitten fosforipitoisuudet, jotka on laskettu niihin kuuluvien suotyyppien keskiarvoina. Yleensä näyttää fosforipitoisuus alenevan hyvyysluokan heikentyessä, mutta erot ovat todellisuudessa usein varsin pienet.

Kuivatuissa soissa näyttää pintakerroksen (10—20 cm) fosforipitoisuus yleensä pienenevän ojitusiän kasvaessa. Suurin muutos tapahtuu sellaisissa soissa, joissa alkuperäinen P_2O_5-pitoisuus on ollut korkein; paremmuusjärjestys kuitenkin useimmiten säilyy. Pienimmät muutokset on vastaavasti havaittavissa sellaisissa varsinkin rahkaturvetta sisältävissä soissa, joissa pitoisuus on ollut alhainen jo kuivatettaessa, ja joissa ei ole pintakasvillisuudessakaan tapahtunut sanottavia muutoksia. Suurin fosforipitoisuuden aleneminen liittyykin kuivatuksen jälkeisen suokehityksen siihen ajanjaksoon, jona suon pintaan alkaa kehittyä uutta turvetta, jonka muodostumiseen syntyneellä kasvillisuudella, varsinkin puustolla, on suurin osuus (vrt. s. 17). Tähän kerrokseen ei pohjavesi ulotu, joten siinä olosuhteet ovat aerobisia. Kuten jo edellä mainittiin, ei rauta saata käsittääkseni enää siinä määrin kuin aikaisemmin saostua fosfaattina. Tämä ehkä yhdessä karikesadon kanssa on syynä fosforipitoisuuden alanemiseen tässä vaiheessa. Kehityksen myöhäisempiä vaiheita kohti mahdollista tasapainotilaa ei ole

pystytty seuraamaan, koska tehokkaat ojitukset ovat vielä suhteellisen nuoria.

Ojitettujen soitten viljavuutta tarkasteltaessa on voitu havaita, etteivät fosforipitoisuuksien eroavuudet näytä varsinaisesti ratkaisevan kuivatuksen jälkeistä metsänkasvua, sillä samankin suotyypin suhteellisen niukasti fosforia sisältävät suot voivat tuotoltaan olla tasavertaisia fosforirikkaampien kanssa. Mikäli jonkin suon fosforin puute on kuitenkin tavallista suurempi, voinee tämäkin osaltaan olla eräänä ehkäisevänä tekijänä metsittymisessä. Kuivatuksen jälkeen tunnetusti vaikeasti metsittyvät rimpinevat ja rimpiletot ovat P_2O_5-pitoisuudeltaan keskinkertaisia tai sitä jonkin verran huonompia (vrt. kuv. 13), mutta eivät kuitenkaan niinkään huonoja kuin useat voimakkaastikin metsää kasvavat suot. Jo tämän perusteella voidaan päätellä, ettei niiden alhainen fosforipitoisuus ole yksin se tekijä, joka estää metsän kasvun, vaan lienee tähän löydettävissä muita hyvinkin olennaisia syitä kokonaan toisaaltakin. Jonkin yksityisen suon metsäojituskelpoisuutta arvioitaessa ei tavallisesti ole syytä erikoisesti kiinnittää huomiota sen fosforipitoisuuteen. Mikäli tämä kuitenkin on erittäin alhainen, on se kaikesta huolimatta otettava huomioon. Toisaalta taas poikkeavan korkea P_2O_5-pitoisuus on usein hyvän kasvukyvyn osoittaja, johon viittaavat jo aikaisemmassa yhteydessä selostetut eräiden ravinnepitoisuuksien ja fosforin väliset korrelaatiot.



Kuva 14. Metsäojitushyvyysluokkien keskimääräiset P_2O_5-pitoisuudet.

Abb. 14. Die durchschnittlichen P_2O_5-Gehalte der Waldentwässerungs-Güteklassen.

Kali

Turvelajien kalipitoisuus

Luonnontilaisten turpeitten kalipitoisuudet vaihtelevat erittäin suuressa määrin. Mutasoitten ja rahkasoitten pintakerros sisältää yleensä kaikkein runsaimmin kalia (Zailer 1910). Pitoisuus pienenee maatumisasteen kasvaessa (Zailer ja Wilk 1911). Eri metsätyypeiltä tehtyjen havaintojen perusteella Valmari (1921) on osoittanut, ettei metsämaan kalipitoisuuden tarvitse olla missään määrätyssä suhteessa maan metsäntuottokykyyn. Brenner (1930) on todennut eutrofisten suotyyppien turpeitten kalipitoisuuksien olevan samaa suuruusluokkaa kuin muissakin turvelajeissa. Turpeitten kalipitoisuus on suureksi osaksi riippuvainen niissä esiintyvän kivennäisaineksen runsaudesta ja sen kalipitoisuudesta. Turpeitten kali on tavallisesti niin helposti liukenevassa muodossa, että se voidaan suureksi osaksi uuttaa pois jo vedellä, joten kasvit pystyvät käyttämään soitten kalivarastot hyvin tarkkaan (Kivinen 1948, s. 123).

Koska kalipitoisuudet ovat yksityisissä tapauksissa paikallisista olosuhteista riippuvaisia, ja koska ne eivät luonnehdi turpeitten muita kemiallisia ominaisuuksia, ei liene tarpeen esittää luonnontilaisten turpeitten keskimääräisiä kalipitoisuuksia.

Taul. 24. Turpeitten jakaantuminen eri syvyyksissä K_2O-pitoisuusluokkiin.
Tab. 24. Die Verteilung der Torfe verschiedener Tiefe auf die K_2O-Gehaltklassen.

Turvelaji	Syvyys cm	K_2O %					Yht. %
		< 0.01	0.01—0.02	0.02—0.03	0.03—0.05	> 0.05	
		%					
St (144)	10—20	—	29.4	27.9	32.4	10.3	100.0
	30—40	17.4	67.4	10.9	4.3	—	100.0
	50—60	13.3	73.3	6.7	6.7	—	100.0
Ct (109)	10—20	—	55.6	27.8	11.1	5.5	100.0
	30—40	4.4	56.5	13.0	8.7	17.4	100.0
	50—60	11.1	48.2	3.7	—	37.0	100.0
BCt (27)	10—20	—	20.8	20.8	33.4	25.0	100.0
	30—40	—	66.7	33.3	—	—	100.0

Taulukossa 24 esitetään eri syvyyksistä otettujen turvenäytteiden jakaantuminen kalipitoisuusluokkiin. Turvelajien kalipitoisuuksien välillä ei näytä olevan selviä eroja ojitetuissakaan soissa. K_2O-pitoisuudet ovat varsin alhaisia, mutta pintakerros sisältää useimmiten suhteellisesti runsaimmin kalia. Saraturpeitten pintakerroksen ja syvempien kerroksien kalipitoisuuksien välisistä suhteista saa taulukon perusteella väärän kokonaiskuvan. Tämän aiheuttavat Lapinjärveltä 30—40 cm:n ja 50—60 cm:n syvyydestä otetut erittäin kalirikkaat näytteet. Koska siellä ei esiinny puhtaita saraturpeita 10—20 cm:n syvyydessä, vaikuttavat otetut näytteet ainoastaan syvempien kerrosten keskimääräisiin kalipitoisuuksiin. Lapinjärven tavallisuudesta poikkeavan korkeat kalipitoisuudet johtunevat tulvien mukanaan tuomasta sekundäärisestä aineksesta.

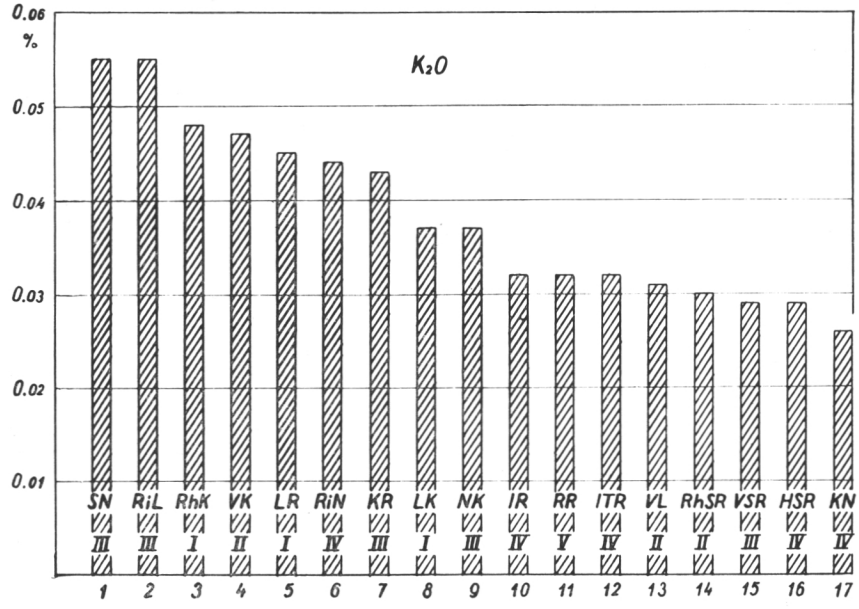
Mikäli vertaillaan kalipitoisuuksia eri turvelajeissa puumaisten jäännösten lisääntyessä, voidaan havaita, ettei ole korrelaatiota kalipitoisuuden ja puunjäännösmäärien välillä. Jos vertaillaan samasta syvyydestä otettuja eri maatumisasteella olevia turpeita keskenään, ei voida todeta maatuneisuuden juuri vaikuttavan kalipitoisuuteen. Mikäli näytteenottosyvyys jätetään huomioon ottamatta, saa asiasta päinvastaisen käsityksen. Tämä onkin helposti ymmärrettävissä, koska soissamme yleensä maatuneisuus kasvaa ja kalipitoisuus pienenee pinnasta syvemmälle siirryttäessä. Suurin osa soistamme on suhteellisen kaliköyhiä, ja ne näyttävät kuljettavan tapahtuvan suokehityksen kuluessa pintakerroksessaan pieniä kalivarastojaan.

Suotyyppien kasvualustan kalipitoisuus

Jo pelkkä turvelajien kalipitoisuuksien vertailu osoittaa, että suotyyppien kalipitoisuuksien mukaisen järjestyksen täytyy varsin olennaisesti poiketa muiden ravinteiden mukaisesta luokittelusta.

Kuvassa 15 on esitetty suotyypit keskimääräisten kalipitoisuuksien mukaisessa järjestyksessä. Erikoisesti kiintyy huomio siihen, että erilaiset sararämeet sijaitsevat melkein loppupäässä. Runsaasti rahkaa sisältävät rahkarämeet, tupasvillarämeet ja isovarpuiset rämeet ovat edellisiä hieman parempia, vaikka kymmenennellä ja kuudennellatoista sijalla olevalla suotyypillä ei olekaan erotusta enempää kuin 0.003 %. Kalin mukainen järjestys eroaakin varsin olennaisesti siitä käsityksestä, joka on vallalla suotyyppien kuivatuksen jälkeisestä viljavuudesta, jonka ilmaisijana pidetään metsäojitusarvon mukaisia hyvyysluokkia. Näin pienet eroavuudet kalipitoisuuksissa eivät voinekaan olennaisesti vaikuttaa kuivattujen soitten viljavuuteen.

Kuvan 15 perusteella laskettujen hyvyysluokkien keskimääräiset kalipitoisuudet pienenevät yleensä hyvyysluokan heikentyessä. Tällä ei kui-



Kuva 15. Suotyyppien kasvualustan keskimääräiset K_2O-pitoisuudet.
Abb. 15. Die durchschnittlichen K_2O-Gehalte des Nährbodens der Moortypen.

tenkaan ole sanottavaa merkitystä, koska samankin hyvyysluokan soitten keskimääräiset pitoisuudet ovat perin erilaiset eivätkä useinkaan kuvasta tyypin varsinaista kemiallista hyvyyttä. Lisäksi näyttää varsin todennäköiseltä, että suotyyppien keskimääräiset kalipitoisuudet saattaisivat tutkimusaineiston kasvaessa olla em. arvoista selvästi poikkeaviakin, koska paikallisilla olosuhteilla näyttää useissa tapauksissa olevan varsin merkittävä osuus.

Soitten kuivatuksen jälkeisistä kalipitoisuuksien muutoksista ei käytetyn aineiston puitteissa saa mitään yhtenäistä kuvaa. Yksityisissä tapauksissa voidaan kehityksen kulussa todeta tapahtuvan muutoksia molempiin suuntiin. Vaikka suomme ovatkin yleensä suhteellisen kaliköyhiä, ei ojituksen jälkeisen metsittymisen seurauksena voida havaita ainakaan toistaiseksi pitoisuuden alenemista.

Edelliseen perustuen voidaan todeta, ettei ole erikoisesti syytä kiinnittää huomiota soitten kalivarastojen runsauteen määritettäessä niiden metsäojitusarvoa. Samasta syystä tässä ei esitetä myöskään hyvyysluokkien kalipitoisuuksien mukaista järjestystä.

Soitten ravinnepitoisuuksien mukainen luokittelu

Käytössä oleva soitten jaoittelu (vrt. mm. Lukkala — Kotilainen 1951) niiden metsäojitusarvon mukaisiin hyvyysluokkiin perustuu varsin moniin tekijöihin. Esillä olevassa tutkimuksessa suoritettu arviointi pyrkii rajoittumaan pintaturpeen (10—20 cm) kemiallisiin ominaisuuksiin. Tutkimuksessa käytetty vanhin näyteaineisto on otettu 10—20 cm:n, 30—40 cm:n ja 50—60 cm:n syvyydestä. Koska vanhin aineisto on peräisin jo vuodelta 1928, jonka jälkeen näytteenottoalueilla on tapahtunut usein varsin huomattavia muutoksia, en ole voinut suorittaa vertailevia tutkimuksia muista kuin em. syvyyksistä. Turpeitten pintakerroksen (0—10 cm) ominaisuuksilla on osuutensa kuivatuksen jälkeen alkavassa muutostapahtumien sarjassa. Soilla on kuitenkin turpeen pinta ja 10—20 cm:n syvyydessä oleva kerros useimmiten kasvinjäännöskoostumuksensa puolesta samanlaisia, joten jälkimmäinen yleensä luonnehtii myös edellistä. Etenkin rahkoittuvilla soilla saattaa tosin esiintyä varsin huomattaviakin eroja. Koska aineistossa on tällaisia soita kuitenkin perin vähän, jää niiden vaikutus tästä syystä melkein olemattomaksi. Lisäksi kuivatus aiheuttaa varsin usein huomattavia muutoksia pintakasvillisuudessa (vrt. Sarasto 1951, 1952 a, 1952 b), jonka jäännöksiä ojitusiän kasvaessa on myös 10—20 cm:n syvyydessä (vrt. s. 17). Täten raja pinnan ja 10—20 cm:n kerroksen välillä on loppujen lopuksi ajan funktio. Kovilla mailla tunkeutuu puitten juuristo varsin syvälle, mutta kuivatuilla soilla näyttää juuriston tunkeutuminen rajoittuvan paljon matalampaan kerrokseen (vrt. mm. Multamäki 1923). Aineistossa tämä voidaan todeta siinä, ettei 30—40 cm:n syvyydessä olevan turvekerroksen kemiallisilla ominaisuuksilla näytä olevan ainakaan mainittavaa vaikutusta ojituksen jälkeisessä metsänkasvussa. Em. seikkojen vuoksi on seuraavassa soitten ravinnepitoisuuksien mukaisessa hyvyysluokittelussa otettu huomioon ainoastaan pintakerroksen (10—20 cm) ominaisuudet.

Luokittelussani käytetyn arviointiperustan muodostavat seuraavissa kuvissa esitetyt ominaisuudet: kuva N:o 3, s. 28 (pH-lukema), N:o 5, s. 38 (raakatuhka %), N:o 7, s. 54 (kokonaistyppi (N) %), N:o 9, s. 61 (CaO %), N:o 13, s. 72 (P_2O_5 %) ja N:o 15, s. 76 (K_2O %). Neljään ensinnä mainittuun ominaisuuteen perustuvaa luokittelua voidaan mielestäni pitää ns.

perusarviointina. Soitten vastaavassa arvioinnissa jätetään tavallisesti kuitenkin huomioon ottamatta raakatuhkapitoisuus, jonka vaihtelut ovat olennaisesti riippuvaisia sekundäärisen mineraaliaineksen määristä (vrt. mm. Kotilainen 1928, s. 129, 132, 133, Kivinen 1933, s. 66, 67, 71). Raakatuhkapitoisuuden ei tämän vuoksi tarvitsekaan kuvastaa kasvinjäännöskoostumuksen mukaisia kemiallisia ominaisuuksia (vrt. s. 34). Varsinkin tavallista runsaammin raakatuhkaa, varmuudella siis suureksi osaksi sekundääristä raakatuhkaa, sisältävät suot kasvavat kuivatuksen jälkeen metsää yleensä hyvin. Tällaiset suot muodostavatkin välimuotoja varsinaisten soitten ja kovien metsämaitten välillä. Metsäojitetuilla soilla ei ainakaan aineistossani näytä raakatuhkan alkuperällä olevan niin suurta merkitystä kuin mitä ehkä odottaa saattaisi. Siksi voidaankin raakatuhkapitoisuus mielestäni laskea tässä tapauksessa perusarvioinnin piiriin kuuluvaksi.

Soitten P_2O_5- ja K_2O-pitoisuudet ovat niin minun kuin muittenkin aineistoissa varsin alhaisia, jonka vuoksi vaihtelut ovat suuruusluokaltaankin suhteellisen pieniä. Kaikesta huolimatta on toiseksi arviointiperustaksi otettu ns. yhteisarviointi, jossa perusarvioinnin ominaisuuksien lisäksi on otettu huomioon myös P_2O_5- ja K_2O-pitoisuudet. Vaikka tällaisella arvioinnilla ei tarvitse käytännössä olla sanottavaa merkitystä, voidaan kuitenkin todeta, ettei sekään ainakaan sanottavasti muuta perusarvioinnin avulla saatua käsitystä soittemme ojituskelpoisuudesta (vrt. taul. 25). Tämä toteamus voidaan tehdä siitäkin huolimatta, että pienetkin käytännössä jopa merkitystä vailla olevat erot on otettu huomioon täysipainoisina jo muutenkin alhaisissa pitoisuuksissa. Yhteisarvioinnin piiriin ei ole sisällytetty magnesiaa, jonka suhteelliseen pitoisuuteen perustuva arviointi antaa väärän kuvan turpeitten trofiasta.

On erittäin vaikeaa rajoittaa kunkin ravinteen osalta sellaiset pitoisuudet, joiden puitteissa niitä voidaan sanoa olevan runsaasti, tyydyttävästi tai niukasti. Tähän tietenkin olisi pyrittävä, joskin tulos on aina tulkinnanvarainen. Tällaista jaoittelua vaikeuttaa lisäksi ojituksen jälkeen tapahtuva kehitys, jonka seurauksena ravinnepitoisuudet usein muuttuvat. Näiden mukaan olisi taas ehkä syytä muuttaa myös jaoitteluperusteita. Pintaturpeen kemiallisen koostumuksen tarkkailu vaatisi ojituksen jälkeen melkoisesti pitempiaikaisia tutkimuksia kuin mitä on käytettävissä tällä hetkellä. Aineiston puitteissa sovelletaankin soitten luokittelussa suhteellista vertailutapaa, jonka perustana on reaktion, raakatuhkan ja ravinteiden mukainen suotyyppien turvealustan »hyvyysjärjestys».

Edellä mainituissa kuvissa 3, 5, 7, 9, 13 ja 15 on kunkin suotyypin nimilyhennyksen ja ojituskelpoisuutta tarkoittavan hyvyysluokan (I—V) alla sijalukua osoittava numero. Laskemalla yhteen reaktion, raakatuhkan, typen ja kalkin aiheuttamat sijaluvut saadaan suotyypin perus-

arvioinnin suhdeluku. Jos tähän lisätään fosforin ja kalin aiheuttamat sijaluvut, saadaan yhteisarvioinnin suhdeluku. Jonkin yksityisen suon suhdeluvun saamiseksi on ensinnä määritettävä erikseen em. pH:n, raakatuhkan, typen, CaO:n, P_2O_5:n ja K_2O:n aiheuttamat sijaluvut. Tätä varten verrataan saatua analyysitulosta kunkin em. ominaisuutensa puolesta eri suotyyppien turvealustan vastaaviin arvoihin ja määritetään mitä suotyyppiä lähinnä ko. suo on kunkin ominaisuutensa puolesta. Sijaluvuiksi otetaan niiden suotyyppien sijaluvut, joiden tyyppien arvoja lähinnä saadut analyysitulokset kussakin tapauksessa ovat. Laskemalla yhteen näin saadut sijaluvut em. tapaan saadaan kullekin suolle perusarvioinnin ja yhteisarvioinnin suhdeluvut.

Edellä esitetyllä arvioimistavalla on eittämättä omat varjopuolensa. Pelkän sijaluvun arvioinnin ei tarvitse — asiaa kemiallisesti, biologisesti tai matemaattisesti ajatellen — antaa läheskään aina todellista kuvaa soitten keskinäisistä paremmuussuhteista. Mahdollisimman oikean suhdeluvun saaminen edellyttää, että kunkin ominaisuuden teoreettisesti korkeimman sijaluvun on oltava aina sama, sillä erot saattaisivat vaikuttaa yksityisissä tapauksissa eri lailla. Jos taas suossa saattaisi jokin ravinne teoreettisesti ajatellen puuttua melkein kokonaan, olisi tällainen suo saman veroinen huonoimman keskiarvon omaavan suotyypin kanssa. Sama toteamus pitää paikkansa toisena ääriarvona myös silloin, jos jonkin suon yksi tai useampi pitoisuus on esitettyjä keskiarvoja korkeampi. Lisäksi ovat eräät keskiarvoista jopa samoja ja useat peräkkäiset niin lähellä toisiaan, ettei tällä perusteella saaduilla suhdeluvuilla ole käytännöllistä eroa. Aikaisemmassa yhteydessä on kuitenkin todettu positiivinen korrelaatio perusarviointiin mukaan otettujen raakatuhkan, typen, kalkin ja pH-lukeman välillä. Tämä osaltaan pienentää syntyvien virheitten suhteellista suuruutta. Suotyyppien suhdelukujen laskentaan käytettyjen sijalukujen määritys pohjautuu useissa tapauksissa melko runsaaseen aineistoon, joten pientenkin erojen huomioon ottaminen on tässä tapauksessa puolustettavissa. Yksityisten soitten suhdeluvut ovat kuitenkin syntyneille virheille kaikkein altteimpia. Aineiston kasvaessa virheet todennäköisyyden mukaan kumoavat toisiaan, koska pitoisuuksien vaihtelut ovat yleensä melko suuria.

Varsinaisen sijalukujärjestelmän asemesta voitaisiin tosin käyttää esim. jonkinlaista pistelaskutapaa, jossa kunkin ravinteen määrätyllä vaihtelulaajuudella olisi oma pistearvonsa. Tällöin tulisi kukin ravinne jaetuksi osajaksoihin, joiden joukosta olisi löydettävissä aina saman arvoisia jaksoja eri ravinteiden kohdalla. Näin jouduttaisiin kuitenkin suorittamaan kunkin ravinteen osalta jako ja samalla lisäksi pistearviointiin perustuva eri ravinteiden pitoisuuksien saman arvoisiksi rinnastaminen. Tähän ei kuitenkaan haluta ryhtyä aikaisemmin mainituista syistä (vrt. s. 78).

Kaikista virhemahdollisuuksista huolimatta on päädytty edellä esitettyyn suhdelukujärjestelmään, joka suureen aineistoon perustuen antanee soitten suhteellisesta paremmuusjärjestyksestä riittävän oikean kuvan.

Taulukossa 25 esitetään tutkitut suotyypit perusarvioinnin ja yhteisarvioinnin suhdelukujen mukaisissa paremmuusjärjestyksissä, joiden ohella esitetään lisäksi kunkin suotyypin metsäojitusarvon mukainen hyvyysluokka sekä perusarvioinnin ohella yksityisten tyyppien puitteissa esiintyvät suhdelukuvaihtelut. Perus- ja yhteisarvioinnin järjestykset poikkeavat toisistaan varsinkin alkupään osalta. Perusarvioinnin mukainen paremmuusjärjestys on lähempänä kasvillisuusboniteetin mukaan laadittua jaoittelua kuin yhteisarviointiin perustuva, jossa erikoisesti ruoho- ja heinäkorpien, varsinaisten korpien sekä suursaranevojen asema on edelliseen verrattuna huomattavasti edullisempi. Toisaalta taas lettojen varsin yleiseksi todettu fosforiköyhyys aiheuttaa niiden aseman suhteellisen heikentymisen.

Taul. 25. Suotyypit perus- ja yhteisarvioinnin suhdelukujen määräämässä järjestyksessä.

Tab. 25. Die Moortypen in der Reihenfolge nach den Verhältniszahlen der Grund- und Gesamtschätzung.

Perusarviointi			Suhdeluvun vaihtelut	Yhteisarviointi		
Suotyyppi	Hyvyysluokka	Suhdeluku		Suotyyppi	Hyvyysluokka	Suhdeluku
VL ...	I	12	17—25	LR	I	21
LR ...	I	13	20—29	RhK ..	I	24
RiL ..	III	17	12—45	RiL ...	III	26
RhK ..	I	19	7—40	LK ...	I	35
LK ...	I	23	14—29	VK ...	II	37
SN ...	III	28	30—52	VL	I	39
RhSR .	II	30	26—41	SN	III	40
VK ...	II	32	17—57	RhSR .	II	49
HSR ..	IV	34	26—61	RiN ..	IV	54
RiN ..	IV	36	30—60	HSR ..	IV	60
VSR ..	III	42	20—55	VSR ..	III	63
NK ...	III	44	26—58	KR ...	III	67
KN ...	IV	45	25—57	NK ...	III	70
KR ...	III	51	35—55	KN ...	IV	70
IR	IV	60	36—68	IR ...	IV	83
ITR ..	IV	63	48—68	ITR ..	IV	90
RR ...	V	63	51—68	RR ...	V	90

Mikäli halutaan vertailla edellä esitettyä suhdelukujärjestelmää aikaisempaan käsitykseen soittemme hyvyydestä, niin parhaana vertailuperustana voidaan pitää Lukkala — Kotilaisen (1951) esittämää metsäojitus- ja viljelysarvoluokittelua. Vertailussa on kemiallisella puolella kiinnitetty pääpaino perusarviointiin, jonka perusteella saadut suhdeluvut jaetaan hyvyysluokkiin seuraavasti:

Hyvyysluokka		Sijaluku
I	Erittäin hyvät	4—25
II	Hyvät	26—35
III	Tyydyttävät	36—45
IV	Välttävät	46—55
V	Huonot	56—68

Lisäksi on otettu huomioon jossain määrin myös yhteisarviointi, mikäli se olennaisesti poikkeaa edellisestä.

Korvet

Ruoho- ja heinäkorpien suhdeluvut vaihtelevat 7—40. Suurin osa niistä on ravinnepitoisuuksiltaan erittäin hyviä. Lisäksi ne useimmiten vielä sisältävät suhteellisen paljon fosforia ja kalia. Kuivatuksen jälkeinen metsänkasvu on yleensä voimakas. Vaikka osa näistä onkin ravinnepitoisuuksiltaan vain hyviä tai tyydyttäviä, on näilläkin metsänkasvu ollut hyvä. Korkeimman suhdeluvun 40 omaava suo (Vilppula 2) on ojituksen jälkeen 40 vuodessa tuottanut puuta 194 m^3/ha, vaikka ojitushetkellä puustoa ei ollut juuri lainkaan. Vuotuinen kasvu on ollut keskim. 4.9 m^3/ha. Parhaat ruoho- ja heinäkorvet vastaavat ravinnepitoisuuksiltaan käsitystä niiden metsäojitusarvosta (8—9), joka huonoimmissakin on niiden ravinnepitoisuuksien edellyttämiä arvoja ehkä hieman korkeampi. Viljelysarvoon (8—9) verrattuna ovat parhaat sen mukaisia, mutta huonommat heikompia kuin tämä edellyttää.

Varsinaisten korpien suhdeluvut vaihtelevat 17—57. Parhaat ovat usein välimuotoja ruoho- ja heinäkorpien sekä varsinaisten korpien välillä. Suhdeluvun 17 omaava suo (Vesijako 10 a) on paikka paikoin pintakasvillisuutensa puolesta melko lähellä ruoho- ja heinäkorpea. Ojituksen jälkeen tapahtunut puuston vuotuinen kasvu on vuosina 1941—49 ollut keskimäärin 6.1 m^3/ha. Toiseksi parhaan suhdeluvun (23) omaavan suon (Vesijako 8 b) keskimääräinen kasvu on vuosina 1940—48 ollut 8.8 m^3/ha. Suhdeluvun 55 omaavan suon (Vesijako 2 b) keskimääräinen kasvu on ollut vuosina 1932—41 3.1 m^3/ha ja vuosina 1942—49 4.9 m^3/ha. Em. koealojen ojituksen jälkeisiä 30—40 vuoden aikaisia kokonaistuottoja m^3:ssä ei pystytä määrittämään, koska tiedot alkuperäisestä puustosta ja aikaisemmista hakkuista puuttuvat. Varsinaisten korpien puitteissa esiintyvät pitoisuuksien vaihtelut näyttävät usein vaikuttavan niiden ojituksen jälkeiseen metsänkasvukykyyn, joka parhailla usein huomattavastikin ylittää tyypin keskimääräisen vuotuisen kasvun, mutta huonommilla saattaa jäädä melkoisesti sen allekin. Parhaat varsinaisista korvista ovat ravinnepitoisuuksiensa puolesta erittäin hyviä, kun taas huonoimmat ovat

tyydyttäviä ja eräissä tapauksissa jopa välttäviäkin. Metsäojitusarvoltaan ne ovat hyviä ja viljelysarvoltaan tyydyttäviä, joten ravinnepitoisuuksiltaan keskinkertaista paremmat vastaavat yleensä edellistä ja keskinkertaista huonommat jälkimmäistä käsitystä. Varsinkin pintakasvillisuutensa puolesta heikoissa korvissa näyttää kemiallinen tutkimus antavan osaltaan apua määritettäessä edeltä käsin suon ojituksen jälkeistä tuottokykyä.

Nevakorvet ovat tyyppinä eräitten korpien ja nevojen välimuotoja, ja ravinnepitoisuuksissa on jo tästä johtuen melkoisia vaihteluita. Suhdeluvut ovatkin 26—58. Kaiken todennäköisyyden mukaan on nevakorpia, joiden suhdeluku on em. minimiä vielä selvästi alhaisempi. Suhdeluvun 26 omaava nevakorpi (Lapinjärvi 13) on v. 1936 ojitettu ja oli sillä v. 1947 puusto 69 m^3/ha ja vuotuinen kasvu 5.3 m^3/ha. Toiseksi parhaana, suhdeluvulla 34, on v. 1909 ojitettu suo (Vilppula 26). Keskimääräinen kasvu vv. 1936—40 on ollut 6.2 m^3/ha ja 1941—47 6.1 m^3/ha. Kokonaistuotto on v. 1947 ollut 196 m^3/ha. Huonoimman sijaluvun 58 omaava suo (Vilppula 16 b) on keskimääräiseltä kasvultaan ollut vv. 1928—34 4.3 m^3/ha ja 1935—47 5.8 m^3/ha. Kokonaistuotto oli v. 1947 177 m^3/ha. Tyypin kemiallisen laadun suhde metsäojitus- ja viljelysarvoihin on likipitäen samanlainen kuin varsinaisissa korvissakin.

Lettokorvissa vaihtelevat suhdeluvut 14—29. Koska tyypin tutkimusaineisto on suhteellisen suppea, on varsin todennäköistä, että sen puitteista puuttuvat sellaiset lettokorvet, joiden suhdeluvut olisivat em. minimiä melkoisesti alhaisempia. Tutkitut tyypin edustajat ovat yleensä hiljattain ojitettuja, joten tässä yhteydessä ei voida varsinaisesti kiinnittää huomiota niiden metsänkasvuun. Ravinnepitoisuuksiltaan lettokorvet ovat yleensä erittäin hyviä, joka täysin vastaa käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvosta.

Lisäksi on tutkittu muutamia näytteitä eräiltä muiltakin korpityypeiltä. Näistä ovat lehtokorvet erittäin hyviä, kangaskorvet hyvistä välttäviin ja rääseikkökorvet tyydyttäviä ja välttäviä.

Rämeet

Ruohoisten sararämeitten suhdeluvut vaihtelevat 26—41. Parhaat suhdeluvut (26, 27 ja 31) omaavilla soilla (Pyhäkoski 2 d, 2 c ja 2 b) ovat keskimääräiset kasvut olleet vv. 1946—51 4.6 m^3/ha, 5.6 m^3/ha ja 5.4 m^3/ha. Tällöin niitten ojitusikä on ollut 17—19 vuotta. Puustot ovat v. 1945 olleet 21—41 m^3/ha. Vastaavasti huonoimman sijaluvun 41 omaavalla suolla (Vilppula 17 b) on n. 25 v. ojituksen jälkeen, v. 1945, ollut puusto 131 m^3/ha ja keskimääräinen vuotuinen kasvu vv. 1936—40 5.2 m^3/ha. Ravinnepitoisuuksiltaan ruohoiset sararämeet ovat suurimmaksi

osaksi hyviä, ainoastaan pieni osa on tyydyttäviä. Tämä vastaa käsitystä näiden metsäojitus- ja viljelysarvoista (6—7).

Varsinaisten sararämeitten suhdeluvut vaihtelevat 20—55. Parhaimmat suhdeluvut 20 ja 26 omaavat suot ovat rinnakkaiskoealoja (Vilppula 10 b ja 10 a), joilla ojitettaessa v. 1909 oli molemmilla puusto n. 7 m^3/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut vuoteen 1928 mennessä olivat 3.8 ja 3.6 m^3/ha ja vastaavasti vv. 1940—47 6.4 ja 7.1 m^3/ha. Puustot olivat v. 1947 201 m^3 ja 197 m^3/ha. Suhdeluvut 35 ja 37 omaavat suot ovat samalta alueelta kuin edellisetkin (Vilppula 7 b ja 8 a). Ojitettaessa oli niillä puusto 6 ja 3 m^3/ha ja keskimääräiset vuotuiset kasvut vuoteen 1928 mennessä 4.2 ja 1.8 m^3/ha ja vastaavasti vv. 1940—47 6.2 ja 5.6 m^3/ha. Puustot olivat v. 1947 171 m^3 ja 115 m^3/ha. Huonoimmat suhdeluvut omaavat suot ovat niin hiljan ojitettuja, ettei vastaavia tietoja niiden metsänkasvusta ole käytettävissä. Parhaat varsinaisista sararämeistä ovat ravinnepitoisuuksiltaan hyviä, jopa eräät erittäin hyviä, jota jo vuotuiset kuutiokasvutkin osoittavat. Noin puolet on vastaavasti tyydyttäviä, vieläpä eräs välttäväkin. Keskimääräinen kemiallinen hyvyys vastaa likipitäen käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvoista (4—5). Koska pitoisuusvaihtelut ovat melkoisen suuret, voi kemiallinen tutkimus ennen ojitusta osaltaan olla apuna määritettäessä kuivatuksen jälkeistä metsäntuottokykyä.

Huonohkojen sararämeitten suhdeluvut vaihtelevat 26—61. Ne suot, joilla on paras suhdeluku, ovat kaikki maamme pohjoisosassa. Vertailukelpoisten tuottolukujen esittäminen huonohkoilta sararämeiltä on aineiston puitteissa vielä mahdotonta, koska ne ovat vasta hiljan ojitettuja. Ravinnepitoisuuksiltaan ovat huonohkot sararämeet suurimmaksi osaksi tyydyttäviä ja välttäviä. Lisäksi on osa hyviä, mutta niiden ohella on varsin yleisesti huonojakin. Tyypin keskimääräiset ravinnepitoisuudet ovat korkeampia kuin niiden metsäojitus- ja viljelysarvot (2—3) edellyttävät. Koska vaihtelut tyypin puitteissa ovat varsin suuret, voinee kemiallinen tutkimus ennen kuivatusta osaltaan olla apuna määritettäessä tulevaa metsäntuottokykyä.

Korpirämeitten suhdeluvut vaihtelevat 35—55. Tyypin tutkitut suot ovat niin hiljan ojitettuja, ettei vertailukelpoisia tuottolukuja ole vielä käytettävissä. Ravinnepitoisuuksiltaan ne ovat tyydyttäviä ja välttäviä. Niiden kemiallisten ominaisuuksien mukainen hyvyys vastaa aikaisempaa käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvoista (3—5).

Isovarpuisten rämeitten suhdeluvut vaihtelevat 36—68. Suhdeluvut 36—40 omaavat suot (Pohjankangas 11 b ja 11 a) ovat rinnakkaiskoealoja, joiden ojitusvuotta ei tarkalleen tiedetä (n. v. 1905). V. 1933 olivat niiden puustot 80 m^3/ha ja 62 m^3/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut olivat vv. 1934—40 3.4 m^3/ha ja 1.8 m^3/ha ja vv. 1941—48 4.7 m^3/ha ja 3.6 m^3/ha. Suhdeluvut 56 ja 65 omaavilla soilla (Vilppula 3 ja 4) puustot

olivat ojitettaessa v. 1909 70 m³/ha ja 47 m³/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut olivat vv. 1935—39 1.4 m³/ha ja 1.5 m³/ha ja vv. 1940—47 molemmilla 1.3 m³/ha. Ainoastaan alle 10 % isovarpuisista rämeistä on ravinnepitoisuuksiltaan tyydyttäviä enemmistön ollessa huonoja. Metsäojitus- ja viljelysarvoltaan useimmat niistä ovat välttäviä (2—3), joten ravinnepitoisuuden mukainen hyvyys ei läheskään aina vastaa edes em. käsitystä. Ennen isovarpuisten rämeitten ojitusta onkin kemiallinen tutkimus tarpeen, koska ainoastaan parhaat voivat tavallisesti antaa riittävät edellytykset kuivatuksen jälkeiselle metsänkasvulle.

Tupasvillarämeitten suhdeluvut vaihtelevat 48—68. Parhaat suhdeluvut 48—52 omaavat suot (Pohjankangas 4 ja Ruotsinkylä 11 b) on ojitettu vuosina 1933 ja 1926, jolloin niiden puustot olivat 3 m³ ja 19 m³/ha. Keskimääräinen vuotuinen kasvu oli edellisellä v. 1941 2.3 m³/ha ja jälkimmäisellä vv. 1926—37 3.7 m³/ha. Puuston kehitys on jälkimmäisellä koealalla, jonka kasvipeitteessä oli jo ojitettaessa tupasvillan ohella sarojakin, myöhäisemmässä vaiheessa ollut erittäin edullinen, jota osoittaa varsin selvästi vuosien 1947—51 keskimääräinen kasvu 8.4 m³/ha. Tavallisuudesta poikkeavan runsas kasvu on havaittavissa muillakin em. suon saman tyypin koealoilla. Sijaluvut 66 ja 67 omaavat suot (Vilppula 6 a ja 6 b) ovat v. 1909 ojitettuja, jolloin niiden puusto oli 14 m³ ja 9 m³/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut ovat vv. 1910—47 vaihdelleet 0.7—1.8 m³/ha. Puuston kuutiomäärät ovat vuoteen 1947 mennessä nousseet 59 m³ ja 45 m³/ha. Tupasvillarämeet ovat ravinnepitoisuuksiltaan osittain välttäviä, mutta suureksi osaksi huonoja. Metsäojitus- ja viljelysarvoltaan ne ovat välttäviä (2—3), joten keskimääräinen ravinnepitoisuus on hieman alhaisempi kuin yleinen tyyppiarviointi edellyttää.

Rahkarämeitten suhdeluvut vaihtelevat 51—68. Parhaan suhdeluvun omaavan suon (Pohjankangas 12 a) ojitusvuotta (n. v. 1905) ei tarkalleen tiedetä. V. 1933 oli puusto 15 m³/ha ja keskimääräinen vuotuinen kasvu vv. 1932—48 0.3 m³/ha. Yleensä rahkarämeille on ominaista ravinteiden niukkuus, joka vastaa täysin käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvoista (1).

Lettorämeitten suhdeluvut vaihtelevat tutkitussa melkoisen pienessä aineistossa 20—29. Niissä esiintyvien ravinnepitoisuuksien perusteella näyttää varsin todennäköiseltä, että on olemassa sellaisiakin tyypin edustajia, joiden suhdeluku voi olla jopa minimiluku taikka ainakin hyvin lähellä sitä. Parhaan suhdeluvun 20 omaava suo (Teuravuoma 16 c) on ojitettu v. 1932, jolloin puusto oli 19 m³/ha. Vuoteen 1943 mennessä alalla on tapahtunut erittäin voimakasta taimettumista keskimääräisen vuotuisen kasvun ollessa 1.4 m³/ha. Huonoimman suhdeluvun 29 omaava suo (Vilppula 23 b) on ojitettu v. 1909, jolloin puustoa ei mitattu. V. 1934 oli puusto 128 m³/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut olivat vv. 1925—40

ja 1941—47 5.8 m³ ja 6.2 m³/ha. Kokonaistuotto oli 1935—47 93 m³/ha. Lettorämeille on tunnusomaista ravinnemäärien runsaus, joka vastaa käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvoista (7—9). Aineistosta puuttuvat kuitenkin tyypin rimpiset edustajat, joiden metsäojitusarvo on edellä esitettyä alhaisempi.

Nevat

Suursaranevojen suhdeluvut vaihtelevat 30—52. Tyypin parhaimpien ja huonoimpien soitten ojitusikä on niin lyhyt, ettei puuston kasvun vertailuun ole vielä tarpeeksi aineistoa. Suhdeluvun 39 omaava suo (Vilppula 15 a) on ojitettu v. 1909, jolloin sen kokonaispuusto oli alle 1 m³/ha, v. 1928 se oli 37 m³/ha. Keskimääräiset vuotuiset kasvut olivat vv. 1929—34, 1935—39 ja 1940—47 3.5 m³, 5.3 m³ ja 5.2 m³/ha. Valtaosa suursaranevoista on ravinnepitoisuuksiltaan tyydyttäviä, muut ovat joko hyviä tai välttäviä. Ravinnepitoisuudet vastaavat täten käsitystä niiden metsäojitus- ja viljelysarvoista.

Kalvakkanevojen suhdeluvut vaihtelevat 25—57. Valtaosa näistä Lukkala—Kotilaisen (1951) mukaan lasketaan kuuluviksi kalvakoihin suursaranevoihin. Tästä huolimatta on ne osittain käsitelty Lukkala—Kotilaisen (1945) mukaisesti itsenäisenä tyyppinä. Koska tyypin puitteisiin kuuluu hyvin eriarvoisia soita, johtuvat suhdelukujen suuret vaihtelut osittain jo tästä. Kalvakkanevoja esiintyykin kaikissa ravinnepitoisuusluokissa, joka osoittaa tyyppiin tosiaan kuuluvan hyvin epähomogeenista ainesta. Vertailun osalta viitataan niihin tyyppeihin, joihin kalvakkanevat uuden tyyppijaoittelun puitteissa kussakin erillisessä tapauksessa joutuvat.

Rimpinevojen suhdeluvut vaihtelevat 30—60. Ojituksen jälkeinen metsittyminen on hyvin vaikeaa. Eri suhdeluvut omaavien soitten välillä ei tässä suhteessa näytä olevan eroja. Parhaat rimpinevat ovat ravinnepitoisuuksiltaan hyviä ja valtaosa on tyydyttäviä, joten niiden ravinnepitoisuuksien mukainen hyvyys on huomattavasti korkeampi kuin niiden metsäojitusarvo (1—2). Parhaitten rimpinevojen ravinnepitoisuus vastaa käsitystä ruohoisten rimpinevojen viljelysarvosta (5—7), valtaosan ravinnepitoisuudet taas vastaavat käsitystä varsinaisten rimpinevojen viljelysarvosta (3—5). Varsin vähäinen osa niistä on pitoisuuksiltaan heikompia kuin niiden viljelysarvo edellyttää, vastaten jopa käsitystä rimpinevojen metsäojitusarvosta.

Tutkitut rahkanevat ovat ravinnepitoisuuksiltaan huonoja taikka huonoimpia välttävistä.

Lyhytkortisten nevojen ja lettonevojen ravinnepitoisuuksien määrittämiseksi ei ole ollut käytettävissä riittävää aineistoa ojitetuilta soilta.

Letot

Varsinaisten lettojen suhdeluvut vaihtelevat tutkitun aineiston puitteissa 17—25. Yksityisten pitoisuuksien perusteella näyttää siltä, että on sellaisiakin lettoja, joiden suhdeluku on mahdollisimman pieni tai ainakin hyvin lähellä sitä. Aineiston käsittämät tutkitut letot ovat maamme pohjoisosassa ja melko hiljan ojitettuja, joten vertailukelpoisten tuottolukujen esittäminen on vielä mahdotonta. Tutkituille varsinaisille letoille on ominaista ravinnemäärien runsaus, mikä vastaa käsitystä niiden viljelysarvosta (7—9). Samalla se on hyvin lähellä käsitystä niiden metsäojitusarvosta (6—7). On kuitenkin huomattava, että varsinaiset letot ovat keskimäärin suhteellisesti varsin fosfori- ja kaliköyhiä.

Rimpilettojen suhdeluvut vaihtelevat 12—45. Ne ovat kaikki melko hiljan ojitettuja, joten varsinaisten tuottolukujen ei tarvitse antaa niiden hyvyydestä oikeaa kuvaa. Yhteisenä piirteenä niille on kuivatuksen jälkeisen luontaisen ja keinollisen metsittymisen vaikeus. Ravinnepitoisuuksiltaan on valtaosa niistä erittäin hyviä vähemmistön ollessa tyydyttäviä. Koska ne ovat keskimäärin fosfori- ja kalipitoisuuksiltaan muitten ojitettuina metsää kasvavien soitten veroisia, ei tämänkään pitäisi olla metsittymisen esteenä. Ravinnepitoisuuksiltaan ovatkin tutkitut rimpiletot selvästi parempia kuin niiden viljelysarvo (4—7) ja metsäojitusarvo (3—4) edellyttävät.

Loppukatsaus

Turpeen pintakerroksen ojituksen jälkeiseen kasvinjäännöskoostumukseen vaikuttaa kuivatuksen seurauksena nopeutunut maatuminen. Pintakasvillisuuden, varsinkin puuston, kehittyessä ojituksen jälkeen muodostuvat sen jäännökset olennaiseksi tekijäksi jäännöskoostumuksessa, jossa muutos alkaa varsin yleisesti näkyä alun perin puuttomilla soilla tavallisesti n. 20 vuoden kuluttua ojituksen jälkeen. Tällöin rahkanjäännösten suhteellinen osuus vähenee sarojen, heinien, puiden ja varpujen osuuden kasvaessa. Parhaissa soissa saavuttavat n. 15—30 vuoden kuluttua heinämäisten kasvien jäännökset maksimin ja puusto ylittää tavallisesti samanaikaisesti 100 m^3/ha rajan. Keskinkertaisissa soissa saavuttavat heinämäisten kasvien jäännökset em. maksimin n. 30 vuoden kuluttua ojituksen jälkeen, ja puusto saavuttaa niillä tavallisesti seuraavan 10 vuoden kuluessa 100 m^3/ha rajan. Kummankin em. suoryhmän kehityksen jatkuessa lisääntyy puumaisten jäännösten suhteellinen osuus muiden turvetekijäin kustannuksella. Kaikkein huonoimmilla soilla ei ainakaan toistaiseksi ole havaittavissa pintakerroksen kasvinjäännöskoostumuksessa paljoakaan muutoksia, vaan selvänä valtaosana mahdollisten puunjäännösten ohella ovat yhä edelleen rahkasammalten jäännökset.

Happamuusolosuhteissa tapahtuu yleensä ojituksen jälkeen vähäinen huonontuminen, joka n. 70 %:ssa soita on jatkunut hitaana vuosikymmenien ajan. Alun perin lievästi happamien soitten pH-lukeman aleneminen on varsin yleisesti suurempi kuin happamien soitten. Ojitusta edeltänyt järjestys säilyy tavallisesti kuitenkin tapahtuneista muutoksista huolimatta. Suotyyppien kasvillisuusboniteetin mukainen hyvyysluokittelu on useimmiten selvässä korrelaatiossa pH-lukeman kanssa.

Pintaturpeen raakatuhkapitoisuuksissa ei S-turpeissa ojituksen jälkeen yleensä ole havaittavissa selviä muutoksia, vaikka kasvinjäännöskoostumus on saattanut muuttua alkuperäistä selvästi puuvaltaisemmaksi. Tässä suhteessa näyttävät puun- ja rahkanjäännökset olevan samanveroisia. Saraturpeissa tapahtuu ensin maatumisen vaikutuksesta pitoisuuden nousu, joka niukasti raakatuhkaa sisältävien puunjäännösten suhteellisen määrän lisääntyessä muuttuu pieneneväksi. Ruskosammalsara-

turpeitten kuivatuksen jälkeisiä muutoksia on pystytty seuraamaan vasta varsin lyhyenä ajanjaksona, jonka kuluessa raakatuhkapitoisuus on noussut. Tämä voi johtua turvelajin muita nopeammasta maatumiskyvystä tai vielä suhteellisen heikon puuston osuudesta. Mainitut raakatuhkapitoisuuden muutokset ovat kuitenkin yleensä niin pieniä, että alkuperäisellä pitoisuudella on useimmiten ratkaiseva merkitys. Yleensä hyvyysluokaltaan heikkojen suotyyppien tuhkapitoisuudet ovat lisäksi kaikkein alhaisimpia.

Pintaturpeen ojituksen jälkeen tapahtuva aikaisempaa nopeampi maatuminen lisää yleensä kaikkien turvelajien typpipitoisuutta. Metsittymisen yhteydessä esiintyvä karikemäärän lisääntyminen parantaa »rahkaturpeitten» N-pitoisuutta, mutta vastaavasti alentaa sitä »saraturpeissa», joissa maatumisaste usein myös samanaikaisesti alenee karikesadon riittävästi kasvaessa. pH-lukeman ollessa alle 4.0—4.5 näyttää siltä, että typen mobilisaatio on niin hidasta, että kuivatuksen jälkeinen metsänkasvu on heikkoa. Tällaisten soitten tavallisesti muutenkin alhaiset ravinnepitoisuudet vaikuttanevat samaan suuntaan. On mahdotonta määrätä sellaisia N-pitoisuuden tarkkoja arvoja, joista ylöspäin typen mobilisaatio eri ilmastollisissa oloissa on riittävä, koska muut olosuhteet, kuten reaktio, raakatuhkapitoisuus, muiden ravinteiden määrät ym. seikat näyttävät varsin olennaisesti vaikuttavan tähän. Kaikkein huonoimpien suotyyppien keskimääräinen typpipitoisuus on kuitenkin tavallisesti alle 1.7 %. Yleensä N-pitoisuuden ja kasvillisuusboniteetin mukaisen hyvyyden välillä on havaittavissa positiivinen korrelaatio.

Kuivatuksen jälkeen tapahtuu soissa pintaturpeen kalkkipitoisuuden pienentymistä. Tämä ei yksistään voi johtua kasvinjäännöskoostumuksen muutoksista, vaan on sitoutunut niihin ojituksen jälkeisiin tapahtumiin, joiden seurauksena mm. metsittyminen on. CaO-pitoisuuden pienenemisen määrä ei myöskään näytä olevan sanottavasti riippuvainen pintakasvillisuuden itseensä sitomien kalkkimäärien suuruudesta. Kalkkia runsaasti sisältävien soitten CaO-pitoisuus pienenee yleensä enemmän kuin kalkkia niukasti sisältävien, alkuperäisen järjestyksen kuitenkin yleensä säilyessä. Runsaasti tupasvillaa kasvavien soitten CaO-pitoisuus on usein tavallista alhaisempi. Suotyyppien kalkkipitoisuudet osoittavat useimmiten samalla niiden kasvillisuusboniteetin mukaista hyvyyttä.

Turpeissa on magnesiaa huomattavasti niukemmin kuin kalkkia, joskin vaihtelut ovat erittäin suuret. Runsaimmin sitä on ruskosammalsaraturpeissa, mutta pintakerroksen rahkaturpeet ovat varsin yleisesti magnesiapitoisempia kuin saraturpeet. Soitten magnesiapitoisuudet eivät näytä millään lailla vaikuttavan niiden kuivatuksen jälkeiseen metsänkasvuun. Tätä osoittaa jo sekin, ettei magnesiamäärien suhteellisen runsauden tarvitse osoittaa kasvillisuusboniteetin mukaista hyvyyttä.

Puhtaat saraturpeet ovat olleet tutkitussa aineistossa suhteellisesti kaikkein fosforirikkaimpia ja rahkaturpeet kaikkein köyhimpiä. Turpeen pintakerroksessa ilmenee yleisesti kuivatuksen jälkeen fosforipitoisuuden alenemista, joka on suurin alunperin parhaissa turpeissa. Alkuperäinen järjestys on ainakin tutkittuna kehityskautena yleensä säilynyt. Eräissä saraturpeissa saattaa kuitenkin välittömästi ojituksen jälkeen tapahtua P_2O_5-pitoisuuden nousuakin, joka johtunee mm. maatumisasteen noususta, mikrobien elinedellytyksien paranemisesta sekä kasvillisuuden muutoksesta johtuneen fosforirikkaamman pintaturpeen muodostumisesta. Niitä syitä, jotka aiheuttavat varsin yleisesti fosforipitoisuuden alenemisen, ei ole lähemmin tutkittu. Tämä ilmiö saanee ainakin osittain selityksensä fosforiköyhien karikkeiden suhteellisen määrän kasvusta sekä kuivatuksen jälkeen muuttuneista ulkoisista olosuhteista, joissa raudan saostuminen mm. fosfaattina ei ole enää mahdollista ainakaan siinä määrin kuin ojittamattomilla soilla. Vaikka suotyyppien kasvillisuusboniteetin mukainen paremmuusjärjestys osittain vastaakin fosforipitoisuuden mukaista hyvyysluokittelua, ei tälle kuitenkaan voi panna liian suurta painoa, koska yksityisten tyyppien puitteissa esiintyvät vaihtelut ovat paikallisista olosuhteista riippuen erittäin suuret.

Turvelajien kalipitoisuudet ovat hyvin selvästi paikallisista olosuhteista riippuvaisia, josta syystä vaihtelut voivat eräissä tapauksissa olla erittäin suuret. Kalipitoisuudella ja muiden ravinteiden mukaisella hyvyydellä ei näytä olevan paljoakaan samankaltaisuutta. Kuivatuksen jälkeen ei ole havaittu pitoisuuksissa missään vaiheessa selvää nousua tai laskua.

Ojitettujen soitten puuston kasvu näyttää olevan varsin olennaisesti riippuvainen alkuperäisestä suotyypistä, jonka kemialliset ominaisuudet suurin piirtein vastaavat käsitystä kasvillisuusboniteetin mukaisesta hyvyydestä.

Soittemme kuivatuksen jälkeisen metsittymisen seurauksena ei ainakaan vielä kehityksen nykyvaiheessa ole havaittavissa sellaista ravinteiden vähentymistä, joka voisi estää jo alkaneen metsänkasvun. Näyttää päin vastoin siltä, että ojituksen aikaisella tai sen jälkeen syntyneellä metsällä on jatkuvasti riittävät elinmahdollisuudet, mikäli ravinnepitoisuuksien ym. puolesta varsinainen metsänkasvu on päässyt kunnolla alkamaan.

Kirjallisuusluettelo

Aaltonen, V. T. 1940. Metsämaa. Porvoo — Helsinki.

—»— 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 37. 8.

Aarnio, B. 1928. Die Veränderung des Aziditätsgrades durch Trocknen der Bodenproben. Agrogeol. julk. 26.

Anttinen, Olavi. 1928. Turpeiden ja turvelaaturyhmien tuhka-ainemääristä. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1927.

Auer, Väinö. 1922. Suotutkimuksia Kuusamon ja Kuolajärven vaara-alueilta. Metsätiet. koelait. julk. 6.

Backman, A. L. 1919. Torvmarksundersökningar i mellersta Österbotten. Acta forest. fenn. 12.

Bersch, Wilhelm. 1910. Die »Humussäuren» des Moortorfes. Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 8.

Brenner, Widar. 1924. Über die Reaktion finnländischer Böden. Agrogeol. julk. 19.

— » — 1930. Beiträge zur edaphischen Ökologie der Vegetation Finnlands. Acta bot. fenn. 7.

Cajander, A. K. 1913. Studien über die Moore Finnlands. Acta forest. fenn. 2.

Clark, H. W. ja Adams, G. O. 1912. J. Engin. Chem. 4. Ref. Waksman (1931).

Christophersen, Erling. 1925. Soil Reaction and Plant Distribution in, the Sylene National Park, Norway. Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Scienses. 27. New Haven, Connecticut.

Djurle, O. 1933. Några aktuella frågor vid torvmarkernas utnyttjande för odling. Svenska Mosskulturföreningens tidskrift 1933.

Ebermayer, Ernst. 1876. Die gesamte Lehre der Waldstreu mit Rücksicht auf die chemische Statik des Waldbaues. Berlin.

Granlund, Erik. 1932. De svenska högmossarnas geologi, deras bildningsbetingelser, utvecklingshistoria och utbredning jämte sambandet mellan högmossbildning och försumpning. Sveriges Geologiska Undersökning. C 373.

Gully, Eugen. 1909. Über die Beziehungen zwischen Vegetation, chemischer Zusammensetzung und Düngerbedürfnis der Moore, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis der Moore Süd-Bayerns. Mitt. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt. 3.

—»— 1913. Untersuchungen über die Humussäuren III. Die chemische Zusammensetzung und das Basenabsorptionsvermögen der Sphagnen, die Abhängigkeit derselben vom Standorte und die Bedeutung der einzelnen Nährstoffe bei der Bildung von Hochmoor. Mitt. d. K. Bayr. Moorkulturanstalt. 5.

Heikurainen, Leo ja Huikari, Olavi. 1952. Turvelajin mikroskooppinen määrittäminen. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 40. 5.

Hjertstedt, Herman. 1932. Torvjordarnas kalk- och kvävehalt i olika delar av Sverige. Svenska Mosskulturföreningens tidskrift 1932.
—»— 1936. Torvjordarnas beskaffenhet i olika län med avseendet på torvslag och förmultningsgrad samt kalk- och kvävehalt. Svenska Mosskulturföreningens tidskrift 1936.
Huikari, Olavi. 1951. Havaintoja ojitettujen rimpinevojen taimettumista ehkäisevistä tekijöistä. Suo N:o 1.
—»— 1953. Tutkimuksia ojituksen ja tuhkalannoituksen vaikutuksesta eräiden soiden pieneliöstöön. Metsäntutk. lait. julk. 42. 2.
Isotalo, Aimo. 1951. Studies on the ecology and physiology of cellulose-decomposing bacteria in raised bogs. Acta agralia fenn. 74.
—»— 1952. Rahkasoiden viljelyksestä. Suo N:o 2.
Kaila, Armi. 1948. Viljelysmaan orgaanisesta fosforista. Valtion maatalouskoetoiminnan julkaisuja 129.
Keltikangas, Valter. 1945. Ojitettujen soitten viljavuus eli puuntuottokyky metsätyyppiteorian valossa. Acta forest. fenn. 53. 1.
Kivekäs, Jorma. 1937. Ojituksen ja maanparannusaineiden vaikutuksesta turpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Metsätal. aikak. kirja. 1937. 3.
Kivinen, Erkki. 1931. Turvekerrosten paksuuskasvusta. Maatalous. 24.
—»— 1932. *Sphagnum*-lajien reaktiosta. Agrogeol. julk. 33.
—»— 1933. Suokasvien ja niiden kasvualustan kasvinravintoainesuhteista. Acta agralia fenn. 27.
—»— 1935. Über Elektrolytgehalt und Reaktion der Moorwässer. Agrogeol. julk. 38.
—»— 1948. Suotiede. Porvoo — Helsinki.
Kotilainen, Mauno J. 1928. Untersuchungen über die Beziehungen zwischen der Pflanzendecke der Moore und der Beschaffenheit, besonders der Reaktion des Torfbodens. S. Suovilj. yhd. tiet. julk. 7.
—»— 1933. Zur Frage der pH-Amplitude einiger Moorpflanzen. Kritische Bemerkungen. S. Suovilj. yhd. tiet. julk. 13.
Lukkala, O. J. 1929 a. Tutkimuksia soiden metsätaloudellisesta ojituskelpoisuudesta erikoisesti kuivatuksen tehokkuutta silmällä pitäen. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 15.
—»— 1929 b. Über der Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf denselben. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 13.
—»— 1937. Nälkävuosien suonkuivausten tuloksia. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 24. 3.
—»— 1951. Kokemuksia Jaakkoinsuon koeojitusalueelta. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 39. 6.
—»— ja Kotilainen, Mauno J. 1945. Soiden ojituskelpoisuus. Helsinki.
—»— ja Kotilainen, Mauno J. 1951. Soiden ojituskelpoisuus. Helsinki.
Lundblad, Karl. 1935. Jordmånsundersökningar på Svartökärr. Svenska Mosskulturföreningens tidskrift. 1935.
—»— 1941. Försök med fosfatrik jord från Svartökärr. Svenska Vall- och Mosskulturföreningens Meddelanden. 6.
Malm, E. A. 1908. Selonteko suomaatutkimuksista Kajaanin kihlakunnassa Oulun lääniä. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1905.
—»— 1911. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista II. Lohjan kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1910.
—»— 1912. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista III. Lapin kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1911.

Malm, E. A. ja Rancken, Holger. 1914. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista IV. Raaseporin kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1913.

—»— 1915. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista V. Helsingin kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1914.

—»— 1916. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista VI—VIII. Halikon, Piikkiön ja Maskun kihlakunnat. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1915.

—»— 1917. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista IX. Loimaan kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1916.

Malmström, Carl. 1923. Degerö stormyr. Meddel. från statens skogsförsöksanst. 20.

—»— 1928. Våra torvmarker ur skogsdikningssynpunkt. Meddel. från statens skogsförsöksanst. 24.

Melin, E. 1917. Studier över de norrländska myrmarkernas vegetation med särskild hänsyn till deras skogsvegetation efter torrläggning. Uppsala.

Mentz, A. 1912. Studier over danske Mosers recente Vegetation. Botanisk Tidskrift. 31.

Metsävainio, Kaarlo. 1931. Untersuchungen über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. Suomal. eläin- ja kasvitiet. seur. Vanamon kasvitiet. julk. 1. 1.

Mikola, Peitsa. 1952. Soistumisen ja metsäojituksen mikrobiologiaa. Suo N:o 6.

Minssen, H. 1913. Beiträge zur Kenntnis typischer Torfarten. Landw. Jahrbücher 44.

—»— 1927. Weitere Beiträge zur Kenntnis typischer Torfarten. Landw. Jahrbücher 65.

Multamäki, S. E. 1923. Tutkimuksia ojitettujen turvemaiden metsänkasvusta. Acta forest. fenn. 27. 1.

Olsen, Carsten. 1921. Studier over Jordbundens Brintionkoncentration og dens Betydning for Vegetationen, saerlig for Plantefordelingen i Naturen. Meddel. Carlsberg Lab. 15.

Pankakoski, Antero. 1936. Einige Beobachtungen über die vertikale Schwankung der Reaktion in den Oberflächenschichten von Moor- und Waldböden. Suomal. eläin- ja kasvitiet. seur. Vanamon kasvitiet. julk. 6. 7.

—»— 1939. Ekologis-kasvistollisia tutkimuksia Hiisjärven luonnonpuistosta. Suomal. eläin- ja kasvitiet. seur. Vanamon kasvitiet. julk. 10. 3.

Von Post, Lennart. 1913. Über stratigraphische Zweigliederung schwedischer Hochmoore. Sveriges Geologiska Undersökning C 248.

—»— 1924. Das genetische System der organogen Bildungen Schwedens. Com. int. de Pèdologie, IV Commission, 22. Helsinki.

—»— 1925. Myrar, träsk och vätar. Gotlands geologi, Sveriges Geologiska Undersökning C 331.

Puustjärvi, Viljo. 1952. The precipitation of iron in peat soils. Acta agralia fenn. 78. 1.

Ramann, E. 1895. Organogene Ablagerungen der Jetztzeit. Neues Jahrb. f. Mineralogie, Geologie, Palaeontologie, 10. Beilageband.

Rancken, Holger ja Malm, E. A. 1921. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista X. Ulvilan kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1920.

Rautiainen, Leo. 1952. Puunjäänteitä sisältävien turpeiden kemiallisesta koostumuksesta. Suo N:o 5.

Rindell, Arthur. 1899. Suomen Suoviljelysyhdistyksen kemialliset ja kasvitieteelliset analyysit v. 1899. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1899.
—»— 1902. Mitä opimme Suomen Suoviljelysyhdistyksen maa-analyyseistä. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1902.
—»— 1905. Lapuan ja Ilmajoen suomaiden tutkimuksessa otettujen maanäytteiden kemiallinen kokoomus. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1904.
Salmi, Martti. 1947. Turpeiden tuhkapitoisuuksista ja lämpöarvoista. Tekn. aikakauslehti. 1947. 4.
Sarasto, Juhani. 1951. Metsäojituksen vaikutuksesta eräiden rämeiden pintakasvillisuuteen. Suo N:o 5.
—»— 1952 a. Metsäojituksen aiheuttamista aluskasvillisuuden muutoksista eräissä suotyypeissä. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 40. 13.
—»— 1952 b. Metsäojituksen aiheuttamista aluskasvillisuuden muutoksista. Metsätal. aikak. lehti N:ot 6—7.
Tacke, Br. 1904. Die chemische und botanische Zusammensetzung der wichtigsten Torfarten. Mitt. d. ver. zur Förderung d. Moorkultur im Deutschen Reiche 22.
Tanttu, Antti. 1915. Tutkimuksia ojitettujen soiden metsittymisestä. Acta forest. fenn. 5. 2.
Tuorila, Pauli. 1926. Maanparannuksen ja lannoituksen vaikutuksesta viljeltyjen soittemme happamuuteen ja tämän sekä maan kasvukunnon välisestä suhteesta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1926.
—»— 1928. Wirkung der Kalziumkarbonat- und Schwefelsäurezugaben auf die Azidität von verschiedenen Torfarten. S. Suovilj. yhd. tiet. julk. 8.
Vahtera, E. 1951. Turpeiden metsäojituksen jälkeisistä ravinnepitoisuuksista. Suo N:o 3 a.
Waksman, S. A. 1931. Principles of soil microbiology. London.
—»— 1936. Humus. Origin chemical composition, and importance in nature. London.
Valmari, J. 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta forest. fenn. 20.
Warén, Harry. 1920. Selonteko Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista XI. Juvan kihlakunta (paitsi Puumalan pitäjää) sekä osia Rantasalmen ja Mikkelin pitäjistä. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1919.
—»— 1922. Selostus Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista XII. Ilmajoen kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1921.
—»— 1923. Selostus Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista XIV. Närpiön kihlakunta. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1923.
—»— 1924. Untersuchungen über die botanische Entwicklung der Moore mit Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung des Torfes. S. Suovilj. yhd. tiet. julk. 5.
—»— 1925. Soiden käytännöllistieteellinen tutkiminen Suomen Suoviljelysyhdistyksen sovelluttamien menetelmien mukaan. S. Suovilj. yhd. tiet. julk. 6.
—»— ja Kotilainen, Mauno J. 1922. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1921.
—»— ja Kotilainen, Mauno J. 1923. Selostus Suomen Suoviljelysyhdistyksen suomaatutkimuksista XIII. Tutkimukset Jyväskylän, Haapamäen ja Myllymäen välisen rautatien varrella. S. Suovilj. yhd. vuosik. 1922.
Weber, C. A. 1902. Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoors von Augstumal im Memeldelta mit vergleichenden Ausblicken auf andere Hochmoore der Erde. Berlin.
Wiegman, A. F. 1837. Ueber die Entstehung, Bildung und das Wesen des Torfes. Braunschweig.

Viro, Pentti J. 1945. Suomen kemistilehti B. XVIII.
—»— 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. Metsätiet. tutkimuslait. julk. 39. 4.
Zailer, Wiktor. 1910. Die Entstehungsgeschichte der Moore im Flussgebiete der Enns. Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 8.
—»— und Wilk, Leopold. 1907. Über den Einfluss der Pflanzenkonstituenten auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Torfes. Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 5.
—»— und Wilk, Leopold. 1911. Der Einfluss des Vertorfungsprozesses auf die Zusammensetzung von Carextorf. Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung 9.

Über die Nährstoffgehalte der für Walderziehung entwässerten Moore

Einleitung

Die chemische Zusammensetzung der Torfe entwässerter Moore ist verhältnismässig oft untersucht worden (Wiegman 1837, Tacke 1904, Zailer und Wilk 1907, Gully 1913, von Post 1925, Kotilainen 1928, Brenner 1930, Kivinen 1932 und 1933 usw.). In nichtenwässerten Mooren gehen die Veränderungen sehr langsam vor sich. Wird dagegen ein Moor entwässert, so finden darin schnelle Wandlungen statt, deren Folgen recht bald hervortreten. Die Veränderungen der Oberflächenvegetation äussern sich in der Entstehung neuer Pflanzenvereine sowie in einem Wandel der Pflanzenarten und ihrer gegenseitigen Beziehungen, den u. a. Cajander (1913), Melin (1917), Tanttu (1915), Multamäki (1923), Malmström (1928), Lukkala (1929 a und 1937), Keltikangas (1945) und Sarasto (1951, 1952 a und 1952 b) untersucht haben. Derartige Veränderungen offenbaren sich in der Zusammensetzung der Pflanzenreste des Torfes und dadurch in ihren chemischen Eigenschaften. Die vorliegende Untersuchung hat den Zweck, ihrerseits die Unterschiede in den Torfarten entwässerter Moore und die nach der Entwässerung eingetretene Entwicklung in der Pflanzenrestzusammensetzung der Oberflächenschicht sowie den gleichzeitigen Wandel in den Nährstoffgehalten zu klären.

Untersuchungsmaterial und -methoden

Das für die Untersuchungen benutzte Probenmaterial ist in den Jahren 1928—1952 auf Probeflächen der Forstlichen Forschungsanstalt Finnlands, ihrer Abteilung für Moorforschung, gesammelt worden, auf Flächen, die auf verschiedenartigen und ungleich stark entwässerten Moortypen in verschiedenen Gegenden Finnlands gelegen sind. In Tabelle 1 (S. 10) ist die Verteilung der Proben nach Moortypen und in Tabelle 2 die Mengen der Proben nach Gemeinden dargestellt.

Von den Torfarten sind als eigene Klassen Sphagnumtorf (St), Seggentorf (Ct) und Braunmoosseggentorf (BCt) behandelt worden. Der Anteil der holzigen Reste an der Torfzusammensetzung ist mit L vermerkt. Die auf die mikroskopische Untersuchung der Torfe gegründete Pflanzenrestzusammensetzung ist in den Hauptzügen nach Heikurainen und Huikari (1952 S. 8) ausgedrückt.

Bei der Bestimmung des Humifizierungsgrades ist die von Postsche (1924) Humifizierungsskala H_1—H_{10} zur Anwendung gelangt.

Bei den Benennungen der Moortypen sowie bei der Güteklassifizierung ihrer Waldentwässerungs- und Anbauwerte sind die von Lukkala und Kotilainen (1945 und 1951) angewandten Bezeichnungen und Werte massgebend gewesen.

Bei Behandlung des Materials ist für die aus 10—20 cm Tiefe herrührende Schicht die Benennung Oberflächentorf benutzt worden.

Die Pflanzenrestzusammensetzung ist entweder lediglich mit blossem Auge oder ausserdem noch mikroskopisch nach Heikurainen und Huikari (1952) bestimmt worden.

Die Bestimmung der Reaktion ist, solange die Proben frisch gewesen sind, hauptsächlich unter Anwendung der F. M. Lautenschlägerschen potentiometrischen Kinhydronelektrode für die pH-Zahl vor sich gegangen.

Der Gesamtstickstoff ist nach der sog. Kjeldahlschen Methode bestimmt und nach lufttrockenem Torf in % berechnet worden.

Das Trocknen der Torfe ist durch 16—20stündiges Stehen im Thermostaten bei 105—110° erfolgt. Von dieser sog. Trockensubstanz sind 10 g bei der Analyse zur Benutzung gelangt.

Diese Trockensubstanz ist bei etwa 500° C geglüht worden, bis alle Kohle verbrannt war. Unter Rohasche ist dieser Glührest der Torfe zu verstehen, dessen Gehalt in Prozent von der Trockensubstanz berechnet worden ist.

Die Rohasche ist in Salzsäure aufgelöst und die Lösung zum Entfernen der Kieselsäure abgedampft worden. Der Rest, ½ Stunde auf dem Wasserbad getrocknet, hat einen Zusatz von Salzsäure erhalten. Die so gewonnene Lösung ist nach einer Weile mit Wasser verdünnt und in eine 100 ml-Messflasche filtriert worden, die bis zu den Marken gefüllt worden sind. Für diese Analysenlösung hat man die später anzuführenden Nährstoffe bestimmt, deren Gehalt in Prozent von der Menge der Trockensubstanz zur Berechnung gelangt ist.

Das Kalzium ist als Oxalat aus einem Teil der obengenannten Lösung ausgefällt und durch Titrieren mit $KMnO_4$-Lösung bestimmt worden.

Das Magnesium hat man mit Kalzium nach Viro (1945) ausgefällt.

Die Bestimmung des Phosphors ist mit dem Schuhknecht-Weibelschen Photometer als Molybdänblau vor sich gegangen. Für die Bestimmung nahm man von der obengenannten Rohaschelösung eine solche Menge, die 50 mg ursprünglichem Analysenstoff entsprach. Die Lösung wurde auf dem Wasserbad abgedampft, wonach man 4 ml eines Gemenges (9 : 1) von HNO_3 und H_2SO_4 hinzufügte, um die Pyrophosphate in Orthophosphate umzusetzen. Danach wurde im Wasserbad die Salpetersäure abgedampft, der Rest mit Wasser verdünnt, in 100 cm^3-Messflaschen gespült und mit 3 ml Lösung versetzt, die 50 g $NaHSO_3$ in 1 000 ml enthielt. Sodann befanden sich die Proben im Wasserband eine Stunde, während der dreiwertiges Eisen auf zweiwertiges reduziert wurde. Darauf kamen die eigentlichen kolorimetrischen Reagenzien hinzu. Zunächst wurde 1 ml Lösung Nr. 1 und unmittelbar danach 2 ml Lösung Nr. 2 sowie eine halbe Stunde später 5 ml Lösung Nr. 3 dazugegeben.

Lösung Nr. 1 enthält in 1 000 ml 2 g Methol, 10 g $Na_2SO_3 \times 7\,H_2O$ und 300 g $Na_2S_2O_5$.

Lösung Nr. 2 ist durch Auflösen von 43.2 g MoO_3 in 10 %iger Ammoniaklösung bei nachherigem Zusetzen von 500 ml 10-n H_2SO_4 und Verdünnung in 1 000 ml hergestellt worden.

Lösung Nr. 3 enthält in 1 000 ml 200 g CH_3COONa.

Das Kalium ist direkt aus der Rohaschelösung mit dem Schuhknecht-Weibelschen Flammenphotometer bestimmt worden.

Veränderungen in der Pflanzenrestzusammensetzung nach Entwässerung des Oberflächentorfes

Die Entwässerung der Moore verändert die Eigenschaften der Oberflächenschicht als Nährboden. Die Reste neuer Pflanzenvereine bilden neuen Torf. Anderseits wandeln die aeroben Verhältnisse, beschleunigtes Humifizieren, tiefer eindringende Pflanzenwurzeln u. dgl., auch die Zusammensetzung des bereits vorhandenen Torfes. Doch ist wahrzunehmen, dass die unmittelbar nach der Entwässerung erfolgende Veränderung in der Überrestzusammensetzung der Oberflächenschicht ziemlich langsam vor sich geht. Sie wird in anfangs fast baumlosen Mooren im allgemeinen frühestens nach Ablauf von etwa 20 Jahren sichtbar. Dann ist schon eine geringe Abnahme des relativen Anteils der *Sphagnum*reste zugunsten der Zwergsträucher und Graspflanzen zu erkennen. Soweit schon bei der Anlage der Entwässerung ein Holzbestand vorhanden ist, ist eine Zunahme im relativen Anteil der Holzreste schon wenigstens nach 20 Jahren deutlich zu sehen. Die gleich nach der Entwässerung sich vollziehenden Wandlungen in der Überrestzusammensetzung haben sich auf den einzelnen Probeflächen nicht ununterbrochen verfolgen lassen, vielmehr haben sich die Ergebnisse für ein zu verschiedener Zeit nach der Entwässerung gesammeltes Material herausgestellt. Daher ist es nicht möglich gewesen, die Veränderungen in jedem Einzelfall gesondert eingehend zu beobachten, sondern es hat zwischen den verschiedenen Probeflächen ein Vergleich angestellt werden müssen. Im allgemeinen kann festgestellt werden, dass die Wandlung im Oberflächentorf besonders von der Entwicklung des Holzbestandes abhängig ist. Auf Abb. 1 (S. 17) ist die Abhängigkeit des relativen Anteils der in der Pflanzenrestzusammensetzung des Oberflächentorfes vorkommenden Zwergsträucher (N) und Holzreste (L) von der Kubikmasse des Holzbestandes dargestellt. Aus der Abbildung ist zu ersehen, wie die relative Zunahme der Holzrestmengen dem Zuwachs der Kubikmasse des Bestandes entspricht. Der Anteil der Zwergsträucher steigt nur bis dahin, wo die Kubikmasse des Bestandes eine Grenze von 120—160 m^3 ha erreicht hat.

Wenn die Kubikmasse des Holzbestandes und die auf ihre Produktion vergangene Zeit gleichzeitig berücksichtigt werden, können die Moore eingeteilt werden in Gruppen, die in der nach der Entwässerung eingetretenen Entwicklung der Pflanzenrestzusammensetzung des Oberflächentorfes ihre eigenen Züge tragen.

Die erste Gruppe bilden die Moore, deren Holzbestand eine Grenze von 100 m^3 ha in 15—30 Jahren nach der Entwässerung erreicht. In dieser Entwicklungsphase ist eine Zunahme im relativen Anteil der Seggen, der Bäume und oft auch der Zwergsträucher wahrzunehmen. In diesen Zeitraum fällt auch das Maximum der relativen Menge der Graminiden. Etwa 40 Jahre nach der Entwässerung ist der Anteil der Holzreste durchschnittlich auf 42 % gestiegen, der der Zwergsträucher ungefähr unverändert geblieben. Den Rest machen fast ausschliesslich Graminiden aus, deren relativer Anteil zugunsten der holzigen Reste abgenommen hat.

Die zweite Gruppe bilden die Moore, deren Holzmenge etwa 30 Jahre nach der Entwässerung eine Grenze von 50 m^3 ha erreicht. Für diese Entwicklungsphase bezeichnend ist das Maximum der Graminidenreste, das jedoch niedriger ist als bei der vorhergehenden Gruppe. Im Verlauf der folgenden 10 Jahre verlieren die Gräser ihren Anteil an der Überrestzusammensetzung, in der die Menge der holzigen Reste steigt. In recht verschiedenen Verhältnissen erscheinen ausserdem S- und C-Reste, und der Anteil der ersteren nimmt im Verlauf der Entwicklung ab.

Die dritte Gruppe bilden solche Moore, deren Bestand etwa 30 Jahre nach der Entwässerung eine Grenze von 30 m^3 ha erreicht. Bei ihnen sind in der

Pflanzenrestzusammensetzung im Laufe der Entwicklung wenig Veränderungen eingetreten, vielmehr sind während der ganzen Zeit die S-Reste vorherrschend.

Die vierte Gruppe bilden solche Moore, die sich nach der Entwässerung wenigstens vorläufig noch nicht nennenswert bewaldet haben. Es sind zum Teil S-torfhaltige, bekanntermassen nährstoffarme Moore. In ihnen sind in der Pflanzenrestzusammensetzung so gut wie keinerlei Veränderungen eingetreten. Zu dieser Gruppe gehören in ihrem Nährstoffgehalt auch solche Moore, die sich bewalden könnten. In derartigen Mooren kann die Entwicklung der Überrestzusammensetzung gegenüber den vorhergehenden in recht andersartiger Richtung vor sich gehen. Wegen der Unzulänglichkeit des Probenmaterials hat sich diese Entwicklung nicht verfolgen lassen.

Reaktion

Die Azidität nichtentwässerter Moore ist sehr gründlich erforscht worden (u. a. Bersch 1910, Valmari 1921, Brenner 1924 und 1930, Kotilainen 1928, Kivinen 1932, 1933 und 1939). Lukkala (1929 b) hat als erster festgestellt, dass die Moore nach der Entwässerung saurer werden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung ist beobachtet worden, dass die Torfe entwässerter Moore beim Trocknen in Zimmertemperatur nicht saurer werden.

Abb. 2 (S. 22) zeigt die prozentuale Verteilung der Torfarten auf die pH-Klassen. Aus Tabelle 3 (S. 23) ist die prozentuale Verteilung der Torfproben auf die pH-Klassen bei verschiedenen Tiefen und aus Tabelle 4 (S. 23) die Verteilung der Torfe verschiedenen Humifizierungsgrades auf die pH-Klassen ersichtlich. Aus diesen Tabellen geht hervor, dass in den Aziditäten der Torfe der nichtentwässerten und der entwässerten Moore kein solcher Unterschied besteht, der auf Grund der blossen Mittelwerte zu erkennen wäre. In den Tabellen 5 (S. 24 Rohasche pH), 6 (S. 25 N-Gehalt pH), 7 (S. 25 CaO-Gehalt pH), 8 (S. 26 MgO-Gehalt pH) und 9 (S. 26 P_1O_5-Gehalt pH) ist die Korrelation zwischen Nährstoffgehalten und Azidität dargetan. Die S-Torfe mit ihrem bekanntlich niedrigen Rohaschegehalt sind im allgemeinen auch am allersauersten. Obgleich nicht in allen einzelnen Fällen eine Korrelation zwischen Reaktion und Rohaschegehalten besteht, so kann man doch sagen, dass steigenden Rohaschegehalten auch im allgemeinen eine schwächer werdende Azidität entspricht. In den einzelnen Fällen besteht zwischen Azidität und N- oder CaO-Gehalt nicht immer eine Korrelation. Die reichlich Stickstoff oder CaO enthaltenden Torfe sind jedoch im allgemeinen schwach sauer wie auch solche Torfe, deren MgO-Gehalt verhältnismässig hoch ist. Da der MgO-Gehalt der S-Torfe meistens verhältnismässig recht hoch ist (vgl. Tab. 22), bewirkt dies sehr wesentliche Abweichungen. Zwischen abnehmender Azidität und zunehmenden Phosphorgehalten ist oft eine gewisse Korrelation festzustellen, da u. a. die Aziditätsverhältnisse das Ausfällen des Eisens als Phosphat regeln.

In Tabelle 10 ist die prozentuale Verteilung der Moortypen auf die verschiedenen pH-Klassen auf Grund der Azidität der im Nährboden vorkommenden Torfe wiedergegeben. Abb. 3 zeigt die Moortypen in einer Reihenfolge, wie sie sich durch die durchschnittliche Azidität ergibt. Auf Grund des Obigen kann ausgesagt werden, dass die Torfunterlagen auch eines und desselben Moortypes in den verschiedenen Fällen in ihren Aziditätsverhältnissen ganz verschieden sein können. Ihre durchschnittlichen Aziditäten entsprechen jedoch in hohem Masse der gegenwärtigen Auffassung von der hinsichtlich der Moore vorgenommenen Güteklassifizierung, die durch die unter der Namenabkürzung jedes Typs angegebene laufende Nummer

bezeichnet ist (Abb. 3). Die relativ niedrige Azidität der schlechteren Seggenreisermoore und der *Sphagnum papillosum*-Weissmoore kann auf der Einseitigkeit des Materials beruhen. Die Aziditätsverhältnisse der Rimpi-Weiss- und -Braunmoore entsprechen eher der Auffassung von ihrem Anbauwert als der von ihrem Waldentwässerungswert, dessen Niedrigkeit sich auf die Erfahrungen gründet, die man hinsichtlich der schwachen Bewaldung nach Entwässerung dieser Typen gewonnen hat. Trotz den starken Schwankungen der Azidität ist zu erkennen, dass sie in verhältnismässig deutlicher Korrelation mit dem Waldentwässerungswert der Moore und in noch höherem Masse mit ihrer abgeschätzten Anbaufähigkeit steht. In diese Richtung weisen auch schon die durchschnittlichen Aziditäten der Bonitätsklassen (Abb. 4).

Um die Ausrichtung der nach der Entwässerung eingetretenen Veränderung der Azidität herauszustellen, ist die auf bestimmten Probeflächen eingetretene Entwicklung verfolgt worden. Die grösste Veränderung mag sich unmittelbar nach der Entwässerung, wo die Moore saurer werden, vollziehen. Die Veränderungen in der Reaktion saurer Moore sind gering, und die Schwächung der Azidität nach der Bewaldung ist häufiger als bei ursprünglich schwächer sauren Mooren, die grösstenteils auch im Verlauf der späteren Entwicklung sogar noch saurer geworden sind, wenn auch nur wenig. Doch braucht eine derartige Veränderung kein Hindernis für die nach der Entwässerung aufkommende Bewaldung zu sein, da das Gedeihen der häufigsten finnischen Holzarten, Kiefer, Fichte und Birke, nicht ausschliesslich von den Aziditätsverhältnissen des Nährbodens abhängig ist.

Rohasche

Der Rohaschengehalt der Torfe schwankt sehr stark. Dies ist auch leicht zu verstehen, da auf die Moore mit Überschwemmungswasser, fliessendem Wasser, Winden usw. sekundäres Mineralmaterial gelangen kann, das zusammen mit dem primären Gehalt die Gesamtmenge der im Torf enthaltenen Rohasche bestimmt. Im folgenden wird dem Ursprung der Rohasche keine Aufmerksamkeit zugewandt. Die Rohaschegehalte der Torfe nichtentwässerter Moore sind schon recht lange Gegenstand des Interesses von Forschern gewesen. Genannt seien hier Zailer und Wilk (1907), Warén (1924), Kotilainen (1928), Tuorila (1928), Anttinen (1928), Lukkala (1929 b), Kivinen (1933 und 1948), Salmi (1947) und Rautiainen (1952).

Im allgemeinen ist festzustellen, dass die Rohaschegehalte der Torfe entwässerter Moore den Werten der nichtentwässerten Moore entsprechen, soweit die Pflanzenrestzusammensetzungen gleichartig sind (Tab. 11). Nach der Entwässerung verändert sich jedoch die Pflanzenrestzusammensetzung der Torfe, was vielleicht am meisten durch die zunehmende Streumenge des Holzbestandes bewirkt worden ist.

Die Vermehrung der relativen Holzrestmenge der *Sphagnum* Torfe entspricht dem steigenden Rohaschegehalt (Tab. 12), der jedoch in dem untersuchten Material nicht über 10 % ausgemacht hat. Da der Aschegehalt der Streu dem der rohtorfbildenden Arten oft recht nahekommt, kann der steigende Aschegehalt wohl auf der leichteren Humifizierung des von den Bäumen herrührenden Materials beruhen (vgl. Mikola 1952). Den bei den Seggentorfen steigenden Holzrestmengen entspricht dagegen ein abnehmender Aschegehalt. Da der Aschegehalt des Streuertrages oft niedriger als der Gehalt der eigentlich seggentorfbildenden Arten ist, mag dies zusammen mit dem oft auch sinkenden Humifizierungsgrad die besagte Veränderung hervorzurufen imstande sein.

Zwischen den Nährstoff- und Rohaschegehalten der Torfe scheint in gewissen Fällen eine Art Korrelation zu bestehen. Die Torfe mit weniger als 3 % Rohasche sind im allgemeinen von allerniedrigsten Stickstoff- (Tab. 13), CaO- und P_2O_5-Gehalten. Dies ist auch recht natürlich, da zu dieser Gruppe grossenteils die bekanntlich nährstoffarmen *Sphagnum*torfe gehören. Soweit die Rohaschegehalte sehr hoch sind, sind der N-Gehalt und oft auch der CaO- und der P_2O_5-Gehalt infolge der Mengen sekundären Mineralmaterials recht niedrig. Die K_2O-Gehalte dagegen sind stark wechselnd, wenn der Gehalt über 40 % steigt.

In Abb. 5 sind die Moortypen in der Reihenfolge nach den für die Torfe des Nährbodens berechneten durchschnittlichen Rohaschegehalten aufgeführt, wobei am Anfang erwartungsgemäss gewisse Bruchmoore und gegen das Ende die Weiss- und die Reisermoore der schwächsten Güteklassen stehen. Die kleinsten Gehalte sind unter den Mooren schlechter Güteklassen (IV und V) und entsprechend die höchsten im Bereich der Moore guter Bonitätsklassen (I und II) sowie gewisser Bruchmoore anzutreffen. In einzelnen Fällen ist infolge verschiedener Mengen sekundärer Rohasche kaum eine Korrelation zwischen der Torfunterlage und ihrem Rohaschegehalt zu erkennen.

Stickstoff

Den Stickstoffgehalt der Torfe und die auf ihn einwirkenden Faktoren sind bei nichtentwässerten Mooren vonvielen Forschern eingehend untersucht worden (u. a. Wiegmann 1837, Zailer und Wilk 1907, Gully 1909, Lennart von Post 1913, Valmari 1921, Warén 1924, Kotilainen 1928, Kivinen 1933 und 1946, Hjertstedt 1932 und 1936, Isotalo 1951, Rautiainen 1952 und Mikola 1952).

In entwässerten Mooren ist der Stickstoffgehalt der *Sphagnum*torfe am geringsten (Tab. 14). Er vermehrt sich bei steigender relativer Menge der Seggen- und Braunmoosreste wie auch bei gesteigertem Humifizierungsgrad. Bei den *Sphagnum*mooren bestehen zwischen den Stickstoffgehalten der in der Tabelle angeführten verschiedenen Tiefen keine deutlichen Unterschiede. In ihrer Grössenordnung ähneln die Werte denen der nichtentwässerten Moore. Bei den Seggen- und Braunmoos-Seggentorfen ist die Oberfläche bis in eine Tiefe von 30—40 cm am stickstoffreichsten.

Tabelle 15 zeigt die Wirkung holziger Überreste auf den Stickstoffgehalt der in der Oberflächenschicht (10—20 cm) auftretenden »*Sphagnum*- und Seggentorfe». Auf Grund des Materials (200 Proben) kann ausgesagt werden, dass der Stickstoffgehalt der reinen *Sphagnum*torfe am niedrigsten ist und dass er bei wachsendem Anteil der holzigen Überreste zunimmt. Das holzige Material an sich ist sehr stickstoffarm, und allein vermag es keine Zunahme des Stickstoffgehaltes zu verursachen. Der zusammen mit der Streu erscheinende übrige Teil ist aber so stickstoffreich, dass der Anstieg im Gehalt schon einzig auf ihn zurückgeführt werden kann. Soweit die Überrestmenge mehr als 80 % ausmacht, ist der durchschnittliche Stickstoffgehalt annähernd der gleiche wie der entsprechende Wert der SL-Torfe Rautiainens (1952). Bei den Seggentorfen ist die Variationsamplitude weiter, so dass in einzelnen Fällen die Korrelation nicht gleich deutlich ist. Die »*Sphagnum*- und Seggentorfe» mit über 80 % holzigen Überresten sind in ihren Stickstoffgehalten annähernd gleich. Die reichliche Menge an stickstoffarmen holzigen Überresten scheint denn auch den N-Gehalt des Seggentorfes in gewissem Masse herabzusetzen.

Die Torfe mit allerniedrigstem Stickstoffgehalt sind gewöhnlich auch von allerniedrigstem Kalk- und Phosphorgehalt (Tab. 17 und 18). Dies ist auch durchaus

verständlich, da die stickstoffarmen S-Torfe bekanntlich auch sonst nährstoffarm sind. Obgleich die Korrelation zwischen Stickstoff und den obengenannten Nährstoffen in einzelnen Fällen recht locker ist, entspricht den steigenden N-Gehalten doch der durchschnittlich steigende Kalk- und Phosphorgehalt. Die stickstoffreichen Torfe der eigentlichen Braunmoore sind aber oft phosphorarm, was besonders bei der Gruppe der Torfe mit über 2.5 % Stickstoff zu erkennen ist.

Bei einem Vergleich (Abb. 7) des Verhältnisses zwischen Stickstoffgehalt und Azidität der Torfe im Nährboden der Moortypen (Abb. 3) ist eine deutliche Übereinstimmung zu erkennen. Bei beiden erscheinen grossenteils dieselben Moortypen unter den besten mit belanglosem Platzwechsel. Die bedeutendste Ausnahme bildet der verhältnismässig geringe Stickstoffgehalt der zu den Kraut- und Grasbrüchern gehörenden Moore, was auf ihrer beträchtlichen Menge an sekundärer Rohasche beruhen mag (vgl. Abb. 5). Ausserdem nehmen die Rimpi-Weissmoore (Abb. 7) in ihrer Aufeinanderfolge nach dem Stickstoffgehalt eine verhältnismässig günstigere Stellung ein als in der Unterbringung nach der pH-Ablesung (vgl. Abb. 3). Die Torfunterlage der fünf Moortypen geringsten Stickstoffgehaltes sind auch die allersauersten. Soweit die bereits in früherem Zusammenhang erwähnten Bewaldungsschwierigkeiten der rimpi-artigen Moore sowie die durch die Kraut- und Grasmoore bewirkte Ausnahme berücksichtigt werden, ist zu ersehen, dass die mit dem Stickstoffgehalt der Moortypen aufsteigende Reihenfolge der von Lukkala und Kotilainen (1951) dargestellten Güteklassifizierung nach Waldentwässerungs- und Anbauwerten noch besser gleichkommt als die entsprechende Reihenfolge nach der pH-Ablesung.

Bei Betrachtung des N-Gehaltes nach der Entwässerung ist zu erkennen, dass in Mooren mit *Sphagnum*torf die zunehmende Streumenge den N-Gehalt steigert, soweit der Humifizierungsgrad annähernd unverändert bleibt, da der N-Gehalt der Streu etwas höher als der von *S. fuscum* ist. Vermindert sich dagegen der Humifizierungsgrad deutlich, so hängt auch der Stickstoffgehalt von den Werten ab, die durch die nach der Entwässerung eingetretene Humifizierung schon verursacht worden sind. Doch bleibt der N-Gehalt meistens höher, als er bei nichtentwässerten Mooren gleichen Humifizierungsgraden ausfällt. In Mooren mit Seggen- und Braunmooseggentorf steigt der Stickstoffgehalt nach der Entwässerung mit zunehmendem Humifizierungsgrad. In späterem Stadium bewirkt reichlicher Streuertrag, dessen Stickstoffgehalt geringer als der der Seggen im allgemeinen ist, eine Herabsetzung des Gehaltes, da der Humifizierungsgrad in diesem Stadium ausserdem oft von dem bereits erlangten Wert abfällt.

Kalk

Die Kalkgehalte nichtentwässerter Moore sind von den oben im Zusammenhang mit dem Stickstoff erwähnten Forschern untersucht worden. Die durchschnittlichen Kalkgehalte der verschiedenen Torfarten entwässerter Moore (Tab. 19) scheinen geringer zu sein als die Mittelwerte, die auf Grund früherer Untersuchungen in Finnland berechnet worden sind (vgl. Kivinen 1948, S. 119). Trotz geringeren Gehalten ist der CaO-Gehalt in den Braunmoos-Seggentorfen am höchsten und in den *Sphagnum*torfen am niedrigsten. Entsprechend ist ein Anstieg im Gehalt mit steigendem Humifizierungsgrad und zunehmender Tiefe unter Gelände zu erkennen.

Der relative Anteil holziger Überreste an der Pflanzenrestzusammensetzung beeinflusst nicht unmittelbar den Kalkgehalt der Torfe, der mehr von örtlichen Bedingungen abhängig zu sein scheint. Reine *Sphagnum*torfe sind aber im allgemeinen kalkärmer als die entsprechenden Torfe mit Holzresten.

Durch den geringen Kalkgehalt des Wollgrases (Kivinen 1933 S. 26) sind die Torfe mit reichlichen Wollgrasresten meistens recht kalkarm.

In der Reihenfolge nach den durchschnittlichen Kalkgehalten der in den Nährboden der Moortypen eingehenden Torfe stehen die braunmoorartigen Moore voran (Abb. 9), deren verhältnismässig hoher Kalkgehalt mittelbar grossenteils auf dem hohen Kalkgehalt des Felsgrundes beruht. Die Torfe der Bruchmoortypen sind im allgemeinen auch verhältnismässig kalkreich. Eine Ausnahme vom Obigen bilden die in den weissmoorartigen Brüchern auftretenden Torfe, deren verhältnismässig niedrige Kalkgehalte lediglich auf der Einseitigkeit meines Materials beruhen können. Insbesondere wendet sich die Aufmerksamkeit dem geringen Kalkgehalt der Rimpi-Moore zu, der im Vergleich zu dem entsprechenden N-Gehalt ungewöhnlich ist. Am schlechtesten sind die Wollgras-Reisermoore, deren ausnehmend geringer CaO-Gehalt sich wohl durch den bereits zuvor erwähnten schwachen Kalkgehalt der Wollgrasreste erklären lässt. Im allgemeinen kann man sagen, dass der Kalkgehalt im Nährboden der untersuchten Moortypen der allgemeinen Auffassung von ihrer Fruchtbarkeit in hohem Masse entspricht.

Verfolgt man die nach der Entwässerung der einzelnen Probeflächen abgelaufene Entwicklung des Kalkgehaltes, so ist zu ersehen, dass er deutlich sinkt. Die Verminderung im Gehalt kalkreicher Moore ist meistens unverkennbar stärker als bei den kalkarmen; doch bleibt die ursprüngliche Reihenfolge gewöhnlich unverändert. Bei gegenseitigem Vergleich solcher Fälle, in denen die Veränderung deutlich und annähernd gleicher Grössenordnung gewesen ist, kann festgestellt werden, dass die Kubikmasse des Bestandes und die zugleich an ihn gebundenen CaO-Mengen der im Torf vor sich gegangenen Abnahme der Kalkmengen nicht proportional zu sein brauchen. Demgemäss ist einzusehen, dass die Verringerung im Gehalt nicht einzig auf der an den Bestand selbst gebundenen Kalkmenge beruht. Eine der Ursachen der Erscheinung dürfte in der Auswaschung bestehen, die infolge der nach der Entwässerung abgelaufenen Wandlungsvorgänge durch die Schmelz- und Niederschlagswasser bewirkt worden ist.

Ersichtlich ist, dass der Kalkgehalt im Nährboden der Moore einer der Faktoren ist, die die Wuchseigenschaften der finnischen Moore verbessern.

Magnesia

Da die Bedeutung von Magnesia als eigentlichem Nährstoff relativ gering ist, liegen verhältnismässig wenig Angaben über MgO-Gehalte von Torfarten nichtentwässerter Moore Finnlands vor (Warén und Kotilainen 1922 und 1923). In den Magnesiagehalten der verschiedenen Torfarten entwässerter Moore sind so grosse Schwankungen festzustellen, dass die Magnesia die verschiedenen Torfarten gar nicht zu kennzeichnen scheint, sondern von anderen Faktoren abhängig ist (Tab. 21). Insbesondere wendet sich die Aufmerksamkeit dem Magnesiagehalt der S-Torfe zu, der höher als bei den C-Torfen, aber doch geringer als bei den BC-Torfen ist. Am reichlichsten MgO enthalten die Torfe braunmoorartiger Moore (Abb. 11), aber einige Moore mit reichlichem *Sphagnum* reihen sich ihnen sogleich an. Dies lässt auch erkennen, dass hoher Magnesiagehalt von Mooren oft gar nicht ihre chemische Güte in anderem Sinne anzuzeigen braucht. Die durchschnittlichen MgO-Gehalte der Güteklassen (Abb. 12) entsprechen desgleichen nicht ihrem Waldentwässerungswert.

Phosphor

Über die Phosphorgehalte von Torfen in Naturmooren Finnlands liegen bereits in reichlichem Masse Angaben vor. Von den finnischen Forschern genannt seien u. a. Rindell (1899, 1905), Malm (1908, 1911, 1912), Malm und Rancken (1914, 1915, 1916, 1917), Rancken und Malm (1921), Warén (1920, 1922, 1923), Warén und Ko lainen (1923), Lukkala (1929 a), Kivinen (1933, 1948), Kaila (1948).

Die durchschnittlichen Phosphorgehalte der Torfarten sind in der Oberflächenschicht (10—20 cm) bedeutend höher (Tab. 23) als die Mittelwerte der zuvor von Kivinen (1948) in Finnland erhaltenen Untersuchungsergebnisse gewesen. Dies mag grossenteils an der erneuerten Methode liegen, die bei den P_2O_5-Bestimmungen angewandt worden ist. Je mehr Eisen die Torfe enthalten, um so grösser ist der Fehler, den es bei der kolorimetrischen Bestimmung des Phosphors verursacht. In diesem Sinne wurden etwa 600 Proben insbesondere durch Reduzieren von dreiwertigem Eisen in zweiwertiges und ohne Reduktion untersucht. Bei allen Bestimmungen ohne Reduktion ergaben sich für Phosphor zu geringe Werte. Die absolute Fehlergrösse schwankte zwischen 0.01 und 1.2 %. Nach der Reduktion war der Phosphorgehalt meistens 2—3fach, oft aber sogar 20—25fach.

Die in 10—20 cm Tiefe gelegene Schicht ist phosphorärmer als die unmittelbar an der Oberfläche gelegene. Das Abnehmen des Phosphorgehalts setzt sich bis in die 30—40 cm tief lagernde Schicht fort. Die in 50—60 cm Tiefe auftretende Schicht hat einen höheren Phosphorgehalt als die vorhergehende, erreicht aber doch nicht die Werte, die unmittelbar an der Oberfläche erkannt worden sind. Die tieferen Schichten sind auch bei entwässerten Mooren eisenreicher als die Oberflächenschicht, und in ihnen bestehen oft auch sonst solche Verhältnisse, dass das Ausfällen von Eisen als Phosphate wenigstens teilweise möglich ist (vgl. Puustjärvi 1952).

Abb. 13 zeigt die Moortypen in einer nach den mittleren Phosphorgehalten der Torfunterlage angegebenen Gütereihenfolge, die teilweise sogar stark von der nach der Vegetationsbonität aufgestellten Güteklassifizierung abweicht. Im Rahmen der einzelnen Moortypen sind die Schwankungen der Phosphorgehalte sehr beträchtlich. Bei den allerschlechtesten Moortypen sind die sehr hohen P_2O_5-Gehalte bei den einen sehr selten gewesen, während sie bei den anderen überhaupt nicht vorgekommen sind. Die örtlichen Verhältnisse scheinen auf den Gehalt mehr als der blosse Moortyp eingewirkt zu haben. Der für die Phosphorgehalte der Moortypen sich ergebenden Gütefolge braucht meines Erachtens keine grössere Aufmerksamkeit zugewandt zu werden, da die Schwankungen auch im Rahmen eines und desselben Typs recht beträchtlich und grossenteils von örtlichen Verhältnissen abhängig sind.

Bei entwässerten Mooren scheint der Phosphorgehalt der Oberflächenschicht (10—20 cm) im allgemeinen mit zunehmendem Entwässerungsalter zuzunehmen. Die grösste Veränderung geht in solchen Mooren vor sich, bei denen der ursprüngliche Gehalt am höchsten gewesen ist; doch bleibt meistens die Gütefolge bestehen. Die kleinsten Veränderungen sind entsprechend bei solchen besonders *Sphagnum*torf enthaltenden Mooren wahrzunehmen, deren Gehalt schon bei dem Entwässern niedrig gewesen ist und in deren Bodenvegetation keine nennenswerten Veränderungen vor sich gegangen sind. Das stärkste Abnehmen des Phosphorgehalts hängt denn auch zusammen mit der nach der Entwässerung eingetretenen Moorentwicklung bis zu dem Zeitraum, wo sich in der Mooroberfläche neuer Torf zu entwickeln beginnt, an dessen Entstehung die aufgekommene Vegetation, besonders der Holzbestand, den

grössten Anteil hat. In diese Schicht vermag das Grundwasser nicht mehr zu reichen. Ausserdem sind die Verhältnisse aerob. Wie bereits oben angeführt, kann meines Erachtens Eisen nicht mehr in dem Masse wie früher als Phosphat ausgefällt werden. Dies ist vielleicht zusammen mit dem Streuertrag die Ursache der Abnahme im Phosphorgehalt in diesem Stadium. Die späteren Entwicklungsphasen auf einen etwaigen Gleichgewichtszustand hin haben nicht verfolgt werden können, da die nachhaltigen Entwässerungen noch verhältnismässig jung sind.

Kali

Zwischen den Kaligehalten der Torfarten nichtentwässerter Moore sind eigentlich keine Unterschiede festgestellt worden, vielmehr sind sie in hohem Masse von örtlichen Verhältnissen abhängig. Die Oberflächenschicht hat den höchsten Kalkgehalt, und er verringert sich mit zunehmender Tiefe und steigendem Humifizierungsgrad (vgl. u. a. Zailer und Wilk 1911, Valmari 1921 und Kivinen 1948). Dieselben Sachverhalte sind auch bei den Torfen entwässerter Moore festzustellen. Im Verlaufe der nach der Entwässerung eingetretenen Moorentwicklung ist eine übereinstimmende Veränderung im Kaligehalt nicht beobachtet worden. Desgleichen scheint er in keiner Korrelation mit der Pflanzenrestzusammensetzung oder mit dem übrigen Nährstoffgehalt der Torfe zu stehen. Auf Grund des Obigen ist es auch gut zu verstehen, dass die nach den Kaligehalten der Torfunterlage der Moortypen aufgestellte Reihenfolge (Abb. 15) recht wesentlich von der herrschenden Auffassung über den nach der Entwässerung der Moore bestehenden Waldentwässerungswert abweicht.

Klassifizierung nach den Nährstoffgehalten der Moore

Die gegenwärtig gebräuchliche Einteilung der Moore (vgl. u. a. Lukkala und Kotilainen 1951) in Güteklassen nach ihrem Waldentwässerungswert gründet sich auf sehr viele Faktoren. Die in der vorliegenden Untersuchung ausgeführte Schätzung sucht sich auf die chemischen Eigenschaften des Oberflächentorfes (10—20 cm) zu beschränken.

Es ist sehr schwierig, für jeden Nährstoff solche Gehalte zu bestimmen, in deren Rahmen er als reichlich, befriedigend oder spärlich vorhanden bezeichnet werden könnte. Danach wäre gewiss zu streben, wenngleich das Ergebnis immer Sache der Auslegung sein wird. Eine derartige Einteilung ist ausserdem durch die nach der Entwässerung vor sich gehende Entwicklung erschwert, der zufolge sich die Nährstoffverhältnisse oft wandeln, und mit ihnen wären vielleicht auch die Einteilungsgründe zu verändern. Ein Prüfen der chemischen Zusammensetzung des Oberflächentorfes würde nach der Entwässerung viel länger dauernde Untersuchungen erfordern, als mir augenblicklich zur Verfügung stehen. Im Rahmen meines Materials wende ich bei der Klassifizierung der Moore eine relative Vergleichsweise an, der eine nach Reaktion, Rohasche und Nährstoffen aneinandergereihte »Gütefolge» der Torfunterlage der Moortypen zugrunde liegt.

In den oben angeführten Abbildungen 3, 5, 7, 9, 13 und 15 ist unter der Namenabkürzung jedes Moortyps und unter der die Entwässerung betreffenden Güteklasse (I—V) eine die Platzzahl bezeichnende Ziffer angegeben. Durch Addition der durch Reaktion, Rohasche, Stickstoff und Kalzium bedingten Platzzahlen ergibt sich die Verhältniszahl der Grundschätzung eines Moortyps. Werden zu ihr die

durch Phosphor und Kali veranlassten Platzzahlen hinzugerechnet, so erhält man die Verhältniszahl der Gesamtschätzung. Um die Verhältniszahl eines einzelnen Moores zu gewinnen, sind zunächst die obengenannten durch pH, Rohasche, Stickstoff, CaO, P_2O_5 und K_2O bewirkten Platzzahlen jede für sich zu bestimmen. Zu diesem Zweck wird das erhaltene Analysenergebnis bei jeder der obengenannten Eigenschaften mit den entsprechenden Werten der Torfunterlage der verschiedenen Moortypen verglichen und festgelegt, von welchem Moortyp das betreffende Moor in jeder seiner Eigenschaften ist. Als Platzzahlen werden die Platzzahlen derjenigen Moortypen genommen, deren Typenwerten die erhaltenen Analysenergebnisse in jedem Falle am nächsten kommen. Werden die so erhaltenen Platzzahlen in der angegebenen Weise zusammengezählt, so erhält man für jedes Moor die Verhältniszahlen der Grundschätzung und der Gesamtschätzung.

Tabelle 25 zeigt die untersuchten Moortypen in den nach den Verhältniszahlen der Grundschätzung und der Gesamtschätzung aufgestellten Gütefolgen, neben denen ausserdem die nach dem Waldentwässerungswert des Moortyps festgesetzte Bonitätsklasse jedes Moortyps sowie ausser der Grundschätzung die im Rahmen der einzelnen Typen auftretenden Schwankungen der Verhältniszahlen dargestellt sind. Die Reihenfolgen der Grund- und der Gesamtschätzung weichen besonders am Anfang voneinander ab. Die Gütefolge nach der Grundschätzung kommt der nach der Vegetationsbonität aufgestellten Einteilung näher als die auf die Gesamtschätzung gegründete, bei der insbesondere die Stellung der Kraut- und Grasbrücher, der eigentlichen Bruchmoore sowie der Grossseggen-Weissmoore gegenüber der ersteren bedeutend günstiger ausfällt. Anderseits bewirkt die als recht allgemein festgestellte Phosphorarmut der Braunmoore eine Schwächung ihrer relativen Stellung.

Soweit man das oben dargestellte Verhältniszahlensystem mit der früheren Auffassung von der Güte der finnischen Moore vergleichen möchte, so kann meines Erachtens die von Lukkala und Kotilainen (1951) dargestellte Waldentwässerungs- und Anbauwertklassifizierung als bester Vergleichsgrund angesehen werden. Bei dem Vergleich ist auf der chemischen Seite das Hauptgewicht auf die Grundschätzung gelegt worden, und die auf ihrer Grundlage erhaltenen Verhältniszahlen werden folgendermassen in Güteklassen eingeteilt:

Güteklasse		Platzzahl
I	Sehr gut	4—25
II	Gut	26—35
III	Befriedigend	36—45
IV	Genügend	46—55
V	Schlecht	56—68

Bruchmoore

Die Verhältniszahlen der Kraut- und Grasbrücher (RhK) schwanken zwischen 7 und 40. Diese sind in ihren Nährstoffgehalten grösstenteils sehr gut. Ausserdem enthalten sie meistens noch verhältnismässig viel Phosphor und Kali. Die besten Kraut- und Grasbrücher entsprechen in ihren Nährstoffgehalten der Auffassung von ihrem Waldentwässerungswert (8—9), der selbst bei den schlechtesten vielleicht etwas höher als die von ihren Nährstoffgehalten vorausgesetzten Werte ist. Mit dem Anbauwert verglichen, sind die besten ihm gemäss, die schlechtesten aber schwächer, als er voraussetzt.

Die Verhältniszahlen der eigentlichen Bruchmoore (VK) wechseln zwischen 17 und 57. Die besten sind oft Zwischenformen zwischen den Kraut- und Grasbrüchern und den eigentlichen Bruchmooren. Die besten der eigentlichen Bruchmoore sind in ihren Nährstoffgehalten sehr gut, während die schlechtesten befriedigend und in gewissen Fällen sogar genügend sind. Ihrem Waldwert nach sind sie gut und ihrem Anbauwert nach befriedigend, so dass diejenigen, die in ihren Nährstoffgehalten besser als mittelmässig sind, grossenteils der ersteren Auffassung und diejenigen, die in dieser Hinsicht unter dem Mittelmässigen bleiben, der letzteren entsprechen.

Die weissmoorartigen Brücher (NK) sind als Typ Zwischenformen zwischen gewissen Bruchmooren und Weissmooren, und in ihren Nährstoffgehalten bestehen schon infolgedessen beträchtliche Schwankungen. Die Verhältniszahlen liegen auch zwischen 26 und 58. Aller Wahrscheinlichkeit nach gibt es weissmoorartige Brücher, deren Verhältniszahl noch deutlich niedriger als das obengenannte Minimum ist. Das Verhältnis der chemischen Beschaffenheit des Typs zu den Waldentwässerungs- und Anbauwerten ist annähernd dasselbe wie bei den eigentlichen Bruchmooren.

Bei den Braunmoorbrüchern (LK) schwanken die Verhältniszahlen zwischen 14 und 29. Da das Untersuchungsmaterial des Typs verhältnismässig spärlich ist, ist es recht wahrscheinlich, dass in seinem Rahmen solche Braunmoorbrücher fehlen, deren Verhältniszahlen bedeutend niedriger als das angegebene Minimum wären. Ihren Nährstoffgehalten nach sind die Braunmoorbrücher im allgemeinen sehr gut, was der Auffassung von ihrem Waldentwässerungs- und Anbauwert durchaus entspricht.

Reisermoore

Die Verhältniszahlen der Gras- und Seggen-Reisermoore (RhSR) liegen zwischen 26—41. In ihren Nährstoffgehalten sind sie grösstenteils gut, nur ein geringer Teil ist befriedigend. Dies entspricht der Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten (6—7).

Die Verhältniszahlen der eigentlichen Seggenreisermoore (VSR) wechseln zwischen 20 und 55. Die besten der eigentlichen Seggenreisermoore sind nach ihrem Nährstoffgehalt gut, einige sogar sehr gut. Etwa die Hälfte sind entsprechend befriedigend, eines sogar genügend. Die durchschnittliche chemische Güte entspricht annähernd der Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten (4—5). Da die Gehaltschwankungen ziemlich gross sind, kann die chemische Untersuchung vor der Entwässerung bei Bestimmung der nach der Entwässerung bestehenden Waldertragsfähigkeit ihrerseits von Hilfe sein.

Die Verhältniszahlen der schlechteren Seggen-Reisermoore (HSR) schwanken zwischen 26 und 61. Diese sind in ihren Nährstoffgehalten grösstenteils befriedigend und genügend. Ausserdem ist ein Teil gut, aber daneben gibt es auch recht allgemein schlechte. Die durchschnittlichen Nährstoffgehalte des Typs sind höher, als ihre Waldentwässerungs- und Anbauwerte (2—3) voraussetzen. Da die Schwankungen im Rahmen des Typs recht gross sind, kann eine chemische Untersuchung bei Vorausbestimmung der künftigen Waldertragsfähigkeit vor der Entwässerung für ihren Teil wohl von Nutzen sein.

Die Verhältniszahlen der bruchmoorartigen Reisermoore (KR) wechseln zwischen 35 und 55. In ihren Nährstoffgehalten sind sie befriedigend und genügend. Die nach ihren chemischen Eigenschaften bestimmte Güte entspricht der früheren Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten (3—5).

Die Verhältniszahlen der Zwergstrauch-(Reiser)moore (IR) liegen zwischen 36 und 68. Nur 10 % der Zwergstrauch-(Reiser)moore sind nach ihren Nährstoffgehalten befriedigend, während die Mehrzahl schlecht sind. Ihrem Waldentwässerungs- und Anbauwert nach sind die meisten von ihnen genügend (2—3), so dass die nach dem Nährstoffgehalt angegebene Güte bei weitem nicht immer der genannten Auffassung entspricht. Vor Entwässerung der Zwergstrauch-(Reiser)moore ist eine chemische Untersuchung notwendig, da nur die besten gewöhnlich ausreichende Voraussetzungen für den nach der Entwässerung bestehenden Waldwuchs bieten.

Die Verhältniszahlen der Wollgras-Reisermoore (ITR) schwanken zwischen 48 und 68. Die Wollgras-Reisermoore sind nach ihrem Nährstoffgehalt teilweise genügend, grossenteils aber schlecht. Nach ihrem Waldentwässerungs- und Anbauwert sind sie genügend (2—3), so dass der durchschnittliche Nährstoffgehalt etwas niedriger ist, als die allgemeine Typschätzung voraussetzt.

Die Verhältniszahlen der *Sphagnum*-Reisermoore (RR) wechseln zwischen 51 und 68. Im allgemeinen sind die *Sphagnum*-Reisermoore nährstoffarm, was der Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten (1) durchaus entspricht.

Die Verhältniszahlen der Braunmoor-Reisermoore (LR) liegen bei dem ziemlich kleinen untersuchten Material zwischen 20 und 19. Auf Grund ihrer Nährstoffgehalte ist es recht wahrscheinlich, dass es auch solche Vertreter des Typs gibt, deren Verhältniszahl sogar die Mindestzahl sein oder ihr wenigstens sehr nahekommen kann. Bezeichnend für die Braunmoor-Reisermoore ist die Reichlichkeit ihrer Nährstoffmengen, die der Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten (7—9) entspricht.

Weissmoore

Die Verhältniszahlen der Grossseggen-Weissmoore (SN) schwanken zwischen 30 und 52. Die Grossseggen-Weissmoore sind grösstenteils von befriedigenden Nährstoffgehalten, die übrigen sind entweder gut oder genügend. Die Nährstoffgehalte entsprechen somit der Auffassung von ihren Waldentwässerungs- und Anbauwerten.

Die Verhältniszahlen der *Sphagnum papillosum*-Weissmoore (KN) wechseln zwischen 25 und 57. Die meisten von diesen werden nach Lukkala und Kotilainen (1951) zu dem genannten Typ (SN) gezählt. Trotzdem sind sie teilweise nach Lukkala und Kotilainen als selbständiger Typ behandelt worden. Da der Typ sehr ungleichwertige Moore umfasst, sind die grossen Schwankungen der Verhältniszahlen teilweise schon darauf zurückzuführen. *Sphagnum papillosum*-Weissmoore kommen denn auch in allen Klassen von Nährstoffgehalten vor, was bezeugt, dass wirklich sehr ungleichmässiges Material zu dem Typ gehört. Für den Teil des Vergleichs sei auf diejenigen Typen hingewiesen, denen sich die *Sphagnum papillosum*-Weissmoore im Rahmen der neuen Güteeinteilung in jedem einzelnen Falle anschliessen.

Die Verhältniszahlen der Rimpimoore (RiN) liegen zwischen 30 und 60. Die natürliche und die künstliche Bewaldung nach der Entwässerung sind sehr schwer. Zwischen den Mooren mit verschiedenen Verhältniszahlen scheinen in dieser Hinsicht kaum Unterschiede zu bestehen. Die besten Rimpimoore sind in ihren Nährstoffgehalten gut und die übrigen grösstenteils befriedigend, so dass die nach ihren Nährstoffgehalten ermittelte Güte bedeutend höher ist als ihr Waldentwässerungswert (1—2). Der Nährstoffgehalt der besten Rimpimoore entspricht der Auffassung von dem Anbauwert der eigentlichen Rimpimoore (3—5). Ein recht geringer Teil von

diesens ist aber von schwächeren Gehalten, als ihr Anbauwert voraussetzt, und entspricht sogar der Auffassung von dem Waldentwässerungswert der Rimpimoore.

Die untersuchten *Sphagnum fuscum*-Weissmoore (RN) sind in ihrem Nährstoffgehalt schlecht oder zu den schlechtesten unter den genügenden gehörig.

Braunmoore

Die Verhältniszahlen der eigentlichen Braunmoore (VL) schwanken im Rahmen des untersuchten Materials zwischen 17 und 25. Doch scheint es auf Grund der einzelnen Gehalte, dass es auch Braunmoore gibt, deren Verhältniszahl möglichst gering oder wenigstens kaum mehr ist. Bezeichnend für die untersuchten eigentlichen Braunmoore ist die Reichlichkeit der Nährstoffmengen, was der Auffassung von ihrem Anbauwert (7—9) entspricht. Zugleich kommt sie der Auffassung von ihrem Waldentwässerungswert (6—7) sehr nahe. Doch ist zu bemerken, dass sie im Mittel verhältnismässig sehr phosphor- und kaliarm sind.

Die Verhältniszahlen der Rimpi-Braunmoore (RiL) wechseln zwischen 12 und 45. Ein ihnen gemeinsamer Zug ist die Schwierigkeit natürlicher und künstlicher Bewaldung nach der Entwässerung. In ihren Nährstoffgehalten sind sie grösstenteils sehr gut und in der Minderheit befriedigend. Da sie im Mittel nach ihren Phosphor- und Kaligehalten anderen nach Entwässerung waldtragenden Mooren gleichwertig sind, dürfte auch dies kein Hindernis für Bewaldung sein. Nach ihren Nährstoffgehalten sind die untersuchten Rimpi-Braunmoore deutlich besser, als ihr Anbauwert (4—7) und ihr Waldentwässerungswert (3—4) voraussetzen.

Der Zuwachs im Holzbestand entwässerter Moore scheint recht wesentlich abhängig zu sein vom Moortyp, dessen chemische Eigenschaften im grossen ganzen der Auffassung von der nach der Vegetationsbonität bestimmten Güte entsprechen.

Auch ist infolge von Bewaldung nach Entwässerung finnischer Moore zum mindesten im gegenwärtigen Stadium der Entwicklung keine solche Verminderung der Nährstoffe wahrzunehmen, die den Zuwachs bereits aufgekommenen Waldes verhindern könnte. Vielmehr scheint es, dass für den zur Zeit der Entwässerung oder danach entstandenen Wald fortgesetzt ausreichende Lebensmöglichkeiten bestehen, soweit bei den Nährstoffgehalten usw. ein eigentlicher Waldwuchs hat hinreichend einsetzen können.

Die in den Tabellen und Abbildungen angegebenen finnischen Namenabkürzungen für die Moortypen sind oben im Zusammenhang mit jedem Moortyp in Klammern vermerkt. Zur Erläuterung einiger Tabellen seien die Bedeutungen folgender finnischen Wörter angeführt: suotyyppi = der Moortyp, paikkakunta = die Ortschaft, maatumisaste = der Humifizierungsgrad, raakatuhka = Rohasche, korvet = Bruchmoore, rämeet = Reisermoore, nevat = Weissmoore, letot = Braunmoore, puunjäännöksiä = holzige Reste, turvelaji = Torfart, syvyys = Tiefe, typpi = N, perusarviointi = die Grundschätzung, yhteisarviointi = die Gesamtschätzung, suhdeluku = Verhältniszahl.

HAKKUUMÄÄRÄN ARVIOIMINEN KANNOISTA

AARNE NYYSSÖNEN

ESTIMATION OF THE CUT FROM STUMPS

SUMMARY IN ENGLISH

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Käsillä olevan julkaisun valmistamiseen ovat antaneet herätteen ne tutkimukset, joita Metsäntutkimuslaitoksen arvioimisosaston toimesta on menneinä vuosina suoritettu hakkauksilla käsiteltyjen metsien rakenteen ja kehityksen selvittämiseksi ja jotka yhä jatkuvat verraten laajassa mitassa. Kantoaineiston keruu on tapahtunut pääasiallisesti kesäkausina 1950—52 ja on se suuntautunut maan eteläpuoliskossa lähinnä Metsäntutkimuslaitoksen kokeilualueisiin sekä niiden ohessa yksityisten ja yhtiöiden metsiin sijoitettuihin tutkimuskohteisiin. Pohjois-Suomen osalta taas on varsinkin Metsähallituksen alaisissa valtionmetsissä suoritetuilla tutkimuksilla tärkeä merkitys.

Tämän yhteydessä pyydän esittää parhaat kiitokseni kaikille niille henkilöille, joiden antama apu on edistänyt työn suoritusta. Heistä tahdon erityisesti mainita esimieheni Suomen Akatemian jäsenen, professori Yrjö Ilvessalon, jolta olen saanut monia arvokkaita neuvoja varsinkin työn ollessa käsikirjoitusasteella, sekä pääjohtajan, professori N. A. Osaran, jonka suostumuksella tutkimuskohteita voitiin hakea yksityismetsistä Keskusmetsäseura Tapion välityksellä. Professori V. Kujala on suorittanut kasvilajien määrityksen kannoista otetuista näytteistä sekä professori R. Sarvas on tutustunut käsikirjoitukseeni ja tehnyt siihen eräitä varteen otettuja parannusehdotuksia.

Helsingissä, toukokuussa 1955.

Aarne Nyyssönen

Sisällys

Sivu

Johdanto 5
Hakkuun ajankohdan määrittäminen 7
Kantojen ulkoasu ja lahoamisaste 7
Kantojen kasvipeite 14
Hakkuutähteet 16
Pystypuiden kasvuun hakkuista aiheutuneet muutokset 17
Kasvun vaihtelu 18
Muita keinoja 21
Metsikön hakkuumäärän arvioiminen 23
Kantojen mittaus 23
Siirtyminen rinnankorkeusläpimittaan 25
Pituuden ja muodon selvittäminen 32
Koemittausten tuloksia 38
Metsäalueen hakkuumäärän arvioiminen 46
Hakkuumäärän ja pystypuuston arvioimissadannesten keskinäinen suhde . 46
Koearviointien tuloksia 52
Loppukatsaus 56
Kirjallisuusluettelo 61

Summary in English 64

Johdanto

Metsän puuston kehitykseen kohdistuvissa tutkimuksissa ja myöskin käytännöllisissä arvioimistehtävissä on puuston määrän ja rakenteen sekä kasvun ohella poistuman selvittelyn tarve tullut tärkeäksi. Poistumalla tarkoitetaan luonnonmetsissä itseharvenemisen ja luonnonvaurioiden johdosta poistunutta puumäärää sekä talousmetsissä tätä ynnä hakkuissa poistettua, paljon suuremman erän käsittänyttä hakkuumäärää, hakkuutähteet siihen luettuina.

Jo verraten varhain on tietoja hakkuumääristä tarvittu puun käyttöä muodossa tai toisessa selvittävien tutkimusten yhteydessä. On myös alettu ymmärtää, että yksinomaan sen kuvan perusteella, joka esim. kahdesta eri tavalla käsitellystä metsiköstä saadaan niiden puuston kerrallisella tarkastelulla, ei kyetä arvioimaan käsittelytapojen edullisuutta, vaan lisäksi on oltava selvillä hakkuumäärästä ja sen rakenteesta. Edelleen saatetaan hakkuumäärää osoittavia lukuja tarvita puuston kasvun laskentaan ja moniin muihin tarkoituksiin.

Hakkuumäärää koskevia tietoja tarvitaan monesti vasta sen jälkeen, kun kaadetut puut jo on viety pois metsästä. Näiden tietojen hankkimiseksi voi olla tarjolla eri mahdollisuuksia, mutta varsin usein huomio kohdistuu niihin todistuskappaleisiin, jotka hakkuissa jäävät metsään, nimittäin kantoihin.

Ajatus laajamittaisesta hakkuumäärän arvioimisesta kantojen perusteella esiintyy jo vv. 1910—11 työskennelleen, Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion asettaman komitean mietinnössä (Suomen... 1911, s. 22; vrt. Ilvessalo 1923, ss. 4—5). Siinä suunniteltiin yksityismetsien puun käytön selvittämistä niiden linja-arvioinnin yhteydessä siten, että mitataan kolmena edellisenä vuonna hakattujen puiden kannot. Lisätutkimuksia käytön arvioimiseksi ehdotettiin suoritettavaksi menetelmällä, joka jäisi työn suorittajan valittavaksi. Suunnitellusta arvioimistyöstä suoritettiin tutkimusalueeksi valituissa Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjissä pystypuustoon kohdistunut osa, mutta kantoihin perustuva puun käytön arviointi jäi suorittamatta (Saari 1934, ss. 7—8).

Mainita kantoihin nojaavasta arvioinnista tavataan myös Lönnrothin v. 1919 yliopistollisia metsänarvioimisen harjoitustöitä silmällä pitäen laatimissa ohjeissa. Edelleen mainitsee Pöntynen (1929, s. 68)

Raja-Karjalan kuusialikasvoksia tutkiessaan lukeneensa vanhat kannot ja arvioineensa niiden iän. Tärkeän merkityksen saivat kannot arvioitaessa sodan metsille aiheuttamia vahinkoja (Ohjeita... 1942). Siinä yhteydessä julkaistiin lukusarjoja mm. kanto- ja rinnankorkeusläpimitan suhteesta eri metsikkölajeissa. Tuntuvaa kehitystä kyseisellä alalla merkitsivät edelleen Sarvaksen (1944, ss. 17—20, 34—39; 1950, ss. 24—26) tutkimukset, joilla hän selvitti varsinkin hakkuun ajankohdan arvioimista kannon ulkoasun ja lahoamisasteen nojalla. Kantoihin perustuvilla hakkuumäärän arvioinneilla on hänen edellä mainituissa tutkimuksissaan samoin kuin myöhemmin ilmestyneissä Heikuraisen (1953) ja kirjoittajan (Nyyssönen 1954) tutkimuksissa suuri merkitys.

Kantoihin Suomessa kohdistetun huomion lisäksi on mainittava, että Ruotsissa Näslund (1942) tutkiessaan vanhojen norlantilaisten kuusikoiden toipumiskykyä on perustanut hakkuumäärän arvioimisen kantoihin. Nyttemmin on siellä otettu merkittävä askel eteenpäin liittämällä valtakunnan metsien arviointiin hakkuumäärän selvittäminen parin viimeisen hakkuukauden kantojen perusteella (vrt. esim. Betänkande... 1952). Myös U.S.A:ssa suoritettavissa metsien arvioinneissa toimitetaan kantomittauksia (vrt. esim. Forest... 1954).

Edellä esitetystä havaitaan, että hakkuumäärän arvioimiseen kannoista on turvauduttu monissa yhteyksissä ja näyttää ilmeiseltä, että menetelmän käyttö on yhä lisääntymässä. Kysymys on niin ollen hyvin ajankohtainen. Kun kuitenkin käytettävissä olevien tutkimustulosten nojalla käsitys kantoihin perustuvan hakkuumäärän arvioimisen mahdollisuuksista ja luotettavuudesta jää nykyisellään kovin puutteelliseksi, on pidetty tarpeellisena selvittää kysymystä erityisellä tutkimuksella, jonka suoritus ja tulokset esitetään tässä julkaisussa.

Ongelman käsittely jaetaan kolmeen osaan seuraavassa järjestyksessä: hakkuun ajankohdan määrittäminen, metsikön hakkuumäärän arvioiminen sekä metsäalueen hakkuumäärän arvioiminen. Nämä kysymykset eivät kuitenkaan ole erillisiä, vaan liittyvät läheisesti toisiinsa siten, että kumpikin myöhempi osa ikäänkuin rakentuu aiemmin suoritetulle tarkastelulle.

Hakkuun ajankohdan määrittäminen

Kantoihin perustuvassa hakkuumäärän arvioinnissa on yleensä aina selvitettävä ensiksi hakkuun suoritusaika. Siihen tarjolla olevista mahdollisuuksista on kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen hyväksikäyttö usein tärkein. Myös silloin kun hakkuun ajankohdan selvittämiseksi voidaan ajatella käytettävän jotakin muuta menetelmää, tarvitaan tavallisesti lisäksi käsitys kantojen ulkoasusta ja lahonneisuudesta. Tämän johdosta aloitetaan tarkastelu mainitusta kysymyksestä ja vasta sen jälkeen kohdistetaan huomiota muihin mahdollisuuksiin.

Kantojen ulkoasu ja lahoamisaste

Kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen perusteella on muodostettu luokituksia, joita apuna käyttäen on pyritty arvioimaan hakkuusta kulunut aika. Niinpä Sernander (1936, ss. 167—172) on laatinut lähinnä kuusen rungon lahoamista tietyllä alueella Pohjois-Ruotsissa koskevan 3-jakoisen luokituksen, jota sittemmin Arnborg (1942, ss. 54—55; vrt. myös 1943, s. 44) on selventänyt ja käyttänyt sekä jonka hän mainitsee soveltuvan myös kantoihin. Luokitus on kuitenkin väljä, eikä sillä toista tarkoitusta varten kehitettynä liene suurta merkitystä hakkuun ajankohtaa selvitettäessä nyt kysymyksessä olevassa mielessä. Sen sijaan olennaisesti käyttökelpoisempi on johdannossa jo viitattu Sarvaksen (1944, ss. 18—20 ja 34—36; 1950, ss. 24—26) luokitus. Se koskee 10—30 cm:n läpimittaisia männyn, kuusen ja koivun kantoja Etelä-Suomen yleisillä metsätyypeillä sekä keskisuuria männyn kantoja varsinaisilla kuivilla kankailla Perä-Pohjolassa. Taulukosta 1 käyvät ilmi Sarvaksen muodostamat lahoamisasteet sekä hakkuusta kulunut aika kussakin asteessa.

Taulukossa mainittu rankavaihe on erotettu vain männyn kannoissa. Pienet kannot lahoavat Sarvaksen mukaan nopeammin kuin suuret. Kysymystä lähemmin tarkastelematta hän mainitsee, että lahoamiseen vaikuttavat kannon läpimitan, puulajin ja kasvupaikan lisäksi esim. tutkimusseudun ilmasto, kannon sisäinen rakenne ja kannon pituus. Eräissä yksityistapauksissa voi lahoaminen olla poikkeuksellista: esim. kirveellä

Taulukko 1. Kantojen lahoaminen (Sarvaksen mukaan).
Table 1. Decaying of stumps (according to Sarvas).

Lahoamisaste *Degree of decaying*	Etelä-Suomi *Southern Finland*		Perä-Pohjola *Northern Finland*
	Puulaji — *Tree species*		
	Mänty ja kuusi *Pine and spruce*	Koivu *Birch*	Mänty *Pine*
	Hakkuusta kulunut aika v. — *Number of years since cutting*		
Vaalea — *Light*	— 1	— 1	— 1
Pihkainen — *Resinous*	1— 3	—	2— 3
Kova — *Hard*	4—10	1— 8	4—12
Pehmeä — *Soft*	9—19	—	13—25
Laho — *Decayed*	17—25	6—15	26—35
Ranka — *Half mouldered*	—	—	36+
Maatunut — *Mouldered*	20 (25)+	12 (15)+	—

kaadettujen puiden kannot lahoavat nopeammin kuin sahalla kaadettujen, puiden tyvilahot ja kantoihin pesiytyneet tuhohyönteiset jouduttavat lahoamista, kun taas sekundäärinen paksuuskasvu ja hiiltyminen (vrt. Heikinheimo 1915, s. 183) hidastavat sitä.

Kirjoittaja on joutunut tutkimuksissaan lähtemään tässä esitetystä Sarvaksen luokituksesta ja sitä eri yhteyksissä käyttämään. Vähitellen on kertynyt havaintoja, jotka osoittavat, että luokitus ainakin pääpiirtein näyttää pitävän paikkansa myös näiden havaintojen perusteella arvostellen. Kuitenkin jouduttiin kiinnittämään huomiota eräisiin mainitsemisen arvoisiin yksityiskohtiin. Niinpä aste »vaalea» on melko suhteellinen käsite. Läheskään aina ei kannon poikkileikkauspinnan värisävyn perusteella voida esim. sanoa, onko puu kaadettu aikaisintaan edellisen talvikauden kuluessa. Myös erot Pohjois- ja Etelä-Suomen välillä voivat olla suuria; esim. Inarista on tavattu kantoja, jotka kolmantena kesäkautena hakkuun jälkeen ovat olleet jokseenkin yhtä vaaleita kuin Etelä-Suomessa hakkuuta seuranneena kesäkautena. Toisaalta on kuitenkin mainittava, että värisävyn vaihtelusta huolimatta näyttää edellisen hakkuukauden kantojen erottaminen niiden ulkoasun perusteella onnistuvan, jos lisäksi käytetään apuna esim. jäljempänä puheeksi tulevia hakkuutähteitä (vrt. esim. Betänkande... 1952, ss. 73—74).

Myöskään aste »pihkainen» ei rajoitu luokituksen edellyttämään 2—3 vuoteen, vaan esim. 6 v:n kuluttua hakkuusta on pihkaa esiintynyt männyn kannon poikkileikkauspinnassa yleisesti sekä Etelä- että Pohjois-Suomessa. Poikkeuksena ovat olleet vain rehevimpien metsätyyppien (OMT:n ja parempien) kannot. Pohjois-Suomessa on pihkaa saattanut esiintyä vielä 20 v:n kuluttua hakkuusta. Jossain määrin on pihkaa ollut myös kuusen kannoissa 6—7 v:n kuluttua hakkuusta sekä merkkejä pihkasta vielä 14—15 v:n kuluttua siitä.

Edelleen näyttää siltä, että lahoamisasteelle »pehmeä» mainittu vuosien määrä Etelä-Suomessa on keskimäärin liian pitkä.

Nyt ei kuitenkaan ollut varsinaisena tarkoituksena tutkia kyseistä luokitusta ja mahdollisesti pyrkiä sitä tarkistamaan, vaan koettaa saada käsitys siitä, miten eri tekijät vaikuttavat kannon ulkoasun muuttumisen ja lahoamisen kulkuun sekä kuinka tarkoin joko tämän tai jonkin muun vastaavanlaisen luokituksen nojalla voidaan hakkuusta kulunut aika yleensä määrittää. Siinä mielessä tutkittiin yksityiskohtaisesti 955 kantoa, jotka jakaantuivat eri hakkuisiin seuraavasti:

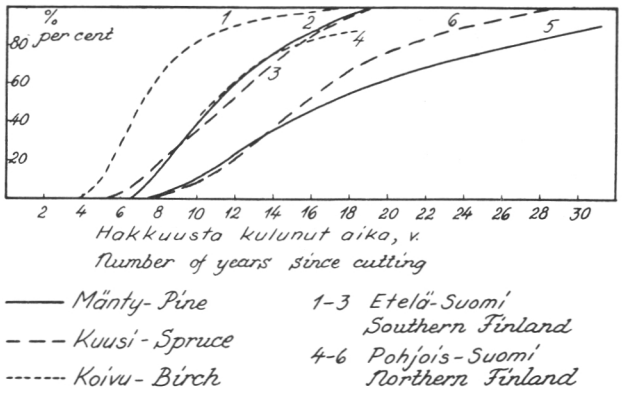
	Mänty	Kuusi	Koivu	
Etelä-Suomi	36	27	23	
Pohjois-Suomi	24	10	3	Yhteensä 123 hakkuuta

Tätä aineistoa kuvaavia keskimääräisiä tietoja esitetään taulukossa 2. Metsätyypin jäljessä oleva + tai — merkki osoittaa, että keskimääräinen kasvupaikka on joko kyseisen tyyppivariation paremmassa tai huonommassa puoliskossa.

Taulukko 2. Tietoja yksityiskohtaisesti tutkitusta kantoaineistosta.
Table 2. Some aspects of stump material studied in detail.

Sijainti *Location*	Puulaji *Tree species*	Metsätyyppi *Forest site type*	Puun ikä kaadettaessa, v. *Age of tree when felled, years*	Kannon läpimitta, cm *Stump diameter, cm.*
		Keskimäärin — *On an average*		
Etelä-Suomi *Southern Finland*	Mänty — *Pine*	MT—	81	28
	Kuusi — *Spruce*	OMT—	52	21
	Koivu — *Birch*	MT+	65	23
Pohjois-Suomi *Northern Finland*	Mänty — *Pine*	EMT+	143	28
	Kuusi — *Spruce*	EVT+	172	32
	Koivu — *Birch*	EVT+	149	20+

Lisäksi tehtiin lukuisilla havaintoaloilla muistiinpanoja mainituista puulajeista sekä niiden ohessa joitakin myös lepästä. Yksityiskohtaisessa kuvauksessa merkittiin muistiin kannon läpimitan ja pituuden lisäksi mm. lahonneisuus tiettyä asteikkoa käyttäen. Tästä asteikosta kävi mm. ilmi, kuinka suuri osa kannosta hajosi lahoamisen takia, kun kantoa potkittiin saappaan korolla. Seuraavassa suoritettava tarkastelu perustuu pääasiallisesti vain näin määritetyn lahoamisasteen hyväksikäyttöön. Menetelmä ei ole moitteeton, mutta sitä lienee kuitenkin pidettävä riittävänä valaisemaan nyt tarkasteltavaksi otettavia kysymyksiä. Lahon osuuden arvioinnissa on ollut omat vaikeutensa, koska esim. männyllä lahoaminen alkaa yleensä kannon laitaosista. Arviointi on kuitenkin pyritty saamaan oikealle tolalle mallikaavioita apuna käyttäen.



Kuva 1. Kantojen lahoamisen keskimääräinen kulku.
Fig. 1. The average course of stump decaying.

Kuva 1 esittää kantojen keskimääräisen lahoamisasteen lisääntymistä hakkuusta kuluneen ajan kasvaessa. Tärkeimpinä kuvasta ilmi käyvinä ja samalla aiemmin selostettujen S a r v a k s e n tulosten kanssa pääosiltaan yhteen sopivina piirteinä mainittakoon, että ensiksikään männyn ja kuusen välillä ei ole olennaisia eroja. Sen sijaan koivun kannon lahoaminen yhtä pitkälle kuin männyn ja kuusen vaatii n. 2/3 näiden tarvitsemasta ajasta. Lepästä tehdyt havainnot ovat osoittaneet tämän puulajin kantojen lahoavan vielä koivua nopeammin. Kantojen tulo tiettyyn lahoamisasteeseen Etelä-Suomessa näyttää eri puulajeilla tapahtuvan n. 2/3:ssa vastaavasta ajasta Pohjois-Suomessa, pääasiallisesti ns. Perä-Pohjolan alueella. Jos taas Etelä-Suomen keskimääräisiä tuloksia verrataan Inarin pohjoisrajoilla Syysjärvellä tehtyihin havaintoihin, on sama lahoamisaste männyllä edellyttänyt vm. paikassa yli 2 kertaa pitempää aikaa kuin Etelä-Suomessa keskimäärin.

Maan etelä- ja pohjoisosien välisiin eroihin kyseisessä suhteessa on varmaan suuri osuus erilaisella ilmastolla. Sen vaikutus tuntunee kuitenkin välillisesti jokseenkin yhtä paljon kuin välittömästi: maan pohjoisosista tutkitut kannot ovat hitaammin ja karummilla metsätyypeillä kasvaneista, vanhemmista puista kuin eteläosista tutkitut. Seuraavassa valaistaan vielä lyhyesti näiden seikkojen sekä kannon läpimitan vaikutusta lahoamiseen nojaamalla yleisiin puun rakennetta ja ominaisuuksia koskeviin tietoihin (vrt. J a l a v a 1952).

Metsätyypin ja lahoamisnopeuden riippuvuussuhteen selvittämiseksi tarkasteltiin, millaisia eroja mahdollisesti esiintyy lahoamisastetta osoittavien havaintojen jakaantumisessa kuvasta 1 näkyvien puulajittaisten tasoituskäyrien kahden puolen. Pohjois-Suomen osalta ei voitu mitään systemaattisia eroja todeta — mahdollisesti ainakin osaksi kasvupaikkavaihtelun

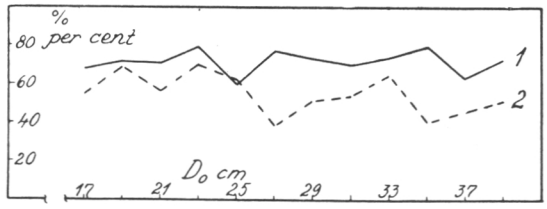
suppeuden takia —, mutta Etelä-Suomessa näytti sekä männyn että kuusen kantojen lahoaminen olevan hyvällä metsätyypillä nopeampaa kuin huonolla, kun taas koivun suhteen saatiin päinvastainen tulos.

Mainittu ilmiö liittynee läheisesti kasvupaikan laadusta johtuvaan puun sisäiseen rakenteeseen. Tuntuu näet hyvin luonnolliselta, että puu on myös kyseisessä suhteessa sitä kestävämpää, mitä suurempi on sen tilavuuspaino. Nyt esim. koivulla voidaan pitää yleisenä sääntönä, että nopeakasvuinen puu on painavampaa ja siis kestävämpää kuin hidaskasvuinen. Ilmeisesti taas esim. Etelä-Suomen parhailla kasvupaikoilla havupuiden puuaine kehittyy keveämmäksi ja samalla vähemmän kestäväksi kuin keskihyvillä kasvupaikoilla. Vaikka toisaalta kaikkein karuimmilla kasvupaikoilla näyttää muodostuvan kevyempää puuta kuin keskihyvillä, kehittyy huonolla metsätyypillä hitaasti kasvaneisiin puihin kestävää sydänpuuta suhteellisen runsaasti, joten yleensä lienee lähdettävä siitä, että kapealustoinen, karujen metsätyyppien puu on lahoamista vastaan leveälustoista kestävämpää (vrt. mt., ss. 124—128, 179—181). Kaikessa tällaisessa tarkastelussa on kuitenkin otettava huomioon myös eräiden arvaamattomien tekijäin vaikutus, kuten erilaisten lahottajasienten ja -eliöiden viihtyminen erilaisilla kasvupaikoilla ym.

Lahoamisen kulku on riippuvainen ilmeisesti myös kasvupaikan maalajista. Kysymystä ei kuitenkaan tarkasteltu erikseen.

Puun ikä kaadettaessa vaikuttaa kyseisessä suhteessa siten, että vanhojen puiden kannot näyttävät lahoavan yleensä hitaammin kuin nuorten. Tämä käy ilmi ainakin mäntyä koko maassa ja kuusta Etelä-Suomessa tarkasteltaessa. Esim. männyn osalta tällainen tulos on helppo ymmärtää, koska sydänpuun osuus on vanhojen puiden kannoissa suhteellisesti suurin. Aivan nuorten puiden kannoissa sydänpuuta ei ole ensinkään; esim. männyt Etelä- ja Keski-Suomessa alkavat sitä muodostaa vasta 30—40 v:n ikäisinä.

Kannon läpimitan vaikutusta tarkasteltaessa on yleisesti katsoen todettava, että pienten puiden kannot lahoavat keskimäärin nopeammin kuin suurten, kuten jo esim. S a r v a k s e n (1944, ss. 35—36) tutkimuksesta käy ilmi. Kuitenkin pienet puut ovat samalla iältään keskimäärin nuorempia. Iän vaikutus pyrittiin kysymystä nyt tarkasteltaessa eliminoimaan siten, että ensiksi suoritettiin kunkin läpimittaluokan kantoja koskeva tasoitus omassa akselistossaan, jossa abskissalla oli hakkuusta kulunut aika vuosissa ja ordinaatalla kannon lahoamisastetta osoittava sadannesluku. Näillä tasoituksilla saadut, Etelä-Suomessa 14 v:n ja Pohjois-Suomessa 17 v:n takaisista hakkuista peräisin olevien kantojen keskimääräiset lahoamisasteet asetettiin sitten kuvassa 2 näkyvään akselistoon. Tällaisten ajanjaksojen valitseminen johtuu siitä, että niitä vastaavien kantojen lahoamisaste voitiin eri läpimittaluokat huomioon ottaen saada tasoituksista luotettavimpana.



Kuva 2 Lahoamisasteen riippuvuus kannon läpimitasta (1 = Etelä-Suomi, hakkuusta kulunut 14 v.; 2 = Pohjois-Suomi, hakkuusta kulunut 17 v.).

Fig. 2. Correlation between the degree of decaying and the stump diameter (1 = Southern Finland, 14 years since cutting; 2=Northern Finland, 17 years since cutting).

Sikäli kuin muut tekijät pysyvät samoina, ei kannon läpimitalla sinänsä näytä olevan ainakaan tuntuvaa vaikutusta lahoamisen nopeuteen. Osaltaan selittänee tätä tulosta se, että pieniläpimittaiset kannot ovat ainakin tiheinä kehittyneissä metsiköissä samalla verraten pienilatvuksisten puiden kantoja, ja tällaisille puille kehittyy tavallisesti suhteellisen runsaasti sydänpuuta (vrt. J a l a v a mt., s. 127). Kuitenkin on yleensä lähdettävä siitä, että pieniä kantoja jää mittaamatta enemmän kuin suuria jo siitä syystä, että edellisten löytäminen on varsinkin vanhahkoilla hakkuualoilla vaikeampaa kuin jälkimmäisten. Näihin kysymyksiin palataan jäljempänä koemittausten tuloksia selostettaessa.

Kantojen lahoamisen keskimääräisen kulun ja siihen vaikuttavien seikkojen selvittämisen ohessa on hakkuumäärän laskentaa varten sangen tärkeää tietää, millainen on yksityistapausten hajonta keskiarvojen kahden puolen. Jo S e r n a n d e r (1936, s. 169) korostaa lahoamisluokituksen paikallista luonnetta; niin ikään S a r v a s (1944, s. 35) huomauttaa, että yksityistapaukset hajaantuvat keskimäärien ympärille suhteellisen väljin rajoin. Mainitun kysymyksen lähemmäksi valaisemiseksi esitetään aluksi seuraavassa asetelmassa, millaista vaihtelua esiintyy eri puulajeilla kantojen keskimääräisen lahoamisen suhteen tarkasteltaessa aineistoa suurina ryhminä. Keskimääräisen lahoamisasteen ollessa 50 % on hakkuusta kulunut eri tutkimusmetsiköissä aikaa seuraavasti:

Mänty	Etelä-Suomi	8—15 v.
	Pohjois »	13—23 »
Kuusi	Etelä »	8—18 »
Koivu	» »	5—10 »

Vaihtelu on siis suuri ja osoittaa, että pelkän keskimääräisen lahoamisasteen perusteella tulee esim. 10—15 v:n takaisten hakkuiden ajankohta verraten epävarmasti määritetyksi. Hajonta tietenkin pienenee jossain määrin, jos tarkastelu tapahtuu suppeampien ryhmien puitteissa siten, että huomioon otetaan edellä puheena olleet, lahoamiseen vaikuttavat tekijät, sekä niiden lisäksi metsikön sulkeutuneisuus, maan kosteussuhteet jne.

Metsiköittäin laskettujen keskimäärien lisäksi on tarpeen saada käsitys kantojen lahoamisasteen vaihtelusta kussakin metsikössä. Tätä kysymystä tarkastellen saadaan viitteitä siitä, miten lyhyin väliajoin suoritettujen hakkuiden kannot vielä voidaan luotettavasti toisistaan erottaa. Taulukossa 3 nähdään esimerkkejä kantojen jakaantumisesta eri lahoamisasteisiin eräissä tyypillisiksi katsottavissa tutkimusmetsiköissä.

Taulukko 3. Kantojen jakaantuminen lahoamisasteisiin eräissä koealametsiköissä.

Table 3. Distribution of stumps into degrees of decaying in some sample stands.

Puulaji ja sijainti *Tree species and location*	Hakkuusta kulunut aika, v. *Number of years since cutting*	Lahoamisaste, % *Degree of decaying, per cent*									
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
		Jakaantuminen lahoamisasteisiin (%) *Distribution into degrees of decaying (per cent)*										
Mänty, Etelä-Suomi — *Pine, Southern Finland*	9	20	10	10	30	10	10	—	10	—	—	—
	13	—	25	—	—	—	—	—	12	38	25	—
	16	—	—	—	5	—	5	5	10	50	20	5
Kuusi, Etelä-Suomi — *Spruce, Southern Finland*	7	50	25	14	—	—	—	7	—	—	—	4
	7	48	18	11	—	—	4	4	4	11	—	—
	15	—	—	—	—	8	—	—	8	—	42	42
Koivu, Etelä-Suomi — *Birch, Southern Finland*	5	79	11	5	5	—	—	—	—	—	—	—
	6	4	—	16	16	6	24	—	4	8	2	20
	8	13	8	13	13	4	21	8	—	8	4	8
Mänty, Pohjois-Suomi — *Pine, Northern Finland*	13	30	19	4	8	4	8	15	—	12	—	—
	17	—	5	14	5	5	9	9	14	10	5	24
	24	—	—	9	22	—	26	9	17	13	—	4

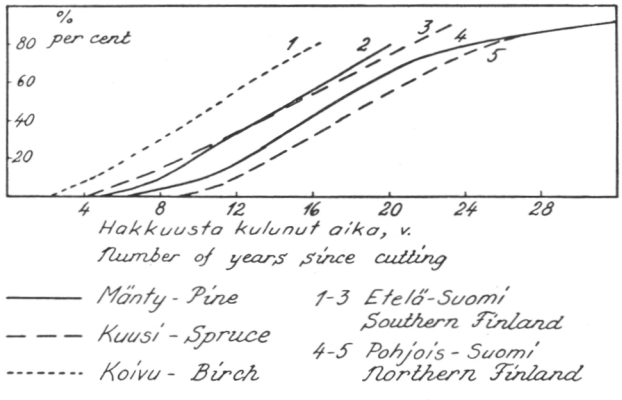
Havaitaan, että tietyssä hakkuussa syntyneiden kantojen lahoamisaste saattaa vaihdella sangen huomattavasti, joten pelkän lahoamisasteen perusteella näyttäisi sekaantuvan vielä melko pitkin väliajoin suoritettujen hakkuiden kantoja toisiinsa. Kuitenkin on samalla huomattava, ettei lahoamisaste ole ainoa peruste eri hakkuiden kantoja eroteltaessa; tarjolla on myös muita mahdollisuuksia, joita jäljempänä käsitellään. Kokonaisuudessaan voidaan kysymystä paremmin arvostella vasta sitten, kun on tarkasteltu myös suoritettujen koemittausten tuloksia.

Kantoja kuvattaessa tehtiin merkintä myös siitä, oliko k u o r i kannossa kiinni vai irti, vai oliko se mahdollisesti lohkeillut ja varissut pois. Paitsi puulajien välisiä eroja näyttää tässä suhteessa esiintyvän vaihtelua myös sen mukaan, miten tiheä on jäljellä oleva metsikkö. Esim. kuusen kannoista on aukealla ollut kuorta yleensä enemmän poissa kuin sulkeutuneessa metsikössä. Syynä lienevät aukeiden alojen suuremmat säänvaihtelut; esim. auringon paiste ja tuuli pääsevät niillä kantoihin vapaammin vaikuttamaan kuin sulkeutuneissa metsiköissä.

Tutkituista männyn kannoista kuori oli yleisesti irti ainakin jo 2—5 v:n kuluttua hakkuusta, mutta oli kuitenkin irtautuneena yleensä paikallaan vielä varhaisimpienkin hakkuiden kannoissa. Poikkeuksen muodostivat ns. elävät kannot, joissa kuori oli kiinni ja joita eräissä männiköissä esiintyi verraten runsaasti, jopa 15—20 % tutkituista kannoista (vrt. esim. Yli-Vakkuri 1953). Verraten pitkistä kannoista kuori taas saattaa lohkeilla pois, kuten Heikurainen (1953, s. 90) on todennut. Sama havainto on tehty eräistä nyt tutkituista, vanhoista hakkuista peräisin olevista pitkistä kannoista. Kuusen kannoissa kuori näyttää pysyvän hakkuun jälkeisinä vuosina huomattavaksi osaksi kiinni ja ainakin paikallaan, mutta yli 10 v:n takaisten hakkuiden kannoista keskimäärin 1/3—1/2 kuorta on ollut poissa. Kuitenkin mahlan aikana kaadettujen puiden kannoista kuori irtoaa heti hakkuun jälkeen (vrt. Instruktion..., s. 13). Koivun kannoille on ominaista, että kuori irtoaa puusta pian, mutta säilyy paikallaan usein vielä silloin, kun puuaine on sisältä jo aivan lahonnutta.

Kantojen kasvipeite

Kantojen ulkoasuun läheisesti liittyvän ja siihen tavallaan kuuluvan kysymyksen muodostaa kasvipeitteen, lähinnä jäkälien ja sammalten kehittyminen kannoille. Luonnollisesti siinä esiintyy tuntuvaa paikallista vaihtelua esim. kasvupaikasta, kannon pituudesta jne. riippuen, mutta myös tiettyä yhtäläisyyttä on havaittavissa. Ilmeisesti sen johdosta jo Sernander (1936, ss. 167—168) on luokituksessaan kiinnittänyt kasveihin huomiota. Nyt tutkituissa metsiköissä suoritettujen yksityiskohtaisten muistiinpanojen perusteella voitiin mm. laskea, kuinka suuren osan kannon poikkileikkauspinnasta jäkälät ja sammalet keskimäärin peittävät. Tulos esitetään kuvassa 3.



Kuva 3. Kasvien peitossa oleva osuus kannon pinnasta.
Fig. 3. Proportion of stump surface covered by plants.

Kasvipeitteen kehittyminen kantoihin näyttää siis olevan Pohjois-Suomessa hitaampaa kuin Etelä-Suomessa, mutta erot eivät kuitenkaan ole suuria. Esim. puolet kannon pinnasta on ollut jäkälien ja sammalten peitossa keskimäärin 15—20 v:n kuluttua hakkuusta lukuun ottamatta koivua, jonka kantojen kasvipeite on kehittynyt tähän määrään jo aiemmin. Ilmeisesti kasvipeitteen nopeampi kehittyminen koivun kantoihin on yhteydessä näiden nopeaan lahoamiseen. Männyn ja kuusen välillä ei näytä olevan mainittavia eroja.

Kantoihin kehittyvät kasvit ovat Pohjois-Suomessa pääasiallisesti jäkäliä, mutta Etelä-Suomessa varsinkin kuusikoissa ja koivikoissa, joita edustavat koealat ovat suhteellisen hyviltä kasvupaikoilta, etupäässä sammalia. Pienikokoisia sammalia on koivun kantoihin tullut joissakin tapauksissa jo parin vuoden kuluttua hakkuusta; poikkeuksellisesti varsinkin tällä puulajilla on saattanut esiintyä myös eräitä kääpäsieniä. Toisinaan taas joissakin kuusikoissa voimakkaasti kehittyvä seinäsammal työntyy sivusta kantojen päälle ja peittää verraten nopeasti matalat kannot. Lukuisain männyn kantoja koskevien havaintojen nojalla näyttää siltä, että ensimmäiset jäkäläpilkut esiintyvät niissä yleensä n. 5 v:n kuluttua hakkuusta.

Kaiken kaikkiaan on kasvipeitteen kehittymistä kantoihin pidettävä siinä määrin säännönmukaisena, että se muodostaa yhden, tosin hyvin likimääräisen keinon hakkuun ajankohdan arvioimiseksi.

Seuraavassa luetellaan eräitä kääpä-, jäkälä- ja sammallajeja, joita on tavattu kannoista yleensä yli 10 v:n, eräissä tapauksissa yli 20 v:n kuluttua hakkuusta. Luettelossa mainitaan samalla miltä puulajilta mitäkin kasvia on tavattu. Kun havaintoja ei ole tehty järjestelmällisesti, saattaa luettelosta puuttua useita kannoissa yleisesti kasvavia lajeja.

Mänty ja kuusi Etelä- ja Pohjois-Suomessa: *Cladonia cenotea*, *Cl. botrytes*, *Cl. fimbriata*, *Cl. bacillaris*, *Cl. cornuta*.

Mänty Etelä-Suomessa: *Stereum sanguinolentum* (usein esim. jo 6 v:n kuluttua hakkuusta), *Cetraria caperata*, *Parmelia ambiqua*, *P. hyperopta*, *Cladonia rangiferina*, *Dicranum scoparium*, *D. undulatum*, *Ptilidium pulcherrimum*.

Mänty Pohjois-Suomessa: *Cladonia digitata*, *Cl. bacilliformis*, *Cl. furcata*, *Cl. silvatica*, *Cl. crispata*, *Cl. fimbriata v. coniocraea*, *Dicranum congestum*, *Ptilidium ciliare*.

Kuusi ja koivu Etelä-Suomessa: *Brachythecium salebrosum*.

Kuusi Etelä-Suomessa: *Peltigera canina*, *Brachythecium reflexum*, maksasammalia.

Kuusi Pohjois-Suomessa: *Cladonia gracilis*, *Cl. ambiqua*, *Dicranum sp.*, *Pohlia nutans*.

Koivu Etelä-Suomessa: *Lenzites betulinus*, *Hansenia zonata*, *Helodium citrinum*, *Dicranum fuscescens v. congestum*.

Hakkuutähteet

Hakkuutähteiden hyväksikäyttö hakkuun ajankohdan arvioimisessa liittyy läheisesti kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen perusteella suoritettavaan arviointiin, koska hakkuutähteiden muuttumisessa samoin kuin kasvipeitteen kehittymisessä niille on samoja piirteitä, joita edellä kantojen osalta jo on tarkasteltu. Tietyissä tapauksissa, ehkä kuitenkin erityisesti melko tuoreiden hakkuiden suoritusajan arvioinnissa, voivat hakkuutähteet olla huomattavasti avuksi. Kuitenkin ne toisaalta saattavat olla kantoihin perustuvassa hakkuumäärän arvioinnissa myös haitaksi siten, että kantojen löytäminen hakkuualalta, jolla on varsinkin tuoreita hakkuutähteitä, voi tuottaa vaikeuksia. Niin ikään on muistettava, ettei maassa olevista latvuksista voida aina nähdä, missä kyseisten puiden kannot ovat.

Puulajeittain tehtyjen muistiinpanojen perusteella voidaan saada käsitys hakkuutähteiden muuttumisesta likimain täysitiheässä metsikössä. Myöhäissyksyllä tai talvikautena suoritettua hakkuuta seuraavan kevään ja kesän kuluessa m ä n n y n hakkuutähteiden, latvuksen ja oksien maasta koholla olevissa osissa neulasten väri muuttuu ruskeahkoksi ja saa siitä edelleen harmahtavan sävyn. Sen sijaan maata vasten tai lähellä maan pintaa neulaset ovat ensimmäisenä kesäkautena ruskean vihertäviä tai aivan vihreitäkin. Pohjois-Suomessa muutos tapahtuu yleensä hitaammin; niinpä männyn levinneisyysalueen pohjoisrajoilla Inarissa vielä kolmannen kesäkauden lopulla on lähellä maan pintaa esiintynyt vihreään vivahtavia neulasia. Etelä-Suomessa neulaset kuitenkin jo toisen kesäkauden kuluessa muuttuvat pääsävyltään harmaiksi, joskin ne yleensä ovat vielä paikoillaan ja vain esim. potkittaessa varisevat. 3:ntena ja 4:ntenä kesäkautena on neulasista jo suurin osa varissut, vaikka niitä esiintyy ryhmittäinkin jäljellä vielä 5—6 v:n kuluttua hakkuusta ja esim. Inarissa vielä 10 v:n kuluttua siitä. Kuitenkin oksat tällöin alkavat olla hauraita ja ainakin latvoiltaan osaksi katkeilleita. Myös kuori on silloin osittain lohkeillut pois.

K u u s e n ja k o i v u n hakkuutähteistä on tehty havaintoja vain Etelä-Suomessa. Ilmeisesti kehitys Pohjois-Suomessa on näiden puulajien osalla vastaavasti hitaampaa kuin edellä todettiin olevan männyn kohdalla.

Kuusen hakkuutähteistä neulaset varisevat suurimmaksi osaksi jo hakkuuta seuraavana keväänä ja alkukesästä. Kuitenkin lähellä maan pintaa voi olla jossain määrin joko vihreitä tai ruskeahkoja neulasia ensimmäisenä kesäkautena. Oksissa, jotka ovat kiinni vahvoissa latvuksissa, neulaset säilyvät vihreinä ja paikallaan kauemmin kuin irrallisissa oksissa; syynä on ilmeisesti se, että edelliset voivat saada runkopuusta ravinteita vielä jonkin aikaa hakkuun jälkeen. Toisena kesäkautena neulasia esiintyy enää poikkeuksellisesti, pääasiallisesti vain yksittäin. Oksien kuori on tällöin usein jossain määrin punertavan ruskeaa värisävyltään. Kuori

säilyy paikallaan aina 4—5 v. hakkuusta, mutta alkaa sitten vähitellen lohkeilla pois. 5—6 v:n kuluttua hakkuusta oksat murtuvat taitettaessa helposti, mutta niiden hienoimmatkin latvat ovat yleensä vielä jäljellä.

Koivulla oksien latvahaarat käyvät hauraiksi verraten pian hakkuun jälkeen; ainakin hakkuuta seuraavana kesäkautena haurastumisen huomaa selvästi. N. 5 v:n kuluttua hakkuusta ohuet latvahaarat ovat jäljellä vain osittain ja oksat ovat niin hauraita, että ne päälle astuttaessa helposti katkeilevat aina n. 3 cm:n paksuisiin saakka. Koivu eroaa havupuista kyseisessä suhteessa mm. siinä, että melko tuoreen, esim. vielä n. 2 v:n takaisen hakkuun oksissa olevista yksittäisistä lehdistä voi nähdä, onko hakkuu suoritettu puiden lehdessä ollessa vai ei. Kuitenkin myös havupuiden maassa olevista latvuksista voi jossain määrin päätellä hakkuun vuodenajan tarkastelemalla viimeistä vuosikasvainta (vrt. Instruktion . . ., s. 13).

Lähinnä tuoreiden hakkuiden suoritusajan arvioimisessa voi olla apua myös hakkuussa syntyvien lastujen sekä sahajauhojen tutkimisesta (vrt. mt.).

Pystypuiden kasvuun hakkuista aiheutuneet muutokset

Ne muutokset, joita hakkuut aiheuttavat pystyyn jäävien naapuripuiden kasvuun, näkyvät yleensä ainakin tilapäisenä sädekasvun ja mahdollisesti myös pituuskasvun voimistumisena. Vaikka tässä ei voida hakkuiden aiheuttamia reaktioita lähemmin tarkastella, on kuitenkin paikallaan mainita muutamista tekijöistä. Voimakkaat hakkuut aiheuttavat yleensä suurempia muutoksia kuin lievät, mutta paljon riippuu kuitenkin siitä, millaiseen metsikköön hakkuu on kohdistunut. Muutokset näkyvät yleensä selvimpinä aiemmin verraten tiheissä metsiköissä. Sen sijaan peräkkäisten hakkuiden kohteeksi joutuneissa metsiköissä tietyn hakkuun aiheuttama kasvun voimistuminen voi olla vain vaivoin havaittavissa. Parhaiten muutokset näkyvät yleensä kantojen lähellä olevissa puissa, joista joskus voi todeta lievänkin hakkuun ajankohdan. Edelleen on puun asemalla metsikössä suuri merkitys. Jo ennen hakkuuta verraten vapaina kasvaneisiin suuriin puihin saattaa pienten puiden poistaminen vaikuttaa ehkä vain vähän, ja samoin voi hakkuun aiheuttama reaktio olla hyvin hidas ja heikko jossakin vallitussa, latvuksensa hyvin vähäiseksi menettäneessä puuyksilössä. Monissa tapauksissa keskikokoiset puut osoittavat suhteellisesti suurinta sädekasvun muutosta (vrt. esim. Nyyssönen 1954, ss. 120—125). Puun aseman ja latvuksen sekä ympärillä olevien kantojen tarkastelusta voidaan saada viitteitä siitä, soveltuuko tietty puu käytettäväksi apuna hakkuun ajankohdan arvioimisessa.

Erityisen tärkeän rajoituksen nyt puheena olevan menetelmän käyttämisessä muodostaa kasvun luonnollinen vaihtelu, johon jäljempänä kohdistetaan huomiota. Kun mainitun vaihtelun johdosta kasvu muuttuu vuodesta ja ajanjaksosta toiseen hyvin tuntuvasti, peittyvät ja sekaantuvat hakkuiden aiheuttamat reaktiot helposti. Sen johdosta on välttämättä oltava selvillä kasvun luonnollisesta vaihtelusta, jos kyseistä menetelmää pyritään soveltamaan. Vaikeuksia voi syntyä vielä siitä, että kasvun vaihtelun paikalliset erot voivat olla tuntuvia ja vaihtelusta on ehkä käytettävissä vain suurehkoille alueille laskettuja keskilukuja.

Menetelmän käyttöä rajoittavana tekijänä on edelleen otettava huomioon, että kasvun voimistuminen ei ala eri puuyksilöissä samanaikaisesti ja välittömästi hakkuun jälkeen, vaan siinä suhteessa voi esiintyä useidenkin vuosien eroja.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että kyseinen menetelmä hakkuun ajankohdan arvioimiseksi ei läheskään aina johda tarkkoihin tuloksiin, mutta sitä on kuitenkin pidettävä monissa tapauksissa käyttökelpoisena keinona.

Kasvun vaihtelu

Jo edellä on lyhyesti mainittu kasvun vaihtelusta, jota monet tutkijat meillä ja muualla ovat selvitelleet. Vuosiluston leveydessä esiintyvän vaihtelun lisäksi poikkeavat tiettyinä vuosina muodostuneet lustot rakenteeltaan toisistansa esim. siten, että kesäpuun osuus luston leveydestä on erilainen (vrt. Mikola 1950, ss. 61—63). Kun vuosilustot näkyvät kannoissa ehkä yleisesti ainakin 10 v. hakkuun jälkeen — vain joissakin harvoissa tapauksissa lienee lustojen erottamisessa esim. 5 v:n takaisen hakkuun kannoista vaikeuksia —, voidaan niitä tutkia ja verrata joko suurilta ja suurehkoilta alueilta kasvun vaihtelusta käytettävissä oleviin keskilukuihin tai kunkin metsikön pystypuista kairattujen lastujen osoittamaan kasvun kulkuun. Pyrkien asettamaan vastinvuodet kohdakkain voidaan ajatella, että tätä tietä saadaan selville hakkuusta kulunut aika. Menetelmä tuntuu käyttökelpoiselta lähinnä männiköissä ja kuusikoissa, joissa vuosilustot näkyvät olennaisesti paremmin kuin esim. koivikoissa.

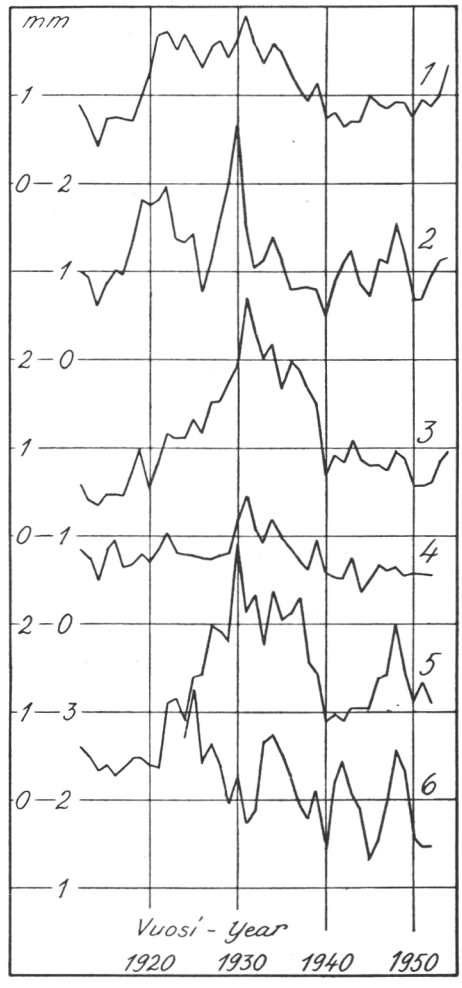
Mitä ensiksikin tulee juuri mainittuun ensimmäiseen vaihtoehtoon, suurten alueiden keskilukujen käyttöön, ovat siitä tehdyt havainnot osoittaneet menetelmällä olevan melkoiset rajoituksensa. On varsin vaikeaa hakea tunnusomaisia vuosia, vuosipareja tai mahdollisesti myös pitempiä ajanjaksoja yksityisistä kannoista ja yrittää sovittaa niitä tiettyjen vastinvuosien kohdalle laajan aineiston keskiarvoluvuissa; niin kuin jo aiemmin huomautettiin, on näet kasvun vaihtelussa ilmeisesti tuntuvia paikallisia

eroja. Kannon korkeudella esiintyy lisäksi satunnaisia häiriöitä yleensä enemmän kuin rinnankorkeudella, jolta suoritettuihin kairauksiin keskiluvut tavallisesti perustuvat. Vielä on tärkeää huomata, että metsikkö metsiköltä vaihdelleet hakkuut voivat suuresti haitata tässä muodossa tapahtuvaa kasvun luonnollisen vaihtelun hyväksikäyttöä.

Onnistumisen mahdollisuudet ovat huomattavasti paremmat, jos vertailut suoritetaan samasta metsiköstä tutkittujen kantojen ja pystypuiden kesken. Näin saadaan käytetyksi hyväksi kasvun vaihtelun paikallista luonnetta, ja myöskin aiempien hakkuiden aiheuttamat muutokset voivat olla avuksi, koska ne ehkä näkyvät samalla tavalla kannoissa kuin pystypuissakin. Kyseistä menetelmää mainitsee Sarvas (1950, s. 24) käyttäneensä Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen metsien hakkuumääriä tutkiessaan. Myös Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa, jossa huomioon otetaan vain kahden edellisen sekä kulumassa olevan hakkuukauden kannot, tehdään hakkuun suoritusajan tarkistamiseksi kairauksia tietystä ilmansuunnasta kannoista sekä niiden lähellä olevista samankokoisista puista (Instruktion..., s. 16).

Menetelmän käyttökelpoisuus riippuu olennaisesti siitä, miten yhdenmukaista kasvun kulku on saman metsikön eri puuyksilöissä. Asian valaisemiseksi otettakoon seuraava esimerkki.

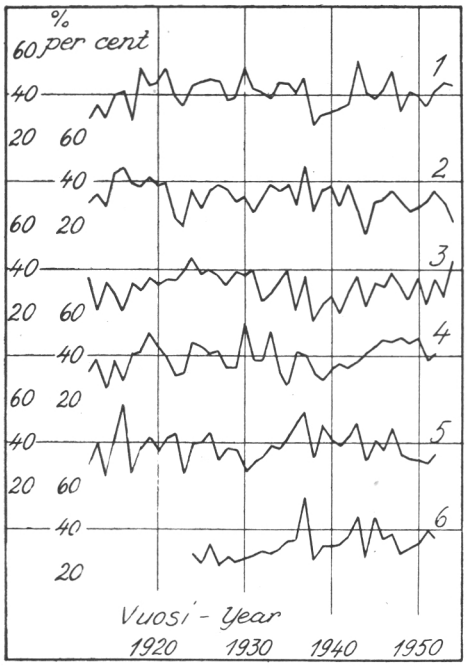
Eräässä n. 120-vuotiaassa puolukkatyypin männikössä Metsäntutkimuslaitoksen Ruotsinkylän kokeilualueessa kairattiin syksyllä 1954 lastut samasta ilmansuunnasta kannon korkeudelta 3 pystypuusta sekä 3:sta syksyllä 1952 kaadetun puun kannosta. Kuvassa 4 murtoviivat 1—3 esittävät vuosiluston leveyttä pystypuista otetuissa ja murtoviivat 4—6 kannoista otetuissa lastuissa. Vastin-



Kuva 4. Sädekasvu kannon korkeudella eräissä koepuissa (1—3 pystypuita, 4—6 kantoja).
Fig. 4. Radial growth at stump height in some sample trees (1—3 standing trees, 4—6 stumps).

vuodet on asetettu kohdakkain. Käytännössä voidaan pystypuiden osalta yleensä vaikeuksitta näin menetellä, mutta kantojen kohdalla on toisin. Tässä tapauksessa se kuitenkin on käynyt päinsä, koska hakkuun suoritusaika on ollut tiedossa etukäteen. Sädekasvun suuruus esitetään v:sta 1912 alkaen lukuun ottamatta kantoa n:o 6, jossa vuosi 1924 on ensimmäisenä.

Verrattaessa kasvun kulkua eri puuyksilöissä on sanottava, ettei se ylimalkaan ole kovin yhdenmukaista. Niinpä joillekin puille ominaiset merkkivuodet eivät aina satu toisissa samalle kohdalle (esim. huippuvuotena on toisissa vuosi 1930, toisissa 1931). Lähemmässä tarkastelussa käy kuitenkin ilmi myös tiettyä yhdenmukaisuutta. Kuvasta voi havaita eräitä vuosijaksoja tai vuosipareja, joissa kasvun kululla on yhtäläinen suunta ja joita voidaan käyttää apuna hakkuun ajankohtaa määritettäessä.



Kuva 5. Kesäpuun osuus kannon korkeudella kuvan 4 koepuissa.
Fig. 5. Proportion of summer wood at stump height in the sample trees of Fig. 4.

Vuosiluston leveyttä tarkastelemalla saadun käsityksen täydennykseksi voidaan erikseen tutkia kesäpuun absoluuttista ja suhteellista määrää. Kuvaan 5 on otettu kesäpuun sadannesosuudet kuvan 4 esittämissä puissa. Myös kesäpuun suhteellisessa määrässä voidaan havaita eri puuyksilöille yhteisiä piirteitä, joita voitaneen käyttää apuna hakkuun ajankohdan arvioimisessa.

Varmaankin on metsiköitä, joissa eri puuyksilöiden kasvun kulku on yhdenmukaisempaa kuin nyt esimerkiksi otetussa tapauksessa. Silloin on myös hakkuusta kuluneen ajan määrittäminen kyseistä menetelmää käyttäen vastaavasti helpompaa. Yleensä ei kuitenkaan kasvun vaihtelun avulla voida ilman muuta sanoa hakkuun suoritusaikaa; ainakaan se ei läheskään kaikissa tapauksissa näytä käyvän päinsä silmävaraisesti, ilman mittauksia. Parhaat mahdollisuudet näyttäisi tarjoavan useiden kantojen ja pystypuiden rinnakkainen tutkiminen. Tutkimus lienee tarpeen ulottaa melko kauas, ehkä ainakin 30 v. taaksepäin; esim. Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa käytettävä 10—15 v. tuntuu lyhyeltä. Edellytyksenä

näyttäisi vielä olevan, että kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen ym. seikkojen perusteella on ensiksi saatava likimääräinen käsitys hakkuun suoritusajasta muutaman vuoden tarkkuudella.

Kaikista edellä esitetyistä varauksista huolimatta on nyt kysymyksessä olevaa menetelmää — ehkä muihin keinoihin yhdistettynä — pidettävä yhtenä eniten huomiota ansaitsevista mahdollisuuksista hakkuun ajankohdan arvioimiseksi. Etenkin se seikka, että kasvun vaihtelu laajoissa puitteissa on hyvin säännönmukainen ilmiö (vrt. esim. Nyyssönen 1954, s. 53), saattaa tehdä tässä selostetusta menetelmästä erityisen merkittävän keinon varsinkin tarkistusten suorittamiseksi. Näytteiden otto kannoista on vain tarkoituksen mukaisella tavalla järjestettävä muistaen, ettei esim. kasvukairalla saada ehyttä lastua montakaan vuotta hakkuun jälkeen; jo 5 v. aiemmin suoritetun hakkuun kannoista on kairaus useimmiten vaikeaa kannon kuivumisen, halkeilemisen tai lahoamisen vuoksi. Myös kasvun mittausmenetelmiä laboratoriossa tai muuten on tarpeen kehittää.

Muita keinoja

Usein voidaan hakkuuvuoden määrittämisessä turvautua muistitietoihin ja muistiinpanoihin sekä metsätalouskirjoista, hakattua puutavaraa koskevista kauppakirjoista ym. saatuihin tietoihin. Näitä keinoja on myös syytä käyttää aina milloin niitä vain on tarjolla.

Ainakin männyllä tarjoaa mahdollisuuden hakkuun ajankohdan määrittämiseen ns. elävissä kannoissa tapahtuvan paksuuskasvun tutkiminen (vrt. Yli-Vakkuri 1953). Koivulla esiintyvien kantovesojen ikä taas voi monessa tapauksessa osoittaa hakkuusta kuluneen ajan pituuden.

Puiden kaadossa ja ajossa syntyy pystypuiden runkoon vikoja mm. kuoren repeilemisen johdosta. Nämä viat muodostavat runkoon koroja, ja lukemalla vuosilustot niiden laidoista voidaan hakkuun suoritusaika joissakin tapauksissa määrittää (vrt. Tirén 1937, ss. 198—199). Menetelmän käyttö on kuitenkin rajoitettua mm. siksi, etteivät korot ole meillä yleisiä. Mainittakoon, että U.S.A.:ssa tätä menetelmää pidetään jopa parhaana käytettävissä olevana keinona (vrt. Forest... 1954, s. 21). Hakkuun ajankohta saatetaan ehkä päätellä myös leimatuista, mutta hakkuussa pystyyn jääneistä puista (vrt. Näslund 1942, s. 18). Kuitenkin on huomattava, ettei hakkuu seuraa aina välittömästi leimausta. Apua voi olla myös leimauksessa juurenniskaan lyödyistä kirvesmerkeistä (mt.).

Aiemmin (ss. 7—8) on jo viitattu erilaisten kaatotapojen vaikutukseen kannon lahoamisessa. Erilainen kaatotapa, siihen luettuna myös erilainen kannon pituus, voi lisäksi olla avuksi ryhmitettäessä kantoja hakkuuvuoden mukaan.

Vielä on mainittava, että hyvin tasaikäisissä metsiköissä voi hakkuun ajankohdan määrittäminen olla mahdollista lukemalla vuosilustot sekä muutamista kannoista että joistakin pystypuista vastaavalta korkeudelta otetuista kairanlastuista. Erotus osoittaa hakkuusta kuluneen ajan pituuden.

Metsikön hakkuumäärän arvioiminen

Kantojen mittaus

Edellä on tarkasteltu niitä menetelmiä, joita voidaan käyttää apuna määritettäessä, m i t ä kantoja tietyn hakkuun hakkuumäärää arvioitaessa otetaan huomioon. Heti tämän jälkeen herää kysymys: m i t e n kantojen mittaus suoritetaan?

Niin kuin aiemmin (ss. 13—14) on käynyt ilmi, pysyy kuori kannoissa tavallisesti paikallaan, vaikka irtautuneenakin, verraten kauan hakkuun jälkeen. Niin ollen on kuorellisen läpimitan luotettava mittaus yleensä mahdollista. Mittaus kuorineen on tavallisesti myös helpompaa kuin mittaus kuoretta, varsinkin kun ottaa huomioon sen jäljempänä puheeksi tulevan näkökohdan, ettei näyttäisi olevan aina tarkoituksen mukaista suorittaa mittauksia poikkileikkauspinnasta, jonka korkeus saattaa vaihdella epäsäännöllisesti. Kuorellisen läpimitan käyttöön on aiheellista pyrkiä erityisesti myös siitä syystä, että hakkuumäärän selvittämiseksi tärkeän kanto- ja rinnankorkeusläpimitan suhteen tutkiminen pystypuista käy helpoimmin, jos ei tarvitse erikseen mitata kuorta. Milloin taas kuori sattuu olemaan kannosta osittain poissa, voitaneen sen paksuus riittävällä tarkkuudella arvioida.

Tässä tutkimuksessa on nyt mainituin perustein käytetty kuorellisia läpimittoja. Samoin menetellään myös käynnissä olevassa Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa (I n s t r u k t i o n . . ., s. 16). Kun kuitenkin tietyissä tapauksissa myös mittaus kuoretta voi olla paikallaan, ovat eräät tutkijat sitä tapaa käyttäneet (vrt. N ä s l u n d 1942, s. 18; H e i k u r a i n e n 1953, ss. 90—91).

Kantoläpimitan (d_k) mittauskorkeus ansaitsee oman huomionsa. Ylimalkainen maininta »kannon korkeudelta» tapahtuvasta mittauksesta ei riitä, sillä voimakkaasti kapenevan rungon tyven kyseessä ollen ei ole yhdentekevää, mistä kohdasta mittaus suoritetaan. Ensiksikin on huomattava, että mitä ylempää mittaus voidaan toimittaa, sitä pienemmäksi jää erotus d_k—$d_{1.3}$, ja sitä vähäisempi on vaihtelu, jolloin samalla mahdollisuudet $d_{1.3}$:n luotettavaan selvittämiseen paranevat. Itse mittaustarkkuuskin paranee mittauksen siirtyessä ylemmäksi. Tosin kantoa mitattaessa tulokselta ei voida yleensä vaatia samaa tarkkuutta kuin $d_{1.3}$:aa selvitettäessä: kannon

mittaus esim. tavallisella kaulaimella on hankalampaa, vähäinenkin mittauskorkeuden muutos voi aiheuttaa tuntuvia poikkeuksia, kannossa oleva vesenne saattaa vaikeuttaa mittaamista, jne.

Toisaalta lienee syytä pyrkiä suorittamaan mittaukset kunkin d_k-luokan kannoista samalta korkeudelta, jotta suhteen d_k:$d_{1.3}$ tutkimisessa pysyttäisiin yhtäläisellä pohjalla. Mittauskorkeuden valinnassa on silloin otettava huomioon kulloinkin lyhimmät kannot. Kun ainakin laajassa työssä joudutaan mittaamaan myös hyvin lyhyitä kantoja, on mittauskohta valittava verraten alhaalta. Niinpä esim. tämän tutkimuksen kantomittaukset on yleensä suoritettu siltä korkeudelta, joka on lähtökohtana pystypuiden kuutioimistaulukoissa (Ilvessalo 1948 a, s. 7): ». . . ylin katkaisua ja samalla tyvitukkia selvästi haittaava juurenhaaran niska tai yleensä se kohta, josta puu lumettomana aikana olisi voitu mahdollisimman alhaalta katkaista.» Varsinkin suurissa puissa tämä kohta, josta otetusta läpimitasta käytetään tässä merkintää d_0, voi olla tuntuvasti maan pintaa ylempänä. Siten esim. lis. Y. Vuokilan valmisteilla olevaa tutkimustansa varten suorittamien mittausten mukaan mainitun kohdan korkeus maan pinnasta on kuusella mustikka- sekä käenkaali-mustikkatyypeillä keskimäärin n. 35 cm $d_{1.3}$-luokassa 34 cm oltuaan n. 15 cm $d_{1.3}$-luokassa 12 cm.

Huomattavana syynä mainitun mittauskorkeuden käyttöön tässä tutkimuksessa on ollut, että aineistosta muodostavat Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealat olennaisen osan ja kannot niillä ovat usein hyvin lyhyitä (vrt. Sarvas 1944, s. 39). Kuitenkin on mainitun d_0:n lisäksi tarkasteltu jossain määrin myös 10 cm ylempää otettua läpimittaa ($d_{0.1}$).

Edelleen ansaitsee kohdistaa huomiota kysymykseen mittaussuunnasta. Rinnankorkeusläpimittaa selvitettäessä menetellään eri tavoin. Käytännön töissä on yleisesti omaksuttu yhdestä sattumanvaraisesta suunnasta tapahtuva mittaus, kestokoealoilla käytetään tavallisesti kahden kohtisuorasti toisiaan vastaan otetun läpimitan keskiarvoa, koepuiden suhteen menetellään usein samoin käytännön tehtävissäkin, jne. Näitä samoja menettelytapoja voidaan soveltaa myös kantojen mittauksessa. Huomattava on, että nimenomaan myös kantojen ristiinmittaus näyttäisi olevan perusteltua, koska poikkeukset eri suunnista otettujen läpimittojen välillä ovat juurenniskalla suhteellisestikin suurempia kuin rinnankorkeudella. Niinpä 10:n tarkoin analysoidun metsikön perusteella kävi ilmi, että toisiaan vasten kohtisuorasti otettuihin 0-korkeuden läpimittoihin pohjautuvien yksikkökuutioiden erotuksen ollessa keskimäärin 15—20 % niiden keskiarvosta oli vastaava sadannesluku rinnankorkeudella 10—14, kun kuutioinnissa käytettiin apuna pystypuiden kuutioimistaulukoita.

Tämän tutkimuksen laskelmat perustuvat enimmäkseen yhdestä, mutta osaksi kahdesta suunnasta tapahtuneeseen mittaukseen. Samoin on menetelty jäljempänä puheeksi tulevaa suhdetta d_k:$d_{1.3}$ pystypuista tutkittaessa,

kuitenkin niin, että milloin on käytetty edellistä tapaa, on sekä d_k että $d_{1.3}$ mitattu samasta suunnasta.

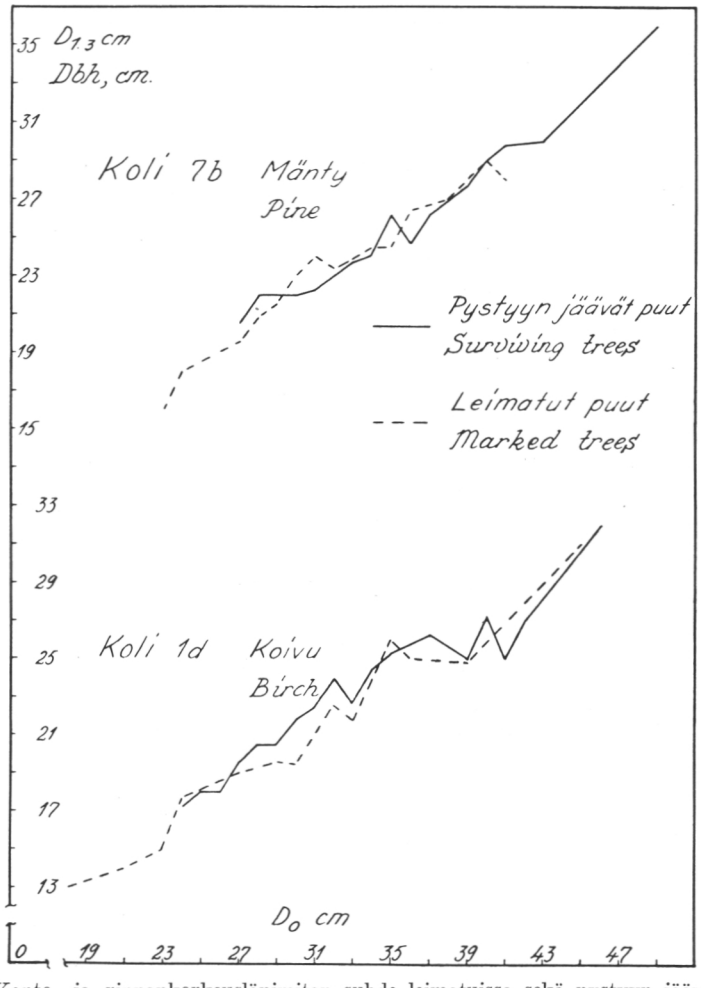
Mainittakoon, että Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa mitataan kannoista pienin läpimitta heti poikkileikkauspinnan alapuolelta (Instruktion..., s. 16). Tällainen kapeimmalta puolen mittaus liittyy pyrkimykseen saada mittauskorkeuden muutosten vaikutus tuloksiin mahdollisimman vähäiseksi. Kun näet poikkileikkauspinnan eksentrisyys tulee pienemmäksi ylempänä rungolla, kuten jo edellä kävi ilmi, vaikuttaa mittauskorkeuden muuttuminen käytettäessä pienintä läpimittaa suhteellisesti vähiten. Ruotsissa suoritetut tutkimukset ovat muuten osoittaneet, että toimitettaessa läpimitan mittaus kannoista samalta korkeudelta maan pinnasta lukien niistä pystypuista, joita käytetään perustana siirryttäessä $d_{1.3}$:aan, on poistettujen puiden keskimääräinen $d_{1.3}$ saatu yleensä todellista suuremmaksi, jos on käytetty joko tietystä yhdestä suunnasta tai kahdesta toisiaan vastaan kohtisuorasta suunnasta toimitettua mittausta. Syyksi mainitaan mm., että kannot nousevat maan pinnan tasoon verrattuna, kun puun paino on päältä poissa (Betänkande... 1952, s. 78). Sen sijaan mittaus kapeimmalta puolen on edellä ilmi käyneestä syystä johtanut parempaan tulokseen. Kun nyt suoritetussa tutkimuksessa ei ole käytetty lähtökohtana maan pintaa, vaan ns. alinta mahdollista katkaisukohtaa, jonka useimmiten juurenniska määrää, ei systemaattisen virheen vaaraa esiinny samalla tavalla. Sen osoittavat myös jäljempänä suoritettavat vertailut.

Tiettyä d_k-luokitusta vastaa suppeavälisempi luokitus rinnankorkeudella, kuten jäljempää käy ilmi. Niin ollen saisi kantojen mittauksessa käytetty luokitus olla yleensä väljempi kuin pystypuustolle käytetty luokitus. Käytännöllisistä syistä jouduttaneen kuitenkin tavallisesti soveltamaan samaa luokitusta molemmissa tapauksissa.

Siirtyminen rinnankorkeusläpimittaan

Kantojen läpimittaluokkiin jakaantumisen tuntemisella voi jo sellaisenaan olla merkitystä: voidaan esim. verrata kantoläpimittoja pystypuista vastaavalta kohdalta otettuihin läpimittoihin ja siten saada käsitystä hakkuiden luonteesta. Yleensä kuitenkin myös silloin, kun tyydytään pelkkään poistettujen ja pystyssä olevien puiden läpimittojen vertailuun, tahdotaan mieluimmin verrata läpimittaa rinnankorkeudelta, joka mm. muodostaa lähtökohdan kuutioimistaulukoiden käytölle. Sen johdosta ja kun vielä otetaan huomioon, että läpimitta on hyvin olennainen kuutiotekijä, muodostaa siirtyminen d_k:sta $d_{1.3}$:aan tärkeän ongelman.

Perusajatus kyseisessä tehtävässä on selvä ja yksinkertainen: tutkitaan suhdetta $d_k : d_{1.3}$ pystypuista ja saatuja tuloksia hyväksi käyttäen selvitään, mitä $d_{1.3}$:aa kukin d_k vastaa. Nyt tehtyjen havaintojen mukaan voidaan kyseisessä muuntamisessa yleensä käyttää poistetuille puille samaa suhdetta kuin pystypuillekin. Se käy ilmi myöhemmin esitettävistä koemittausten tuloksista, minkä lisäksi samaa asiaa on havainnollistettu kuvaan 6 otetuilla esimerkeillä. Kysymyksessä on pari Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealaa, väljennyshakkausta silmällä pitäen leimattu männikkö ja ns. alaharvennuksella käsiteltävä koivikko. Suhteessa $d_0 : d_{1.3}$ ei näytä olevan systemaattisia eroja pystyyn jäävien ja leimattujen puiden välillä. Kuitenkaan ei tällaisten erojen mahdollisuutta joissakin tapauksissa ole pois sul-



Kuva 6. Kanto- ja rinnankorkeusläpimitan suhde leimatuissa sekä pystyyn jäävissä puissa.
Fig. 6. Relationship between the stump diameter and the dbh of marked trees and of surviving ones.

jettava. Niistä mainittakoon esimerkkinä kuusikko, josta leveätyvisiä maannouseman vaivaamia puuyksilöitä on poistettu. Myöskään silloin, kun hakkuusta jo on kulunut verraten kauan aikaa, ei aina voida varauksitta käyttää jäljellä olevien puiden suhdetta $d_0 : d_{1.3}$, niin kuin jäljempänä suoritettavasta kysymyksen tarkastelusta käy ilmi.

Tarjolla olevaa aineistoa yksityiskohtaisesti tutkittaessa voidaan tehdä se tärkeä havainto, että d_0:n ja $d_{1.3}$:n välillä näyttää vallitsevan suoraviivainen korrelaatio, tai ainakin se on yleensä niin lähellä suoraviivaista, että sitä voidaan hyvin sellaisena käsitellä. Siten tulos tältä osaltaan sopii yhteen Vuoriston (1936, ss. 52—55) tarkastelun kanssa. Edelleen tämä merkitsee sitä, että riippuvuussuhteelle voidaan laskea Bravais'n korrelaatiokerroin (r). Se tulee yleensä huomattavan korkeaksi, usein suuruusluokkaan 0.92 tai vielä paremmaksi (vrt. myös mt., s. 52). Laskemalla edelleen regressiosuorat saadaan selville, mikä $d_{1.3}$ vastaa mitäkin d_k:aa ja päinvastoin. Käytännössä d_k yleensä tunnetaan ja $d_{1.3}$ halutaan laskea. Jos edellinen ajatellaan asetetuksi x-akselille ja jälkimmäinen y-akselille, halutaan siis yleensä y-koordinaattien arvot laskea ja niin muodoin on käyttökelpoisempi ns. ensimmäisen regressiosuoran yhtälö, jonka kulmakerroin käy ilmi seuraavasta:

$$y = r \frac{\sigma y}{\sigma x} x$$

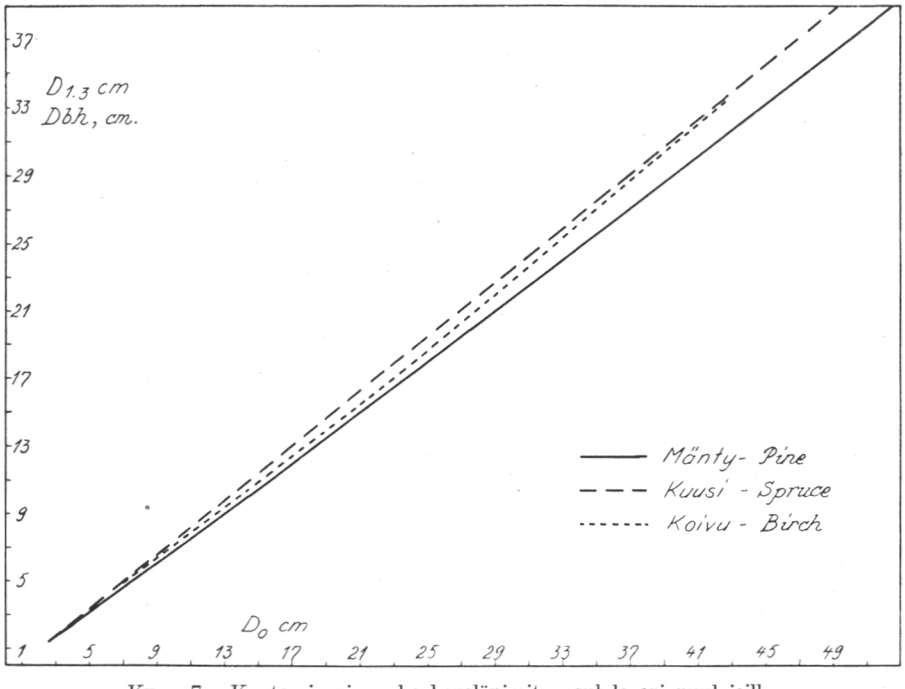
Regressiosuoran laskennasta on mm. se hyöty, että ainakin niitä d_k-luokkia vastaavat $d_{1.3}$:t, jotka ovat kooltaan keskimääräisten koepuiden tienoilla, tulevat luotettavasti selvitetyiksi. Mikäli koepuut paksuudeltaan hyvin vastaavat mitattuja kantoja, saadaan kantojen $d_{1.3}$ yleensä oikeaksi. Sen sijaan esim. pienimpiin läpimittaluokkiin näin lasketut arvot ehkä eivät sovellu ilman korjauksia. Vaikka korrelaatiolaskennan avulla saadaan tulosta tietyissä tapauksissa varmennetuksi, näyttää kuitenkin pelkkä graafinen tasoitus useimmiten suositeltavalta joustavuutensa ja nopeutensa ansiosta. Riippuvuus on usein niin selvä, ettei graafisen tasoituksen subjektiivisuus koidu häiritseväksi tekijäksi.

Sikäli kuin pystypuusto käsittää niihin läpimittaluokkiin kuuluvia puita, joita hakkuissa on poistettu, voidaan d_k:sta $d_{1.3}$:aan siirtyä kussakin metsikössä suoritettujen mittausten perusteella. Kuitenkaan tämä ei käy päinsä esim. avohakkuilla tai hyvin selvillä alaharvennuksilla käsitellyissä metsiköissä. Sen johdosta on tarpeen laskea yleisiä suhdetta $d_k : d_{1.3}$ kuvaavia sarjoja tietyille metsikkölajeille. Mutta nämä sarjat voivat olla hyödyksi myös silloin, kun pystypuusto käsittää samojen läpimittaluokkien puuyksilöitä kuin poistumakin. Aina näet ei ole mahdollisuutta riittävän monien vertausmittausten tekoon, ja jottei vähälukuisten havaintojen perus-

teella jouduttaisi harhaan, voidaan yleisiä lukusarjoja käyttää apuna. Niiden tarkastelu opettaa muutenkin tuntemaan suhteelle $d_k : d_{1.3}$ ominaisia piirteitä eri puulajeilla, kasvupaikoilla, jne.

Eri puulajien vertailemiseksi voidaan aluksi kohdistaa huomiota jo aiemmin mainittuihin tarkoin ja mahdollisimman yhtäläisillä tavoilla mitattuihin 10 metsikköön. Ne osoittivat, että kyseisessä suhteessa ei puulajien kesken näytä olevan eroja lukuun ottamatta sitä, että koivikossa d_0:aa 21—37 cm vastaava $d_{1.3}$ oli keskimäärin 0.2—0.8 cm pienempi kuin vastaava $d_{1.3}$ männiköissä ja kuusikoissa.

Toiseksi on voitu tarkastella sitä aineistoa, joka on kertynyt männiköistä kirjoittajan (Nyyssönen 1954) aiemmin suorittaman tutkimuksen yhteydessä sekä kuusikoista lis. Y. Vuokilan ja koivikoista kand. P. Koiviston valmisteilla olevien tutkimusten yhteydessä; viimeksi mainitut ovat ystävällisesti sallineet käyttää mittaustuloksiansa tässä tutkimuksessa. Kyseisiä mittauksia on suoritettu kaikkiaan 5 636 männystä, 1 809 kuusesta sekä 1 244 koivusta, yhteensä siis 8 689 puusta. Männyt ovat mustikka-, puolukka- ja kanervatyypeiltä sekä kuuset ja koivut käenkaali-mustikka- ja mustikkatyypeiltä maan eteläpuoliskosta. Puulajeittaisia keskiarvoja esittää kuva 7.



Kuva 7. Kanto- ja rinnankorkeusläpimitan suhde eri puulajeilla.
Fig. 7. Relationship between the stump diameter and the dbh of different tree species.

Kuvan perusteella näyttää erotus d_0—$d_{1.3}$ olevan suurin männyllä ja pienin kuusella, koivun asettuessa näiden väliin. Männyn ja kuusen ero tässä suhteessa on esim. d_0-luokassa 16 cm n. 1 cm kasvaen d_0-luokkaan 37 cm tultaessa 2 cm:ksi. Näin selviltä näyttävät erot ja havaintojen suuri lukumäärä eivät kuitenkaan vielä välttämättä merkitse sitä, että erot ovat todellisia. Kutakin puulajia koskevat havainnot ovat valtaosaltaan eri henkilöiden suorittamia, ja huolimatta samanlaisesta mittausohjeesta saattaa nimenomaan d_0:n mittauksessa helposti syntyä systemaattisia eroja, joiden vaikutus voi näkyä myös kuvan esittämissä tapauksissa. Lisäksi on männyn aineisto keskimäärin karummilta kasvupaikoilta kuin kuusen. Se ettei kuvan osoittamaa suuntaa ole pidettävä merkitsevänä, käy ilmi esim. jäljempänä puheeksi tulevassa metsälön arvioinnissa tehdyistä, tosin edelliseen verrattuna vähälukuisista havainnoista, jotka osoittivat d_0-luokissa 25 + cm männyn ja kuusen keskinäisen suhteen olevan päinvastaisen kuin kuvassa 7.

Mainittakoon tämän yhteydessä niistä tutkimuksista, joita suoritettiin ohjeiden laatimiseksi sodan metsille aiheuttamien vahinkojen arvioimiseksi (O h j e i t a . . . 1942). Erotus d_k—$d_{1.3}$ osoittautui nuorehkoissa ja keskiikäisissä kuusikoissa keskimäärin pienemmäksi kuin vastaavissa männiköissä ja koivikoissa, jotka taas olivat keskenään samalla tasolla. Sen sijaan S a r v a k s e n (1944, s. 38) julkaisemien A r o n laskemien lukujen mukaan on erotus d_k—$d_{1.3}$ männyllä ja kuusella samansuuruinen sekä koivulla pienempi, kun $d_{1.3}$ on 23 cm tai suurempi. Molemmissa juuri mainituissa tapauksissa d_k on kuitenkin mitattu keskimäärin ylempää kuin nyt suoritetussa tutkimuksessa, joten luvut eivät sellaisinaan ole täysin vertauskelpoisia.

Kaiken kaikkiaan tullaan siihen päätelmään, etteivät puulajien väliset erot sinänsä näytä olevan merkitseviä, vaan mahdollisesti saadut poikkeukset johtuvat usein muista tekijöistä, kuten mittaustapojen subjektiivisuudesta ym. Näyttäisi näin ollen tarkoituksen mukaiselta esittää käytettävissä olevan laajan aineiston perusteella yhteinen suora suhteen $d_0 : d_{1.3}$ kuvaajaksi. Asettamalla d_0 x-akselille ja $d_{1.3}$ y-akselille, voidaan suora ilmaista yhtälöllä

$$y = 0.75\ x - 0.5.$$

Kuten jo mainittiin, ei suora ole luotettava aivan origon lähellä. Jo x:n kertoimen lukuarvosta nähdään, että esim. 2 cm:n laajuisia d_0-luokkia vastaavat 1.5 cm:n laajuiset $d_{1.3}$-luokat. Yhtälön nojalla on laskettu taulukkoon 4, mitkä $d_{1.3}$:t vastaavat parittomia 0-korkeuden läpimittoja 5—51 cm.

Taulukko 4. Kanto- ja rinnankorkeusläpimitan keskimääräinen suhde.

Table 4. Average relationship between the stump diameter and the dbh.

D_0 cm[1]	$D_{1.3}$ cm *Dbh, cm.*	D_0 cm[1]	$D_{1.3}$ cm *Dbh, cm.*
5	3.3	29	21.3
7	4.8	31	22.8
9	6.3	33	24.3
11	7.8	35	25.8
13	9.3	37	27.3
15	10.8	39	28.8
17	12.3	41	30.3
19	13.8	43	31.8
21	15.3	45	33.3
23	16.8	47	34.8
25	18.3	49	36.3
27	19.8	51	37.8

[1]) Mitattu alimmasta mahdollisesta katkaisukohdasta (vrt. s. 24).
[1]) *Measured at the lowest possible point at which the tree could be cut (cf. Ilvessalo 1947 p. 143).*

Verrattaessa nyt esitettyjä tuloksia eräissä aiemmissa tutkimuksissa mainittuihin d_k:n ja $d_{1.3}$:n välisiin suhteisiin, havaitaan erotuksen d_k—$d_{1.3}$ muodostuvan nyt tarkastellussa aineistossa suuremmaksi kuin aiemmissa tutkimuksissa (vrt. Vuoristo 1936, ss. 52—53; Ohjeita... 1942, s. 43; Sarvas 1944, s. 38). Pääasiallisimpana syynä siihen on, että d_k:n mittaus on nyt tapahtunut alempaa. Kun ottaa huomioon, että suoritettaessa tasoitus yhteensä 10 analyysimetsiköstä mitatun n. 1 450 puun perusteella erotus d_0—$d_{0.1}$ osoittautui olevan d_0-luokassa 20 cm männyissä keskimäärin 1.4 cm, kuusissa 1.8 cm ja koivuissa 2.5 cm sekä d_0-luokassa 40 cm vastaavasti 2.8, 3.4 ja 4.4 cm, ovat nyt saadut ja aiemmat erotukset d_k—$d_{1.3}$ todellisuudessa samassa suuruusluokassa. Vain Heikuraisen (1953, s. 91) esittämät erotukset näyttävät kovin pieniltä, mutta siihenkin lienee ensisijaisena syynä erilainen mittauskorkeus.

Poikkeuksia edellä esitetyistä keskimääräisistä suhteista aiheuttavat lukuisat tekijät. Pohjimmaltaan noudattaa kuitenkin myös suhteen $d_k : d_{1.3}$ muovautuminen eri oloissa mekaanisen runkomuototeorian sääntöjä (vrt. esim. Yli nen 1952). Tässä ei ole mahdollista lähteä yksityiskohtaisesti tarkastelemaan kaikkien eri tekijäin vaikutusta mainittuun suhteeseen, mutta esimerkkeinä käsitellään lyhyesti, miten kasvupaikan ja metsikön iän vaikutus näkyy nyt kootussa aineistossa.

Kasvupaikan laadun voidaan ajatella vaikuttavan suhteen $d_k : d_{1.3}$ suuruuteen ainakin välillisesti, koska tietyn kehitysvaiheen puut huonoilla kasvupaikoilla kasvavat yleensä harvemmassa ja ovat samalla paksuuteensa nähden lyhempiä ja siis nopeammin kapenevia kuin hyvillä kasvupaikoilla.

Vaikka läheskään aina ei näytä olevan niin, että erotus d_k—$d_{1.3}$ olisi sitä suurempi, mitä nopeammin runko kapenee rinnankorkeuden yläpuolella, on erotus d_0—$d_{1.3}$ ainakin keski-ikäisissä ja sitä vanhemmissa männiköissä suurin kanerva- ja pienin mustikkatyypillä. Mainittujen metsätyyppien välinen ero ko. suhteessa on d_0-luokissa 20—35 cm keskimäärin 0.9—1.7 cm. Sen sijaan esim. käenkaali-mustikka- ja mustikkatyypin kuusikoiden välillä ei ole voitu havaita mitään eroa. Kuitenkin myös puustojen erot vm. tapauksessa ovat suhteellisesti vähäisemmät kuin edellisessä.

Metsikön iän vaikutus suhteeseen $d_0 : d_{1.3}$ näyttää epäselvältä. Tosin aiemmin on saatu tulos, että erotus d_k—$d_{1.3}$ kussakin läpimittaluokassa on nuorissa metsiköissä suurempi kuin vanhoissa (O h j e i t a . . . 1942, s. 43), mutta nyt kootusta mäntyaineistosta kävi ilmi päinvastainen suunta, joskin erot nuorten ja vanhojen metsiköiden välillä olivat vähäisiä. Kysymyksellä on tärkeä merkitys sen johdosta, että olisi tarpeen tietää, voidaanko aiempien, esim. 10 v:n takaisten hakkuiden kannoille käyttää pystypuiden suhdetta $d_k : d_{1.3}$. Yleensä näyttäisi siltä, että niin voidaan menetellä, koska hakkuumäärää ei kovin kaukaisten hakkuiden kantojen perusteella kyetä kuitenkaan tutkimaan. Mutta myös poikkeuksia on. Niinpä muutamat koealametsiköt ovat osoittaneet, että voimakkaan hakkuun jälkeen pystypuiden tyven vahvistuminen voi olla siinä määrin nopeaa, että niiden perusteella saataisiin poistettujen puiden $d_{1.3}$ keskimäärin liian pieneksi. Milloin on aihetta tällaista epäillä, saattaa olla tarpeen suorittaa esim. kasvun kairauksia pystypuista kannon sekä 1.3 m:n korkeudelta ja tarkastella sädekasvun voimakkuutta näillä korkeuksilla.

Tietyillä hajontaa kuvaavilla laskelmilla voidaan pyrkiä saamaan käsitys siitä, missä määrin luotettavampia yksityisille metsiköille ovat metsiköittäin lasketut luvut kuin laajahkon aineiston keskiarvot. Niinpä laskettiin suhteellinen hajonta osoittamaan, kuinka suuria olivat d_0-luokittain yksityisten $d_{1.3}$-havaintojen poikkeukset tasoittamalla saadusta keskiarvosta. Laskettaessa tämä tunnus n. 110:stä puolukkatyypin männiköstä mitatun 2 554 koepuun joukolle sekä n. 40:stä käenkaali-mustikkatyypin kuusikosta mitatun 964 koepuun joukolle saatiin molemmissa tapauksissa tulokseksi n. 7 %. Vastaavat hajonnan arvot yksityisissä metsiköissä taas olivat vaihdellen 5.1—8.8 %, siis keskimäärin jokseenkin yhtä suuria kuin edelliset. Keskiarvoluvut eivät siis näyttäisi johtavan ainakaan olennaisesti huonompaan tulokseen kuin metsikkö metsiköltä suoritettuihin havaintoihin perustuvat tasoitukset. Kuitenkin saattaa laajahkon aineiston keskiarvoja käytettäessä syntyä yksityisten metsiköiden kohdalla huomattaviakin virheitä. Niinpä olisi keskiarvolukuja käytettäessä eräissä tutkimusmetsiköissä $d_{1.3}$ saatu keskimäärin yli 1 cm virheelliseksi; jo yksin tästä johtuva virhe saattaa merkitä kuutiomäärälaskelmaan 10—20 %:n virhettä. Poikkeuk-

sellisesti ovat keskiarvoluvut kuitenkin voineet joissakin tapauksissa johtaa parempaan tulokseen kuin metsikössä suoritettuihin mittauksiin perustuvat tasoitukset.

Myös siinä tapauksessa, että siirtyminen d_k:sta $d_{1.3}$:aan perustetaan keskiarvolukujen käyttöön, on jokaisessa arvioinnissa pyrittävä tekemään omia mittauksia mainitusta suhteesta. Näin jo siitä syystä, että subjektiiviset eroavuudet mittaustavassa voivat muuten aiheuttaa tuntuvia virheitä tähän olennaiseen kuutiotekijään.

Mainittakoon, että Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa mitataan d_k ja $d_{1.3}$ kantojen lähellä olevista ns. kaksoispuista (»tvillingträd»), joiden tyven muodon tulisi olla samanlainen kuin vastaavassa kannossa (Instruktion . . ., s. 17). Menetelmällä on mm. se etu, että pystypuista tehtävät havainnot tulevat suunnilleen samanpaksuisista yksilöistä, joita koskevia tietoja tarvitaan hakkuumäärää laskettaessa.

Jos kantojen mittaus toimitetaan tavallisella esim. 2 cm:n luokkajaoituksella varustetulla kaulaimella, tullaan yleensä $d_{1.3}$-luokkiin, joiden keskukset eivät ole tasasenttimetrien kohdalla. Ellei pyöristämistä lähimpiin täysiin senttimetreihin katsota tarkoituksen mukaiseksi, on yksikkökuutioita taulukoista haettaessa käytettävä interpolointia. Joissakin tapauksissa saattaa myös olla tarpeen muuntaa kannoista johdettu poistettujen puiden $d_{1.3}$-luokitus tasaväliseksi, jossa luokat ovat esim. 2 cm:n laajuisia. Tässä tehtävässä voidaan soveltaa tavanomaisia muuntamismenetelmiä (vrt. esim. Lönnroth 1919, ss. 53—54). Halutun laajuisiin $d_{1.3}$-luokkiin voidaan päästä myös suoraan, ilman vaivalloisia muuntamistoimituksia, jos sovelletaan ns. osittamismenetelmää, jolloin sitä paitsi päästään tietystä d_k-sarjasta $d_{1.3}$-sarjaan ilman graafista tasoitusta (vrt. Betänkande . . . 1952, s. 77). Menetelmä on seuraava. Tutkitut pystykoepuut jaetaan d_k-luokkiin. Sitten selvitetään kunkin luokan puiden suhteellinen jakaantuminen $d_{1.3}$-luokkiin, minkä jälkeen näitä suhdelukuja sovelletaan vastaaviin d_k-luokkiin kuuluviin kantoihin.

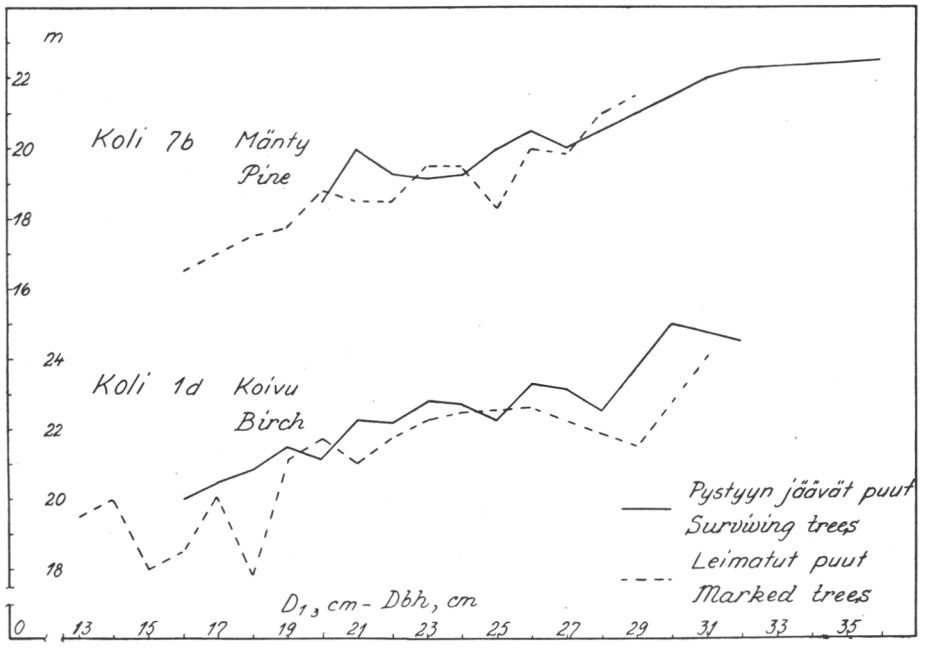
Pituuden ja muodon selvittäminen

Hyvin monissa tapauksissa poistettujen puiden pituuden ja muodon selvittäminen ei muodosta erillistä ongelmaa, koska hakkuumäärän arviointi suoritetaan usein jäljelle jääneen pystypuuston arvioinnin yhteydessä ja pystypuuston yksikkökuutioita voidaan sellaisinaan käyttää myös poistetuille puille. Seuraavassa kuitenkin käsitellään pituuden ja muodon arvioimista erillisenä kysymyksenä.

Poistettujen puiden pituuden ja muodon määrittämisessä on lähdettävä samasta perusajatuksesta kuin niiden rinnankorkeusläpimitankin määrittä-

misessä: pystyssä olevia puita tutkimalla pyritään saamaan selville tarvittavat tiedot.

Jotta pystypuiden pituutta ja muotoa voitaisiin sellaisenaan käyttää myös poistetuille puille, tulee näiden tunnusten olla molemmissa puuryhmissä läpimittaluokittain samalla tasolla. Kysymyksen tarkastelemiseksi voidaan aluksi nähdä kuvasta 8, jossa murtoviivat kuvaavat pystyyn jäävien ja leimattujen puiden pituuksia aiemmin (s. 26) puheena olleissa metsiköissä, että männikössä molempien puuston osien pituudet ovat jotakuinkin samalla tasolla, mutta koivikossa sekä pienimpien että suurimpien läpimittaluokkien kohdalla leimattujen puiden pituudet näyttävät olevan hiukan pienempiä kuin pystypuiden. Aiemmin on N ä s l u n d (1936, s. 82) kiinnittänyt huomiota siihen, että johdonmukaisissa harvennuksissa poistettujen puiden pituuskäyrä pyrkii pienimpien läpimittaluokkien kohdalla kulkemaan ylempänä kuin pystyyn jäävien käyrä, kun taas suurimpien puiden kohdalla on päinvastoin (poistettavista edelliset ovat ns. piiskureita, jälkimmäiset susipuita). Tämä ilmiö on kuitenkin suuressa määrin riippuvainen metsikön aiemmasta käsittelystä ja lienee varhaisille toimenpiteille tunnusomaisempi kuin myöhemmille.



Kuva 8. Leimattujen sekä pystyyn jäävien puiden pituus $d_{1.3}$-luokittain.

Fig. 8. Height of marked and surviving trees by dbh-classes.

Vaikka mainitunlaisia, hyvin luonnollisilta tuntuvia eroja saattaa esiintyä silloin, kun hakkuilla on tietty tendenssi, soveltunevat pystypuiden pituus- ja kapenemisluvut useimmissa tapauksissa myös poistetuille puille. Hakkuissa ovat määräävinä myös puiden asema metsikössä, vikaisuus jne., ja tällaisista syistä ei poistettujen puiden pituudessa sen enempää kuin kapenemisessakaan tarvitse läpimittaluokittain tarkasteltaessa olla pystypuista selvästi poikkeavia piirteitä. Niinpä on mm. skogsförsöksleder Alf Brantseg Norjasta suullisesti maininnut kirjoittajalle, että hänen valmisteilla olevien, kuutioimistaulukoiden laadintaan liittyvien tutkimustensa mukaan ei harvennuspuiden pituus ja muoto näytä keskimäärin mainittavasti poikkeavan pystyyn jäävien puiden vastaavista tunnuksista.

Jotta saataisiin käsitys siitä, miten laaja on pituusjakaantumisen alue tasaikäisessä metsikössä, laskettiin suhteellinen hajonta eräille männiköille, kuusikoille ja koivikoille lähtemällä ordinaattaa pitkin pituuskäyrästä lasketuista poikkeuksista. Hajonnaksi saatiin vaihdellen $\pm$ 4.6—7.4 %. Laskemalla poikkeukset metsikön keskipituudesta on Näslund (1929, ss. 116—117) saanut hajonnaksi vastaavasti n. $\pm$ 6—9 % 50—135 v:n ikäisille mänty- ja kuusimetsiköille. Jo näistä luvuista voidaan saada joitakin viitteitä siihen, kuinka paljon poistettujen puiden pituudet saattavat yleensä poiketa pystypuiden pituuksista. Samalla voidaan havaita hajonnan olevan jokseenkin samassa suuruusluokassa kuin mikä sivulla 31 mainittiin yksityisten $d_{1.3}$-havaintojen hajonnaksi d_0-luokittain. Siten näyttäisi jokseenkin yhtä monta koepuuta olevan tarpeen sekä läpimitan että pituuden selvittämiseksi, jos sama suhteellinen tarkkuus on tavoitteena molemmissa tapauksissa. Mikäli kuitenkin poistuman kuutiomäärä on arvioinnin ensisijaisena kohteena, on läpimittaan kiinnitettävä enemmän huomiota kuin pituuteen, sillä tietty suhteellinen muutos läpimitassa näyttää usein merkitsevän ainakin 3 kertaa niin suurta muutosta kuutiomäärään kuin vastaavan suuruinen muutos pituudessa. Sen voi todeta esim. kuutioimistaulukoiden avulla; mainittakoon myös, että kasvun laskennassa sädekasvuun ja läpimittaan perustuva osuus kuutiokasvusadanneksesta on yleensä n. 65—75 % sekä pituuteen, pituuskasvuun ja kapenemisluokkaan perustuva osuus n. 25—35 % siitä (Ilvessalo 1948 a, s. 17).

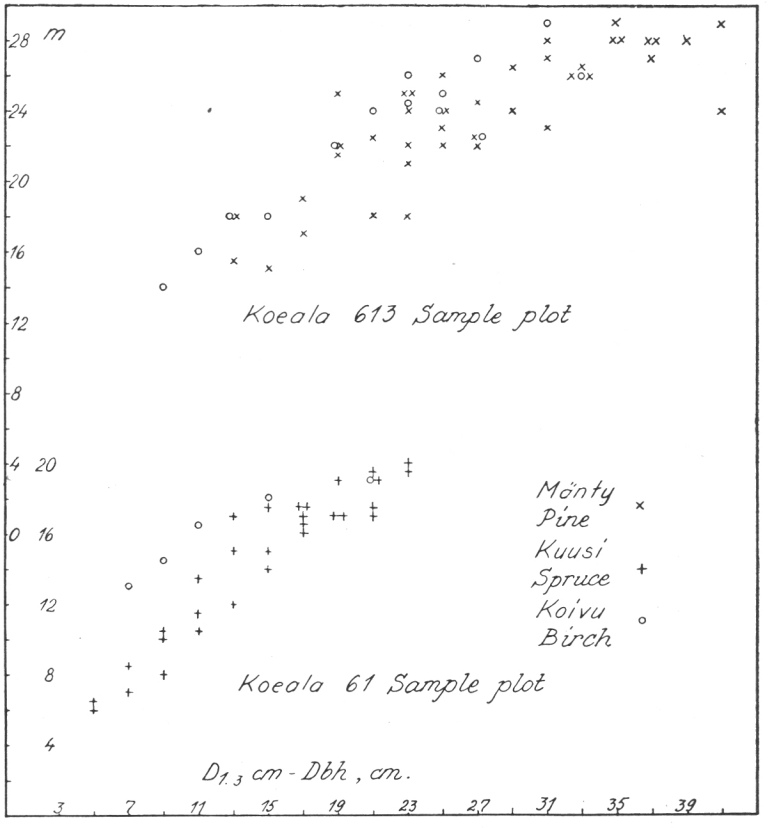
Poistettujen puiden pituuden ja muodon määrittäminen käy vaikeammaksi silloin, kun jäljellä joko ei ole ensinkään poistettujen puiden paksuisia yksilöitä tai jäljellä olevat poikkeavat huomattavasti poistetuista. Tällaisista tapauksista mainittakoon seuraavat.

Siemenpuuasento tarjoaa tyypillisen esimerkin metsiköistä, joista on poistettu kaikki pienimpien läpimittaluokkien puut. Pituuden ja muodon selvittäminen lienee tällöin usein verraten vankalla pohjalla, sillä pituus- ja kapenemiskäyrien kulku suurinten puiden kohdalla voidaan määrittää.

Kuitenkin on samalla oltava perillä mainittujen käyrien yleisestä kulusta samoin kuin mahdollisuuksien mukaan siitä, ovatko pystypuut syystä tai toisesta poistetuista poikkeavia.

Selvässä määrämittahakkuussa taas tavallisesti on poistettu jokseenkin kaikki tiettyä läpimittaa paksummat puut. Pituuden ja kapenemisen määrittäminen on silloin epävarmaa nimenomaan suurikuutioisten puiden kohdalla.

Poistettujen sekapuiden kuutioiminen, varsinkin milloin niitä on ollut niukasti, voi käydä moitteettomasti pääpuulajin pituus- ja muotosuhteiden avulla. Kuitenkin voivat vähäisessäkin määrin esiintyvät sekapuut joskus vaatia pääpuulajista eroavan käsittelyn. Niinpä männikössä tai kuusikossa tavattavat, suunnilleen pääpuulajin ikäiset koivut ovat usein keskimäärin pitempiä kuin vastaaviin läpimittaluokkiin kuuluvat pääpuulajin yksilöt, ehkä metsikön paksuimpia puita lukuun ottamatta. Kuvassa 9 on esitetty esimerkkejä männikössä ja kuusikossa sekapuina kasvavia koivuja koskevista pituushavainnoista. Harvanpuoleisessa männikössä kuitenkin saattaa

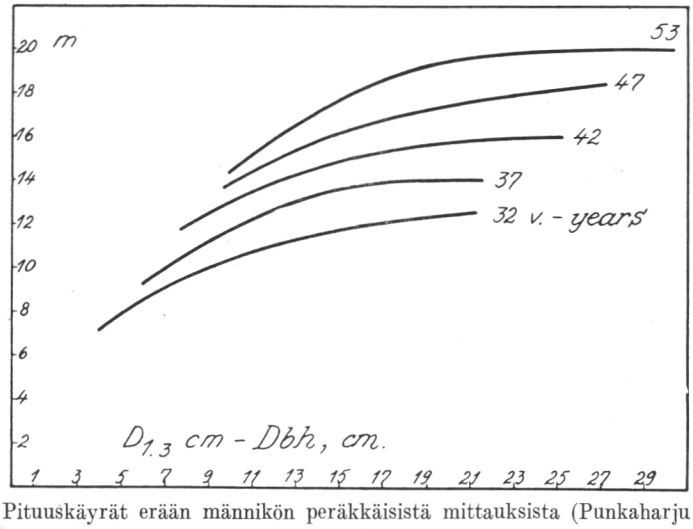


Kuva 9. Sekapuuna esiintyvän koivun sekä pääpuulajin pituus $d_{1.3}$-luokittain.
Fig. 9. Height of the birch (the mixed tree species) and the dominant species, by dbh-classes.

joskus esiintyä iältään nuorempia, verraten lyhyitäkin koivuja. Oman käsittelynsä kaipaa yleensä myös männikössä tai koivikossa esiintynyt kuusialikasvos, jonka puuyksilöiden pituus on tavallisesti ollut pienempi ja kapeneminen suurempi kuin $d_{1.3}$:n puolesta vastaavassa vallitsevassa puustossa.

Vaikka erilaisia yleisiä lukusarjoja tarvitaan ehkä jo niissä tapauksissa, joissa pystypuusto ei käsitä kaikkien poistettujen puiden paksuisia puita, ovat mainitut sarjat kuitenkin tarpeen erityisesti silloin, kun pituus- ja kapenemishavaintojen teko tutkittavasta metsiköstä ei ole ensinkään mahdollista. Näin on laita avohakkuualoilla. Tällöin on käytettävissä monien tutkimusten tuloksia (esim. Ilvessalo 1920; 1942, ss. 173—180; Ohjeita... 1942, s. 71; Nyyssönen 1954, ss. 92—98). Aina on kuitenkin ensiksi pyrittävä turvautumaan tietoihin, jotka on saatu tutkimalla esim. lähimetsiköitä tai muuten mahdollisimman paljon niitä muistuttavia olosuhteita, joista tutkittavat kannot ovat.

Poistettujen puiden pituuden ja muodon selvittämisessä syntyy uusia ongelmia, kun hakkuusta on kulunut aikaa esim. ainakin 5—10 v. Pystypuiden perusteella saatuja pituus- ja kapenemislukuja ei näet aina voida ilman muuta käyttää poistetuille puille, koska esim. eri ajankohtina piirretyille pituuskäyrille on ominaista tietty kerroksellisuus. Erittäin selvänä esiintyy kyseinen ilmiö kuvassa 10 näkyvässä esimerkissä. Sen kuvaamassa ns. alaharvennuksilla käsitellyssä, Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealana olevassa männikössä esim. 21 cm:n läpimittaisten puiden pituus on ollut 32 v:n iällä 12.5 m sekä 53 v:n iällä 19.5 m.



Kuva 10. Pituuskäyrät erään männikön peräkkäisistä mittauksista (Punkaharju 1 c, OMT).
Fig. 10. Height curves of a pine stand in successive measurements (Punkaharju 1 c, Oxalis-Myrtillus site type.)

Mainittuun ilmiöön on kohdistettu huomiota useissa kirjoituksissa (esim. Hagberg 1938, ss. 423—427; Chapman ja Meyer 1949, ss. 440—442; Prodan 1951, ss. 104—105; Spurr 1952, ss. 246—247). Selityksensä ilmiö saa siitä biologisesta tosiasiasta, että läpimitaltaan samanlaiset puuyksilöt kuuluvat eri ajankohtina erilaisiin biologisiin puuluokkiin, ja kussakin luokassa on läpimitan ja pituuden suhde toisista poikkeava (vrt. myös Lönnroth 1925, esim. ss. 181—189). Kerrostumisen voimakkuudesta luonnonnormaaleissa metsiköissä saadaan käsitys esim. Ilvessalon (1920) kasvu- ja tuottotaulukoissa esitettyjen puuston läpimittaluokkiin jakaantumista osoittavien sarjojen yhteydestä. Kerrostuminen on riippuvainen ensi sijassa läpimitta- ja pituuskasvun keskinäisestä suhteesta ja on selvintä voimakkaan pituuskasvun kautena, ts. nuorissa ja keskiikäisissä metsiköissä. Näyttää siltä, että milloin metsikön pituuskäyrä nousee verraten jyrkästi, sen kerrostuminen on lievempää kuin käyrän kulkiessa tasaisempana. Siten valopuilla männyllä ja koivulla kerrostuminen on selvempää kuin kuusella, tiheässä metsikössä voimakkaampaa kuin harvassa ja hyvällä kasvupaikalla mahdollisesti selvempää kuin huonolla. Vanhanpuoleisissa metsiköissä, joiden pituuskasvu on heikentynyt mutta paksuuskasvu on vielä suhteellisen voimakasta, saattaa kerrostuminen muuttua päinvastaiseksi. Samoin voi käydä nuoremmissakin metsiköissä, jos ne on hakattu harvoiksi.

Samalla kun muutoksia tapahtuu läpimittaluokittain lasketussa pituudessa, tapahtuu niitä yleensä myös kapenemisessa. Ilvessalo[1]) on suorittanut vertailuja rinnankorkeudella ja ylempänä rungossa tapahtuvan sädekasvun välillä ja todennut sen esim. 6 m:n korkeudella suuremmaksi kuin rinnankorkeudella. Kysymyksessä ovat ilmeisesti nuorehkot ja keskiikäiset, kuvan 10 esittämään tyyppiin kuuluvat metsiköt. Vaikka kuoren paksuuden muutos käy päinvastaiseen suuntaan, tapahtuu näissä metsiköissä usein kapenemisen ($d_{1.3}$—$d_{6.0}$) pienenemistä. Varsinkin harvoissa metsiköissä ja myöhemmällä iällä tendenssi on tässä suhteessa päinvastainen.

Eräänä keinona luotettaviin tuloksiin pääsemiseksi niin pituuden kuin kapenemisenkin osalta saattaa tulla kysymykseen havaintojen teko hakkuun jälkeisestä säde- ja pituuskasvusta pystyyn jääneissä puissa.

Edellä puheena olleiden seikkojen johdosta pituuden ja muodon arvioimisessa syntyvät systemaattiset virheet eivät kuitenkaan yleensä aiheuta hakkuumäärän laskentaan kovin suuria virheitä, koska kysymys on suhteellisen lyhyistä, esim. Etelä-Suomessa harvoin yli 10—15 v:n kausista. Hyvin usein voidaan hakkuumäärän arvioiminen toimittaa käyttämällä pystypuuston pituus- ja muotosuhteita sellaisinaan. Mutta

[1]) Käsikirjoitus metsänarvioimisen oppikirjaan (vrt. Nyyssönen 1952, s. 3).

joissakin metsikön kehityksen vaiheissa, joihin edellä on viitattu, voi korjausten suorittaminen olla välttämätöntä, jos kysymyksessä ovat esim. yli 5 v:n takaiset hakkuut.

Koemittausten tuloksia

Jo edellä tarkasteltujen osakysymysten valossa kyettäneen muodostamaan jonkinlainen käsitys kantoihin perustuvan hakkuumäärän arvioimisen mahdollisuuksista ja luotettavuudesta. Hyvin tarpeellista on kuitenkin analysoida suoritettujen koemittausten tuloksia.

Kannoista lasketun ja todellisena pidetyn hakkuumäärän vertailuja suoritettiin 56 metsikössä, joista otettiin tarkasteltavaksi yhteensä 113 eri hakkuuta. Muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta on kyseisissä metsiköissä jokin Metsäntutkimuslaitoksen kestokoealoista. Kannoista lasketun tuloksen vertauskohteena pidetään hakkuiden yhteydessä suoritettujen mittausten tuloksia, jotka yleensä perustuvat pätkittäin kuutioitujen koepuiden käyttöön; kuitenkin joissakin tapauksissa on turvauduttu pystypuiden kuutioimistaulukkoihin (Ilvessalo 1948 a). Kuutioitaessa on poistetuille puille käytetty $d_{1.3}$-luokittain samoja yksikkökuutioita kuin pystyyn jääneille puille, ja laskelmat on useimmissa tapauksissa suoritettu latvuskerroksittain.

Hakkuumäärää kannoista selvitettäessä on etukäteen tiedetty hakkuuvuodet, mutta sen sijaan ei kantoja luettaessa oltu selvillä siitä, miten suuri oli poistuma kussakin hakkuussa. Ensimmäinen tehtävä oli suorittaa kantojen mittaus pyrkien ryhmittämään erilleen eri hakkuiden kannot. Siirryttäessä $d_{1.3}$:aan käytettiin joko keskimääräisten tasoitussuorien osoittamaa tai kullekin metsikölle erikseen selvitettyä suhdetta $d_0 : d_{1.3}$. Aina suoritettiin pystypuista mittauksia — yleensä vähintään 30 kpl — kyseisen suhteen selvittämiseksi, ja laajemman aineiston perusteella laskettuja keskimääräisiä lukuja käytettiin sellaisinaan vain niissä tapauksissa, joissa metsikössä suoritetut havainnot näyttivät siihen oikeuttavan. Pituuden ja kapenemisen määrittäminen perustui pystypuista suoritettuihin mittauksiin. Milloin kuitenkin hakkuusta oli kulunut aikaa esim. yli 5 v., suoritettiin nuorissa ja keski-ikäisissä metsiköissä eräissä tapauksissa niitä korjauksia, joista edellä (ss. 36—38) mainittiin. Yksikkökuutiot haettiin yleensä Ilvessalon (1948 a) taulukoista käyttämällä interpolointia silloin, kun $d_{1.3}$:t eivät olleet tasasenttimetrejä. Kuitenkin n. neljänneksessä taulukossa 5 esitetyistä tapauksista yksikkökuutiot on otettu hakkuun yhteydessä suoritetun mittauksen nojalla piirretyistä kuutioimiskäyristä. Kyseiset hakkuuerät, jotka kaikki koskevat mäntyä, on taulukossa varustettu erityisellä merkinnällä. Jo se seikka, että poikkeukset näissä erissä eivät ole suurempia

Taulukko 5. Kannoista arvioitujen ja todellisten hakkuumäärien vertailua. Metsikkö.

Table 5. Comparison between actual cutting amounts and those estimated by means of stumps. Stand.

Hakkuun n:o — *Number of cutting*	Koealan sijainti ja numero *Location and number of sample plot*	Metsätyyppi — *Forest site type*	Metsikön ikä mittaushetkellä, v. *Age of stand at the time of measurement, years*	Hakkuusta kulunut aika, v. *Number of years since cutting*	Hakkuussa poistettu *Removed by cutting*								Poistettujen puiden keskiläpimitta (kuutiomäärällä punnittu) *Mean diameter of the removed trees (weighted by volume)*	
					Runkoluku *Number of stems*				Kuutiomäärä *Volume*					
					Kannoista arvioitu *By means of stumps*	Todellinen *Actual*	Erotus 6—7 *Difference 6—7*	Erotus % todellisesta *Difference in percentage of the actual*	Kannoista arvioitu *By means of stumps*	Todellinen *Actual*	Erotus 10—11 *Difference 10—11*	Erotus % todellisesta *Difference in percentage of the actual*	Kannoista arvioitu *By means of stumps*	Todellinen *Actual*
					kpl/ha *per ha.*				m³/ha *cu.m. per ha.*				cm	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Mänty — *Pine*													
1	Sippola 1 ...	VT	117	1	60	56	+ 4	7	55	54	+ 1	2	32.6	32.6
2	Pohjankangas 7 b	CT	114	2	220	236	— 16	7	38*	36	+ 2	6	18.2	17.2
3	Vesijako 39a	OMT	63	4	80	72	+ 8	11	16*	19	— 3	16	16.7	22.4
4	» 39b	»	»	»	176	192	— 16	8	55*	63	— 8	13	22.1	22.4
5	» 36a	»	64	»	238	238	0	0	66*	73	— 7	10	20.9	20.8
6	» 36b	»	»	»	170	170	0	0	64*	60	+ 4	7	22.9	22.8
7	» 5a .	»	77	»	230	250	— 20	8	80*	82	— 2	2	22.0	21.2
8	» 5b .	»	»	»	251	313	— 62	20	68	79	—11	14	19.4	19.3
9	» 4 ..	»	78	»	168	152	+ 16	11	70*	64	+ 6	9	21.6	22.3
10	» 38b	MT	35	»	795	905	— 110	12	28	34	— 6	18	10.9	11.8
11	» 38c	»	»	»	355	370	— 15	4	28*	32	— 4	12	15.4	16.2
12	» 11a	»	53	»	372	464	— 92	20	46*	67	—21	31	16.4	16.6
13	Hankasalmi 375	VT	63	»	152	164	— 12	7	26	22	+ 4	18	—	—
14	Evo 1	»	106	»	196	188	+ 8	4	46	50	— 4	8	19.9	19.9
15	Vesijako 40 .	»	109	»	64	68	— 4	6	48*	52	— 4	8	30.2	30.2
16	Vilppula IV a	»	150	»	192	216	— 24	11	73*	76	— 3	4	26.8	26.6
17	Evo 9b	OMT	56	5	292	376	— 84	22	29	33	— 4	12	13.9	13.0
18	Punkaharju 1a	»	58	»	666	644	+ 22	3	71*	77	— 6	8	15.6	15.0
19	» 1b	»	»	»	220	260	— 40	15	54*	69	—15	22	19.0	19.7
20	» 1c	»	»	»	440	390	+ 50	13	90*	87	+ 3	3	19.4	19.7
21	» 13b	MT	50	»	570	520	+ 50	10	72	69	+ 3	4	16.0	15.5
22	» 18a	»	52	»	811	771	+ 40	5	70	83	—13	16	13.4	14.1
23	» 18b	»	»	»	1 070	1 125	— 55	5	52	65	—13	20	11.3	11.6
24	Vilppula 1 ..	VT	65	»	483	567	— 84	15	29	27	+ 2	7	12.7	11.1
25	Evo 3b	»	71	»	312	316	— 4	1	18	17	+ 1	6	12.0	11.6
26	» 2	»	74	»	220	256	— 36	14	31	34	— 3	9	16.1	16.1

*) Yksikkökuutiot $d_{1.3}$-luokittain saatu hakkuun yhteydessä suoritetun mittauksen perusteella (vrt. s. 38).

*) *Unit volumes by dbh-classes obtained through measurements in connection with cuttings.*

Taulukko 5 (jatkoa; selitys s. 39) — *Table 5 (continued; explanation p. 39)*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
27	Punkaharju 5	VT	116	5	180	172	+ 8	5	114	122	— 8	7	27.8	28.5
28	Koli 7b	CT	121	»	156	152	+ 4	3	47*	47	0	0	21.5	21.4
29	Vilppula 2b .	»	170	»	130	120	+ 10	8	39	53	—14	26	24.4	26.5
30	Punkaharju 25b	OMT	62	6	150	220	— 70	32	39*	56	—17	30	20.0	19.3
31	» 25a	MT	»	»	470	440	+ 30	7	94*	93	+ 1	1	18.9	19.0
32	Kivalo 2b ..	EMT	97	»	295	295	0	0	36	39	— 3	8	16.9	17.1
33	» 2c ...	»	»	»	290	305	— 15	5	26	33	— 7	21	14.8	15.4
34	Vesijako 39a	OMT	63	11	120	288	— 168	58	37*	52	—15	29	23.0	19.6
35	» 39b	»	»	»	144	248	— 104	42	46*	59	—13	22	22.6	21.1
36	» 4 ..	»	78	»	88	148	— 60	40	23*	43	—20	47	21.3	19.9
37	» 36a	»	64	12	110	204	— 94	46	27*	45	—18	40	22.3	19.4
38	» 36b	»	»	»	150	220	— 70	32	52*	73	—21	29	24.1	22.9
39	» 40 .	VT	109	»	60	72	— 12	17	30*	46	—16	35	27.6	28.4
40	Evo 1	»	106	13	172	172	0	0	39	47	— 8	17	20.4	21.9
41	» 9b	OMT	56	14	224	404	— 180	45	18*	25	— 7	28	13.5	12.5
42	Punkaharju 25b	»	62	»	230	320	— 90	28	32*	40	— 8	20	17.4	17.0
43	Vesijako 5a .	»	77	»	145	60	+ 85	140	23*	18	+ 5	28	17.1	21.0
44	» 5b .	»	»	»	77	87	— 10	12	16	15	+ 1	7	17.9	17.2
45	» 11a .	MT	53	»	188	508	— 320	63	14*	26	—12	46	12.6	11.6
46	Punkaharju 25a	»	62	»	150	350	— 200	57	23*	44	—21	48	17.8	16.2
47	Evo 3b	VT	71	»	204	292	— 88	30	11	12	— 1	8	11.9	11.0
48	» 2	»	74	»	188	272	— 84	31	15	17	— 2	12	12.9	12.4
49	Hankasalmi 375	»	63	15	164	128	+ 36	28	27	17	+10	59	—	—
50	Vilppula 1 ..	»	65	»	364	476	— 112	24	22	25	— 3	12	12.4	12.3
51	Koli 7b	CT	121	»	164	128	+ 36	28	35*	33	+ 2	6	18.8	20.5
52	Vilppula 2b .	»	170	16	140	82	+ 58	72	37	32	+ 5	16	22.7	24.7
53	Kivalo 2b ..	EMT	97	17	300	290	+ 10	3	26	27	— 1	4	14.6	14.7
54	» 2c ...	»	»	»	370	445	— 75	17	26	36	—10	28	13.1	13.7
55	Evo 1	VT	106	20	436	56	+ 380	780	39	11	+28	255	14.4	19.2
56	Pohjankangas 7b	CT	114	22	520	276	+ 244	88	42*	22	+20	91	14.6	11.6
57	Kivalo 2b ..	EMT	97	27	680	290	+ 390	135	24	27	— 3	11	10.6	6.8
58	» 2c ...	»	»	»	1 115	2 360	—1 245	53	35	67	—32	48	10.0	8.0
	Kuusi — *Spruce*													
59	Ruokolahti 1a	OMaT	50	2	188	224	— 36	16	51	55	— 4	7	19.7	19.2
60	» 1b	»	»	»	314	310	+ 4	1	60	52	+ 8	15	18.7	18.1
61	» 2a	OMT	»	»	524	468	+ 56	12	57	49	+ 8	16	14.8	14.2
62	» 2b	»	»	»	535	650	— 115	18	41	47	— 6	13	13.7	13.5
63	Valkeala 2a .	MT	43	»	1 225	1 125	+ 100	9	83	74	+ 9	12	12.1	12.3
64	» 2b .	»	»	»	440	460	— 20	4	46	47	— 1	2	15.4	15.3
65	» 1a .	»	54	»	463	487	— 24	5	62	67	— 5	7	15.3	15.2
66	» 1b .	»	»	»	248	240	+ 8	3	36	32	+ 4	13	16.4	15.9
67	Punkaharju 12c	»	74	»	275	275	0	0	67	59	+ 8	14	18.8	18.4
68	» 9c	»	»	6	284	296	— 12	4	25	24	+ 1	4	13.4	13.1
69	» 9d	»	»	»	232	224	+ 8	4	26	24	+ 2	8	15.2	14.7
70	Ruokolahti 1a	OMaT	50	7	560	500	+ 60	12	89	80	+ 9	11	16.5	16.6
71	» 1b	»	»	»	462	562	— 100	18	78	81	— 3	4	18.0	17.8
72	» 2a	OMT	»	»	876	960	— 84	9	69	66	+ 3	5	13.0	12.2
73	» 2b	»	»	»	820	770	+ 50	6	94	81	+13	16	16.0	16.1
74	Valkeala 2a .	MT	43	»	1 375	2 525	—1 150	45	60	56	+ 4	7	10.3	9.3
75	» 2b .	»	»	»	613	620	— 7	1	51	44	+ 7	16	14.3	14.2

Taulukko 5 (jatkoa; selitys s. 39) — *Table 5 (continued; explanation p. 39)*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
76	Valkeala 1a	MT	54	7	1 550	1 713	— 163	10	100	106	— 6	6	12.0	12.1
77	» 1b	»	»	»	532	516	+ 16	3	72	67	+ 5	7	16.1	16.7
78	Punkaharju 12c	»	74	»	450	465	— 15	3	90	87	+ 3	4	17.7	17.6
79	Ruokolahti 1a	OMaT	50	14	208	312	— 104	33	23	27	— 4	15	14.5	14.3
80	» 1b	»	»	»	148	257	— 109	42	39	40	— 1	3	19.6	19.2
81	» 2b	OMT	»	»	200	395	— 195	49	33	31	+ 2	6	17.1	15.2
82	Valkeala 2b	MT	43	15	400	420	— 20	5	28	23	+ 5	22	12.9	15.1
83	Punkaharju 9c	»	74	»	92	172	— 80	47	8	10	— 2	—20	13.5	12.3
84	» 9d	»	»	»	120	128	— 8	6	8	9	— 1	—11	12.0	12.9
85	» 12c	»	»	»	130	220	— 90	41	23	25	— 2	— 8	17.2	15.8
	Koivu — *Birch*													
86	Siilinjärvi 2	OMT	55	1	348	336	+ 12	3	29	30	— 1	3	—	—
87	» 3	»	»	»	408	426	— 18	4	67	58	+ 9	16	—	—
88	Koli 1b	»	62	»	268	268	0	0	64	56	+ 8	14	19.6	18.9
89	» 1c	»	»	»	120	140	— 20	14	39	41	— 2	5	24.0	21.4
90	» 3b	»	70	»	153	173	— 20	12	51	66	—15	23	22.8	23.9
91	Vesijako 10	LhK	53	5	366	329	+ 37	11	56	47	+ 9	19	15.6	14.9
92	Siilinjärvi 2	OMT	55	»	426	462	— 36	8	21	20	+ 1	5	—	—
93	» 3	»	»	»	360	420	— 60	14	34	32	+ 2	6	—	—
94	Vesijako 24b	»	105	»	220	208	+ 12	6	72	77	— 5	6	22.8	23.0
95	» 21b	KgK	87	»	208	208	0	0	41	42	— 1	2	18.3	17.9
96	» 22b	»	92	»	270	285	— 15	5	41	46	— 5	11	15.9	16.9
97	» 22c	»	»	»	185	215	— 30	14	43	62	—19	31	18.3	20.7
98	Koli 1b	OMT	62	6	328	412	— 84	20	36	36	0	0	15.0	13.0
99	» 1c	»	»	»	216	236	— 20	8	41	40	+ 1	2	18.5	16.2
100	» 1d	»	»	»	180	184	— 4	2	40	39	+ 1	3	18.7	18.0
101	Punkaharju 33	Mtk	»	»	297	297	0	0	22	24	— 2	8	12.7	13.0
102	Koli 3b	OMT	70	»	133	153	— 20	13	31	22	+ 9	41	19.4	15.6
103	Siilinjärvi 2	»	55	11	252	972	— 720	74	13	12	+ 1	8	—	—
104	» 3	»	»	»	234	1 428	—1 194	84	19	29	—10	34	—	—
105	Vesijako 10	LhK	53	12	91	389	— 298	77	10	33	—23	70	14.3	12.6
106	» 24b	OMT	105	»	156	208	— 52	25	32	51	—19	37	18.8	19.7
107	» 21b	KgK	87	»	88	188	— 100	53	14	27	—13	48	16.9	17.8
108	» 22b	»	92	»	250	290	— 40	14	22	29	— 7	24	13.2	14.3
109	» 22c	»	»	»	200	230	— 30	13	38	32	+ 6	19	18.8	15.3
110	Koli 1b	OMT	62	16	40	216	— 176	81	2	8	— 6	75	10.4	10.2
111	» 1c	»	»	»	52	144	— 92	64	7	9	— 2	22	15.4	12.6
112	» 1d	»	»	»	76	120	— 44	37	10	12	— 2	17	16.1	14.3
113	» 3b	»	70	»	67	354	— 287	81	10	35	—25	71	17.6	15.8

kuin jäljellä olevassa metsikössä suoritettuihin pituus- ja kapenemismittauksiin perustuvissa erissä, osoittaa, että poikkeuksiin ei ole ensisijaisena syynä ainakaan pituuden ja kapenemisen virheellinen arviointi.

Hakkuuerät on taulukossa esitetty puulajeittain järjestämällä ne samalla hakkuusta kuluneen ajan mukaiseen järjestykseen. Taulukosta käy ilmi kannoista lasketun ja todellisena pidetyn runkoluvun ja kuutiomäärän lisäksi kannoista saatujen tulosten poikkeaminen todellisena pidetyistä (sekä absoluuttisena että suhteellisena). Sitä paitsi esitetään taulukossa kuutiomää-

rällä punnitut keskiläpimitat miltei kaikista hakkuueristä; vain joissakin tapauksissa on tämä tunnus ollut pakko jättää pois, kun todellista keskiläpimittaa ei ole onnistuttu selvittämään.

Aluksi voidaan tarkastella taulukosta saatavaa kokonaiskuvaa jakamalla aineisto hakkuusta kuluneen ajan perusteella kahteen ryhmään siten, että rajakohdan muodostaa 10 v., tai oikeammin sanoen siten, että ensimmäisessä on hakkuusta kulunut enintään 7 v., toisessa vähintään 11 v. Valitettavana puutteena on näet 8—10 v:n takaisten hakkuiden puuttuminen aineistosta. Tämä johtuu siitä, että kestokoealoilla ei ole voitu sotavuosina suorittaa hakkuita ja mittauksia; tuon ajan ja aineiston keruun välinen aika esiintyy mainittuna aukkona. Ensiksi tarkastellaan edellistä, nuorempien hakkuiden ryhmää, johon kuuluu 70 erää.

Hakkuissa on poistettu keskimäärin 416 puuta hehtaaria kohden. Kantoihin perustuva runkoluku on todellisena pidettyyn verrattuna pienempi 40:ssä, suurempi 23:ssa ja samansuuruinen 7:ssä tapauksessa. Kun lasketaan suhteellisten poikkeusten keskiarvo, havaitaan kannoista saadun runkoluvun jäävän keskimäärin 4.3 % alle todellisen. Suhteellisten poikkeusten itseisarvojen perusteella voidaan laskea, että runkoluvun keskimääräinen poikkeus todellisesta on 8.8 %.

Vastaava kuutiomäärän tarkastelu osoittaa, että hakkuissa on poistettu keskimäärin 54.3 m^3/ha kuorineen. Todellista pienemmäksi on poistuma saatu 36:ssa ja suuremmaksi 32:ssa sekä sen kanssa yhtäsuureksi 2:ssa tapauksessa. Suhteellisten poikkeusten keskiarvo osoittaa kannoista lasketun poistuman jääneen keskimäärin vain 1.6 % alle todellisen, mutta keskimääräinen poikkeus todellisesta on 10.6 %. Runkolukuun verrattuna on siis kuutiomäärässä saavutettu tasoltaan oikeampi lopputulos, jos kohta vaihtelu onkin suurempi. Tulos on helposti ymmärrettävissä, koska lähinnä pienimpiä, kuutiomäärään vähiten vaikuttavia puuyksilöitä on jäänyt helpoimmin lukematta (vrt. Betänkande ... 1952, s. 74).

11 v:n takaisten ja sitä vanhempien hakkuiden osalta kannoista saadut tulokset ovat yleensä huomattavasti epäluotettavampia. Yleensä ne jäävät todellisia pienemmiksi — usein ei ole läheskään kaikkia noiden hakkuiden kantoja enää löydetty —, mutta joissakin tapauksissa on saatu todellisia huomattavasti suurempia tuloksia. Tämä on johtunut varhaisempien hakkuiden kantojen sekaantumisesta luettaviksi tarkoitettuihin kantoihin. Jo nämä tulokset osoittanevat, että maan eteläpuoliskossa on yli 10 v:n takaisten hakkuiden kantojen perusteella saatuihin tuloksiin suhtauduttava melkoisin varauksin. Varsinkin on näin, jos on kysymys rehevistä metsätyypeistä ja lehtipuista.

Juuri sanotun valossa näyttää Sarvaksen (1944, ss. 36—37) kantoihin perustuvaa hakkuumäärää koskevissa laskelmissa käyttämä n. 15 v:n

aika ehkä liian rohkealta. Näin pitkän kauden käyttöä perustellessaan Sarvas on tehnyt päätelmänsä ensi sijassa tutkimusmetsiköissä selvitetyn kantojen lahoamisasteen nojalla. Kuitenkaan ei ole voinut olla takeita siitä, että esim. kaikki 15 v. aiemmin suoritettujen hakkuiden kannot olisivat olleet näkyvissä tutkimushetkellä; olkoonkin, että kysymyksessä olivat aineistosta erityisesti valikoidut metsiköt, »joissa hakkuuvuosista oli saatu täysin tarkka selvyys ja joissa eri hakkuut selvästi erottuivat toisistaan» (mt., s. 35). Saattaa olla mahdollista, että lahonneimmat kannot ovat jo jääneet pois, joten jäljellä olevien perusteella on tultu ehkä liian rohkealta näyttävään tulokseen. Luotettavat päätelmät tässä suhteessa edellyttävät tutkimusmetsiköitä, joissa hakkuumäärästä ja sen rakenteesta on mahdollisimman tarkat tiedot käytettävissä. Toisaalta on kuitenkin huomattava, että Sarvaksen tutkimus koskee tukkipuun harsinnoilla käsiteltyjä metsiköitä, joissa verraten suurilla kannoilla on yleensä merkitsevä osuus. Siten edellytykset laskea hakkuumäärä melko pitkältä ajalta ovat ehkä olleet keskimäärin paremmat kuin nyt suoritetun tutkimuksen aineiston perusteella.

Pyrittäessä yksityiskohtaisemmin erittelemään, mistä seikoista taulukossa 5 esiintyvät poikkeukset johtuvat, voidaan ensiksi tarkastella hakkuusta kuluneen ajan arvioimista ja kantojen ryhmittämistä hakkuun ajankohdan perusteella. Niin kuin edellä mainittiin, oli jo maastotöitä nyt tutkituilla koealoilla suoritettaessa tiedossa, milloin kussakin metsikössä oli hakkuita suoritettu. Tämä on olennaisesti helpottanut kantojen ryhmittämistä hakkuusta kuluneen ajan mukaan. Yleensä on tässä tehtävässä, joka on suoritettu kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen perusteella, onnistuttu tyydyttävästi sikäli kuin on kysymys enintään 7 v:n takaisten hakkuiden erottamisesta toisistaan ja vähintään 11 v:n takaisista (hakkuiden väliaika on ollut yleensä vähintään 5 v.). Ei näet voida odottaakaan, että esim. runkoluvun määrittäminen kannoista tapahtuisi yhtä luotettavasti kuin pystyssä olevista puista. Poikkeuksellisesti ovat kuitenkin 2 ja 7 v:n takaisista hakkuista jääneet kuusen kannot erissä 59—62 ja 70—73 vähäisessä määrin sekaantuneet toisiinsa. Samoin ovat 5 v:n takaisen hakkuun koivun kantojen joukkoon erässä 97 kuuluneet pari kookasta haavan kantoa joutuneet 12 v:n takaisten kantojen erään 109 ja aiheuttaneet poikkeuksia tuloksiin.

Varhaisempien hakkuiden suhteen ei ole onnistuttu yhtä hyvin, kuten jo mainittiin. Niinpä esim. 15 v:n takaisia kantoja koskevaan erään 49 on tullut mukaan 20 v:n takaisen hakkuun kantoja siitä huolimatta, että mittaus mm. toistettiin erityisellä huolella. Kun aiemman hakkuun kannoista vain suurimpia on ollut enää mitattavissa, on 15 v:n takaisen hakkuun kuutiomäärä noussut huomattavan suureksi. Vastaavasti erään 52 on 16 v:n

takaisen hakkuun kantojen joukkoon tullut tuntuvasti 23 v. sitten suoritetun hakkuun kantoja, vaikka tässäkin tapauksessa pyrittiin noudattamaan erityistä huolellisuutta. Samoin on erän 43 14 v:n takaisten kantojen joukkoon tullut 22 v:n takaisia kantoja, erän 55 20 v:n takaisten kantojen joukkoon 25 v:n takaisen hakkuun kantoja sekä edelleen mm. eriin 56, 57, 114 ja 115 varhaisempien hakkuiden kantoja.

Jo edellä kiinnitettiin huomiota erääseen olennaiseen systemaattista virhettä aiheuttaneeseen tekijään, nimittäin siihen, että kannoista saatu poistettujen puiden runkoluku on todellista pienempi. Niinpä on erien 89 ja 90 runkoluku jäänyt todellista pienemmäksi, vaikka hakkuu on vasta äskettäin suoritettu. Syynä lienee ollut, että tuoreet latvukset ja muut hakkuutähteet ovat haitanneet kantojen löytymistä. Usein on etenkin rehevillä kasvupaikoilla jäänyt jo 4—6 v:n takaisten hakkuiden kantoja löytymättä, koska voimakas pintakasvillisuus esim. vadelman- ja mustikanvarvustoineen on niitä kätkenyt. Esimerkkeinä tällaisista tapauksista ovat erät 8, 17, 30 ja 98. Todellista pienemmäksi on poistettujen puiden runkoluku saatu kuitenkin myös eräissä mustikka- ja puolukkatyypin metsiköissä; esimerkkeinä niistä mainittakoon erät 12, 24 ja 26. Sekä absoluuttisesti että suhteellisesti suurin poikkeus runkoluvussa on 7 v:n takaista hakkuuta koskevassa erässä 74. Syynä siihen on, ettei kantoja mitattaessa ole löydetty pieninten, rinnankorkeudelta enintään 6 cm:n paksuisten puiden kantoja; ilmeisesti niihin ei ole myöskään kiinnitetty täyttä huomiota, kun niiden edustama kuutiomäärä on ollut vähäinen. Yli 10 v:n takaisten hakkuiden osalta voidaan tässä puheena olleen poisjäämisen sanoa olevan sääntönä, joskin Pohjois-Suomi poikkeaa maan eteläosista jossain määrin. Erityistä huomiota on kiinnitettävä verraten suuriin negatiivisiin poikkeuksiin erissä 34—38 esiintyvissä käenkaali-mustikkatyypin männiköissä, joiden hakkuista on kulunut aikaa 11—12 v. Tulos viittaa siihen, että jo viimeksi kuluneiden 10 v:n hakkuumäärä voi kantojen häviämisen johdosta jäädä todellista pienemmäksi.

Tarkasteltaessa edelleen niitä tekijöitä, jotka ovat aiheuttaneet taulukosta 5 ilmi käyviä poikkeuksia joko yksinään tai yhdessä muiden tekijäin kanssa, on d_k:sta $d_{1.3}$:aan siirtymisellä tärkeä merkitys, niin kuin jo aiemmin on tahdottu osoittaa. Ensi sijassa todellista ja kannoista laskettua keskiläpimittaa yhdessä poistettujen puiden runkoluvun ja kuutiomäärän kanssa tarkastelemalla saadaan käsitys siitä, kuinka mainitussa tehtävässä on onnistuttu. Samalla voidaan saada viitteitä myös siitä, milloin poikkeukset ovat aiheutuneet poistettujen puiden pituus- ja muotosuhteiden virheellisestä arvioinnista.

Kun aluksi jälleen rajoitutaan enintään 7 v:n takaisiin hakkuisiin, on todettava, että keskiläpimitta on saatu kannoista yleensä suhteellisen hyvin. Sen poikkeaminen todellisena pidetystä on ollut keskimäärin n. 4 %. Tasol-

taan ovat kantojen perusteella saadut tulokset jokseenkin oikeita, ts. keskimäärin vain 1 % liian suuria; tämän suuntainen ero selittyy lähinnä siitä, ettei pienimpiä kantoja ole löydetty. Jo näiden lukujen perusteella voidaan sanoa, että kannoilla voi olla erityisen suuri merkitys hakkuiden laadun osoittajina.

Sen johdosta että erotus d_0—$d_{1.3}$ on joko pystypuustoa sellaisenaan tai keskimääräisiä lukuja hyväksi käyttäen saatu nähtävästi todellista suuremmaksi, on keskiläpimitta tullut todellista pienemmäksi mm. erissä 10, 11, 19, 22, 23, 29, 77, 90 ja 96. Päinvastaisia tapauksia taas ovat mm. erät 2, 17, 24, 72, 74, 98 ja 99. Sen sijaan johtuvat verraten suuret poikkeukset erissä 3, 89, 97 ja 102 lähinnä siitä, että jokin varhemman hakkuun suuriläpimittainen kanto on luettu mukaan tai vastaavasti kyseisen hakkuun kantoja on luettu aiempaan. Näissä absoluuttisilta kuutiomääriltään verraten pienissä erissä on myös saattanut olla jokin tyveltään poikkeuksellisen voimakkaasti kavenneen puun kanto tuloksia sekoittamassa.

Vähintään 11 v:n takaisten hakkuuerien osalta keskiläpimitta on kantojen perusteella tullut yleensä todellista suuremmaksi, mikä johtuu pääasiallisesti siitä edellä mainitusta seikasta, että pienikokoisten puiden kannot ovat ensiksi hävinneet pois mittauksen ulottuvilta. Kuitenkin esiintyy keskiläpimitan suhteen myös päinvastaisia tapauksia, jotka aiheutuvat etupäässä eri hakkuiden kantojen sekaantumisesta toisiinsa.

Myös poistettujen puiden pituuden ja muodon arvioinnissa sattuneista virheistä on aiheutunut poikkeuksia kannoista laskettuihin hakkuumääriin, vaikka nämä poikkeukset, kuten jo huomautettiin, eivät yleensä näytä olevan suuria. Esim. eriin 22, 23 ja 29 ovat todellista suuremmaksi saadun erotuksen d_0—$d_{1.3}$ ohella myös liian pieniksi saadut yksikkökuutiot aiheuttaneet virheitä. Eriä 22 ja 23 koskevissa laskelmissa on ss. 36—38 selostettu pituuskäyrän kerrostuminen otettu liian suureksi, ja erässä 29 on pystypuuston perusteella johduttu virheelliseen tulokseen siitä syystä, että myrsky oli kaatanut hakkuun jälkeen olennaisen osan pisintä puustoa, joten jäljelle jääneet puut olivat keskimääräistä lyhempiä. Erissä 67 ja 75 taas on pystypuuston perusteella johduttu todellista suurempiin yksikkökuutioihin.

On todettava, ettei nyt tarjolla ollut aineisto sovellu kaikin puolin hyvin päätelmien tekoon viimeksi tarkastellussa kysymyksessä, koska jokseenkin kaikissa metsiköissä on mittauksen aikoihin ollut alkuperäinen ns. peruspuusto jäljellä. Niin ollen jää käsitys siitä, kuinka suuria virheitä kannoista laskettuun hakkuumäärään voi eri tapauksissa pituus- ja muotosuhteiden arvioinnista aiheutua, pakostakin jossain määrin puutteelliseksi.

Metsäalueen hakkuumäärän arvioiminen

Hakkuumäärän ja pystypuuston arvioimissadannesten keskinäinen suhde

Tarkasteltaessa niitä mahdollisuuksia ja menetelmiä, joita on tarjolla metsäalueen hakkuumäärän arvioimiseksi kannoista, on pidettävä mielessä erityisesti kaksi lähtökohtaa. Niistä toisen muodostaa edellä metsikön puitteissa suoritettu kysymyksen tarkastelu ja toisen ne menetelmät, joita on käytettävissä puuston arvioimiseksi tietyllä metsäalueella.

Niin kuin tunnettua, on yleensä tapana perustaa tarkatkin puuston arvioinnit yksin puin lukuun vain pienillä metsäalueilla ja käyttää muulloin edustavaa menetelmää. Myös on tunnettua, että viimeksi mainittua käytettäessä arvioimissadannes on riippuvainen mm. arvioitavan alueen pinta-alasta kasvaen tämän pienetessä. Samoin tarvitsee pinta-alayksikköä kohden vähäinen puusto suuremman arvioimissadanneksen kuin runsaampi puusto, jos tavoitteena on tietty suhteellinen keskivirhe. Nyt on huomattava, että se poistuma, joka on mahdollista selvittää kantojen perusteella, jakaantuu pienemmälle alueelle ja on metsähehtaaria kohden tavallisesti pienempi kuin kasvava puusto, ja että jos poistumaa pyritään kannoista selvittämään, se useimmiten tapahtunee pystypuuston arvioinnin yhteydessä. Niin ollen kysymys hakkuumäärän ja pystypuuston arvioimissadannesten suhteista muodostuu hyvin tärkeäksi ja ansaitsee ottaa erityisesti tarkasteltavaksi. Mutta ennen kuin mennään tähän kysymykseen on saatava pohjaa ongelman käsittelylle selvittämällä poistuman määrän ja jakaantumisen luonnetta.

Kysymyksen tarkastelemiseksi aluksi metsälön puitteissa voidaan lähteä teoreettisista laskelmista. Esim. Ilvessalon (1920) kasvu- ja tuottotaulukoiden sekä kirjoittajan (Nyyssönen 1954) hakkauksilla käsiteltyjä männiköitä koskevan tutkimuksen avulla voidaan laskea sellaisen metsälön poistuma, jossa kasvatetaan mäntyä ja joka on ajateltu jaetuksi tasaisiin vuosilohkoihin. Jos kasvupaikaksi oletetaan mustikkatyyppi, kiertoajaksi 80 v. ja hakkuut toimitettaviksi 8 v:n väliajoin (ottaen huomioon, ettei hakkuumäärän arvioimisen kannalta merkitseviä hakkuita toimiteta taimistolohkoissa), voidaan vuotuiseksi poistumaksi saada n. 5 % puustosta ja vuosittain käsiteltäväksi alaksi n. 10 % pinta-alasta. Jos taas 100 v:n kiertoaikaa silmällä pitäen hakkuut puolukkatyypillä vastaavasti ajatellaan suoritettaviksi 10 v:n väliajoin, saadaan vuotuiseksi poistumaksi lähes 4 % puustosta ja käsiteltäväksi alaksi n. 8 % pinta-alasta.

Hakkuut metsälössä eivät kuitenkaan käytännössä koskaan jakaannu peräkkäisille vuosille näin tasaisesti, koska kasvupaikka, ikäluokkiin jakaantuminen jne. eivät voi laajahkon alueen ollessa kysymyksessä olla aivan yhtäläisiä. Hakkuita pyritään myös keskittämään puutavaran hinnan vaihteluiden johdosta sekä muista myynti- ja hankintateknillisistä syistä. Siten ehkä muodostuu jonakin vuonna hakkuilla käsiteltävä alue melko suureksi, muutamien vuosien kuluttua käsitellään jokin toinen alue ja otetaan mahdollisesti jotakin toista puutavaralajia aiemmin käsitellyltä alueelta jne. Jos on käytetty harsintoja, joista kuitenkin viime aikoina on pyritty yhä määrätietoisemmin pääsemään eroon, on hakkuu ehkä toistettu miltei koko metsälössä tietyin väliajoin, joten kerrallinen poistuma voi jakaantua lähes yhtä laajalle alueelle kuin pystyssä oleva puusto. Siinäkin tapauksessa on kuitenkin vielä esim. 10-vuotinen poistuma selvästi pystypuustoa vähäisempi.

Suurempaan tasaisuuteen vuotuisen poistuman määrässä tullaan tarkasteltaessa esim. sen laatuista metsälöä kuin jotakin Metsähallinnon hoitoaluetta, ja jos edelleen siirrytään metsälöiden sijasta tarkastelemaan metsälöistä koostunutta laajempaa aluetta. Esim. metsänhoitolautakunnittain voidaan saada tietoja niiden alueella sijaitsevien ns. yksityisluontoisten — yksityisten, kuntien ja yhtiöiden — metsien hakkuista niiden hakkuuilmoitusten perusteella, jotka on toimitettava kunnanmetsälautakunnille ennen myyntihakkuiden aloittamista. Niinpä Pohjois-Savon metsänhoitolautakunnan alueella oli 20-vuotiskautena 1929—1948 vuosittain myyntihakkuiden alaiseksi ilmoitettu pinta-ala n. 21 % yksityisluontoisten metsien pinta-alasta, siis varsin suurelta tuntuva luku (Pohjois-Savon... 1949, s. 12, 58). Pohjois-Hämeen metsänhoitolautakunnan alueella taas oli vastaavana kautena ilmoitettu vuosittain myyntihakkuilla käsiteltäväksi pinta-alaksi n. 9 % lautakunnan alueen vastaavasta metsäalasta (Pohjois-Hämeen... 1949, s. 13, 33). Kaikki metsät huomioon ottaen oli vuotuinen poistuma edellisellä alueella ainakin n. 3.3 % koko pystypuustosta, mutta jälkimmäisellä ilmeisesti vähemmän (vrt. Ilvessalo 1943, s. 88; Pohjois-Savon... 1949, s. 12, 58).

Metsähallituksen alaisissa valtionmetsissä suoritettiin esim. vv. 1944—48 alkaneina viitenä hakkuukautena kasvatus- ja uudistushakkuita yhteensä n. 530 000 ha:n alueella (Metsätilasto 1950, ss. 38—40). Toisaalta mainitaan (mt., s. 29, 31) hehtaaria kohden laskettua luovutusmäärää selvitettäessä käytetyksi pinta-alaksi n. 5.3 milj. ha (mukana on kasvullinen metsämaa sekä maan eri osissa 1/6—1/4 huonokasvuisesta metsämaasta). 5 v:n aikana on siis käsitelty n. 10 % mainitusta pinta-alasta eli vuotta kohden n. 2 %. Hehtaaria kohden lasketuksi poistumaksi hakkuilla käsitellyllä alueella saadaan 46.5 m^3. Jos taas vuotuista hakkuumäärää verrataan pystypuustoon, saadaan suhteeksi n. 1.2 % (mt., s. 28; Ilves-

salo 1948 b, s. 31). Tätä edellä esitettyihin verrattuna pientä lukua arvosteltaessa on muistettava mm. valtion metsien sijainti ja laatu.

Mainittakoon vielä, että II:ta valtakunnan metsien arviointia edeltäneenä 10-vuotiskautena, johon kuuluivat keskimäärin vuodet 1927—36, käsiteltiin hakkuilla Suomen eteläpuoliskossa 54 % ja pohjoispuoliskossa 25 % kasvullisen metsämaan pinta-alsta (Ilvessalo 1942, s. 189). Vuosittain käsiteltyä pinta-alaa haettaessa ei mainittuja sadanneslukuja ole jaettava 10:llä, vaan se on huomattavasti suurempi, koska 10-vuotiskauden kuluessa on useissa paikoissa ehditty hakata 2—3 kertaa. Vuotuinen poistuma koko maassa on ollut keskimäärin n. 3.5 % puustosta (vrt. Osara—Pöntynen—Erkkilä 1948, ss. 45—50).

Kun näin on saatu käsitys sekä suhteellisista hakkuualoista että -määristä, voidaan ryhtyä tarkastelemaan, millainen tulisi hakkuumäärän arvioinnissa käytettävän arvioimissadanneksen olla verrattuna pystypuuston arvioinnissa sovellettavaan sadannekseen. Edellä suoritettuun katsaukseen viitaten otetaan pinta-alan osalta tarkasteltavaksi suhteet 1 : 10, 1 : 5 ja 1 : 2 (pienin suhde 1 : 10 vastaa suunnilleen keskimääräistä vuotuista hakkuualaa 10 % metsäalasta) sekä kuutiomäärän osalta vastaavasti suhteet 1 : 25, 1 : 10, 1 : 5 ja 1 : 2. Kysymystä tarkastellaan lähinnä säännöllistä linjoittaista arviointia silmällä pitäen, koska sen laatuisia arvioimismenetelmiä käytetään meillä yleisimmin. Niin ollen sivuutetaan tämän yhteydessä esim. ns. umpimähkäiseen näytteeseen perustuvien menetelmien tarkastelu (vrt. Schumacher ja Chapman 1942; Spurr 1952).

Linja-arvioinnilla saatujen tulosten luotettavuutta ja sen riippuvuutta eri tekijöistä on monissa tutkimuksissa selvitetty. Jos kuitenkin ajatellaan nimenomaan pinta-alan ja puuston määrän vaikutusta keskivirheeseen, ovat varsinkin Langsaeter ja Östlind v. 1932 ilmestyneissä tutkimuksissaan näitä kysymyksiä käsitelleet. Vaikka heidän tarkastelunsa koskee vain säännöllistä linja-arviointia, niin näyttää ilmeiseltä, että eri edellytyksillä saatujen tulosten luotettavuuden suhteiden tarkastelu voidaan ulottaa myös arviointiin, missä puustoa ei lueta yhtäjaksoisilta linjoilta, vaan linjoille järjestelmällisesti sijoitetuilta koealoilta kuten esim. ns. ympyräarvioinnissa menetellään. Niinpä ainakin Lindeberg (1924, s. 21) ja Näslund (1939, s. 320) huomauttavat, pohdittuaan keskivirheen määrittämistä linja-arvioinnissa, että esitetyt menetelmät soveltuvat käytettäviksi yleensä myös esim. ympyräarvioinnissa. Tietenkin on asia erikseen, millaisilla arvioimissadanneksilla nämä menetelmät johtavat missäkin suuruusluokassa oleviin keskivirheisiin. Mainittakoon vain se ainakin Matérnin (1947, ss. 92—93) tutkimuksista ilmi käynyt seikka, että esim. ympyräarvioinnissa päästään yleensä samaan tarkkuuteen olennaisesti pienemmällä arvioimissadanneksella kuin linja-arvioinnissa.

Edellä mainitussa tutkimuksessaan Langsaeter (ss. 507—512) saa tuloksen, että arvioimislinjojen välimatkan ollessa sama on keskivirhe kääntäen verrannollinen pinta-alan neliöjuureen. Aivan samaan tulokseen on myös Östlind (mt., s. 464) tullut. Keskivirheiden ε_1 ja ε_2 suhde alueilla A_1 ja A_2 on siis olosuhteiden ollessa muuten samat

$$\varepsilon_1 : \varepsilon_2 = \sqrt{A_2} : \sqrt{A_1}$$

Äsken mainituille pinta-alojen suhteille saadaan seuraavat keskivirheiden suhteet:

$A_1 : A_2$	= 1 : 10	$\varepsilon_1 : \varepsilon_2$	= $\sqrt{10}$ = **3.16**
»	= 1 : 5	»	= $\sqrt{5}$ = **2.24**
»	= 1 : 2	»	= $\sqrt{2}$ = **1.41**

Puuston keskikuutiomäärän osalta Langsaeter esittää työhypoteesina, että keskivirhe linja-arvioinnissa on kääntäen verrannollinen keskikuutiomäärään hehtaarilla; selitykseksi tälle olettamukselle hän mainitsee suurikuutioisten metsien paremman yhtenäisyyden (vrt. myös Lappi-Seppälä 1924, ss. 31—32). Mainittua hypoteesia Langsaeter ei kuitenkaan tarkoitusta varten suorittamiensa korrelaatiolaskelmien nojalla katso voitavan pitää todistettuna, vaikka jotakin siihen viittaavaa niistä onkin ilmennyt (mt., ss. 512—513). Sen sijaan Östlind esittää keskivirheen riippuvuudelle keskikuutiomäärästä tietyn muodon, joka ei kuitenkaan aivan vastaa Langsaeterin hypoteesia, vaan osoittaa riippuvuuden heikommaksi kuin mainittu hypoteesi edellyttää. Esim. Östlindin (mt., s. 464) yksinkertaisessa muodossa esittämästä riippuvuussuhteen kaavasta $(100 : m)^{0.4}$, jossa $m = m^3/ha$, saadaan muuten samoilla edellytyksillä

$$\varepsilon_1 : \varepsilon_2 = (m_2 : m_1)^{0.4}$$

[Huomattakoon, että pinta-alan yhteydessä esitetty $\sqrt{A_2} : \sqrt{A_1} = (A_2 : A_1)^{0.5}$.]

Kun nyt käytetään edellä mainittuja keskikuutiomäärien suhteita, saadaan

$m_1 : m_2$	= 1 : 25	$\varepsilon_1 : \varepsilon_2$	= **3.62**
»	= 1 : 10	»	= **2.51**
»	= 1 : 5	»	= **1.90**
»	= 1 : 2	»	= **1.32**

Jos ainakin likimain tunnetaan hakkuilla käsiteltyjen alueiden pinta-alan suhde koko pystypuuston hallussa olevaan alaan tai vastaavasti hakkuumäärän suhde pystypuuston kuutiomäärään, voidaan tässä esitettyjen tietojen perusteella mm. arvioida, missä määrin epäluotettavampia ovat poistumaa koskevat tulokset verrattuina pystypuustoa koskeviin tuloksiin, mikäli molemmat arvioidaan esim. samaa ympyräkoealaverkostoa apuna käyttäen. Käytännössä kuitenkin pyritään ensiksi asettamaan tuloksille tietty tarkkuusvaatimus ja sen jälkeen esittämään kysymys: mikä arvioimismenetelmä ja mikä arvioimissadannes johtaa tähän tarkkuuteen? Siten halutaan esim. tietää, kuinka paljon arvioimissadannesta on suurennettava, jotta saavutetaan sama suhteellinen tarkkuus alkuperäistä pienemmälle pinta-alalle tai vähäisemmälle puustolle.

Lähtemällä Östlindin (mt., s. 459) kaavasta 18

$$\mu A\,\% = \frac{8.5\ (l-10)^{\,0.75}}{A^{0.5}\ m^{0.4}}$$

missä A ja m merkitsevät samaa kuin edellä ja l = linjojen välimatka, jota pinta-aloilla A_1 ja A_2 merkitään l_1 ja l_2, voidaan, olettaen $m_1 = m_2$ ja edellyttäen samaan keskivirheeseen pyrkimistä, kirjoittaa seuraava yhtälö:

$$\frac{(l_1-10)^{0.75}}{A_1^{0.5}} = \frac{(l_2-10)^{0.75}}{A_2^{0.5}}$$

Tästä voidaan johtaa muoto

$$l_1 = \frac{l_2-10}{(A_2 : A_1)^{0.67}} + 10$$

Aiemmin mainituilla pinta-alojen suhteilla on seuraavasti:

$A_1 : A_2 = 1 : 10$	$l_1 = 0.22\ l_2 + 8$
» $= 1 : 5$	» $= 0.34\ l_2 + 7$
» $= 1 : 2$	» $= 0.67\ l_2 + 3$

Silloin kun A_2 ei ole kovin pieni ja pyrkimyksenä on päästä tavanomaiseen luotettavuuteen, voidaan juuri esitettyjä suhteita hyväksi käyttäen laskea, että arvioimissadannes on A_1:llä oleva A_2:een verrattuna suurempi seuraavasti:

$A_1 : A_2 = 1 : 10$	n. 4 -kertainen
» $= 1 : 5$	n. 2.5—3.0 »
» $= 1 : 2$	likimain 1.5 »

Vertaamalla näitä tuloksia esim. Langsaeterin (mt., s. 526, 528, 529) esittämistä taulukoista ilmi käyviin tuloksiin, havaitaan likimain samojen suhteiden olevan voimassa myös Langsaeterin taulukoissa.

Vastaavalla tavalla kuin pinta-alan suhteen voidaan edellä esitetystä Östlindin kaavasta keskikuutiomäärän osalta johtaa muoto

$$l_1 = \frac{l_2 - 10}{(m_2 : m_1)^{0.53}} + 10$$

ja edelleen

$m_1 : m_2$	= 1 : 25	l_1	= 0.18 l_2 + 8
»	= 1 : 10	»	= 0.29 l_2 + 7
»	= 1 : 5	»	= 0.42 l_2 + 6
»	= 1 : 2	»	= 0.69 l_2 + 3

Äsken pinta-alan yhteydessä mainituin edellytyksin arvioimissadannes on keskikuutiomäärän ollessa m_1 oleva seuraavasti suurempi siihen arvioimissadannekseen verrattuna, jota käytetään keskikuutiomäärälle m_2:

$m_1 : m_2$	= 1 : 25	n. 4—5 -kertainen
»	= 1 : 10	n. 3 »
»	= 1 : 5	runsaasti 2 »
»	= 1 : 2	lähes 1.5 »

Edellä suoritettu keskivirheiden suhteiden tarkastelu tarjoaa pohjaa oikean arvioimissadanneksen määrittämiseksi poistuman arvioimisessa. Esitettyjä kertoimia ei ole kuitenkaan sovellettava sellaisinaan ja kaavamaisesti. Kun tarkastelu on koskenut suhteellista keskivirhettä (joka lasketaan esim. sadanneksina puustosta) ja kun poistuman absoluuttinen määrä on tavallisesti vähäinen pystypuustoon verrattuna, ei yleensä liene tarkoituksen mukaista pyrkiä samaan keskivirheeseen molemmissa tapauksissa. Kun poistuman määrittäminen yksityisissä koealametsiköissä tai metsikköryhmissä on lisäksi jossain määrin epätarkkaa, ei arvioimissadannekseen liittyvää virhetekijää ehkä kannata pyrkiä supistamaan mahdollisimman pieneksi. Tarkastelussa on vielä huomattava, että myöskään pystypuustoa ei aina esiinny koko arvioitavalla metsäalueella, koska uudistusalat ym. vaativat osansa.

Nimenomaan maan eteläpuoliskossa tapahtuvaa suurten alueiden arvioimista silmällä pitäen näyttäisi vuotuista hakkuumäärää selvitettäessä pystypuuston arvioinnissa sovellettuun verrattuna 3—4-kertainen arvioimissadannes tarkoituksen mukaiselta. Jos kysymyksessä on 5 v:n hakkuumäärä, tulisi arvioimissadanneksen olla vähintään 2-kertainen, kun taas 10 v:n hakkuumäärälle voitaisiin samoin edellytyksin ajatella n. 1.5-kertaista arvioimis-

sadannesta. Mainittakoon, että Ruotsin valtakunnan metsien arvioinnissa käytetään vuotuista hakkuumäärää kannoista arvioitaessa poistumalle keskimäärin juuri edellä mainittua n. 4-kertaista arvioimissadannesta, mutta porrastus maan eri osille on verraten voimakas: poistumakoealojen lukumäärä on Pohjois-Norlannissa 11-kertainen, mutta Etelä-Ruotsissa vain runsaasti 1.5-kertainen (vrt. Instruktion..., s. 13, 18).

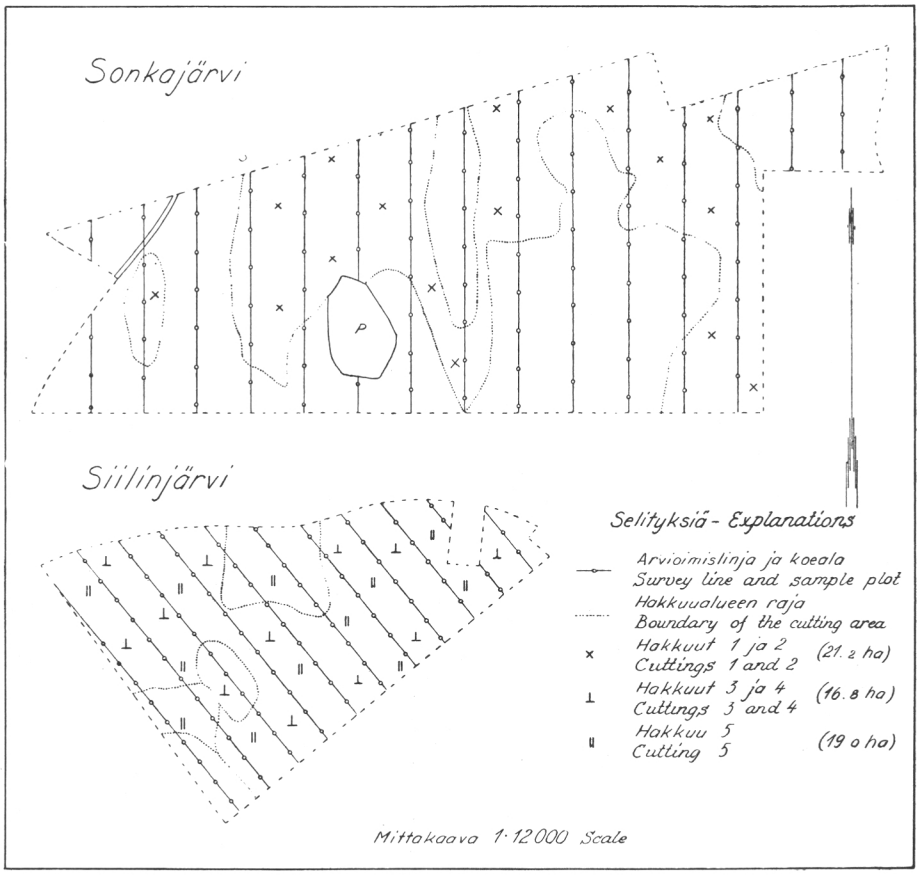
Koearviointien tuloksia

Kannoista arvioidun ja todellisena pidetyn hakkuumäärän vertailua suoritettiin kahdessa metsälössä toimitetun arvioinnin perusteella. Näistä metsälöistä hakatun puutavaran määrä saatiin tarkoin tietää metsänomistajan tai hakkuuttajan ilmoituksen nojalla sen jälkeen, kun kantoihin perustuva arviointi oli niissä suoritettu. Hakkuissa oli kertynyt mänty- ja kuusitukkeja, mäntykaivospuita, mänty- ja kuusipaperipuita sekä halkoja siten, että pinotavara käsitti hakkuukertymästä suurimman osan molemmissa metsälöissä. Puutavaramäärien muuntaminen yhteismitallisiksi tapahtui seuraavalla tavalla.

Tukkipuut, joiden määrä oli annettu teknillisinä kuutiojalkoina ja joiden rungon keskikuutio molemmissa metsälöissä oli 7.5—8.0 j^3, muunnettiin ensiksi todellisiksi kiintokuutiometreiksi kuorineen siten, että j^3-määrä kerrottiin 0.047:llä, joka saatiin Tapion taskukirjan (1949) taulukoiden 54—57 a sekä 59 avulla. Lisäksi saatiin ilmoitus siitä, minkä verran puolipuhdasta paperipuuta oli latvuksista tullut. Se samoin kuin muu paperi- ja kaivospuu sekä halot muunnettiin kuorellisiksi kiintokuutiometreiksi käyttämällä Tapion taskukirjan taulukoita 63—66. Tuloksiin oli vielä lisättävä hakkuutähteiden osuus. Sen määrittämisessä käytettiin hyväksi niitä Aron (1935) tutkimuksia, jotka selvittävät hakkuutähteiden ja käyttöpuun osuuden riippuvuutta rinnankorkeus- ja katkaisuläpimitasta. Nyt puheena olevissa tapauksissa katkaisuläpimitta oli tunnettu, mutta $d_{1.3}$ voitiin vain likimääräisenä arvioida. Sen johdosta laskettiin käyttöpuun osuutta kuvaava sadannes kullekin hakkuuerälle vasta kantojen perusteella selvitetyn läpimittajakaantumisen nojalla ja käyttämällä apuna Aron (mt., ss. 58—59, 66—67) esittämiä taulukoita. Tätä tietä päästiin poistettujen puiden kokonaiskuutiomäärään, josta kannon osuutena 2 % vähentäen (mt., s. 91; Ilvessalo 1947, s. 10) tultiin todellisena pidettyyn hakkuumäärään.

Toinen tutkituista metsälöistä sijaitsee Sonkajärvellä ollen pinta-alaltaan 49.3 ha, siitä 50 % puolukkatyyppiä, 40 % mustikka- ja käenkaali-mustikkatyyppejä sekä 10 % korpia ja rämeitä. Puustosta, jonka keskikuutiomäärä arviointihetkellä oli 100 m^3/ha, oli 52 % mäntyä, 38 % kuusta ja 10 % lehtipuita, pääasiallisesti koivua. Valtaosaltaan puuston ikä oli vaihdellen

60—110 v. Elokuun lopussa v. 1952 suoritettua arviointia edeltäneenä syys- ja talvikautena metsälöstä oli hakattu harvennus-, väljennys-, siemenpuu- ja kunnostushakkuilla mäntyä ja kuusta; vain tässä hakkuussa kertyneet puutavaramäärät saatiin myöhemmin tietää. Myös pari vuotta aiemmin oli metsälössä toimitettu paikallinen lievä hakkuu ja sitä ennen lähinnä harsinnan luonteisia hakkuita, mutta yleensä ei arviointihetkellä näyttänyt olevan vaaraa tutkitussa hakkuussa syntyneiden kantojen sekaantumisesta aiempiin ja päinvastoin. Hakkuualueen suuruus oli n. 21.2 ha eli 43 % metsälön pinta-alasta. Sen muoto sekä arvioimislinjasto koealoineen nähdään kuvasta 11. Arvioimislinjojen välimatka on 80 m ja 3 aarin ympyräkoealat linjoilla sijaitsevat 60 m:n etäisyyksin toisistaan, joten arvioimissadannekseksi tulee n. 6. Poistuman arviointi suoritettiin pystypuuston arvioinnin yhteydessä. Tulokset esitetään jäljempänä taulukossa 6 puulajeittain, jolloin mänty esiintyy eränä 1 ja kuusi eränä 2.



Kuva 11. Arvioitujen metsälöiden kartat.
Fig. 11. Maps of the surveyed woodlots.

Toisen, Siilinjärvellä sijaitsevan tutkimusmetsälön pinta-ala on 20.5 ha, miltei yksinomaan puolukkatyyppiä ja puustoltaan n. 60-vuotiasta männikköä, jonka keskikuutiomäärä oli arviolta n. 100 m^3/ha. Kannot erotettiin kahdeksi jaksoksi tuoreimpien tullessa ensimmäiseen ja kaikkien muiden, ainakin jotakuinkin kovien kantojen tullessa toiseen. Myöhemmin saatiin tietää, että ensimmäiseksi jaksoksi erottuivat arvioinnin ajankohtaa, syyskuun loppua v. 1952 edeltäneenä syys- ja talvikautena kaadettujen puiden kannot ja toiseksi jaksoksi samasta ajankohdasta laskien 3—8 v. aiemmin kaadettujen puiden kannot. Ensimmäiseen jaksoon kuului mäntyä ja kuusta, joista mänty esiintyy taulukossa 6 eränä 3 ja kuusi eränä 4. Toisessa jaksossa, joka valtaosaltaan oli mäntyä, käsiteltiin eri puulajit yhdessä. Tämä jakso on mainitussa taulukossa merkitty 5:nneksi eräksi. Myös Siilinjärven metsälön kartta arvioimislinjoineen ja -koealoineen on kuvassa 11. Kun linjojen välimatka on 60 m ja 3 aarin koealojen etäisyys toisistaan 40 m, nousee arvioimissadannes n. 13:een. Pystypuustoa ei arvioitu koealojen avulla.

Suhdetta $d_0 : d_{1.3}$ ei selvitetty erikseen kullakin koealalla, vaan kertyneiden havaintojen perusteella piirrettiin molemmissa metsälöissä yhteiset tasoitusviivat puulajeittain. Sen sijaan pituus- ja kapenemiskäyrät piirrettiin koealoittain, minkä jälkeen myös kuutioiminen saattoi tapahtua Ilvessalon (1948 a) taulukoiden avulla kullakin koealalla erikseen. Tutkituissa metsälöissä ei koealoja sattunut avohakkuilla käsitellyille alueille lukuun ottamatta paria sähkölinjalta mitattua koealaa Siilinjärvellä. Ne kuutioitiin mittaamalla koepuut mainitun, muutamia vuosia aiemmin avatun linjan laidasta. Näyttäisi siltä, että jo arvioimiskustannusten alentamiseksi poistumakoealat on usein pyrittävä kuutioimaan metsätyyppi- ja käsittelytyyppiryhmittäin. Erityisesti on syytä niin menetellä silloin, kun alueella on enemmältä avohakkuualoja tai yleensä aloja, missä pystypuusto ei käsitä poistettujen puiden läpimittaluokkiin kuuluvia puita.

Edellä selostetulla tavalla saatujen tulosten keskinäinen vertailu esitetään taulukossa 6.

Taulukkoa tarkasteltaessa voidaan tehdä se tärkeä havainto, että hakkuumäärä on kannoista pystytty arvioimaan hyvin tyydyttävällä tarkkuudella. Arvioitu hakkuumäärä on aina oikeassa suuruusluokassa, joten kysymyksessä oleva arviointi on täysin reaalisella pohjalla. Tuloksia arvosteltaessa on kuitenkin muistettava mm. nyt tarjolla olleet mahdollisuudet hakkuun ajankohdan määrittämiseksi sekä eri hakkuiden kantojen erottamiseksi toisistaan.

Taulukon lähemmässä tarkastelussa käy ilmi se piirre, että kannoista on yleensä saatu todelliseen verrattuna vähän pienempi tulos, joten esim. kaikkien 5 erän summa on n. 5 % todellista pienempi. Vaikka tämänsuuntaista virhettä on saattanut koitua eri puutavaralajien yhteismitalliseksi

Taulukko 6. Kannoista arvioitujen ja todellisten hakkuumäärien vertailua. Metsäalue.

Table 6. Comparison between actual cutting amounts and those estimated by means of stumps. Forest area.

Hakkuun n:o *Number of cutting*	Kannoista arvioitu, m³ *By means of stumps, cu.m.*	Todellinen, m³ *Actual, cu.m.*	Poikkeus todellisesta *Deviation of the actual*	
			m³ — *cu.m.*	% — *per cent*
1	666	699	— 33	4.7
2	83	93	— 10	10.8
3	384	426	— 42	9.9
4	46	45	+ 1	2.2
5	973	999	— 26	2.6
Σ	2 152	2 262	—110	4.9

muuntamisesta ym. seikoista, lienee kuitenkin kyseisessä suhteessa joidenkin kantojen jääminen mittauksen ulkopuolelle huomionarvoinen tekijä. Huomattakoon, että siitä aiheutuvan virheen johdosta ovat jo yksityisten metsiköiden hakkuumäärät kantojen perusteella tulleet keskimäärin todellista hiukan pienemmiksi (vrt. ss. 42—44).

Loppukatsaus

H a k k u u n a j a n k o h d a n määrittämiseen tarjolla olevista menetelmistä on kantojen ulkoasun ja lahoamisasteen perusteella tapahtuva arvioiminen yleensä keskeisellä sijalla. Sen johdosta on nyt suoritetussa tutkimuksessa aluksi tarkasteltu lahoamisen riippuvuutta eri tekijöistä sekä sitä, kuinka täsmällisiin tuloksiin lahoamisasteeseen perustuva luokitus yleensä johtaa.

Männyn ja kuusen kantojen lahoaminen edistyy keskimäärin yhtä nopeasti, mutta koivun kannot tulevat vastaavaan lahoamisasteeseen 2/3:ssa havupuiden tarvitsemasta ajasta ja esim. lepän kannot lahoavat vielä nopeammin. Pohjois-Suomessa lahoaminen on yleensä selvästi hitaampaa kuin Etelä-Suomessa, joten esim. Perä-Pohjolan alueella näyttää tarvittavan 1½ kertaa ja Inarissa runsaasti 2 kertaa se aika, joka Etelä-Suomessa kuluu kantojen ehtimiseen tiettyyn lahoamisasteeseen. Hyvillä kasvupaikoilla näyttävät ainakin havupuiden kannot lahoavan nopeammin kuin huonoilla, mutta koivulla esiintyy puun rakenteen johdosta mahdollisesti päinvastaista suuntausta. Vanhojen puiden kannot näyttävät lahoavan yleensä hitaammin kuin nuorten. Samoin näyttävät suurten puiden kannot lahoavan tavallisesti hitaammin kuin pienten, mutta jos olosuhteet (puun ikä kaadettaessa ym.) ovat muuten samat, ei kannon läpimitta sinänsä ole hyvin ratkaiseva.

Yksityistapaukset saattavat poiketa lahoamisen keskimääräisestä kulusta huomattavasti. Niinpä on voitu todeta, että tietyn puulajin kantojen keskimääräisen lahoamisen edistyttyä 50 %:een voi hakkuusta kulunut aika esim. maan eteläosassa olla jossakin tapauksessa jopa kaksinkertainen toiseen verrattuna. Lisäksi voi vaihtelu kussakin hakkuussa syntyneiden kantojen lahoamisasteessa olla hyvin tuntuvaa. Näyttää kuitenkin siltä, että mikäli hakkuut suoritetaan vähintään 5—7 v:n väliajoin, voidaan ainakin alle 10 v:n takaisten hakkuiden kannot erottaa toisistaan tyydyttävästi. Aiempien hakkuiden kohdalta sen sijaan vaaditaan yleensä pitemmät väliajat tyydyttävien tulosten saavuttamiseksi.

Kasvipeite, joka yleensä on lähinnä jäkälän ja sammalen muodostamaa, näyttää kehittyvän kannoille siinä määrin yhtäläisesti, että myös siitä on apua varsinkin melko vanhojen hakkuiden suoritusaikaa arvioitaessa. Verraten tuoreiden hakkuiden ollessa kysymyksessä voivat taas hakkuu-

tähteet olla suureksi avuksi. Edelleen tuntuisi kasvun luonnollisen vaihtelun hyväksikäyttö olevan keino, johon on kohdistettava huomiota. Tämä laajoissa puitteissa hyvin säännönmukainen ilmiö näyttää tarjoavan ainakin hyvän tarkistuskeinon sen kysymyksen arvostelemiseksi, miten hakkuuvuoden määrittämisessä on onnistuttu. Yksityisten hakkuiden kohdalla menetelmän soveltaminen ei ole aivan helppoa, ja tuntuu siltä, että ellei ryhdytä tarkkoihin laboratoriotutkimuksiin on hakkuun ajankohta ensiksi likimääräisesti selvitettävä jollakin muulla menetelmällä. Vielä on mainittava, että hakkuun ajankohdan määrittämisessä voivat tulla kysymykseen myös pystypuuston kasvuun hakkuista aiheutuneet reaktiot, ns. elävät kannot sekä kantovesat, kaadosta ja ajosta aiheutuneet korot sekä puihin lyödyt leimat, pystypuissa ja kannoissa olevien vuosilustojen lukumäärän erotus, jne. Kuitenkin aina silloin, kun vain on mahdollista saada luotettavia kirjanpito-, muisti- tms. tietoja hakkuiden suoritusajoista, on niitä käytettävä hyväksi, sillä edellytykset onnistua hakkuumäärän arvioimisessa paranevat näistä tiedoista yleensä huomattavasti.

K a n t o j e n m i t t a u k s e s s a on oikeaan mittauskorkeuteen kiinnitettävä erityistä huomiota. Pyrittäessä käyttämään samaa korkeutta kaikille kannoille joudutaan mittaus suorittamaan verraten alhaalta; siten esim. tämän tutkimuksen laskelmat perustuvat ns. alimman mahdollisen katkaisukohdan käyttöön. Yleensä on tarkoituksen mukaista suorittaa mittaus kuoren päältä. Mittaussuunnan suhteen on tarjolla eri mahdollisuuksia, ja seuraavista menetelmistä on kullakin etunsa: kapeimmalta puolen mittaus, mittaus yhdestä sattumanvaraisesta tai kahdesta toisiaan vastaan kohtisuorasta suunnasta. Tässä tutkimuksessa on käytetty kahta viimeksi mainittua tapaa.

Sen johdosta että puun läpimitta on sangen olennainen kuutiotekijä, muodostaa myös s i i r t y m i n e n k a n t o l ä p i m i t a s t a (d_k) r i n n a n k o r k e u s l ä p i m i t t a a n ($d_{1.3}$) tärkeän ongelman. Perustaksi tälle siirtymiselle on tutkittava pystypuista suhdetta $d_k : d_{1.3}$, jota voitaneen yleensä sellaisenaan käyttää myös poistetuille puille. Mainittujen läpimittojen välillä vallitsevaa keskimääräistä riippuvuussuhdetta näyttäisi maan eteläpuoliskosta kootun laajan aineiston perusteella kuvaavan yhtälö

$$d_{1.3} = 0.75\ d_k — 0.5.$$

Eri puulajien välillä ei kyseisessä mielessä näytä olevan ainakaan selviä eroja.

Käytännön arvioinneissa on pyrittävä aina varta vasten suoritetuilla mittauksilla selvittämään d_k:n ja $d_{1.3}$:n välinen suhde. Näin jo sen takia,

että yksityistapaukset voivat huomattavasti poiketa keskiarvoista ja että erilainen mittaustapa voi aiheuttaa merkitseviä eroja tuloksiin. Yleisiä, esim. tässä tutkimuksessa saatuja lukuja voidaan käyttää lähinnä tarkistuksiin ja vertailuihin. Tarpeellisten mittausten tultua suoritetuiksi voidaan d_k:sta $d_{1.3}$:aan siirtyä joko graafista tasoitusta apuna käyttäen tai ilman sitä jakamalla kannot $d_{1.3}$-luokkiin samassa suhteessa, joka on saatu selville pystypuihin kohdistetuilla mittauksilla.

Monissa tapauksissa hakkuumäärän arviointi suoritetaan pystypuuston arvioinnin yhteydessä, jolloin pystypuiden yksikkökuutioita voidaan usein sellaisinaan käyttää myös poistetuille puille. Milloin kuitenkin hakkuut ovat kohdistuneet yksipuolisesti tiettyyn puuston osaan, saattaa olla tarpeen suorittaa korjauksia pystypuuston pituus- ja kapenemislukuihin. Myöskin yhteiset, esim. metsätyyppi- ja käsittelytyyppiryhmien puitteissa muodostetut lukusarjat, joita voidaan saada joko toimitettavasta arvioinnista tai erilaisista puuston rakennetta koskevista tutkimuksista, ovat usein välttämättömiä ko. suhteessa. Vielä on huomattava, että mikäli hakkuista on kulunut tuntuvasti aikaa, ovat pystyssä olevien puiden pituus- ja muotosuhteet saattaneet muuttua; esimerkkinä mainittakoon vain kunkin läpimittaluokan puiden pituuden tuntuva lisääntyminen nuorehkoissa, tiheissä metsiköissä.

Suoritetut koearvioinnit ovat vahvistaneet sitä käsitystä, että hakkuumäärän arvioiminen kannoista johtaa tyydyttäviin tuloksiin. Vaikka arviointeja suoritettaessa tiedettiin, milloin metsikössä tai metsälössä oli hakkuita toimitettu, oli kuitenkin ensimmäisenä tehtävänä erotella toisistaan eri hakkuissa syntyneet kannot. Tähän ynnä muihin kannoista suoritettavan arvioinnin vaiheisiin liittyvien virhemahdollisuuksien johdosta on metsiköittäin laskettu hakkuumäärä enintään 7 v:n takaisten hakkuiden osalta poikennut keskimäärin 10.6 % todellisena pidetystä ja jäänyt keskimäärin vain 1.6 % viimeksi mainittua pienemmäksi. Kun kannoista saatu runkoluku sitä vastoin on jäänyt keskimäärin 4.3 % alle todellisen, viittaa tämä siihen, että etupäässä pienimpien puiden kantoja on jäänyt luvusta pois. Keskiläpimitta on sen johdosta tullut kantojen perusteella keskimäärin 1 %:n todellista suuremmaksi, ja poikkeukset ovat verraten vähäisiä. Kannoista saadaan siis yleensä sangen tyydyttävä kuva poistettujen puiden läpimittasuhteista. Yli 10 v:n takaisten hakkuiden osalta ovat kannoista lasketut hakkuumäärät jääneet maan eteläpuoliskossa yleensä todellista pienemmiksi pääasiallisesti kantojen puuttumisen takia. Poikkeustapauksissa on kuitenkin saatu todellista suurempiakin tuloksia, kun eri hakkuiden kantoja ei ole voitu erottaa tyydyttävästi toisistaan.

Koearviointien perusteella näyttää mahdolliselta muodostaa käsitys myös siitä, kuinka pitkältä ajalta hakkuumäärä voidaan kannoista selvittää.

Etelä-Suomessa tuntuisi yleensä 10 v. maksimiajalta. Erityisesti jos hakkuussa on poistettu lehtipuita tai myös nuorehkoja havupuita varsinkin hyviltä metsämailta voi mainittu aika kuitenkin jäädä lyhemmäksi. Mikäli taas on poistettu esim. vain tukkipuita, voidaan onnistua pitemmänkin ajan hakkuumäärien selvittämisessä. Pohjois-Suomessa näyttäisi yleisesti olevan mahdollisuuksia hakkuumäärän luotettavaan selvittämiseen n. 1½ kertaa pitemmältä ajalta kuin Etelä-Suomessa. Jos tyydytään ylimalkaisiin tietoihin ja esim. pyritään vain saamaan jonkinlainen käsitys aiemmin suoritettujen toimenpiteiden luonteesta, voivat huomattavastikin varhaisempien, esim. Pohjois-Suomessa eräissä tapauksissa jopa 50 v:n takaisten hakkuiden kannot olla avuksi.

Tutkimuksen loppuosassa on tarkasteltu hakkuumäärän arvioimista metsäalueella kohdistaen huomiota erityisesti hakkuumäärän ja pystypuuston arvioimissadannesten keskinäiseen suhteeseen. Käyttämällä hyväksi eräitä linja-arvioinnin tarkkuutta käsitteleviä tutkimuksia voidaan saada käsitys esim. siitä, mikä mainitun suhteen tulisi olla eri tapauksissa, jos pyritään jokseenkin samaan suhteelliseen tarkkuuteen sekä hakkuumäärän että pystypuuston osalta. Nimenomaan maan eteläpuoliskossa tapahtuvaa suurten alueiden arvioimista silmällä pitäen näyttäisi vuotuista hakkuumäärää selvitettäessä pystypuuston arvioinnissa sovellettuun verrattuna 3—4-kertainen arvioimissadannes tarkoituksen mukaiselta. Jos kysymyksessä on 5-vuotiskauden hakkuumäärä, tulisi arvioimissadanneksen olla vähintään 2-kertainen, kun taas 10-vuotiskauden hakkuumäärälle voitaisiin samoin edellytyksin ajatella n. 1.5-kertaista arvioimissadannesta. Maan pohjoispuoliskossa tulisi arvioimissadanneksen yleensä olla hakkuumäärälle suhteellisesti suurempi.

Kahdessa metsälössä selvitettiin hakkuumäärä kannoista ympyräarvioinnilla, jolloin yhteensä 5 eränä käsitelty n. 2 250 m^3:n poistuma saatiin n. 5 % todellista pienemmäksi. Tätä tulosta on pidettävä sangen tyydyttävänä. Myöskin poikkeukset kunkin erän kohdalla jäivät suhteellisen vähäisiksi. Kuitenkin tämä tulos samoin kuin edellä metsiköittäin selostetut tulokset viittaavat siihen, että kannoista laskettu hakkuumäärä tavallisesti jää vähän todellista pienemmäksi.

Kaiken kaikkiaan lienee nyt saatuja tuloksia pidettävä rohkaisevina kantoihin perustuvaa hakkuumäärän arviointia ajatellen. Kuitenkin on jouduttu kohdistamaan huomiota useihin tekijöihin, jotka rajoittavat kyseisen menetelmän soveltamista. On mahdollista, että näitä rajoituksia voidaan jatkotutkimuksilla osaksi poistaa. Varsinkin näyttäisi olevan tarpeen kehittää edelleen niitä keinoja, joilla hakkuun suoritusaika voidaan määrittää entistä täsmällisemmin.

Kaikessa metsänarvioimisessa on luotettavien tulosten edellytyksenä perehtyneisyys kulloinkin sovellettaviin menetelmiin. Tämä koskee aivan erityisesti myös hakkuumäärän arvioimista kannoista, missä vaaditaan mm. hakkuun ajankohdan arvioimista koskevan kokemuksen lisäksi yleistä metsien rakenteen ja kehityksen tuntemista ynnä muita siihen liittyviä tietoja. Arvioinnin tulokset muodostuvat ilmeisesti sitä paremmiksi, mitä täydellisemmät arvioinnin suorittajan tiedot kyseisiltä aloilta ovat.

Kirjallisuusluettelo

Arnborg, Tore. 1942. Lågaföryngringen i en sydlappländsk granurskog. — Svenska Skogsvårdsför. Tidskr.

—»— 1943. Granberget. En växtbiologisk undersökning av ett sydlappländskt granskogsområde med särskild hänsyn till skogstyper och föryngring. *Zusammenfassung:* Granberget. Eine pflanzenbiologische Untersuchung eines südlappländischen Fichtenwaldgebiets unter besonderer Berücksichtigung von Waldtypen und Verjüngung. — Norrländskt handbibliotek XIV. Uppsala och Stockholm.

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 Hiebreste. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 20.

Betänkande med förslag angående utformningen av den skogliga statistiken, avgivet av Skogsstatistikutredningen. 1952. Stockholm. Moniste.

Chapman, Herman H. and Meyer, Walter H. 1949. Forest Mensuration. First edition. New York—Toronto—London.

Chapman, R. A. 1942. Katso F. X. Schumacher ja R. A. Chapman 1942.

Erkkilä, E. E. 1948. Katso N. A. Osara — V. Pöntynen — E. E. Erkkilä 1948.

Forest survey field instructions for ground sample plots in North Carolina. Survey units 2, 3, and 4. Prepared by Division of Forest Economics. Southeastern Forest Experiment Station. Asheville, N. C. January 1954.

Hagberg, Nils. 1938. Taxatoriska analyser av de mellansvenska blandskogarna. — Svenska Skogsvårdsför. Tidskr.

Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. *Referat:* Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. — Acta forest. fenn. 4.

Heikurainen, Leo. 1953. Die kiefernbewachsenen eutrophen Moore Nordfinnlands. Eine Moortypenstudie aus dem Gebiet des Kivalo-Höhenzuges. *Selostus:* Pohjois-Suomen mäntyäkasvavat eutrofiset suot. Kivalovaarojen alueella suoritettu suotyyppitutkimus. — Ann. Bot. Soc. »Vanamo», Tom. 26. N:o 2.

Ilvessalo, Yrjö. 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. *Referat:* Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland. — Acta forest. fenn. 15.

—»— 1923. Tutkimuksia yksityismetsien tilasta Hämeen läänin keskiosissa. Sahalahden ja Kuhmalahden pitäjien metsät. *Referat:* Untersuchungen über den Zustand der Privatwälder in den mittleren Teilen des Läns Tavastehus. — Ibid. 26.

Ilvessalo, Yrjö. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *Referat:* Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. *Summary:* The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second National Forest Survey. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 30.

—»— 1943. Metsänhoitolautakuntain toimintapiirien metsät. II:n valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia. Helsinki.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. *Summary:* Volume tables for standing trees. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 34.

—»— 1948 a. Pystypuiden kuutioimis- ja kasvunlaskentataulukot. Helsinki.

—»— 1948 b. Nyky-Suomen metsät. The forests of present-day Finland. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 35.

Instruktion för arbetet å marken under Riksskogstaxeringen. Moniste.

Jalava, Matti. 1952. Puun rakenne ja ominaisuudet. Helsinki.

Langsaeter, A. 1932. Nøiaktigheten ved linjetaxering av skog. I. Bestemmelse av treantall og dimensjonsfordeling. *Resymé:* Accuracy in strip survey of forest. — Medd. fr. d. norske Skogsforsøksvaes. Bind IV.

Lappi-Seppälä, M. 1924. Linja-arvioimisesta ja sen tarkkuudesta. *Referat:* Über die Linientaxierung und deren Genauigkeit. — Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed. 7.

Lindeberg, J. W. 1924. Über die Berechung des Mittelfehlers des Resultates einer Linientaxierung. — Acta forest. fenn. 25.

Lönnroth, Erik. 1919. Ohjeita metsätalouden järjestelyssä. Moniste.

—»— 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. — Acta forest. fenn. 30.

Matérn, Bertil. 1947. Metoder att uppskatta noggrannheten vid linje- och provytetaxering. *Summary:* Methods of estimating the accuracy of line and sample plot surveys. — Medd. fr. Stat. Skogsforskningsinst. 36.

Metsätilasto (Suomen virallinen tilasto XVII). 39. Kertomus Metsähallinnon toiminnasta vv. 1944—48. 1950. Helsinki.

Meyer, Walter H. 1949. Katso Herman H. Chapman ja Walter H. Meyer 1949.

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.

Nyyssönen, Aarne. 1952. Puiden kasvusta ja sen määrittämisestä harsintamänniköissä. *Summary:* On tree growth and its ascertainment in selectively cut Scots pine stands. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 40.

—»— 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. *Summary:* On the structure and development of Finnish pine stands treated with different cuttings. — Acta forest. fenn. 60.

Näslund, Manfred. 1929. Antalet provträd och höjdkurvans noggrannhet. *Resümee:* Die Anzahl der Probestämme und die Genauigkeit der Höhenkurve. — Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 25.

—»— 1936. Skogsförsöksanstaltens gallringsförsök i tallskog. Primärbearbetning. *Zusammenfassung:* Die Durchforstungsversuche der forstlichen Versuchsanstalt Schwedens in Kiefernwald. Primärbearbeitung. — Ibid. 29.

—»— 1939. Om medelfelets härledning vid linje- och provytetaxering. *Resumé:* On computing the standard error in line and sample plot surveying. — Ibid. 31.

Näslund, Manfred. 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. *Zusammenfassung:* Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. — Ibid. 33.

Ohjeita sodan metsille aiheuttamien vahinkojen arvioimisessa. Sotavahinkojen arvioimisosaston ohjeita arvioimislautakunnille 4. 1942. Helsinki.

Osara, N. A. — Pöntynen, V. — Erkkilä, E. E. 1948. Suomen puun käyttö ja metsätase. *Summary*: Wood utilization and forest balance in Finland. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 36.

Pohjois-Hämeen metsänhoitolautakunnan toiminta v. 1948 sekä 20-vuotiskautena 1929—1948. 1949. Tampere.

Pohjois-Savon metsänhoitolautakunnan toiminta 1929—48. (»20 vuotta työtä Pohjois-Savon metsätalouden hyväksi».) 1949. Kuopio.

Prodan, M. 1951. Messung der Waldbestände. Frankfurt am Main.

Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. *Referat:* Untersuchungen über das Vorkommen der Fichte (Picea excelsa) als Unterwuchs in den finnischen Staatswäldern von Grenz-Karelien. — Acta forest. fenn. 35.

—»— 1948. Katso N. A. Osara — V. Pöntynen — E. E. Erkkilä 1948.

Saari, Eino. 1934. Puun käyttö Suomessa. *Summary:* Wood utilization in Suomi (Finland). — Comm. ex Inst. quaest. forest. Finl. ed. 14.

Sarvas, R. 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *Referat:* Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 33.

—»— 1950. Tutkimuksia Perä-Pohjolan harsimalla hakattujen yksityismetsien luontaisesta uudistumisesta. *Summary:* Investigations into the natural regeneration of selectively cut private forests in Northern Finland. — Ibid. 38.

Schumacher, F. X. and Chapman, R. A. 1942. Sampling methods in forestry and range management. — Duke University, School of Forestry, Bull. 7.

Sernander, R. 1936. Granskär och Fiby urskog. — Acta phytogeographica suecica 8.

Spurr, Stephen H. 1952. Forest Inventory. New York.

Suomen Metsänhoitoyhdistys Tapion asettaman, maamme yksityismetsien tuotantoa ja kulutusta käsittelevän komitean mietintö. 1911. Helsinki.

Tapion taskukirja. Kahdestoista painos. 1949. Helsinki.

Tirén, Lars. 1937. Skogshistoriska studier i trakten av Degerfors i Västerbotten. *Summary:* Forestry historical studies in the Degerfors district of the province of Västerbotten. — Medd. fr. Stat. Skogsförsöksanst. 30.

Vuoristo, Ilmari. 1936. Työaikatutkimuksia kuusipaperipuiden teosta. *Summary:* Investigations regarding the working time it the preparation of spruce pulp-wood. — Comm. Inst. Forest. Fenn. 23.

Ylinen, Arvo. 1952. Über die mechanische Schaftformtheorie der Bäume. — Silva fennica 76.

Yli-Vakkuri, Paavo. 1953. Tutkimuksia puiden välisistä elimellisistä juuriyhteyksistä männiköissä. *Referat:* Untersuchungen über organische Wurzelverbindungen zwischen Bäumen in Kiefernbeständen. — Acta forest. fenn. 60.

Östlind, Josef. 1932. Erforderlig taxeringsprocent vid linjetaxering av skog. *Summary:* The requisite survey percentage when line-surveying a forest. — Svenska Skogsvårdsför. Tidskr.

ESTIMATION OF THE CUT FROM STUMPS

Summary

Introduction

For investigations of the development of forest growing stock and also in practical survey tasks the need to assess the removal (in addition to the quantity, structure and increment of the growing stock) has proved important. The removal in natural forests refers to the amount of wood removed through self-thinning and natural damage and in managed forests to that plus the cut (inclusive of slash), which is much more considerable.

Information of the cut is often required only after the timber felled has been transported from the forest. There may be various ways of obtaining this information but quite often a good method is to use the evidence remaining the forest after logging, viz. stumps.

The idea of assessing the cutting amount on a large scale from stumps was first advanced in Finland over 40 years ago in a committee report (Suomen... 1911). The matter has kept cropping up since then. Stump assessment of the cut was considered very important in investigations by Sarvas (1944; 1950) and the present author (Nyyssönen 1954). In addition, the subject has aroused interest in Sweden and the U.S.A., where studies of the utilization of wood by this method have recently been introduced (cf. e.g. Näslund 1942; Betänkande... 1952; Forest... 1954).

The estimation of cutting amount from the stumps has therefore gained in popularity it seems, and the question is now highly topical. The investigation results available, however, indicate that the possibilities and reliability of this form of assessing the cut is still very incompletely known. This special study is an attempt to throw light on the problem.

The material of the present investigation was collected mainly by studies effected on the permanent sample plots of the Forest Research Institute. Measurements were also made in different parts of the country in forests held by various owners. The treatment of the problem has been divided into three parts: determination of the date of cutting, estimation of the amount cut in the stand, and estimation of the amount cut in the forest area.

Determination of the date of cutting

Among the methods available for determination of the date of cutting that based on the exterior appearance and degree of decaying of the stumps is generally the most important. In the present investigation, consequently, a study was made first of the dependence of decaying on various factors and the accuracy of the results generally obtained by this method. It may be pointed out that Sarvas has already reported on a system of classification of the date of cutting (cf. Table 1, p. 8).

The decaying of the stumps of Scots pine and Norway spruce advances, on an average, at an equal rate whereas birch stumps reach the corresponding degree of decaying in two-thirds of the time required by the conifers. This is visible from Fig. 1 (p. 10), in which the grading on the x-axis indicates the proportion of the stump that crumbles when kicked with the boot heel. In North Finland decaying as a rule is distinctly slower than in South Finland; in central North Finland, for instance, stumps seem to take 1½ times and in Inari, the northernmost part of Finland, a good 2 times as long to reach a given stage of decaying as in South Finland. On good sites the stumps of conifers at least seem to decay more rapidly than on the poor, while with birch, due to the structure of the wood, the opposite trend may be seen. The stumps of old trees generally seem to decay more slowly than those of young trees. Similarly, the stumps of big trees usually seem to decay more slowly than those of small; but if the conditions (age of tree at the time of felling, etc.) are otherwise the same the diameter of the stump is not in itself very decisive (cf. Fig. 2, p. 12).

In individual cases there may be a considerable divergence from the average course of decaying. For instance, it has been found that after the average decaying of the stumps of a known tree species has advanced to 50 per cent the lapse of time from cutting in the southern part of the country may in some cases be even twice that involved in another case. In addition, the variation in the degree of decaying of stumps after each cutting may be very perceptible (cf. Table 3, p. 13). However, it seems that if the cuttings are effected at intervals of a minimum of 5—7 years the stumps from cuttings within the last 10 years can be satisfactorily distinguished. For cuttings earlier than that, however, longer intervals are usually necessary for satisfactory determinations.

The vegetation, usually composed primarily of lichen and moss, seems to develop on the stumps at such a uniform rate that it too is helpful in estimating the cutting date, especially with fairly old cuttings (cf. Fig. 3, p. 14). If, again, the cuttings involved are relatively fresh the slash may be a valuable aid. Furthermore, the climatic variation in tree growth would seem to be a means worth noting and utilizing. This phenomenon, very regular in big materials of investigation, seems to offer at least a good means of checking the determination of the year of cutting. The method is not too easy to apply to individual cuttings, and it seems that, in the absence of exact laboratory studies, the date of the cutting should first be approximately determined by some other method. Figs. 4 and 5 (pp. 19 and 20) show that differences in the radial growth of tree individuals of one and the same stand are so great that it is not easy to identify certain years observable from the stumps with certain years in the standing trees.

Furthermore, reactions in the growth of the standing trees resulting from cuttings, the so-called living stumps and stump sprouts, scars caused by felling and haulage, marks made on the trees, the difference in the number of annual rings in standing trees and stumps, etc., may also help the determination of the cutting date. However, whenever reliable data on cutting dates can be obtained from bookkeeping, human memories etc. this information must be used since the likelihood of successful estimation of the cut is generally considerably improved by these aids.

Estimation of the cut in the stand

In measuring the stumps, the correct height of measurement must be devoted special attention. If an identical height is to be employed for all the stumps the measurement must of necessity be made fairly low down; the calculations of the

present investigation, for instance, are based on the so-called lowest possible cutting point. The purpose is usually best served by measurement over bark. There are several possible directions of measurement. Each of the following methods has its advantages: measurement from the narrowest side, measurement in a random direction, and measurement in two directions at right angles to one another. The present investigation has employed the last two methods.

Since the diameter of the tree is a very important factor in volume measurement the conversion of stump diameter (d_0) to diameter at breast height (dbh) is also an important consideration. The ratio d_0:dbh must be studied from the standing trees; as a rule, it can be applied as such to removed trees too. For instance, in the stands shown in Fig. 6 (p. 26), of which the pine stand was marked for interlucation cutting and the birch stand for thinning from below, no systematic differences on this point are observable between the marked and the unmarked trees. The average correlation the diameters mentioned, judging by extensive material collected from the southern half of the country, seems to be as shown by the equation

$$\text{dbh} = 0.75\ d_0 - 0.5.$$

Table 4 (p. 30) shows the dbh's corresponding to d_0 classes 5—51 cm according to this equation. No differences, at least no distinct differences, seem to obtain between the tree species.

In practical estimation the tendency must be to find out the ratio between diameter at stump height and dbh by measurements effected for the purpose. This for the simple reason that individual cases may differ considerably from the mean values and because different method of measurement may produce significant differences in the results. General figures, e.g. those obtained in the present investigation, are primarily useful as checks and means of comparison. The necessary measurements taken, d_0 can be converted to dbh, either with the aid of graphic fitting, or without it by dividing the stumps into dbh classes in the ratio decided on from measurements of standing trees (cf. Betänkande... 1952).

In many cases the cut is assessed in connection with the survey of the growing stock, in which case the unit volume of standing trees can often be applied as such to the removed trees too. However, where cuttings have been concentrated on a certain part of the growing stock it may be necessary to correct the height and taper figures of the standing trees. This correction, however, is by no means always necessary. For instance, in the stands shown in Fig. 8 (p. 33) the differences between the marked and unmarked trees are not great although in the birch stand, for some dbh classes, the heights of the marked trees seem slightly smaller than those of the standing trees. Common series of figures, compiled e.g. for site and treatment type groups, obtainable either from the survey to be made or from various investigations into the structure of the growing stock, are often indispensable in this respect. In addition, it must be noted that if the lapse of time from the cuttings is considerable the height and form conditions of the surviving trees may have changed; the perceptible increase in the height of the trees of each diameter class in fairly young, dense stands may be pointed out here. An example of the great increase in height is provided by the stand shown in Fig. 10 (p. 36); the figure gives the height curves of the growing stock at different ages.

The experimental estimates made, shown in Table 5 (pp. 39—41), corroborate the idea that the cut can be satisfactorily assessed from the stumps. Although it was known in these estimations when cuttings had been effected in the stand or forest,

the first task was to distinguish the stumps left after the different cuttings. The errors of this and the other stages of estimation based on the stumps resulted in a difference in the volume of an average of 10.6 per cent from the correct amount and remained an average of 1.6 per cent below it, if we take into consideration calculations by stands for cuttings within the last 7 years. As the number of stems according to the stump count, on the other hand, remained an average of 4.3 per cent below the true number, this indicates that specifically stumps of the smallest trees were overlooked. The mean diameter calculated from the stumps was thus an average of 1 per cent higher than the true mean diameter; the difference is quite small. It can be taken then that stumps usually provide a highly satisfactory picture of the diameter of the removed trees. For cuttings made over 10 years ago the cut computed from the stumps generally remained below the true figures in the southern half of the country, mainly because stumps were missing. In exceptional cases, however, results higher than the true figures have been attained, when it was impossible to distinguish satisfactorily the stumps of different cuttings.

From the experimental estimates it seems possible also to obtain an idea of the period of time over which the cut can be studied from the stumps. In South Finland 10 years seems to be the maximum period. If deciduous trees or fairly young conifers have been removed in the cutting, from good sites in particular, the period mentioned may be even shorter. If, again, only saw-timber trees have been removed the cutting amounts may be successfully estimated over longer periods even. In North Finland reliable estimation seems possible over a period approximately 1½ times longer than in South Finland. If approximate information is considered sufficient and the object is e.g. to obtain some idea of the nature of past cuttings, the stumps of even considerably earlier cuttings, e.g. in North Finland in some cases up to 50 years ago, may be helpful.

Estimation of the cut in the forest area

The final part of the investigation deals with the estimation of cut in forest area; special attention is devoted to the ratio between the estimation percentages of the cutting amount and the growing stock. By referring to certain investigations into the accuracy of line survey (cf. Langsaeter 1932; Östlind 1932) an idea can be obtained of what the ratio involved should be in the different cases if approximately the same relatively accuracy for both cutting amount and growing stock is aimed at. Expressly for the survey of extensive areas in the southern half of the country a 3—4-fold estimation percentage compared with that applied in the estimation of the growing stock in studying the annual amount of cutting would seem suited to the purpose. For the cut of a 5-year period the estimation percentage should be at least double, for a 10-period approximately 1.5-fold under identical conditions. In the northern half of the country the estimation percentage should generally be relatively higher for the cutting amount.

In two forest areas with known cutting amounts (the maps are shown in Fig. 11, p. 53), the cut was estimated from the stumps by the circular sample plot method. The removal of approx. 2 250 cu.m., dealt with in a total of 5 lots, was estimated approx. 5 per cent below the true figure. This result must be considered very satisfactory. The difference for each lot also remained relatively small (cf. Table 6, p. 55). However, both this result and the results by stands reported above indicate that the cutting amount computed from stumps is usually slightly below the true cut.

*

The present results must be considered encouraging for estimating cutting amounts from the stumps. However, several factors limiting the application of the method have been noted. It is possible that some of these limitations can be overcome by continued research. It seems particularly necessary to develop further the means by which the date of cutting can be determined with greater accuracy than before.

In all forest survey work familiarity with the methods to be applied is conditional to reliable results. This applies quite especially to the estimation of cut by means of stumps. In addition to experience in estimating the date of cutting, the method requires a general knowledge of the structure and development of forests and other associated information. The results of the estimation obviously improve with the knowledge of the surveyor in the subjects concerned.

INVESTIGATIONS ON FOREST LITTER

BY

P. J. VIRO

METSÄKARIKETUTKIMUKSIA

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino



Professor V. T. AALTONEN

Born 25. 9. 1889, died 24. 3. 1955.
Head of the Department of Soils at the Forest Research Institute from 1923.

This paper is dedicated to the late Professor V. T. Aaltonen, teacher, senior colleague, and friend of the present author.

Contents

Page

Preface 7

I. Composition of needles and leaves 9

Material 9

Methods of chemical analyses 10

Green needles and leaves 10

Pine 10

Spruce 12

Broadleaved trees 14

Juniper 15

Discussion 15

Yellow needles and leaves 16

Pine and spruce 16

Broadleaved trees 17

Amounts of nutrients 18

II. Decomposition of litter 21

Method of study 21

Course of decomposition 23

Second experiment 23

First experiment 34

Speed of decomposition of litter 36

III. Yield of litter 39

Material of study 39

Falling of litter 41

Amount of litter 42

Composition of litter 44

Periodicity of the nutrient content 44

Needle and leaf litter 46

Other kinds of litter 46

Amounts of nutrients in the litter 47

IV. Discussion of certain results 50

Foliar analysis and soil fertility 50

Annual nutrient requirements of a stand 52

Amount of silica in the litter 55

Summary 58

Literature cited 59

Suomenkielinen selostus 61

Preface

A large number of investigations on forest litter are to be found in the literature. However, since local circumstances seem greatly to affect the results, and since certain problems are scrutinized on a new basis here, the publication of this paper may be regarded as justified.

It was originally intended to publish the present findings in three separate papers. The material used in the parts dealing with the composition and with the decomposition of litter was collected during the war. The chemical analyses were begun immediately after the war, but remained uncompleted. They were continued later on and analyses on the decomposition of litter were also started.

The study concerning the yields of litter was started in co-operation with the late Professor V. T. Aaltonen and Dr. E. K. Kalela. Later, Dr. Kalela was obliged to withdraw, and after Professor Aaltonen's death the completion of the study remained to the present author alone. Seeing that the chemical analyses were completed at about the same time as those dealing with the composition and decomposition of litter, all these studies have been included in the same publication.

Now that the study is finished, I wish to express my gratitude to several persons. Professor Aaltonen outlined a part of the study and I had several fruitful discussions with him over the problems involved. Dr. Kalela helped in the selection of sample plots and arranged for the collection of samples at Hyytiälä. Mr. V. Seppänen also helped in the selection and arranged for the collection of samples at Evo. At Vilppula the collection was arranged by Mr. H. Anttila, at Vesijako by Mr. V. Vestala.

Professor R. Sarvas and Dr. P. Mikola have read the manuscript and given much useful advice.

In the laboratory work I have been assisted by Mrs. Laila Savolainen, Miss Liisa Koski and Messrs. Olli Halonen and Heikki Tulkki.

For collection of the material used in parts I and II I received a grant from the Suomalainen Tiedeakatemia (Finnish Academy of Science).

To all who in any way have assisted with the study I wish to express my hearty thanks.

I

Composition of needles and leaves

Material

The material for the parts of this study that deal with the composition of needles and leaves and the decomposition of litter was collected in 1943 near Lake Onega, south of the river Swir.

Needles and leaves of different species of tree were collected from ten sample plots, five of them representing *Oxalis-Myrtillus*-type and five *Myrtillus*-type soil. The stands of these sample plots were heavily cut mixed stands. The age of the trees varied within the following limits:

Pine *(Pinus silvestris)*, spruce *(Picea Abies)*, birch *(Betula verrucosa* and *B. pubescens)*, aspen *(Populus tremula)*, and juniper *(Juniperus communis)* from 30 to 60 years.

Alder (*Alnus incana)*, willow *(Salix caprea)*, and mountain ash *(Sorbus aucuparia)* from 10 to 30 years.

For pine and spruce four different samples of needles were taken from every sample plot. They represented needles 1, 2, 3, and over 3 years old. In older pines there were even 8-year-old needles left. From six sample plots, yellow needles and leaves were also sampled; they were collected partly from the trees and partly from the ground. The samples collected usually amounted to about 500 g.

To study the question of the extent to which the composition of pine needles is affected by the age of the trees, the following samples of needles were collected: from four sample plots from trees which represented two different age groups, and from three sample plots from three age groups. In the former case the trees were 10 to 15 years (young) and 45 to 75 years (old), in the latter case the age of the young and old trees was as in the former, the middle group being 25 to 40 years old. From two of these sample plots yellow needles were also collected from young and old trees.

The green needles and leaves were collected between August 8th and 27th, the yellow ones between September 24th and October 2nd. The samples were air-dried and packed in paper pouches.

Soil samples were also taken from every sample plot but, unfortunately, were lost during transport.

Methods of chemical analysis

The needles and leaves were analyzed for their total content of nutrients. For this purpose the material was dried at 105° C., and ignited first over a flame and then in a muffle furnace at 550° C. Total ash, silica, and sesquioxides were determined gravimetrically, calcium titrimetrically, magnesium and phosphorus colorimetrically, potassium with a flame photometer, and nitrogen by the Kjeldahl method. When studying the decomposition of litter, calcium, magnesium, and potassium were determined with a Beckman-B flame photometer, and sodium was also determined. The usual procedures of the Department of Soils at the Forest Research Institute were followed (Viro, 1950). The samples were ground before analyses.

To study the variation of the amounts of nutrients the weight of 1 000 needles or leaves was also determined.

Green needles and leaves

Pine

The composition of pine needles is presented in Table 1. It is to be seen that the ash, lime, and silica contents of young needles are very low. As the needles become older, the ash content increases very little. The lime and silica contents, on the other hand, increase continuously as the needles grow older, and in the oldest needles are over two-fold that of young needles. The potassium and phosphorus contents decrease continuously as the needles grow older. The nitrogen content is practically unchanged during

Table 1. Composition of pine needles.

Taul. 1. Männyn neulasten koostumus.

Age of needles *Neul. ikä*	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	% of dry matter — % *kuiva-aineesta*							
1st y. — 1—*v.*	2.30	0.062	0.260	0.450	0.293	0.541	0.413	1.64
2nd y. — 2—*v.*	2.32	0.114	0.122	0.695	0.315	0.501	0.317	1.59
3rd y. — 3—*v.*	2.38	0.137	0.133	0.779	0.280	0.485	0.314	1.64
3+ y. — 3+ *v.*	2.62	0.139	0.116	1.040	0.284	0.444	0.287	1.45
yellow *kelt.*	1.86	0.112	0.151	1.010	0.212	0.102	0.072	0.42

the first three years, but in the oldest needles is distinctly lower. The magnesium content does not vary to any extent in the different age groups. The content of potassium is higher than that of lime in the first-year needles, but the older needles contain more lime than potassium.

The first-year needles of pine contain less ash than the respective needles of spruce and juniper or the leaves. The contents of silica, lime, and potassium are likewise lower than in other species of tree. On the other hand, pine needles contain more nitrogen and magnesium than the needles of the other conifers. The phosphorus content is quite high, and the phosphorus content of pine-needle ash is higher than that of any species of tree studied here.

To shed light on the variation in the amounts of nutrients, the amounts of the different elements in 1 000 needles were determined; the figures are given in Table 2. The weight of the needles increased continuously

Table 2. Total amounts of nutrients in 1 000 pine needles.

Taul. 2. Ravinnemäärät 1 000 männyn neulasessa.

Age of needles *Neul. ikä*	Dry weight *Kuiva-paino*	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	g.								
1st y. — 1—*v.*	28.6	0.685	0.017	0.075	0.129	0.083	0.155	0.117	0.470
2nd y. — 2—*v.*	28.9	0.671	0.033	0.035	0.201	0.091	0.143	0.091	0.458
3rd y. — 3—*v.*	29.5	0.701	0.040	0.039	0.230	0.083	0.145	0.094	0.484
3+ y. — 3+ *v.*	34.4	0.900	0.049	0.040	0.357	0.095	0.153	0.099	0.498
yellow *kelt.*	19.4	0.361	0.021	0.029	0.196	0.041	0.019	0.014	0.082

and the weight of the oldest needles was 20 per cent. higher than that of first-year needles. The amount of ash, silica, and lime also increased. The increase was largest for silica and lime, the final values being almost threefold. The amounts of potassium, phosphorus, and nitrogen were smallest in second-year needles, but increased slightly in the older age groups. The amount of sesquioxides was largest in first-year needles; later it fell by 50 per cent. The amount of magnesium varied irregularly in the different age groups. The changes in the amounts of different nutrients are illustrated in Figure 1.

A a l t o n e n (1950) did not find any distinct change in the composition of pine needles in different age groups, but he did not take into consideration the change in the weight of the needles.

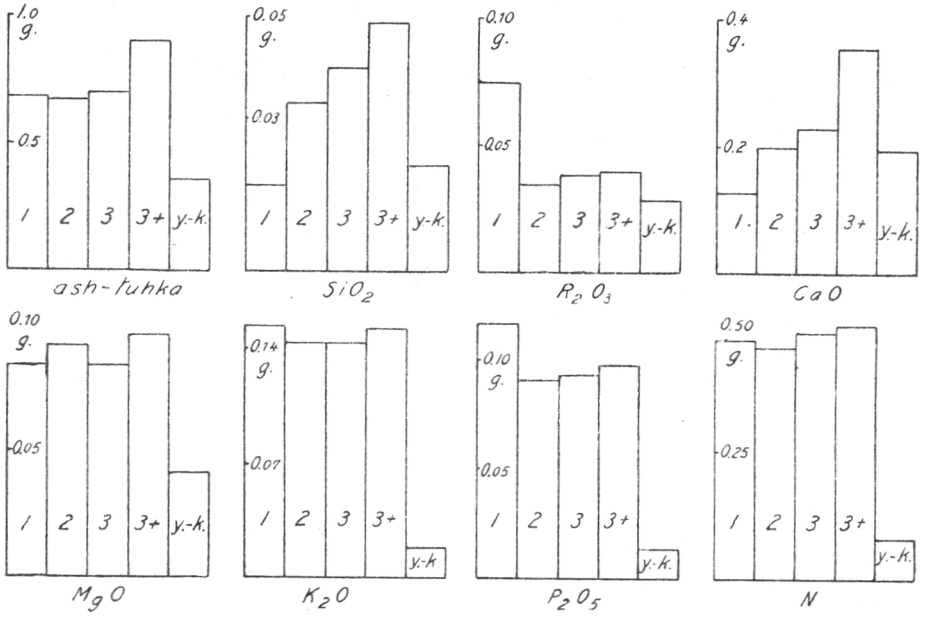


Fig. 1. Amounts of nutrients in 1 000 pine needles of different age groups.
Kuva 1. Ravinnemäärät eri ikäisissä männyn neulasissa. 1 000 neulasta.

The effect of the age of the tree on the composition of the needles was also studied here. Since the results show that the effect is very slight, the results of these analyses are not given. It is true that the silica content increases whilst the lime and magnesium contents decrease slightly with increasing age of the trees, but these changes are insignificant. The contents of other element vary irregularly. The weight of needles usually increases as the trees become older. According to Dworetzkij (1952) the percentage of silica increases and that of potassium and phosphorus decreases in spruce needles with increasing age of tree.

Spruce

The composition of spruce needles of different age is presented in Table 3. It is to be seen in the table that the ash content is rather low in the first-year needles. The contents of the nutrients studied are also low, only the silica content being substantial. The lime and potassium content is higher, that of magnesium, phosphorus, and nitrogen lower than in first-year pine needles. The magnesium and nitrogen contents in young spruce needles are lower than in any other species of tree studied.

Table 3. Composition of spruce needles.

Taul. 3. Kuusen neulasten koostumus.

Age of needles *Neul. ikä*	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	% of dry matter — % *kuiva-aineesta*							
1st y. — 1—*v.*	2.64	0.363	0.151	0.652	0.190	0.679	0.332	1.22
2nd y. — 2—*v.*	3.59	0.852	0.059	1.210	0.318	0.616	0.285	1.20
3rd y. — 3—*v.*	4.19	1.270	0.069	1.440	0.295	0.551	0.283	1.22
3+ y. — 3+ *v.*	4.98	2.000	0.060	1.690	0.269	0.382	0.253	1.07
yellow *kelt.*	5.47	2.380	0.100	1.570	0.529	0.092	0.142	0.66

As the needles grow older the contents of ash, lime, and of silica especially, increase greatly, so that the contents of the former reach the same level as in broadleaved trees and the silica content is six times as high as in first-year needles. The percentage of silica is 36 to 45 per cent., on the average 40 per cent., of the ash. Thus the content of silica in old spruce needles is larger than in any other species of tree studied. The potassium and phosphorus contents decrease with age, and the nitrogen content remains fairly constant. The magnesium content is largest in second-year needles and decreases with increasing age of needles. The changes in the composition of spruce needles are in general larger than in pine needles. Like pine needles spruce needles contain more potassium in the first year, and later more lime.

According to Aaltonen (1950) also, spruce needles increase in the contents of ash, silica, and lime, and decrease in the contents of potassium, phosphorus, and nitrogen as the needles grow older.

The weight of the needles and the amount of the different nutrients in 1 000 spruce needles are presented in Table 4. It is seen that the weight increases with increasing age of the needles. As regards the different nutrients, the amounts of ash, silica, and lime increase very greatly, the amount of silica even to eightfold. The amounts of phosphorus, potassium, and nitrogen decrease after a maximum, which is reached in the second year. The amount of magnesium is smallest in second-year needles, after which it remains roughly constant. In spruce as in pine, the amount of sesquioxides in old needles is about half the amount in first-year needles. Figure 2 illustrates the changes in the amounts of the different nutrients in spruce needles in different age groups. For technical reasons the amounts are presented for 10 000 needles.

Table 4. Total amounts of nutrients in 1 000 spruce needles.
Taul. 4. Ravinnemäärät 1 000 kuusen neulasessa.

Age of needles *Neul. ikä*	Dry weight *Kuiva-paino*	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	g.								
1st y. — 1—*v.*	3.51	0.093	0.0126	0.0053	0.0232	0.0067	0.0239	0.0116	0.0422
2nd y. — 2—*v.*	4.76	0.170	0.0405	0.0028	0.0576	0.0151	0.0293	0.0136	0.0570
3rd y. — 3—*v.*	4.58	0.192	0.0583	0.0031	0.0658	0.0135	0.0252	0.0130	0.0561
3+ y. — 3+ *v.*	5.02	0.250	0.1000	0.0030	0.0846	0.0135	0.0193	0.0128	0.0537
yellow *kelt.*	3.04	0.166	0.0724	0.0030	0.0477	0.0161	0.0027	0.0043	0.0201

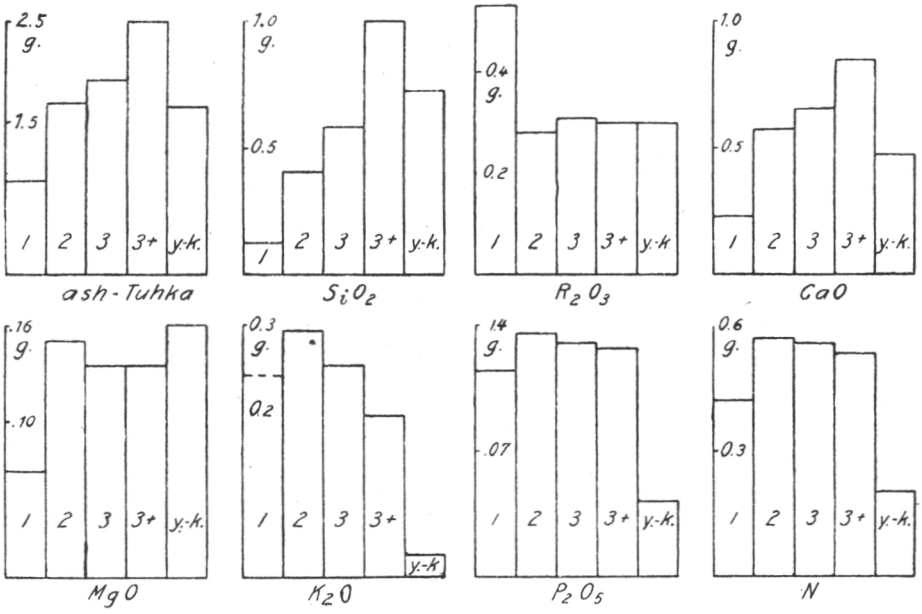


Fig. 2. Amounts of nutrients in 10 000 spruce needles of different age groups.
Kuva 2. Ravinnemäärät eri ikäisissä kuusen neulasissa. 10 000 neulasta.

Broadleaved trees

The composition of leaves is presented in Table 5.

Birch. Most remarkable in birch leaves are the high sesquioxide and phosphorus contents, which are higher than in any other species of tree studied. The contents of magnesium, potassium, and silica are lower than in the other broadleaved trees. Likewise the ash and lime contents are lower than in the other broadleaved trees, alder excepted.

Table 5. Composition of green leaves and juniper needles.

Taul. 5. Vihreiden lehtien ja katajan neulasten koostumus.

Tree species *Puulaji*	1 000 leaves *1 000 lehteä* g.	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
		% of dry matter — % *kuiva-aineesta*							
Betula	65.7	4.45	0.102	0.563	1.20	0.471	0.842	0.491	2.27
Populus	244.4	5.92	0.703	0.270	1.65	1.120	0.932	0.401	2.60
Alnus	140.7	4.03	0.210	0.492	1.14	0.620	0.932	0.462	3.37
Salix	39.0	5.47	0.192	0.463	1.45	0.894	1.390	0.422	2.44
Sorbus	63.3	5.94	0.151	0.540	1.72	1.190	1.300	0.322	2.13
Juniperus ...	n. d.	3.56	0.101	0.193	1.67	0.253	0.582	0.262	1.47

Aspen. The ash content of aspen leaves is high, being second to mountain ash. The silica content is higher than in the other broadleaved trees, pine, and juniper, and also higher than in first-year spruce needles. The potassium content is rather low, and the percentage of potassium in the ash is lower than in any other species of tree studied. The leaves of aspen are very rich in nitrogen, the percentage being second to that of alder.

Alder. Alder leaves are characterised by a high nitrogen content, which is nearly one per cent. higher than that of any other tree species studied. The ash and lime contents are lower than in the other broadleaved trees.

Willow. Both the leaves and the ash of the willow contain more potassium than other species of tree. With regard to other nutrients willow leaves contain as much as the other broadleaved trees on average.

Mountain ash. The leaves of mountain ash contain more ash, lime, and magnesium than do those of the other tree species. The contents of sesquioxides and potassium are also substantial, whereas the phosphorus and nitrogen contents are lower than in the other broadleaved trees. The ash contains more magnesium than is found in the other tree species, and also more lime and less silica than the ash of the other broadleaved trees.

Juniper

The composition of juniper needles is presented in Table 5; it resembles in some respects that of conifers, in others that of broadleaved trees. The percentage of lime in the ash is especially remarkable; it is about double that in the other tree species studied. The magnesium content is very low, of the same order of magnitude as in spruce needles.

Discussion

When comparing the composition of green needles with that of leaves, comparison must be made on the basis of first-year needles, seeing that

the composition of the needles varies with age. There are certain distinct differences to be found between different groups of trees. Thus, conifer needles contain less ash, lime, magnesium, potassium, sesquioxides, and nitrogen, whereas the content of phosphorus and silica varies irregularly among conifers and broadleaved trees. In the content of ash, sesquioxides, and lime, juniper resembles more the broadleaved trees, in the content of potassium, magnesium, and nitrogen the conifers.

Pine and spruce needles contain bases (CaO, MgO, and K_2O) totalling 1.5 per cent. or less of the dry matter, leaves contain from 2.5 to 4.2 per cent. of them, and juniper needles 2.5 per cent. So here, too, juniper is best compared with broadleaved trees.

The ash content of needles and leaves does not vary as much as when the percentages are calculated on dry matter. The ash of leaves seems to contain more lime and potassium, the ash of needles more phosphorus. The percentage of bases in the ash is below 60 per cent. for pine and spruce, from 62 to 71 per cent. for broadleaved trees, and 71 per cent. for juniper.

The differences in the composition of needles and leaves on different site types were usually very small and they varied for different species of trees. The general trend was, however, that the foliage on a better site type contains as much or more of the elements studied as that of an inferior site type. This difference is most distinct for silica, lime, and nitrogen contents. The same trend is also to be found in yellow needles and leaves. Seeing that these differences are always small and statistically insignificant, figures are not given for different site types. Probably soil analyses would have shed additional light on the situation. The tables presented here give the average figures for all sample plots.

There is a vast literature on foliar analyses. However, only some of the newer papers are discussed here. The older literature is discussed in V. T. Aaltonen's handbook »Boden und Wald» (1948).

Yellow needles and leaves

Pine and spruce

In investigating the effect of yellowing of needles on their composition, comparison must be made with the oldest green needles. In pine needles the contents of all the nutrients studied, with the exception of sesquioxides, are lower in yellow than in green needles. The differences are greatest for the potassium, phosphorus, and nitrogen contents, which fall to one quarter of their previous value. The lime content is almost as high in yellow as in green needles. In the ash of yellow pine needles there is about 50 per

cent. of lime, more than in the ash of any other species of tree studied. With the exception of sesquioxides and potassium, yellow pine needles contain less of all the nutrients studied than the other species of tree.

The changes in the amounts of mineral nutrients and nitrogen at the yellowing of needles are best illustrated by the amounts in 1 000 needles. They are presented in Table 2 and Fig. 1. The average weight of yellow needles is considerably lower than that of green needles. Of silica, lime, and magnesium about 50 per cent. is removed to trunk or branches at yellowing, of potassium, phosphorus, and nitrogen 84 to 87 per cent.

The yellow spruce needles contain more ash as percentage of dry matter than the green needles (Table 3). The content is of the same order of magnitude as in broadleaved trees. They also contain more silica, sesquioxides, and magnesium than the green needles, the content of lime being about the same in both, but the contents of potassium, phosphorus, and nitrogen being much higher in green needles, that of potassium fourfold and those of phosphorus and nitrogen about twofold. The ash contains more than 40 per cent. of silica. The potassium content of yellow spruce needles is slightly lower than that of pine.

On yellowing the spruce needles become lighter and the absolute amounts of nutrients are also changed (Table 4 and Fig. 2). With the exception of magnesium, the amounts of all nutrients studied diminish in the needles, that of ash and lime about 40 per cent., potassium 86 per cent., phosphorus 66 per cent., and nitrogen 62 per cent. The amount of sesquioxides remains unchanged by this process.

Broadleaved trees

The composition of yellow leaves is presented in Table 6. As compared with green leaves the composition of yellow leaves varies greatly according to the species of tree. Leaves, too, become lighter at yellowing. The ash content of leaves generally diminishes. Only in aspen leaves does it increase

Table 6. Composition of yellow leaves.
Taul. 6. Keltaisten lehtien koostumus.

Tree species *Puulaji*	1 000 leaves *1 000 lehteä* g.	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
		% of dry matter — % *kuiva-aineesta*							
Betula	50.9	4.32	0.131	0.442	1.58	0.911	0.461	0.311	0.990
Populus	198.4	6.20	1.330	0.110	1.58	1.570	0.481	0.162	0.722
Alnus	109.0	3.70	0.292	0.201	1.48	0.673	0.483	0.202	2.580
Salix	30.8	5.09	0.188	0.329	1.51	0.910	0.647	0.182	0.982
Sorbus	50.0	5.11	0.109	0.277	1.69	0.911	0.654	0.177	0.922

and become higher than in the other species of tree. The silica content of leaves usually increases, but in mountain ash it decreases. Aspen also has much more silica as percentage of dry matter in yellow leaves than the other broadleaved trees. The lime content increases in birch and alder and remains about unchanged in the other broadleaved trees. The lime content of yellow leaves and yellow spruce needles is about the same. The content of magnesium is usually higher, the contents of sesquioxides, potassium, phosphorus, and nitrogen lower in yellow than in green leaves. However, the differences are not as big as in conifers. Thus, the contents of potassium and phosphorus, which in all broadleaved trees change in approximately the same ratios, decrease on the average less than 50 per cent. The decrease in nitrogen content varies greatly with the different species of tree. The leaves of alder fall green and they contain relatively most of their nitrogen, the content being 71 per cent. of that of the living leaves. By contrast, the nitrogen content of yellow aspen leaves is only 27 per cent. of that of the green leaves. The magnesium content of leaves is largest for aspen, smallest for alder. The content of sesquioxides and phosphorus is largest for birch, smallest for aspen, and the content of potassium largest for mountain ash, smallest for birch.

When comparing the composition of yellow leaves and needles, the most striking difference is the smaller potassium and phosphorus content of needles. In green leaves and needles the percentage of both of these, especially that of phosphorus, can be considered to be of the same order of magnitude. The relative changes in nitrogen content of needles and leaves at yellowing are approximately the same for all species of tree, with the exception of alder.

Amounts of nutrients

Table 7 shows the changes in the absolute amounts of nutrients at the yellowing of needles and leaves of different tree species. In this process pine needles lose 44 per cent. of their weight, spruce needles 40 per cent., and leaves on the average 21 per cent. The amounts of the different nutrients change in different ways, and there are also differences between different species of tree. Of certain nutrients the bulk is transferred to the trunk or branches before leaf fall, whereas the amount of certain other nutrients may be larger in fallen leaves, showing that leaves may accumulate nutrients just before falling.

It is to be seen in Table 7 that the amount of organic and inorganic matter transferred to the trunk before the fall of the needles is largest for pine. Further the amounts of the different mineral nutrients and nitrogen

Table 7. Changes in the amounts of nutrients at yellowing of needles and leaves.

Taul. 7. Ravinnemäärien muutokset neulasten ja lehtien kellastuessa.

Tree species *Puulaji*	Dry matter *Kuiva-aine*	Ash *Tuhka*	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	Change as % age of original — *Muutos % alkuperäisestä*								
Pinus	—44	—60	—55	—27	—45	—59	—87	—86	—84
Picea	—40	—34	—28	0	—44	+18	—86	—67	—63
Betula	—22	—24	+ 1	—40	+ 2	+51	—57	—51	—66
Populus	—19	—15	+55	—67	—23	+14	—58	—67	—78
Alnus	—23	—29	+ 7	—68	+ 1	—14	—60	—66	—41
Salix	—21	—26	—20	—43	—18	— 2	—56	—57	—66
Sorbus	—21	—32	—42	—59	—23	—39	—61	—57	—66
Conifers *Havup.*	—42	—47		—14	—45		—87	—77	—74
Broadleaved *Lehtip.*	—21	—25		—55	—12		—58	—60	—53

transferred are largest for pine, only the amounts of sesquioxides removed to the trunk being relatively larger in broadleaved trees than in pine. Thus pine stores a substantial proportion of the nutrients of the needles in the trunk, probably for building the next year's needles. This amounts to 87 per cent. of the potassium, 86 per cent. of the phosphorus, and 84 per cent. of the nitrogen of the old needles. In spruce the relative amounts of organic matter, lime, and potassium removed to the trunk are approximately as large as in pine. On the other hand, the amounts of the other nutrients transferred are smaller, and the amount of magnesium is larger in yellow than in green spruce needles.

In broadleaved trees the amounts removed of organic matter, ash, lime, and potassium are relatively smaller than in conifers. In general, also, the amounts of silica and phosphorus transferred to the trunk are smaller in broadleaved trees. The change in the amounts of magnesium and nitrogen varies greatly for different species of broadleaved tree, and the changes found for spruce are within these limits. The amounts of sesquioxides removed to the trunk are always largest for broadleaved trees.

Table 7 also gives the average values for conifers and for broadleaved trees of those nutrients of which the amount seems to change characteristically in either of these groups. The largest variations between different species of tree are found for the changes in the amounts of silica and magnesium. In aspen the amount of silica is 55 per cent. larger in yellow than in green leaves, in birch the amount of magnesium in yellow leaves is 51 per cent. larger. Moreover, the amount of silica in alder and the amount of magnesium in spruce and aspen are larger in yellow than in green leaves or needles.

Taking into account all nutrients, it can be said that broadleaved trees lose considerably less of their nutrients than do conifers at the yellowing of needles or leaves. However, leaf litter decomposes in general faster on the ground than does needle litter and so the nutrients are released to satisfy the requirements of vegetation. It will be shown later that different broadleaved trees also vary to a great extent in the speed of release of nutrients in the decomposition of litter. It seems to be a general trend that pine and spruce manage much more economically with nutrients than do broadleaved trees, since they transfer more nutrients from the needles to the trunk for the next year's requirements.

The older literature on leaf analyses relevant to this question has been discussed by Fries (1952). It has been established that in most species of tree and shrub the bulk of the nitrogen, at least, is removed from the leaves to the branches at the yellowing of the leaves. The amounts of other nutrients vary for different species of tree but the amounts of phosphorus and potassium usually decrease. Mattson and Koutler-Andersson (1944) found a decrease in the nitrogen content of willow leaves from 3.87 per cent. on August 8th to 2.66 per cent. on October 24th. At the same time the nitrogen content of the branches increased respectively from 1.46 to 2.50 per cent., which shows that nitrogen has been removed from the leaves to the branches.

According to Fries a part of the organically bound phosphorus changes to inorganic at the yellowing of the leaves of all species of tree. The solubility of inorganically bound phosphorus varies depending on whether it is bound to mono-, di-, or polyvalent metals. However, this fraction may be considered the most easily soluble phosphorus of litter.

Older investigations do not usually take into account the loss of organic matter at the yellowing of leaves. This loss is noticed as a decrease of the weight of the leaves. This may be the reason why some investigators have reached a different conclusion regarding the removal of phosphorus and more especially of potassium from leaves or needles to branches at yellowing.

II

Decomposition of litter

Method of study

To study the decomposition of litter, 20 g. of yellow leaves or needles were weighed into a 250 ml. conical flask. The material was obtained by combining litter from the different sample plots described in the preceding part. The litter was ground before weighing so that the litter of the different tree species was in a similar state, for better comparison. To every flask sufficient water was added that the ground litter was thoroughly moist but there was no free water on the bottom of the flask. The mouth of the flask was stoppered with cotton-wool. After known periods the soluble matter was leached in a funnel and the filtrate was analyzed. When the free water had dropped away, the litter was returned to the same flask. The change in the amount of dry matter was not followed during the experiment, because the microbes which induce the decomposition would have been killed had the samples been dried. The total duration of the experiment was a year. After this the dry weight of the residue was determined and it was analyzed for inorganic matter and nitrogen.

The litter was not inoculated with soil microbes. Seeing that part of each of the samples was collected from the ground it was supposed that they already contained the microbes necessary for decomposition. When the experiment was repeated later, it was found that the evolution of carbon dioxide was active from the very beginning of the experiment, which shows that there really were at least some microbes present.

The soluble matter was leached from the litter every time with 200 ml. of water and the analyses were carried out after 15, 45, 75, 120, 210, and 360 days from the beginning of the experiment. 100 ml. of the filtrate were evaporated to dryness in a platinum dish and dried in an oven at 105° C. for the determination of dry matter. After this, the organic matter was burned off in a muffle furnace at 550° C. for the determination of total inorganic matter (called ash). The ash was dissolved in hydrochloric acid, and calcium, magnesium, potassium, and phosphoric acid were determined by the methods described earlier (p. 10). From the rest of the filtrate

total nitrogen, reducing sugars, and acidity were determined. Reducing sugars were determined as glucose by the method of Bertrand, the pH with a glass-electrode Radiometer apparatus.

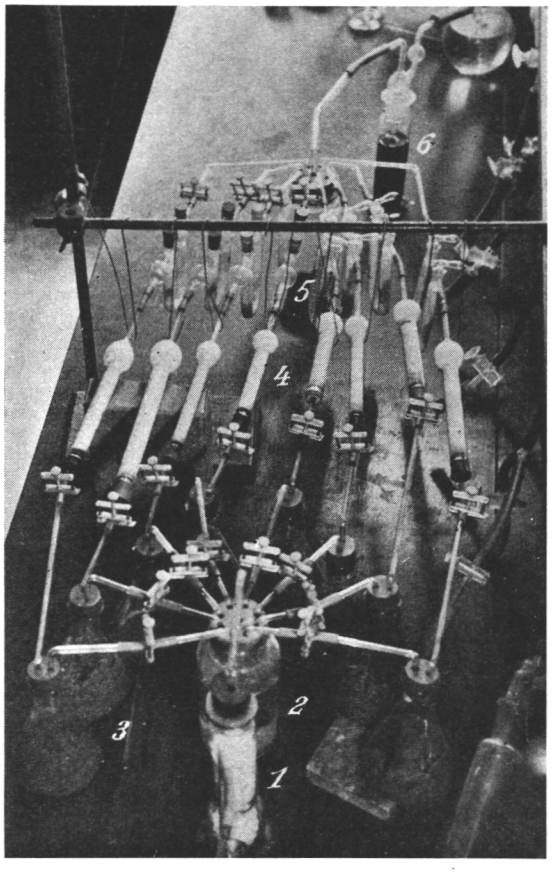


Fig. 3. Apparatus used in the second experiment. 1 KOH, 2 H_2SO_4, 3 decomposition flasks, 4 $CaCl_2$-tubes, 5 ascarite tubes, 6 H_2SO_4.

Kuva 3. Toisessa hajontakokeessa käytetty välineistö. 1 KOH, 2 H_2SO_4, 3 hajaantumisastiat, 4 $CaCl_2$-putket, 5 askariittiputket, 6 H_2SO_4.

When the experiment was repeated, leachings and analyses were carried out after 10, 25, 50, 95, 185, and 365 days. In this experiment larch litter was also investigated, the litter being obtained from Ruotsinkylä experimental area. In the second experiment the same determinations were carried out as in the first one, and moreover the ammonia nitrogen of the filtrate and the carbon dioxide evolved were determined. The original litter and the residue were also analyzed for silica, sesquioxides, and sodium. The experiment was carried out in the apparatus shown in Fig. 3. In this experiment air was sucked through the decomposition flasks. The air was first freed from carbon dioxide and ammonia. The air stream carried the carbon dioxide evolved at decomposition and it was absorbed on ascarite and determined gravimetrically. A part of the carbon dioxide evolved is undoubtedly dissolved in the moisture of the litter but the results showed that this amount was very small. Ammonia nitrogen was determined with Nessler's reagent (Viro, 1953). Seeing that the results of the two experiments are in many respects similar, only the results of the second experiment are discussed in greater detail. In the second experiment the times of leaching were better chosen and a wider range of analyses were carried out.

Course of decomposition

Second experiment

Table 8 gives the composition of the litter of different species of tree before and after the experiment. The course of decomposition is illustrated in Figures 4 a-g using a semi-logarithmic scale. The curves indicate how much of the substance in question has been leached from the beginning of the experiment as a percentage of the total amount of this substance.

Table 8. Initial and final composition of litter in the second experiment.

Taul. 8. Karikkeiden koostumus ennen ja jälkeen toista hajaantumiskoetta.

Tree species *Puulaji*	Org. matter *Org. aine* g.	Ash *Tuhka*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	N
	% of dry matter — % *kuiva-aineesta*								
	Original litter — *Alkuperäiset karikkeet*								
Pinus	18.20	2.06	0.13	0.92	0.234	0.160	0.045	0.067	0.69
Picea	17.40	5.53	2.19	1.59	0.299	0.207	0.041	0.125	0.89
Betula	17.10	4.58	0.17	1.34	0.829	0.535	0.050	0.276	1.32
Populus	16.80	6.66	1.32	2.34	0.966	0.599	0.078	0.148	0.91
Alnus	17.60	3.76	0.37	1.22	0.652	0.523	0.059	0.198	2.77
Larix	17.60	3.32	1.36	0.67	0.333	0.333	0.083	0.184	0.87
Salix	17.00	5.62	0.13	1.81	0.790	1.010	0.079	0.250	1.27
Sorbus	17.10	5.11	0.09	1.83	0.979	0.607	0.049	0.146	0.97
	Residue after decomposition — *Hajaantumisjäännös*								
Pinus	13.16	1.66	0.10	1.05	0.138	0.022	0.035	0.070	0.62
Picea	12.20	6.33	2.64	1.93	0.221	0.031	0.038	0.128	0.87
Betula	11.75	4.12	0.10	1.72	0.748	0.038	0.043	0.122	1.42
Populus	11.46	5.65	1.56	2.52	0.625	0.037	0.047	0.082	0.98
Alnus	12.14	2.83	0.31	1.39	0.445	0.030	0.038	0.124	3.55
Larix	13.11	2.99	1.51	0.65	0.238	0.044	0.034	0.110	0.92
Salix	11.49	4.13	0.10	2.21	0.677	0.060	0.073	0.158	1.39
Sorbus	11.35	3.36	0.09	2.06	0.630	0.030	0.043	0.115	1.12

All of the matter in a plant, with the probable exception of a part of the silica, must be considered as organic. In this paper, however, organic matter refers to the part of the plant material that is lost on ignition, and inorganic matter to the residue after ignition.

Of the organic matter of the litter on the average 30 per cent. was lost during the experiment, least from the litter of larch and pine, most from that of mountain ash, willow, and aspen. The decomposition of the organic matter is presented in Table 9 and Fig. 4a. Of the organic matter lost, on the average 60 per cent. was lost as carbon dioxide; the rest was dissolved at leaching. The evolution of carbon dioxide was from 40 to 60 mg. per day at the beginning of the experiment, from 2.6 to 4.5 mg. at the end.

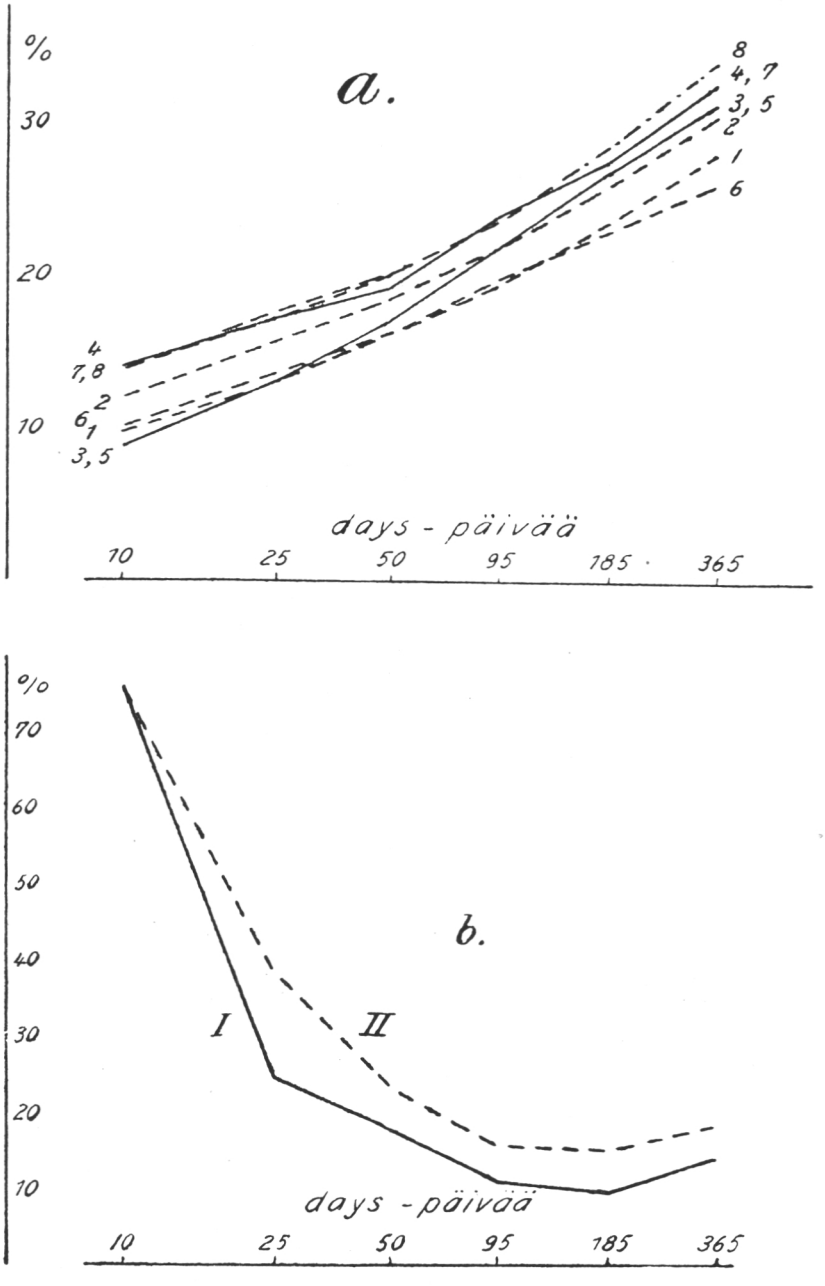


Fig. 4. a. Organic matter. b. Soluble organic matter as percentage of total organic matter lost.

Kuva 4. a. Orgaaninen aine. b. Liuennut orgaaninen aine sadanneksina koko poistuneesta orgaanisesta aineesta.

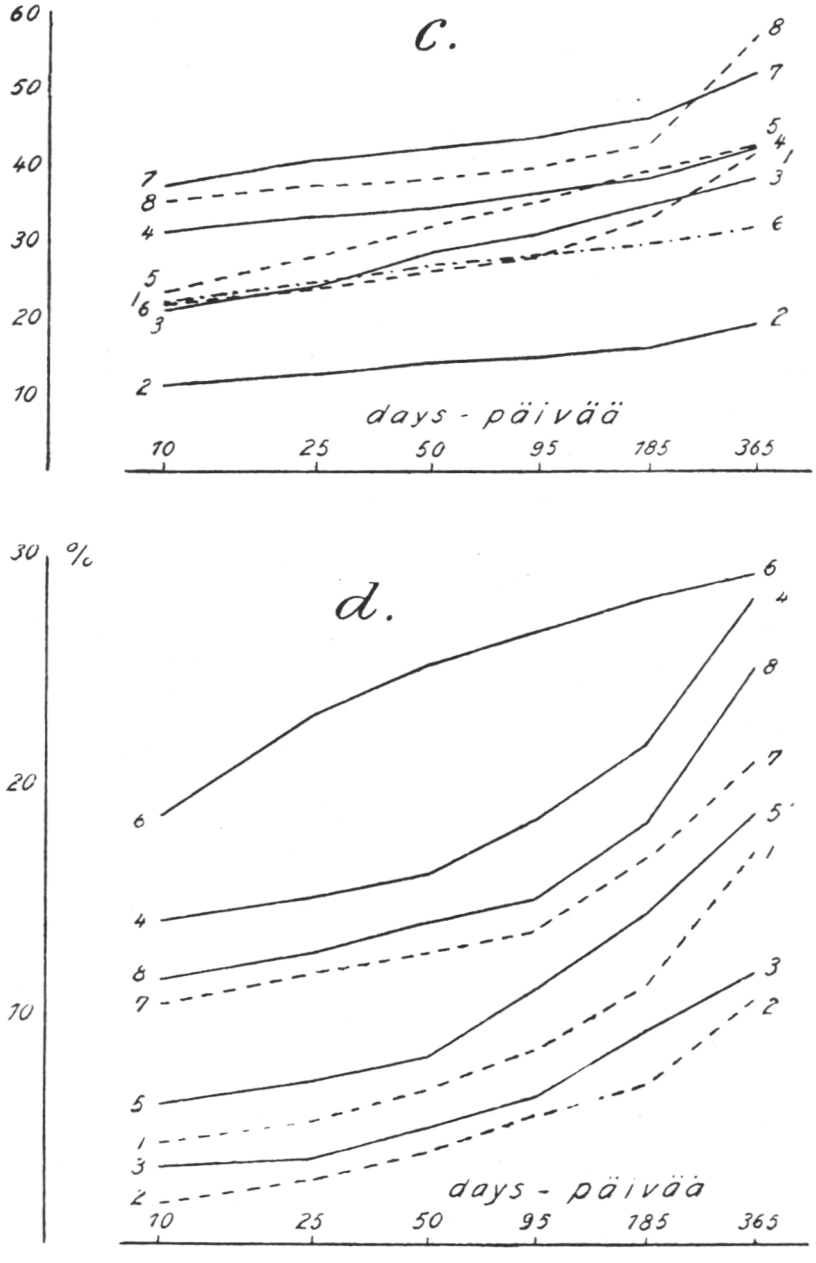


Fig. 4. c. Ash. d. Lime.
Kuva 4. c. Tuhka. d. Kalkki.

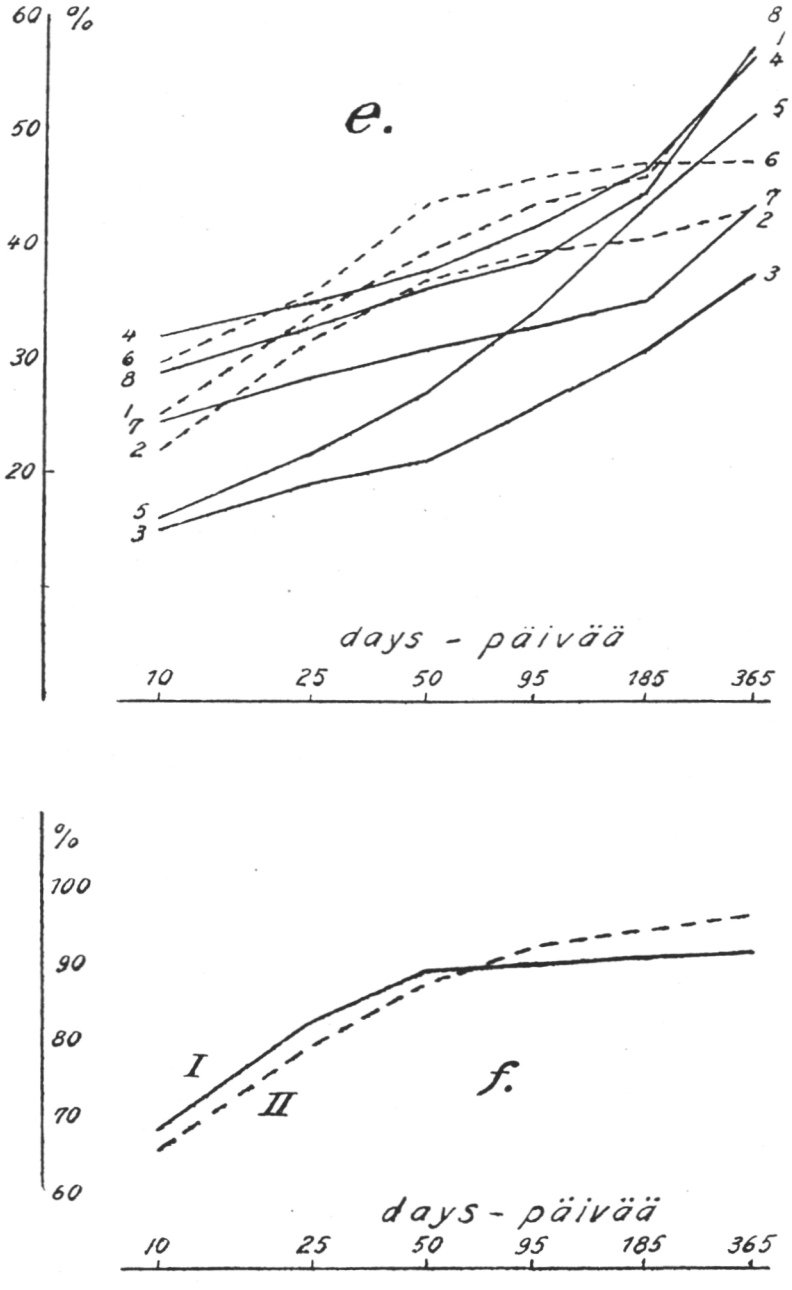


Fig. 4. e. Magnesium. f. Potassium.
Kuva 4. e. Magnesium. f. Kali.

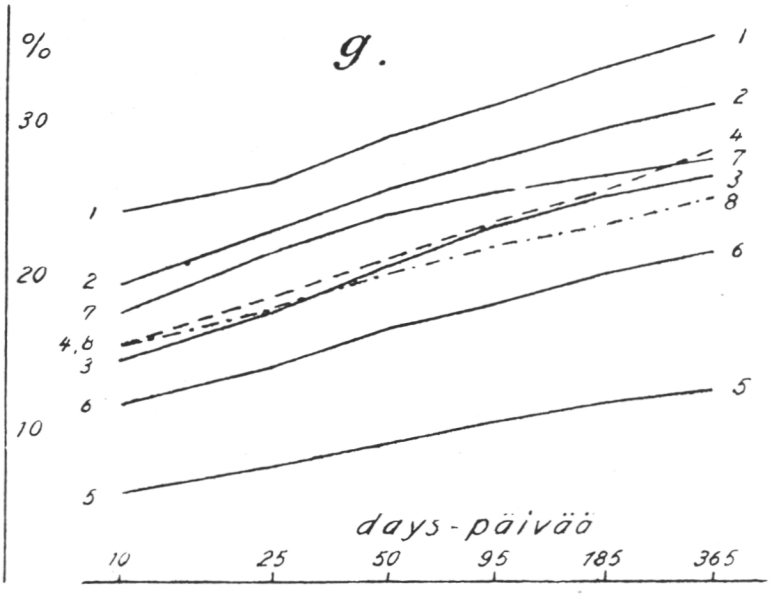


Fig. 4 g. Nitrogen. *Kuva 4 g. Typpi.*

Figs. 4 a—g. Leaching from litter as percentage of total amount.
Kuvat 4 a—g. Uuttuminen karikkeista sadanneksina kokonaismääristä.

1 Pinus, 2 Picea, 3 Betula, 4 Populus, 5 Alnus, 6 Larix, 7 Salix, 8 Sorbus. I conifers — *havupuut,* II Broadleaved trees — *lehtipuut.*

The evolution of carbon dioxide is due to the decomposition of organic matter, and the amount evolved can be used as a measure of the rate of decomposition (W a k s m a n, 1936). In these experiments no big differences in the amount of carbon dioxide evolved were found between the different tree species. The largest amount was evolved from alder leaves, being 20 per cent. of the total amount of organic matter. At the start of decomposition the rate of evolution was fastest for larch litter, but it became continuously slower and the amount evolved during a year was smallest for larch (16.6 per cent.). The amount of leached organic matter varies more for different species of tree. Organic matter was leached most from the litter of mountain ash, least from that of larch and alder. The bulk of the soluble organic matter was leached at the first leaching, after which the amounts leached were very small.

Fig. 4b shows the amount of soluble organic matter as a percentage of the total organic matter lost. It is seen that at the beginning the bulk of the organic matter lost has been leached, but that the percentage of leached matter diminishes very rapidly. At the end of the experiment the percentage again rose slightly. The figure only gives a common curve for either conifers (larch included) or broadleaved trees, seeing that the

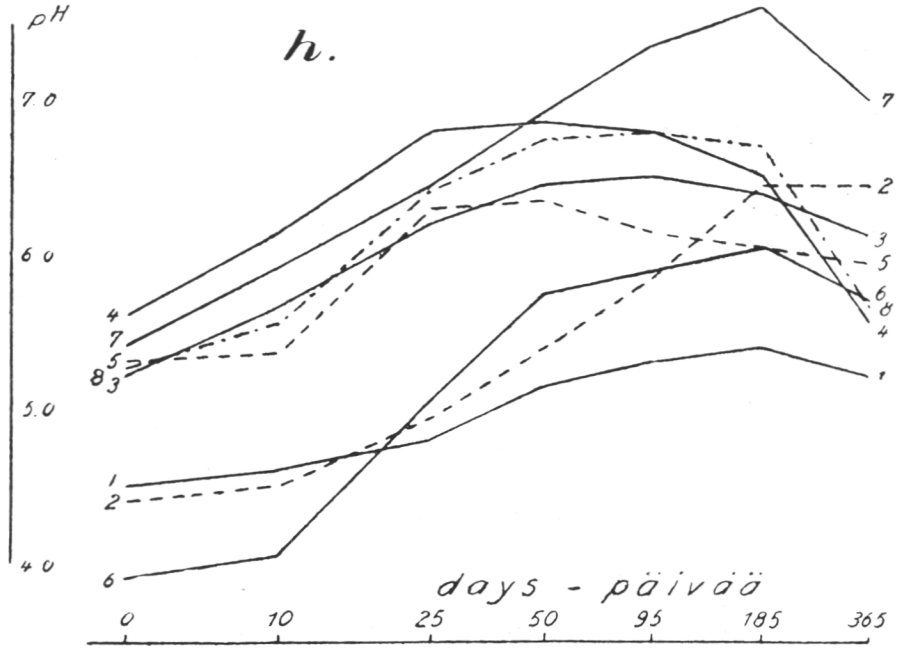


Fig. 4 h. pH of leachings.
Kuva 4 h. Uutteiden pH.

Table 9. Organic matter, NH_3-nitrogen, and pH in the second decomposition experiment.

Taul. 9. Orgaaninen aine, NH_3-typpi ja pH toisessa hajontakokeessa.

Tree species *Puulaji*	Org. matter leached *Liuennut org. ainetta*	CO_2 evolved *CO_2-kehitys*	Glucose % of leached org. matter *Glukosia % liuenn. org. aineesta*	NH_3-N % of leached N *NH_3-N % liuenn. N*	pH	
	as % age of orig. org. matter *% alkup. orgaanisesta aineesta*				Initial *Alussa*	Final *Lopussa*
Pinus	12.0	17.4	15.3	31.6	4.51	5.20
Picea	12.0	17.7	15.5	28.9	4.42	6.45
Betula	11.3	19.1	13.5	22.4	5.20	6.13
Populus	15.6	16.8	9.5	18.6	5.62	5.55
Alnus	9.5	20.1	12.3	23.5	5.30	6.03
Larix	8.9	16.6	10.3	13.7	4.93	5.69
Salix	15.0	17.7	14.5	25.2	5.41	6.99
Sorbus	16.4	19.1	10.3	15.7	5.26	5.64

curves of individual species of tree almost coincided in the two groups. It is seen that the percentage of soluble organic matter is larger for broad-leaved trees than for conifers.

The amounts of organic matter lost in M i k o l a' s (1954) laboratory experiments were with the exception of larch considerably larger, in spite

of the fact that matter was not lost by leaching. The relative order of the different species of tree was, however, mainly the same as in the present investigation. In field experiments the amounts of organic matter lost were alike for pine and birch in his experiments, for spruce much smaller, and for aspen slightly bigger than those obtained in the present study. The losses of organic matter found by Nömmik (1938) in field experiments were for birch and aspen smaller, for spruce and willow alike, and for pine and alder bigger than the present ones.

The amount of reducing sugars as glucose was on the average 13 per cent. of the amount of organic matter leached. It was largest for spruce and pine, smallest for aspen, mountain ash, and larch.

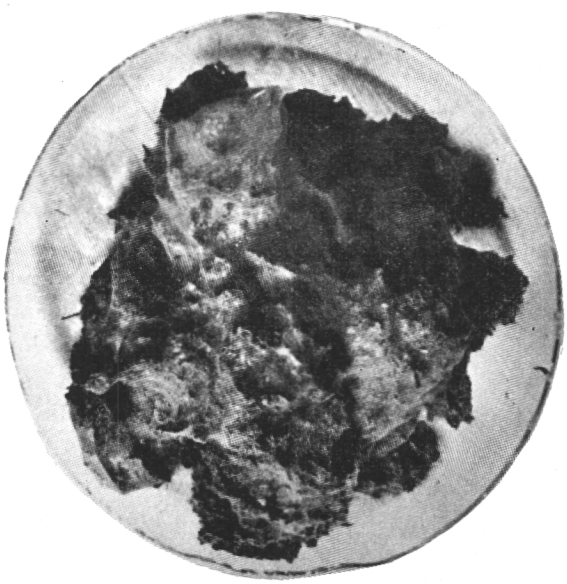
The ash content of the residue at decomposition is in general lower than that of the litter; only for spruce was the ash content of the residue higher. The decrease in the amounts of different substances is given in Table 10. According to these figures the decrease in inorganic matter is for every species of tree, spruce excepted, larger than that of the organic matter. According to Mikola (1954) the decrease of inorganic matter is smaller than that of organic matter. In his field experiments the amount of ash after a year was 94 per cent. of the original in birch, and about 100 per cent. in pine litter. In the present experiments the amount of ash in the litter decreased during a year on the average by 40 per cent., most (57 per cent.) in mountain ash, least (19 per cent.) in spruce litter (Fig. 4c). In Coldwell and DeLong's (1950) experiments the ash content of birch litter decreased during a year by 51.8 per cent. The small decrease in the amount of ash, established by Mikola, may be due to the fact that the litter in his field experiments was covered with moss, and inorganic matter may have been leached from the moss and accumulated in the litter. Also, there is inorganic matter in rainwater, 5.57 mg. per litre (Viro, 1953). The inorganic matter received annually by the area where he spread the litter is about 50 mg., which is one quarter of the inorganic matter present in the pine needles of his experiment.

The lime content of the litter increased in general during decomposition, only the lime content of larch litter being slightly lower after a year than in the original litter. The leaching of lime seems to become progressively faster after the litter has been decomposing for three months. Only the leaching from larch needles becomes progressively slower. The amount of lime decreased during a year on the average by 20 per cent. (Fig. 4d), most for larch (29 per cent.), least for spruce (11 per cent.). According to Mattson and Koutler-Andersson (1945) the bulk of the bivalent cations, especially calcium, are bound to the acidoids of the plant and are liberated only by ion exchange. Table 11 shows that spruce needles contain abundant oxalic acid, and probably the calcium in them is bound

as difficultly soluble oxalate. This may be why the leaching of the lime of spruce needles is so slow. When the litter is mixed with humus or mineral soil, the leaching is probably much faster, owing to ion exchange.



a



b



c

Figs. 5 a—c. Litter at the end of the second experiment. Pine (a) and aspen (b) show distinct indications of microbial activity, alder (c) almost none.

Kuvat 5 a—c. Karikkeita toisen hajontakokeen lopussa. Mänty (a) ja haapa (b) osoittavat selviä merkkejä mikrobien toiminnasta, leppä (c) ei juuri ollenkaan.

Table 10. Decrease of different nutrients in the second decomposition experiment.

Taul. 10. Eri ravinteiden väheneminen karikkeista toisessa hajontakokeessa.

Tree species *Puulaji*	Org. matter *Org. ain.*	Ash *Tuhka*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	N
	Decrease as % age of orig. amount — *Poistunut % alkuperäisestä määrästä*								
Pinus	29	41	43	17	58	93	44	32	35
Picea	30	19	16	11	44	89	35	28	31
Betula	31	38	59	12	38	95	40	65	27
Populus	32	42	21	28	57	96	60	58	28
Alnus	30	43	42	19	52	96	55	52	12
Larix	25	32	19	29	48	90	42	51	21
Salix	33	52	49	21	44	96	71	54	28
Sorbus	36	57	35	25	58	96	42	42	25
Ave. — *Kesk.*	31	40	36	20	50	94	49	48	26

The magnesium content of all kinds of litter decreased during the year, for some species of tree by more than 30 per cent. Like the leaching of lime, that of magnesium also seems to be accelerated after three months

Table 11. Decrease in different nutrients in the first decomposition experiment.

Taul. 11. Eri ravinteiden väheneminen karikkeista ensimmäisessä hajontakokeessa.

Tree species *Puulaji*	Org. matter *Org. ain.*	Ash *Tuhka*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N	Glucose *Glukosia*	Final pH *Lopull. pH*
	Decrease as % age of orig. amount — Poistunut % alkuper. määrästä								mg.	
Pinus	33	47	38	36	66	91	34	15	246	7.49
Picea	27	24	13	20	42	88	26	11	261	7.43
Betula	36	32	63	19	25	89	44	13	191	6.78
Populus	49	35	25	20	43	94	37	9	216	7.86
Alnus	39	41	51	27	32	91	21	7	178	7.06
Salix	32	32	52	13	17	83	40	11	190	6.67
Sorbus	31	40	51	24	39	93	28	10	229	7.15
Ave. — *Kesk.*	35	36	43	23	38	90	33	11		

of decomposition (Fig. 4e). The amount of magnesium leached was on the average 50 per cent. It was smallest for birch (38 per cent.).

The potassium content of the litter decreased very greatly during the year. Only in larch, spruce, and pine litter was the potessium content of the residue over 10 per cent. of that of the original litter. The amount of potassium likewise decreases very rapidly. In ten days it decreased in these experiments on the average by 66 per cent. and during the year by 94 per cent. Only spruce and larch litter had more than 10 per cent. of the original amount of potassium left after a year. Fig. 4f shows the average decrease in the amount of potassium for conifers and broadleaved trees. At the beginning of the experiment the loss of potassium from needles was relatively greater than from leaves. However, the total loss during a year was greater from the leaves.

The amount of sodium decreases much less than that of potassium. After a year it was on the average 51 per cent. of the original. The sodium content of the leachings was not determined.

There was an error in the phosphorus determination at an important phase, and so the course of leaching of phosphorus is not given. The phosphorus content of the litter decreased for broadleaved trees, for birch by over 55 per cent. For pine and spruce the phosphorus content of the residue was slightly higher than of the original litter. The amount of phosphorus decreased on the average by 46 per cent., most (58 per cent.) for aspen, least (28 per cent.) for spruce.

The silica content of the leachings was not determined. The difference in the amounts of silica in the original litter and the residue indicates that when the content of silica is high (spruce, larch, aspen), the content increases during decomposition and when the content is low, it decreases

or remains unchanged. On the average the amount of silica decreased by 34 per cent., most for birch, least for spruce (16), larch (19), and aspen (21 per cent.).

The nitrogen content of the residue was in general higher than that of the original litter. Only the nitrogen content of pine and spruce decreased during the experiment. The increase in the nitrogen content was relatively biggest for alder litter (28 per cent.). The nitrogen amount of the litter decreased during the year on the average by 26 per cent., most for pine and spruce, least for alder (Fig. 4g). This result does not tally with general opinion regarding the decomposition of nitrogenous organic matter. The nitrogen content of pine and spruce litter is low, that of alder very high. Accordingly, it was to be anticipated that the nitrogenous matter of alder litter would decompose faster than that of conifers. After alder, the decrease in nitrogen was slowest for larch. Larch litter is generally held to decompose slowly. For instance, in Wittich's (1944) experiments the nitrogen content of larch litter increased in five years to threefold, which shows that the decomposition of nitrogenous matter is much slower than that of total organic matter.

The amount of ammonia leached, expressed as a percentage of the total nitrogen leached, varied greatly for different species of tree. It was on the average 23 per cent., largest for pine and spruce, smallest for larch and mountain ash. According to Waksman (1936) the amount of nitrogen mineralized is proportional to the amount of carbon dioxide evolved. In these experiments no connection was found between these figures. There is a slight correlation between the nitrogen content of litter and the amount of ammonia evolved. However, the amount of ammonia evolved in decomposing alder litter did not correspond to the content of nitrogen. There is a correlation between the amounts of ammonia and glucose formed but this correlation is not very significant either. Both ammonia nitrogen and glucose are very important as nutrients of micro-organisms.

The acidity of the leachings decreased at the beginning very steeply and later in general increased again (Fig. 4h). The pH of spruce was, however, at its highest at the end of the experiment. At the end the pH was highest for willow, lowest for pine. The change in acidity corresponds in general with that established by Mikola (1954). Only the pH of larch litter differed conspicuously from the values found by him. In the experiments of Lutwick, Coldwell, and DeLong (1952) the pH of birch and aspen litter rose continuously during the first year and began sinking only during the second year.

When examining the speed of leaching in general it is seen that the amount extracted at the first leaching has usually been a half or more of the total amount leached during the year. The only exception is made

by the leaching of lime and magnesium from the litter of certain tree species. Thus the amount of these elements extracted at the first leaching of pine and spruce litter was less than 20 per cent. of the total amount extracted. The percentage of ammonia extracted at the first leaching was usually very high, for certain species of tree nearly 90 per cent., that of glucose even more than 90 per cent. of the amount extracted during the year. Mattson and Koutler-Andersson (1941) also established that leaching is fastest at the beginning of decomposition.

When the leaching of different nutrients found in the present experiment is compared with the figures given by Nömmik (1938), it is seen that here a higher percentage has usually been leached than in his experiments, only some figures for willow and alder having been higher in Nömmik's experiments. The amounts of nutrients leached from aspen litter especially, were very small in his experiments. The figures for spruce coincide best in these investigations. The differences found may be due to differences in the composition of the litter used. A characteristic common to Nömmik's and the present experiments is the rapid decrease in the amount of potassium and the slow decrease of lime and nitrogen. In Wittich's (1943) investigations, the changes found in the contents of the different nutrients of larch litter were in general similar to those found here. During five years the ash and nitrogen content of the litter increased in his experiments to threefold, that of silica to 4.5-fold but the phosphorus content to twofold and lime and magnesium contents only to 1.5-fold. The potassium content decreased only to half the original value. Most remarkable is the great increase of the silica content, and the small increase of the lime and magnesium contents. This indicates that the course of leaching of these substances as found in the present study has not been fortuitous.

First experiment

The main difference in these two experiments was that in the second experiment air was led through the flask where the litter decomposed, thus expelling the gases formed. It was established in the second experiment that at the beginning of decomposition on the average 280 ml. of carbon dioxide was evolved from 20 g. of litter in ten days, at the end 400 ml. in 180 days. Thus the air in the flask was strongly mixed with carbon dioxide unless it was expelled. When the mouth of the flask was stoppered with cotton-wool, as much gases came out as were formed. Carbon dioxide, as a heavy gas, lay at the bottom of the flask and thus the gas coming out was mainly air. Under these circumstances there might sometimes be an actual deficiency of the oxygen which is essential for the functioning of the

microbes which bring about decomposition. It is true that the movement of the air around the flask also induces some admixture of the gases in the flask, but even so the air in the flasks must all the time have contained more carbon dioxide in the first than in the second experiment.

The relative amounts of different substances leached at the first experiment during a year, as well as the final pH of the litter are presented in Table 12. When comparing the results of these experiments it is seen that the average figures for the leaching of organic and inorganic matter are about the same in both experiments. In the second experiment the average amounts of magnesium, potassium, phosphorus, and nitrogen leached were larger, those of lime and silica smaller than in the first. For some species of tree there are, however, differences, sometimes even quite large ones. Only the amount of nitrogen leached was considerably larger for all species of tree in the second experiment than in the first, in certain cases even threefold. The larger amount of lime leached in the first experiment is probably due to the higher content of carbon dioxide in the flask, lime being dissolved as bicarbonate. The higher pH at the end of the first experiment may be due to the same cause. The higher level of pH, again, has induced the greater leaching of silica in the first experiment. According to Novorossova (1951) silica is free in leaves and needles; the solubility of silica increases greatly when the pH rises over 7. According to Fries (1952), a part of the organic phosphorus becomes inorganically bound at the yellowing of the needles or leaves of all tree species. Free magnesium is then probably bound to magnesium phosphate, the solubility of which is greater at lower pH. This is why the amount of leached magnesium and phosphorus is larger in the second than in the first experiment. The amount of reducing sugars in the second experiment was always considerably larger than in the first, probably owing to hydrolysis of cellulose by higher acidity.

Table 12. Amount of organic acids in litter.

Taul. 12. Orgaanisten happojen määrä karikkeissa.

Tree species *Puulaji*	Total organic acids *Orgaanisia happoja yhteensä*	Oxalic acid *Oksaalihappoa*
	m.e./100 g.	
Pinus	206	2.31
Picea	206	19.20
Betula	247	1.22
Populus	259	0.81
Alnus	251	1.30
Larix	224	0.53
Salix	168	0.49
Sorbus	241	0.81

Speed of decomposition of litter

The speed of decomposition of litter is commonly considered to depend on the ratio of acidoids to basoids (Mattson and Koutler-Andersson, 1941). Seeing that the amount of inorganic acids in the litter was quite small, the amounts of total organic acids and oxalic acid were also determined by Pucher, Vickery, and Wakeman's (1934) method. The amounts are given in Table 12. The amount of organic acids varied very little for the different species of tree. It was smallest in willow litter. The amount of oxalic acid varied much more, and spruce litter contained ten times more of it than any other species of tree. Mattson and Koutler-Andersson (1945) also noticed the high content of oxalic acid in spruce needles and established that it increases as the needles grow older.

The leaching of ash seems to depend to a great extent on the ratio of the sum of the amount of magnesium, potassium and sodium to the total amount of acids, the leaching of lime, on the other hand, on the ratio of calcium to oxalic acid. When this ratio is high (larch, aspen, mountain ash) much lime is leached, when it is low (spruce) the leaching is scant, owing to the low solubility of calcium oxalate. The amounts of ash and lime leached from birch leaves do not fall in with these ratios. The ratio of lime to oxalic acid is quite high but nevertheless the amount of lime leached is small.

The decay and leaching of organic matter in these experiments was independent of the ratio of acidoids and basoids, but the total amount of bases seems to affect the speed of decomposition. The acidity of the litter also seems to depend primarily on the amount of bases and to be quite independent of the amount of acids. According to Mattson and Koutler-Andersson (1941) it is difficult to decide which is more important in the decomposition of litter, the amount of bases or acidoids. However, a high content of bases means a large amount of mineral nutrients and so it must favour the activity of micro-organisms. According to Broadfoot and Pierre (1939) decomposition is principally dependent on the excess of bases in litter.

Melin (1930) has established that the decomposition of litter of the same species of tree is dependent on the nitrogen content, but that there is no correlation between the nitrogen content and decomposition of litter of different species. In the present experiments, no connection was found between the nitrogen content and decomposition. On the other hand, the evolution of carbon dioxide seems to be to some extent dependent on the nitrogen content.

The percentage of reducing sugars to the total amount of organic matter leached was largest for pine and spruce, as was also the percentage of ammonia to total nitrogen leached. Sugars and ammonia nitrogen are very important nutrients for micro-organisms. The large amounts of these substances in the leachings could betoken that micro-organisms were not present. However, the evolution of carbon dioxide, which is a result of microbial activity, was more lively from pine and spruce litter than, for instance, from larch and aspen litter, where the amounts of sugars and ammonia in the leachings were small.

The content of an element in litter seems in some cases to affect to some extent the leaching of this element. For instance, the leaching of phosphorus seems to depend on the phosphorus content of the litter. As regards the leaching of lime and magnesium it is seen that, for instance, the litter of aspen and mountain ash is rich in these elements and that they are leached fast. The leaching of lime from larch litter and of magnesium from pine litter is, however, equally fast, though the percentages of these elements in the litter are considerably smaller than in aspen and willow litter. On the other hand, the leaching of nitrogen seems to be fastest from the litter which is poorest in nitrogen.

The results of these experiments agree in general with the general opinion on the decomposition of litter. However, there are also several exceptions. The rapid release of lime from larch litter at the start of decomposition is amazing as well as the slow decomposition of the nitrogenous matter of alder litter, also established by M i k o l a (1954). Nor does the slow release of lime and magnesium from birch litter correspond to the current notion of the decomposition of birch litter. The differences found in the decomposition of organic matter between different species of tree were also remarkably small. Different results obtained by different investigators are probably due to differences in composition of litter. In the present study, the litter of all the tree species, with the exception of larch, was collected from the same sites and thus they represent similar soil. The composition of the litter of every species of tree is thus as similar as possible and the differences in the composition, and in the decomposition as influenced by composition are characteristic of these species. The season when the litter is collected also causes differences in the composition and decomposition of litter (J o h n s t o n, 1953, T a m m, 1955), as does the weather between the falling and collection of litter. In these respects, also, the material of this study is uniform. These experiments showed that the conditions prevailing during decomposition affect the results. Carbon dioxide, especially, seems to be of importance. According to C o l d w e l l and D e L o n g (1950) the moisture content of litter also affects its decomposition. In this study an attempt was made to maintain a moisture content sufficient but not

superfluous. The effect of silica on decomposition is discussed later, and also the decomposition brought about by small animals in the soil (p. 55). Some differences may also be due to the fact that some investigators inoculate litter with soil microbes (for instance Mikola, 1954). In this study the litter has perhaps not contained all the microbes that partake in its decomposition in the field.

As is shown later (p. 43) the amount of litter falling annually per square metre is 150 g. in pine stands, 184 g. in spruce stands, and 110 g. in birch stands. If the rainfall is 600 mm., the amount of water falling annually per 20 g. of the litter used in these experiments, is 80 l. in pine stands, 65 l. in spruce stands, and 109 l. in birch stands. In these experiments the litter was leached every time with 200 ml. of water, the total amount of leachings being 1.2 l. Although not all the rain reaches the ground in a stand, the amount of leaching water in the field is much larger than in these experiments. This is especially true in pine and birch stands, where the amount of rainfall retained by the trees is much smaller than in spruce stands. A larger amount of water has a larger leaching capacity and possibly the amounts leached in the field are greater than those found here. On the other hand, it must be taken into consideration that the litter was ground for these experiments. Thus, for instance, the decomposition of needles was not hampered by the layer of wax on the surface, as it would have been with whole needles.

III

Yield of litter

Material of study

The study of the amounts of litter produced by a stand was begun in the autumn of 1946. For this purpose ten sample stands were chosen, three of them pine stands, four spruce stands, two birch stands, and one mixed pine-spruce stand. Of these, the mixed stand and one spruce stand had to be discarded during the first year and one spruce stand during the second year of study because of disturbing settlement. Accordingly, the yield of the litter was followed during four years for three pine stands, two spruce stands, and two birch stands and during one year for one spruce stand. The size of every sample plot was 40 by 50 sq. metres and on each one ten collecting boxes 0.25 sq.m. each were placed in certain places. The boxes were emptied from May to November on the first of every month. The sample stands were as follows:

1. Evo. In 1951 a 50-year-old pine stand, almost full canopy, on *Vaccinium*-type site. Volume 145 cu.m. per hectare, average growth of the five preceding years 4.4 cu.m. a year. Soil coarse esker gravel.

2. Evo. In 1951 an 88-year-old, rather thin pine stand on *Vaccinium*-type site. Volume 197 cu.m. per hectare, average growth of the five preceding years 4.8 cu.m. a year. Sandy soil.

3. Evo. In 1951 a 68-year-old spruce stand with full canopy on *Oxalis-Myrtillus*-type site. Volume 350 cu.m. per hectare, average growth of the five preceding years 7.6 cu.m. a year. Fine sandy morainic soil.

4. A spruce stand near no. 3. Volume 284 cu.m. per hectare, average annual growth of the five preceding years 8.0 cu.m.

5. Vesijako, permanent sample plot no. 23a of the Forest Research Institute. In 1954 a 94-year-old birch stand. Volume 269 cu.m. of birch, 22 cu.m. of aspen, and 13 cu.m. of pine per hectare. Average growth of the seven preceding years 6.0 cu.m. Paludified fine sandy morainic soil.

6. Permanent sample plot no. 22a of the Forest Research Institute. A birch stand near no. 5, 89 years old in 1954. Volume 188 cu.m. of birch, 32 cu.m. of aspen, and 4 cu.m. of pine per hectare. Average growth of the seven preceding years 2.4 cu.m.

7. Hyytiälä. A 75-year-old spruce stand. Discarded in 1947.

8. Hyytiälä. In 1948 a 75-year-old spruce stand on *Myrtillus*-type site. Volume 344 cu.m. per hectare. Average growth of the five preceding years 8.9 cu.m. Sandy morainic soil. Discarded in 1948.

9. Vilppula. Permanent sample plot no. 23 of the Forest Research Institute. In 1950 a 57-year-old pine stand on *Oxalis-Myrtillus*-type site. Volume 329 cu.m. per hectare. Average growth of the five preceding years 5.1 cu.m. per hectare. Coarse sandy soil.

10. Hyytiälä. An 80-year-old mixed spruce-pine stand. Discarded in 1947.

The amounts of exchangeable nutrients per hectare in the humus and a 30 cm. thick surface soil layer, determined with ammonium acetate, pH 4.65 (Vuorinen, 1953), are given in Table 13. The litter was sent every month to the laboratory where it was first air-dried, sorted, and weighed. In connection with the chemical analyses the dry weight was determined by drying at 105° C. All figures on the yield of litter are given as oven-dry weight. The content of the different nutrients is given as percentage of oven-dry matter. For every sample plot the needles or leaves, branches, and bark of the main species of tree were analyzed separately, the other kinds of litter were often analyzed unsorted. If there were enough cones they, too, were analyzed separately, as also in some cases were bud scales and needles or leaves of admixed species of tree.

Table 13. Amounts of exchangeable nutrients in humus and 30 cm. thick mineral soil layer.

Taul. 13. Vaihtuvien ravinteiden määrä humuksessa ja 30 cm paksuisessa kivennäismaakerroksessa.

Sample plot *Koeala* No.	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5
	kg./ha.			
1	255	116	52.4	97.0
2	378	125	113.0	70.3
3	890	243	153.0	103.0
4	703	191	217.0	74.3
5	1 510	354	114.0	18.0
6	888	305	118.0	14.4
8	478	136	147.0	73.5
9	589	152	104.0	86.1

The litter yields obtained, their nutrient contents, and the amounts of nutrients calculated on the basis of these, are minimum values. It has been shown earlier that the litter loses some nutrients very fast. As the collecting boxes were emptied only once a month, and in winter there were six months between emptyings, the litter had certainly lost considerable amounts of the most easily soluble nutrients, especially potassium.

The figures for the yield of cones falling in summer are probably and those for branches possibly too low. They may have rebounded from the box after falling against the wooden bottom. The figures for cones and branches falling in winter may be correct.

Falling of litter

The litter falls at different times in different years owing to differences in the weather. Of spruce needles on the average 45 per cent. fell from November to April, of pine needles only 7 per cent. Fig. 6 illustrates the average times of needle or leaf fall in stands of different species of tree during the summer. The boxes were not emptied in winter but the figures would indicate that the fall of pine needles is least in the early spring months and

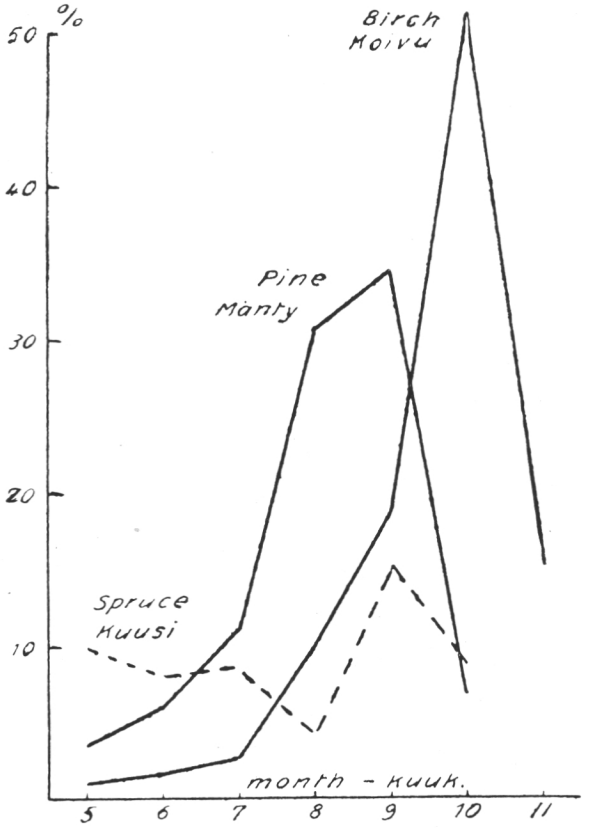


Fig. 6. Average time of litter fall.
Kuva 6. Karikkeiden keskimääräinen putoamisaika.

that the amount then increases to the maximum of late summer or autumn. The fall of spruce needles seems to be distributed quite uniformly over the year. There seems to be a slight maximum in September, a minimum in August. Mork (1942) obtained a maximum for the fall of spruce needles in June and another in September or October.

The maximum fall of birch leaves occurs, of course, in the autumn; in this study it took place, in the average, in October. The fall recorded for the winter months most probably occurred in November, the figure obtained being 15 per cent. In 1947 the bulk of the leaves fell after November 1st; in 1949 all leaves fell before this date.

The fall of needles seems to occur in different years and at different places at somewhat different times. At the Evo pine stands a maximum was found sometimes in August, sometimes in September, at Vilppula always in September. In spruce stands a maximum fall was found in September 1947, in 1950 a minimum was found in this month. The maximum of 1950 occurred in May; the value of 1947 was near the minimum.

Mork (1942) has established that a large percentage of spruce needles fall during dry spells in the autumn. In the present study no connection was found between rainfall or temperature and needle fall. On the other hand, the temperature of September seems greatly to affect the time of falling of birch leaves. When September was warm (1947), the bulk of the leaves only fell in November, but when September was cold (1949), all the leaves were already shed by then.

No regularity was found for the fall of other kinds of litter, except that in all species of tree the majority of the branches fell in winter, probably owing to the weight of the snow.

Amount of litter

From sample stands 1 to 4 and 8, all admixed trees were removed but, in spite of this, the litter collected also contains a little litter from other species of tree. Nos. 5, 6, and 9 are permanent sample plots and no trees could be cut. The admixed tree on sample plot 9 is undergrowth spruce, very small in size, so that it does not affect the volume of the stand. The litter of these spruces is not included in the amounts of litter given.

Of the total volume of the birch stands, birch comprises on the average 87 per cent., aspen 10 per cent., and pine 3 per cent. According to Swedish investigations (Knudsen and Mauritz-Hansson, 1939, Andersson and Enander, 1948), a birch and aspen stand produce about the same amounts of litter and so aspen litter was included in the total yield of litter of the birch stand, and so also in the total amounts

of nutrients in spite of the somewhat different composition of aspen litter. The small amount of pine litter is included in the mixed litter.

The annual yields of litter are presented in Table 14. The average total litter production was 2 170 kg. in pine stands, 2 520 kg. in spruce stands, and 1 650 kg. in birch stands per hectare. The percentage of needle or leaf litter was nearly the same for all species of tree, 69 per cent. for pine, 72 per cent. for spruce and birch. Likewise the percentages of branches were alike, 12 per cent. for pine and birch, 13 per cent. for spruce. The percentage of cones was 2 per cent. for pine, 5 per cent. for spruce.

Table 14. Average annual yield of litter.

Taul. 14. Keskimääräiset vuotuiset karikemäärät.

Tree species *Puulaji*	Sample plot *Koeala*	Needles or leaves *Neulasia tai lehtiä*	Branches *Oksia*	Bark *Kuorta*	Cones *Käpyjä*	Mixed litter *Sekal.*	Total *Yht.*	Other trees *Sekap.*	Total *Yht.*
		kg. per ha. per year — *kg/ha vuodessa*							
Pinus	1	1 707	268	235	13	92	2 315	18	2 333
	2	1 249	211	181	46	90	1 777	36	1 813
	9	1 558	287	310	60	193	2 408	243	2 651
Ave. — *Kesk.*		1 505	255	242	40	125	2 167	99	2 266
Picea	3	1 854	480	—	176	321	2 831	—	2 831
	4	1 871	228	—	95	203	2 397	—	2 397
	8	1 744	177	—	43	204	2 168	—	2 168
Ave. — *Kesk.*		1 839	318	—	117	250	2 524	—	2 524
Betula	5	1 267	199	20	—	245	1 731	73	1 804
	6	936	188	—	—	262	1 386	112	1 498
Ave. — *Kesk.*		1 102	194	10	—	254	1 559	93	1 652

Investigations on litter deal mainly with needle or leaf litter only and the other kinds of litter are neglected. The yields of litter given in the foregoing differ greatly from those obtained by Mork (1942). Owing to altitude his results vary greatly in different sample plots, but at the same altitude the production of litter was largest in spruce stands, smallest in pine stands. The yield of litter obtained here for spruce and birch stands is within the limits of variation found by Mork, whereas the present yield of litter for pine stands is double his value. The yield of leaf litter of birch stands obtained by Knudsen and Mauritz-Hansson (1939) and needle litter of spruce stands obtained by Lindberg and

Norming (1943) are about 70 per cent. larger than the present ones, but both of them represent only one year's observations from one sample plot. According to Pozdnjakov (1953) a pine stand annually produces from 700 to 900 kg. of needle litter and 1 500 kg. of total litter per hectare.

According to Svinhufvud (Aaltonen, 1948) the litter production of pine stands is largest and that of spruce stands smallest in Finland. His figures for the annual yield of litter are 2 600 kg. for pine stands, 1 600 kg for spruce stands, and 1 930 kg. for birch stands per hectare. It is not known whether these figures refer to needle and leaf litter or to total litter.

Mork (1942) also observed a distinct correlation between the amounts of wood and litter produced. In the present study the yield of wood was about the same in all the spruce stands, an average of 8.1 cu.m. per hectare per year, but the yield of litter varied to some extent. In pine stands the annual yield of wood varied from 4.4 to 5.1 cu.m. per hectare. The yield of litter and wood was largest in sample plot no. 9. The yield of wood was smallest in sample plot no. 1, that of litter in no. 2. In the birch stands the yield of both wood and litter was larger in sample plot no. 5 than in no. 6. The yield of wood and litter shows the best correlation with the amount of exchangeable lime in the soil.

The average annual yield of wood in the pine stands was 2 500 kg., in the spruce stands 3 100 kg., and in the birch stands 2 350 kg. per hectare (sp. w. from Helander, 1918). The ratio between the annual amounts of needle or leaf litter produced to the amount of wood produced was thus 0.60 in pine and spruce stands and 0.51 in birch stands. In Mork's (1942) investigation the respective ratio varied greatly for different species of tree and for different altitudes. According to Burger (1952) this ratio is also affected by the age of the stand. For instance, an old pine stand still produces litter but very little wood.

On examining the different species of tree, some connection is to be found between the amounts of litter and wood produced. The average figures for both are largest for spruce, smallest for birch. However, this correspondence seems to be very loose.

Composition of litter

Periodicity of the nutrient content

The needle and leaf litter was analyzed monthly if the sample was sufficiently large. The results of individual analyses are not given, but Table 15 gives the average composition of different kinds of litter.

Table 15. Average composition of litter.

Taul. 15. Karikkeiden keskimääräinen koostumus.

Tree species *Puulaji*	Kind of litter *Karikelaji*	Ash *Tuhka*	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	N
		% of dry matter — % *kuiva-aineesta*								
Pinus	Needles									
	Neulaset	1.52	0.208	0.039	0.680	0.175	0.132	0.032	0.097	0.507
	Branches									
	Oksat	1.08	0.204	0.030	0.486	0.080	0.064	0.022	0.072	0.501
	Bark									
	Kuori	1.02	0.145	0.026	0.702	0.102	0.038	0.026	0.050	0.350
	Cones									
	Kävyt	0.55	0.038	0.008	0.075	0.068	0.186	0.050	0.068	0.338
	Mixed l.									
	Sekal.	3.92	1.220	0.113	0.711	0.202	0.162	0.046	0.192	1.020
Picea	Needles									
	Neulaset	5.22	2.420	0.022	1.720	0.305	0.167	0.015	0.224	0.803
	Branches									
	Oksat	1.99	0.397	0.056	0.795	0.169	0.111	0.021	0.156	0.896
	Bark									
	Kuori	4.02	0.590	0.072	2.410	0.352	0.138	0.054	0.169	0.902
	Cones									
	Kävyt	1.12	0.214	0.031	0.256	0.139	0.208	0.020	0.112	0.624
	Mixed l.									
	Sekal.	3.58	1.390	0.082	1.420	0.178	0.184	0.022	0.232	1.150
Betula	Leaves									
	Lehdet	3.28	0.207	0.043	1.700	0.485	0.260	0.040	0.202	1.280
	Branches									
	Oksat	1.64	0.058	0.019	1.020	0.190	0.132	0.038	0.106	0.726
	Bark									
	Kuori	1.62	0.072	0.014	1.070	0.161	0.059	0.040	0.103	0.883
	Mixed l.									
	Sekal.	2.83	0.588	0.055	1.140	0.309	0.251	0.046	0.243	1.520
Populus	Leaves									
	Lehdet	4.52	1.460	0.034	2.210	0.382	0.088	0.040	0.154	1.180

The amounts of exchangeable nutrients in the soil did not vary very much for the same species of tree and the composition of the litter did not much depend on the amounts of soil nutrients. Spruce and birch soils were in general richer in nutrients than pine soils and their litter also contained more nutrients. Only in birch soils was the phosphorus content low but, in spite of this, birch litter contains considerable amounts of phosphorus.

There seems to be some seasonal variations in the composition of the needle litter of pine. Thus, the lime content of falling needles is highest in the autumn and lowest in early summer. The phosphorus and nitrogen contents are lowest in the autumn, in general in September, highest in June or July. Birch litter fallen in summer contains most phosphorus and nitrogen

because the leaves fall green in summer. The lime content is largest in the autumn. The maximal phosphorus and nitrogen contents were found for pine in every case and for birch in most cases in the same sample.

There was no periodicity to be found in the composition of spruce needles.

Needle and leaf litter

When the composition of needles and leaves analyzed in this part of the study is compared with the figures given in the previous parts, some very big differences are found. In this part, the litter of all species of tree is poorer in ash and richer in silica than in the previous one. The differences are greatest for pine, probably owing to the fact that the previous sample plots were mostly located on more fertile sites. The differences found for spruce needles and birch leaves are not so big but in this part the litter of these species of tree was collected from more fertile sites than was the pine litter. The nitrogen content of both needles and leaves was larger than that obtained for the earlier material.

It has been shown earlier that potassium is leached from the litter very fast. However, only the potassium content of birch leaves was smaller than that found earlier. This indicates that though leaching of nutrients has certainly occurred, it has not been very severe. However, the percentage of nutrients found must be considered as minimum values, especially in the case of the more easily soluble nutrients potassium, phosphorus, and magnesium.

When comparing different species of tree, the relative composition of needles and leaves was similar to that found earlier. As a rule pine needles contained least of all the nutrients studied. Spruce needles contained most ash, silica, and phosphorus, birch leaves most potassium, magnesium, and nitrogen.

Other kinds of litter

Branches. Though even from branches a part of the nutrients is transferred to the trunk before their fall, the nutrient content of branches is still higher than that of the trunk (E b e r m a y e r, 1876). The ash content is highest in spruce branches but their ash contains 25 per cent. of silica. The lime, magnesium, and potassium content is largest in birch branches, and pine branches contain in general less of the elements studied than spruce or birch branches. The figures obtained are in general considerably higher than those given by E b e r m a y e r. Branch litter contains less

of all nutrients than needle or leaf litter. The differences in the composition of branches between different species of tree are not as great as those between needles or leaves.

Bark. The nutrient content of pine bark is in general considerably lower than that given by E b e r m a y e r. For spruce, on the other hand, his figures are much lower, for instance the lime content is only 20 per cent. of that found here. For birch E b e r m a y e r' s and the present figures are of about the same value. The ash content of bark and branches is of the same order of magnitude for both pine and birch. However, there are some very big differences for certain nutrients. Pine bark contains more lime and magnesium, the branches more of the other nutrients. For birch only the content of lime differs to any extent in branches and bark. The bark of spruce contains in general 100 per cent. more nutrients than the branches, only magnesium, phosphorus, and nitrogen constituting an exception. Pine and spruce bark contain more lime than the needles, branches, or cones.

Cones. The nutrient content of cones is very small. In general, litter contains more lime than potassium, but pine cones contain more than twice as much potassium as lime, and spruce cones are about equally rich in both. The ash, phosphorus, and nitrogen content of cones, as obtained by M o r k (1942), are about the same, the lime content lower and potassium content higher than the present ones.

Mixed litter consists of seed, flowers, bud scales, epiphyte lichen, and small pieces of bark. It also includes the litter of admixed trees if this was present in such small amounts that it could not be analyzed separately. The composition of this group of litter differs most from the other kinds of litter for pine. The ash content of the mixed litter of pine is more than double, that of silica over six-fold, and the contents of the other elements also distinctly higher than in the other groups of pine litter. Only the potassium content of the cones is larger than that of the mixed litter. For spruce and birch, ash and nutrient contents are highest in needles or leaves but nitrogen content highest in mixed litter. The flowers of the birch, especially, were found to be very rich in nitrogen (1.92 per cent.).

Amounts of nutrients in the litter

When the amounts of nutrients carried to the ground in the litter of different tree species are compared (Table 16), it is seen that the amount of ash in pine litter is less than one third and that in birch litter less than a half of the amount in spruce. However, the percentage of silica in the ash is much larger for spruce than for the other species of tree and so the

Table 16. Amounts of nutrients in litter.

Taul. 16. Karikkeiden ravinnemäärät.

Species *Puulaji*	Kind of litter *Karikelaji*	Ash *Tuhka*	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	N
		kg. per ha. per year — *kg/ha vuodessa*								
Pinus	Needles *Neulaset*	22.9	3.13	0.59	10.2	2.63	1.99	0.48	1.46	7.63
	Branches *Oksat*	2.8	0.52	0.08	1.2	0.20	0.16	0.05	0.18	1.29
	Bark *Kuori*	2.5	0.35	0.06	1.7	0.25	0.09	0.07	0.13	0.85
	Cones *Kävyt*	0.2	0.02	0.00	0.0	0.03	0.07	0.02	0.03	0.14
	Mixed l. *Sekal.*	3.7	1.53	0.14	0.9	0.25	0.20	0.06	0.24	1.28
	Total *Yht.*	32.1	5.55	0.87	14.0	3.36	2.51	0.68	2.04	11.19
Picea	Needles *Neulaset*	96.2	44.50	0.40	31.6	5.57	3.08	0.28	4.12	14.80
	Branches *Oksat*	6.3	1.25	0.18	2.5	0.53	0.35	0.07	0.49	2.82
	Cones *Kävyt*	1.3	0.25	0.04	0.3	0.16	0.24	0.02	0.13	0.73
	Mixed l. *Sekal.*	9.0	3.44	0.20	3.6	0.45	0.46	0.06	0.58	2.86
	Total *Yht.*	112.8	49.44	0.82	38.0	6.71	4.13	0.43	5.32	21.21
Betula	Leaves *Lehdet*	36.1	2.28	0.48	18.7	5.35	2.86	0.44	2.23	14.10
	Branches *Oksat*	3.2	0.11	0.04	2.0	0.37	0.26	0.07	0.21	1.41
	Mixed l. *Sekal.*	11.6	2.86	0.17	5.1	1.16	0.72	0.16	0.77	5.05
	Total *Yht.*	50.9	5.25	0.69	25.8	6.88	3.84	0.67	3.21	20.56

differences in the amounts of individual nutrients are not so big. In spite of this, spruce litter carries to the ground 150 per cent. more lime and phosphorus than pine litter, and 60 per cent. more than birch litter. In general spruce litter also carries more of the other nutrients, only the amount of magnesium carried by birch litter being larger, and the amounts of nitrogen are the same for spruce and birch litter. The amounts of all the nutrients studied, except sodium, are smallest for pine litter.

The bulk of the nutrients are carried to the ground in needle or leaf litter. The percentage of the other kinds of litter is largest for pine, about 40 per cent.; the respective figure varies for spruce from 14 to 36 per cent.; for birch it is about 20 per cent.

The amounts of nutrients carried to the ground by the litter in pine stands as established by M o r k (1942) are about one third of the present

amounts. His amounts for spruce and birch were larger at 80 m. and 180 m. altitude, smaller at 800 m. altitude than the present ones. The amounts of nutrients in the needle litter of spruce, as established by Lindberg and Norming (1943), are very much larger than the present amounts, the amounts of lime, nitrogen, and silica over double and the amount of potassium almost five-fold. The amount of nutrients in the leaf litter of birch are also, according to Swedish investigations (Knudsen and Mauritz-Hansson, 1939), larger than the present ones and the differences are in general of the same order of magnitude as for spruce. Only the amount of phosphorus is about the same according to the Swedish and the present investigations both for spruce needles and birch leaves.

IV

Discussion of certain results

Foliar analysis and soil fertility

The results of this study also shed light on the question of whether soil fertility can be determined by foliar analysis. It has been established in the foregoing (Table 7, p. 19) that the fallen leaves of birch contain the total amount of lime present in the green leaves and, as is shown in fig. 4d (p. 25), lime is leached very slowly from birch litter during decomposition. Thus, birch must take from the soil a large percentage of the lime required for the building up of the leaves, and is hence dependent on the amount of lime in the soil. In fact, it has been established that of the main tree species in Finland, birch leaves are the best indicators of the fertility of the soil (A a l t o n e n, 1950, 1955). The fallen leaves of birch contain more magnesium than the green ones and magnesium is also liberated slowly during decomposition. The negligible correlation between the magnesium content of the leaves and the soil fertility is probably due to the fact that Finnish soil usually contains enough magnesium to meet the requirements of birch.

Of the potassium of birch leaves, about one half is carried to the ground and potassium is liberated quite rapidly during decomposition. There is, however, a distinct correlation between the potassium content of the leaves and soil fertility, probably owing to the high potassium requirement in spring before the litter has decomposed. Of the phosphorus, about half is carried to the ground and phosphorus is liberated rapidly from the litter. In spite of the high requirement of phosphorus in spring, there is no correlation between the phosphorus content of the leaves and soil fertility. This may be due to the fact that the correlation between the phosphorus content and fertility of the soil is insignificant and thus the phosphorus content may vary very much in the same fertility class (V i r o, 1951). Of the nitrogen, about two-thirds is returned to the soil in the litter. The nitrogenous matter of birch leaves decomposes slowly and so the trees are dependent on the nitrogen of the soil. A distinct correlation has been established between the nitrogen content of the leaves and soil fertility.

Spruce stores in the trunk about half the lime of the needles. During decomposition of the needles lime is liberated very slowly and so spruce must take from the soil a large percentage of the lime required. A a l t o n e n established a correlation between the lime content of spruce needles and soil fertility, but this correlation was less significant than that established for birch. Of potassium and phosphorus the bulk is transferred to the trunk and so spruce is not to any great extent dependent on the amounts of these elements in the soil. Of nitrogen also the bulk is transferred to the trunk and, moreover, the nitrogenous matter of spruce litter decomposes faster than that of birch. Hence it is understandable that the correlation between the nitrogen content in the needles and soil fertility is less significant than for birch.

In the case of pine needles, about half the lime is transferred to the trunk before their fall and lime is liberated faster from pine than from spruce and birch litter. Thus, pine is less dependent on the amounts of lime in the soil than are spruce and birch. The correlation established between the lime content of pine needles and soil fertility is less significant than that for the other species of tree (A a l t o n e n, 1950). Of the potassium, phosphorus, and nitrogen of pine needles, over 80 per cent. is transferred to the trunk and, moreover, these nutrients are liberated during the decomposition of the needles with considerable rapidity. Thus the lack of correlation between the contents of these elements in the needles and soil fertility is quite understandable. The same holds true for magnesium, for which the percentage removed to the trunk is 60, and which is also rapidly released during decomposition.

The dependence of other species of tree on the fertility of the soil has not been studied in Finland. According to the results of this study, it is to be expected that the other broadleaved trees will behave like birch in this respect. However, it must be borne in mind that from some trees, especially from the litter of aspen and willow, lime and magnesium will be leached much faster than from birch litter, so that their content of these nutrients is probably less dependent on the amounts in the soil. Of the nitrogen contained in alder leaves, about half is carried to the ground and the nitrogenous matter decomposes very slowly. In spite of this the nitrogen content of alder leaves is scarcely at all dependent on the amounts of nitrogen in the soil, because alder, with its root nodules, can assimilate free nitrogen.

It appeared from the present author's previous investigations (V i r o, 1950) that on poor sites the lime content of pine needles and birch leaves depend on the amount of lime in the soil. The lime content of pine needles and birch leaves was higher on a limed than on a non-limed site. Liming did not affect the lime content of spruce needles. According to T a m m (1951 a) the lime, potassium, phosphorus, and nitrogen content of birch

leaves was distinctly larger in bogs which were fertilized with tree ash than in non-fertilized areas. In Leyton's (1954) investigation the phosphorus content of pine needles responded irregularly to phosphorus fertilization.

It has been established earlier (Valmari, 1921, Viro, 1951) that the fertility of forest soil is dependent on the amounts of nutrients in the soil, principally on the amounts of lime and nitrogen. Fertilization, however, usually brings about greater differences in the nutrient conditions of the soil than the difference between, for instance, a soil of *Myrtillus*- and *Vaccinium*- type. When the differences in the composition of needles or leaves on the most fertile *(Oxalis-Myrtillus*- type) and least fertile *(Calluna*- type) site are compared (Aaltonen's figures), it is seen that all the main tree species in Finland contain more lime and nitrogen in the foliage on fertile than on barren sites. Thus, although the nutrient content of needles and leaves to some extent indicates soil fertility, it is not possible to classify forest sites accurately by foliar analysis. Apart from this, the composition of needles and leaves varies according to season and the most suitable time for collecting samples is considered to be the late summer (Aaltonen, 1950, Tamm, 1951 c, 1955), which further limits the applicability of this method. It must also be remembered that the nutrients of foliage are dissolved out to some extent in rainwater (Tamm, 1951 b), so that even the weather before sampling affects the results.

Several investigators consider plant analysis as a more trustworthy method of determining the soil fertility than soil analysis. Soil analysis has, however, certain advantages that foliar analysis lacks. One of the most important of these is that the sampling of soil is not bound to season and it is independent of the weather as well. Especially in forest soils a well carried out soil analysis is to be considered more reliable in determining the soil fertility than is foliar analysis. In birch stands, however, the latter may complement the result of the former. Goodall and Gregory (1947) have compared these methods and discussed the literature on plant analysis in greater detail.

Annual nutrient requirements of a stand

The trees require nutrients not only for the needles and leaves, but also to build the trunk, branches, roots, and bark. In Table 17 the total annual nutrient requirements of a pine, a spruce, and a birch stand are calculated on the basis of the figures obtained in the foregoing. In calculations, the nutrients annually required for branches, roots, and bark are not considered, because there are no figures available concerning the annual increase of

Table 17. Nutrient requirements of a stand.

Taul. 17. Metsikön ravinnetarve.

Tree species *Puulaji*		Ash *Tuhka*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
		kg. per ha. per year — *kg/ha vuodessa*						
Pinus	in litter *karikkeissa*	22.9	3.13	10.2	2.63	1.99	1.46	7.63
	leached in a year *liuk. vuodessa*	9.3	1.35	1.7	1.53	1.96	0.47	2.67
	extra required for needles *neulasten lisätarve*	13.6	1.78	8.5	0.90	0.03	0.99	4.96
	required for stem *tarve runkoon*	5.3	0.21	3.3	0.55	0.80	0.33	2.40
	total extra requirement *kokon. lisätarve*	18.9	1.99	11.8	1.45	0.83	1.32	7.36
Picea	in litter *karikkeissa*	96.2	44.5	31.6	5.57	3.08	4.12	14.8
	leached in a year *liuk. vuodessa*	18.3	7.1	3.5	2.45	2.74	1.15	4.6
	extra required for needles *neulasten lisätarve*	77.9	37.1	28.1	3.12	0.34	2.97	10.2
	required for stem *tarve runkoon*	12.9	0.8	5.9	0.92	1.82	0.44	3.2
	total extra requirement *kokon. lisätarve*	90.8	37.9	34.0	4.04	2.16	3.41	13.4
Betula	in litter *karikkeissa*	36.1	2.28	18.7	5.35	2.86	2.23	14.1
	leached in a year *liuk. vuodessa*	13.7	1.35	2.2	2.03	2.72	1.45	3.8
	extra required for leaves *lehtien lisätarve*	22.4	0.93	16.5	3.32	0.14	0.78	10.3
	required for stem *tarve runkoon*	4.1	0.03	1.8	0.50	0.61	0.57	1.6
	total extra requirement *kokon. lisätarve*	26.5	0.96	18.3	3.82	0.75	1.35	11.9

these parts in a stand. Their amount was taken to be fairly constant, which of course holds true for short periods only. The figures on the nutrient content of wood are taken from E b e r m a y e r (1876).

As has been stated earlier, trees store a part of the nutrients of needles or leaves in the trunk for the requirements of the following year. The amounts of nutrients carried away in the litter must be replenished the next year from the soil. A part of these nutrients is obtained from decomposing litter. In Table 17 the extra requirement has been calculated as the difference between the amounts of nutrients in the litter and the nutrients leached from it during a year. The other kinds of litter have been supposed to decompose as fast as needle or leaf litter. The decomposition of the

litter occurring after a year is not taken into account, neither is the decomposition brought about by small animals, a process which for broadleaved trees is probably important. The total nutrients requirement is the sum of the extra required for needles or leaves and that required for wood. It is seen in the table that the amounts required for wood are very small as compared with the respective figures required for needles or leaves.

The amounts of nutrients that must be obtained annually from the soil are largest for spruce, owing principally to the fact that spruce produces larger amounts of needles than pine or birch, and that spruce needles decompose more slowly. The extent of the extra requirements is also influenced by the fact that in the sample plots on which the calculations are based, the annual yield of spruce wood was larger than that of pine and birch and, thus the amounts of nutrients required for the wood were also largest for spruce.

Table 18 gives the amounts of extra nutrients required for needles or leaves as a percentage of the total amount required. It is seen that, with the exception of ash, phosphorus and silica, the percentages are largest for birch, and with the exception of phosphorus smallest for pine. This makes even more understandable the observation that the foliar analysis of birch gives the truest picture of soil fertility, as well as that the composition of pine needles corresponds least to it, because the amount of nutrients required for the leaves as a percentage of the total requirement is largest for birch and smallest for pine.

Table 18. Extra requirement of nutrients for needles or leaves as percentage of total extra requirement.

Taul. 18. Ravinteiden lisätarve neulasiin tai lehtiin sadanneksissa koko lisätarpeesta.

Tree speces *Puulaji*	Ash *Tuhka*	SiO_2	CaO	MgO	K_2O	P_2O_5	N
	%						
Pinus	72	89	72	67	4	75	67
Picea	86	98	83	77	16	86	76
Betula	84	97	90	87	19	58	87

The maximum annual yield of wood is reached in pine and birch stands at the age of 40 years, in spruce stands at 60 years (Ilvessalo, 1920). The annual yield of litter, on the other hand, is approximately constant between 25 and 100 years of age (Ebermayer, 1876). The stands of the present study have, accordingly, already passed their maximum yield of wood. The percentages of extra nutrients required for needles and leaves are smaller at the point of maximum yield of wood than those

given in Table 18, because at this point a relatively larger part of the nutrients are required for the wood. Accordingly, the picture of soil fertility given by foliar analysis may also vary with the age of the stand, and it is most uncertain at the point of maximum yield of wood. This would indicate that the picture of soil fertility given by foliar analysis is truest in stands where the increment of wood has almost stopped but that still yield litter.

Amount of silica in the litter

Apart from the constituents of the litter that are important as nutrients, certain others must be considered that have no function as nutrients and that are even, perhaps, harmful. One of these is silica.

It has been shown earlier in this study that the relative amount of silica in the litter increases at decomposition when the litter contains much silica. Of the Finnish species of tree discussed in this study, the needles of spruce and larch and leaves of aspen contain silica in large amounts.

The ash of the total litter of spruce contains about 44 per cent. of silica and the annual amount reaching the ground is 49.4 kg. per hectare. In the two decomposition experiments described earlier, 16 and 13 per cent. respectively of silica was leached out of the spruce litter during a year. It was also established that the leaching slows down as decomposition proceeds. In Mikola's (1954) experiments in the second year of decomposition the litter lost an average of half the amount of organic matter lost in the first year. Supposing that the silica lost in the second year is also half that lost in the first year, and that the leaching continuously slows down at the same rate, the total loss of silica of spruce litter in infinite time is 30 per cent., whereas the loss of organic matter is 57 per cent. Thus the annual undecomposed matter contains 34.6 kg. of silica per hectare. During long periods of time enormous amounts of silica are in this way accumulated in the humus layer and this cannot be without effect on the fertility of the site.

According to Swedish investigations the amount of silica in the litter is much larger than that established in this study. Thus Lindberg and Norming (1943) fixed the annual amount of silica in the needle litter of spruce alone at 101.5 kg. per hectare. In Novorossova's (1951) investigation the respective amount varied from 53 to 64 kg. and it will mainly stay in the upper layers of the soil. According to her analyses, the needle litter of spruce also affects the composition of the mineral soil. The silica content of the layer from 15 to 30 cm. was 5 per cent. higher than that of the layer from 45 cm. downwards.

According to Ömmik (1938) leaf litter accelerates the decomposition of needle litter. Thus, in natural spruce stands, which usually have an

admixture of birch and aspen, the decomposition may be somewhat faster than in pure spruce stands. However, this can hardly affect the decomposition very much, seeing that the percentage of broadleaved trees in Finnish mixed stands is usually smaller than that of conifers and, moreover, spruce produces more litter than broadleaved trees. It may be of greater significance that after forest fires the area is usually first invaded by broadleaved trees, and spruce invades the area latter. For a period the litter is then totally or mainly leaf litter.

In pine and birch stands little silica is accumulated in the humus. According to the foregoing results the silica content of pine and birch litter decreases as decomposition proceeds.

The litter of aspen and of larch are likewise rich in silica and their silica content also increases during decomposition. Calculated on the basis previously mentioned, 80 per cent. of aspen litter is decomposed and 46 per cent. of its silica is leached. The respective figures for larch are 50 and 38 per cent. Thus the accumulation of humus is very slight in aspen stands but half the silica remains unleached. According to Swedish investigations (Andersson and Enander, 1948) an aspen stand produces 1 800 kg. of leaf litter annually per hectare and this litter contains 28.2 kg .silica. The annual amount of unleached silica is thus 15.2 kg. However, the accumulation of silica in aspen stands is not a matter of first importance, seeing that in Finland, at least, one aspen generation is seldom if ever succeeded by another.

The percentage of undecomposed litter of larch is even larger than that of spruce, and in larch litter, too, considerable amounts of silica are accumulated in the humus. There are no figures on the yield of larch litter, so the amount of accumulated silica cannot be calculated. In any case, larch is known as a species of tree that deteriorates the soil and the incomplete decomposition of humus and accumulation of silica in the humus may be the very reason for this. Beech is also known as a soil-deteriorating species of tree and its litter is also rich in silica.

The above-mentioned calculations are based on experiments carried out in the laboratory, and the decomposition made by small soil animals is not included. According to Karppinen (1955 and a private communication) these animals may decompose about 3 per cent. of forest litter in Finland. Thus, their activity is much smaller than that of microorganisms. In German mould soils in two years small animals carry 83 per cent. of spruce and 38 per cent. of larch litter into the mineral soil, where it is decomposed much faster than on the soil surface (Wittich, 1943). It is a well-known fact that the activity of small animals is much greater in mould than in raw humus soils.

Even though small animals could decompose a considerable part of the litter and so make certain nutrients more readily solube, their activity can hardly affect the leaching of silica. It seems evident that litter rich in silica continuously increases the amount of silica in humus. From the point of view of nutrients, the greatest importance of the activity of small animals may be that they carry organic matter into the mineral soil and so the amount of silica in the humus layer cannot rise as high as without their intervention.

In connection with investigations on burned-over cultivation, observations have also been made on the silica of humus. Eneroth (1928) did not determine silica as such, but the amount of insoluble matter indicates that the silica content must have been high. In the present author's studies (unpublished) it has been established that the amount of available nutrients increases in burned-over cultivation. In spite of this, burning does not affect the solubility of silica. The amount of exchangeable silica in both burned and non-burned humus is very small. So forest fires and burned-over cultivation increase the silica content of humus and if humus burns more completely, a layer very rich in silica remains on the soil. The percentage of matter insoluble in hydrochloric acid in the ash of humus varied in the material mentioned from 10 to 60 per cent. of the dry matter. Although the samples giving the highest figures very probably also contained some mineral soil, carried into the humus by soil animals, by frost lifting, or by careless sampling of humus, these figures nevertheless indicate that large amounts of silica are accumulated in humus. Even the highest figures for the silica content are not, however, necessarily a token of the presence of mineral soil. The largest amount of insoluble matter in the material mentioned was 50 000 kg. per hectare, and according to the earlier given figures this amount could be accumulated in 1 500 years.

For the reasons mentioned above, the conclusion is reached that in spruce stands the silica content of the humus may reach a very high value. This cannot be without effect on the microbiological status of the humus and on the site fertility. The soil-deteriorating effect of spruce is universally known, though different reasons have been advanced to account for it. The species of tree seems thus greatly to affect humus formation, and an admixture of broadleaved trees in spruce stands, also recommended by Mikola (1954), seems highly desirable. Of course, the accumulation of silica in humus is not the only reason for the formation of raw humus. For instance, climate, soil, and microbiological conditions all contribute to the type of humus formed, as does also the organic and inorganic composition of the litter.

Summary

This paper is divided into four parts:

Part I deals with the composition of needles and leaves, both green and yellow. At yellowing needles and leaves become lighter and the amounts of nutrients in them usually diminish, being transferred to the trunk. The amounts of potassium, phosphorus, and nitrogen, especially, diminish greatly.

Part II deals with the decomposition of needles and leaves. The decrease in the organic matter does not vary very much for different species of tree, the decrease in inorganic matter and individual elements varies considerably more. The decomposition of litter seems to be a function of several factors.

Part III deals with the yields of litter of pine, spruce, and birch stands and the amounts of nutrients in the litter. The largest amount of litter and usually also nutrients is produced by spruce stands, the least amounts by pine stands. The litter was sorted, and different kinds of litter were analyzed separately. In general, needles or leaves contained the largest amounts of nutrients, cones the smallest amounts.

Part IV is a discussion of certain results of the study. It seems evident that the picture of the fertility of the soil given by foliar analysis is truest in birch stands, and least satisfactory in pine stands. The conclusion was reached that a well carried out soil analysis gives a more reliable picture of the fertility of the soil than foliar analysis.

Spruce and certain other species of tree are known to have a deteriorating effect on the soil. There are indications that this is at least partly due to the high percentage of silica in spruce litter. In the stands studied spruce litter increased the amount of silica in the humus by 34.6 kg. per hectare annually.

Literature Cited

Aaltonen, V. T., 1948. Boden und Wald unter besonderer Berücksichtigung des nordeuropäischen Waldbaus. Berlin und Hamburg.

—»— 1950. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens. Comm. Inst. Forest. Fenn. 37. 8.

—»— 1955. Die Blattanalyse als Bonitierungsgrundlage des Waldbodens II. Ibid. 45. 2.

Andersson, Sven-Olof and Enander, Jonas, 1948. Om produktionen av lövförna och dennas sammansättning i ett mellansvenskt aspbestånd. Sv. skogsvårdsför. tidskr. 46: 265—270.

Broadfoot, W. M. and Pierre, W. H., 1939. Forest soil studies: I. Relation of rate of decomposition of tree leaves to their acid-base balance and other chemical properties. Soil Sci. 48: 329—348.

Burger, Hans, 1952. Holz, Blattmenge und Zuwachs: XII. Mitteil. Schweizer. Anst. forstl. Versuchswesen XXVIII: 109—156.

Goldwell, B. B. and DeLong, W. A., 1950. Studies on the composition of deciduous forest tree leaves before and after partial decomposition. Sci. Agr. 30: 456—466.

Dworetzkij, M. O., 1952. Der Kreislauf des Stickstoffs und der Aschenelemente im Tannenbestand. Wjestn. Mosk. Univ. 7. (Cit. Zschr. Planzenern. Düngung, Bodenkunde 63, 1953).

Ebermayer, Ernst, 1876. Die gesamte Lehre der Waldstreu. Berlin.

Eneroth, O., 1928. Bidrag till kännedomen om hyggesbränningens inverkan på marken. Skogshögskolans festskrift, pp. 685—758. Stockholm.

Fries, Nils, 1952. Variations in the content of phosphorus, nucleic acid and adenine in the leaves of some deciduous trees during the autumn. Plant and Soil IV: 29—42.

Helander, A. Benj., 1918. Metsänkäyttöoppi. Porvoo.

Ilvessalo, Yrjö, 1920. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-kuusi- ja koivumetsille. Acta forest. fenn. 15.

Johnston, D. R., 1953. A laboratory study of the decomposition of vegetable debris in relation to the formation of raw humus. Plant and Soil IV: 345—369.

Karppinen, Eero, 1955. The role of ticks in forest soil. Metsätaloudellinen aikakauslehti, 203—205.

Knudsen, F. and Mauritz-Hansson, U., 1939. Om produktionen av lövförna och dennas sammansättning i ett mellansvenskt björkbestånd. Sv. skogsvårdsför. tidskr. 37: 339—347.

Leyton, L., 1954. The growth and mineral nutrition of spruce and pine in heathland plantations. Imperial Forestry Institute, Institute paper No. 31.

Lindberg, Stig and Norming, H., 1943. Om produktionen av barrförna och dennas sammansättning i ett granbestånd invid Stockholm. Sv. skogsvårdsför. tidskr. 41: 353—360.

Lutwick, L. E., Coldwell, B. B., and DeLong, W. A., 1952. Leachates from decomposing leaves: I. Some general characteristics. Sci. Agr. 32: 603—613.

Mattson, Sante and Koutler-Andersson, Elisaveta, 1941. The acid-base condition in vegetation, litter and humus: I. Acids, acidoids and bases in relation to decomposition. Ann. Agr. Coll. Sweden 9: 1—26.

—»— 1944. The acid-base condition in vegetation, litter and humus: VIII. Forms of acidity. Ibid. 12: 70—100.

—»— 1945. The acid-base condition in vegetation, litter and humus: IX. Forms of bases. Ibid. 13: 153—178.

Melin, E., 1930. Biological decomposition of some types of litter from North American forests. Ecology 11: 72—101.
Mikola, Peitsa, 1954. Experiments on the rate of decomposition of forest litter. Comm. Inst. Forest. Fenn. 43. 1.
Mork, Elias, 1942. Om strøfallet i våre skoger. Medd. norske skogforsøksv. VII, 3.
Novorossova, L. E., 1951. The biological accumulation of SiO_2 in spruce forest soils. Počvoved. 115—118 (Cit. For. Abstracts 14, 1953).
Nömmik, A. 1938. Über die Zersetzungsgeschwindigkeit des gefallenen Laubes und der Koniferennadeln und über die Schwund einiger in ihnen enthaltenen Elemente. Bodenkunde und Pflanzenernährung 8: 77—100.
Pozdnjakow, L. K., 1953. The accumalation of litter in pine forests. Dokl. Akad. Nauk. SSSR, 93. (Cit. For. Abstracts 15, 1954).
Pucher, George W., Vickery, Hubert Bradford, and Wakeman, Alfred J., 1934. Determination of the acids of plant tissue: II. Total organic acids of tobacco leaf. Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 6.
Tamm, Carl Olof, 1951a. Chemical composition of birch leaves from drained mire, both fertilized with wood ash and unfertilized. Svensk Botanisk Tidskrift 45: 309—319.
—»— 1951b. Removal of plant nutrients from tree crown by rain. Physiol. Plantarum 4: 184—188.
—»— 1951c. Seasonal variation in composition of birch leaves. Ibid. 4: 461—469.
—»— 1955. Studies on forest nutrition: I. Medd. fr. Statens Skogsforskningsinst. 45.
Waksman, Selman A., 1936. Humus. Origin, chemical composition and importance in nature. London.
Valmari, J., 1921. Beiträge zur chemischen Bodenanalyse. Acta forest. fenn. 20.
Viro, P. J. 1950. Fertilization trials on forest soil. Comm. Inst. Forest. Fenn. 37. 7.
—»— 1951. Nutrient status and fertility of forest soil. I. Pine stands. Ibid. 39. 4.
—»— 1953. Loss of nutrients and the natural nutrient balance of the soil in Finland. Ibid. 42. 1.
Wittich, W., 1943. Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzerstand II. Forstarchiv 19: 1—18.
—»— 1944. Untersuchungen über den Verlauf der Streuzersetzung auf einem Boden mit Mullzerstand III. Ibid. 20: 78—80.
Vuorinen, Jouko, 1953. On the fertility of soils on school farms in Finland. Agric. Res. Centre, Dept. of soil Sci. Agrog. julk. 60.

Metsäkariketutkimuksia

Selostus

I. Karikkeiden koostumus

Aineisto

Tutkimusaineisto on kerätty v. 1943 Äänisjärven läheltä Syvärinjoen eteläpuolelta. Eri puulajien neulaset ja lehdet on kerätty kymmeneltä koealalta, joista viisi oli *MT*:n ja viisi *OMT*:n maalla. Tutkitut puulajit ja niiden iät olivat seuraavat:

mänty, kuusi, koivu, haapa ja kataja 30—60 v.,

leppä, paju ja pihlaja 10—30 v.

Männystä ja kuusesta otettiin näytteet 1, 2 ja 3 vuoden ikäisistä sekä 3 vuotta vanhemmista neulasista, männystä myös kolmea ikäluokkaa edustavista puista. Katajaa lukuunottamatta kaikista puulajeista otettiin näytteet myös kellastuneista neulasista ja lehdistä. Vihreät neulaset ja lehdet kerättiin 11. 8.—27. 8. välisenä aikana, kellastuneet 24. 9.—2. 10. välisenä aikana.

Analyysit suoritettiin Metsäntutkimuslaitoksen maantutkimusosaston tavallisilla menetelmillä.

Vihreät neulaset ja lehdet

Männyn ja kuusen neulasten koostumus on esitetty taul. 1 ja 3, neulasissa olevat ravinnemäärät taul. 2 ja 4 sekä kuvissa 1 ja 2. Eri ravinteiden pitoisuudet ja määrät eri ikäisissä neulasissa vaihtelevat eri tavoilla. Kalkki- ja piihappopitoisuus ja -määrä lisääntyvät, muiden aineiden yleensä pienenevät neulasten vanhentuessa. Neulasten paino lisääntyy niiden vanhentuessa. Kuusella neulasten piihappopitoisuus on hyvin suuri jo ensimmäisen vuoden neulasissa.

Vanhempien mäntyjen neulasissa on hieman enemmän piihappoa ja vähemmän kalkkia ja magnesiaa kuin nuorempien, mutta puun iän vaikutus neulasten koostumukseen on vähäinen.

Kataja on neulastensa koostumuksen puolesta eräissä suhteissa verrattavissa havupuihin, eräissä lehtipuihin. Katajan neulaset sisältävät hyvin runsaasti kalkkia.

Lehtien koostumus on esitetty taul. 5. Yleensä lehdet sisältävät enemmän tutkittuja ravinteita kuin neulaset. Luonteenomaisinta eri lehtipuissa on: haavan lehtien suuri piihappopitoisuus, koivun lehtien seskvioksidi- ja fosforipitoisuus, lepän lehtien typpipitoisuus, pajun lehtien kalipitoisuus ja pihlajan lehtien kalkki- ja magnesiapitoisuus.

Metsätyypin vaikutus neulasten ja lehtien koostumukseen osoittautui hyvin pieneksi.

Keltaiset neulaset ja lehdet

Männyllä (taul. 1) kaikkien tutkittujen aineiden pitoisuus seskvioksideja lukuunottamatta, pienenee neulasten kellastuessa. Kuusella (taul. 3) on keltaisten neulasten tuhkapitoisuus suurempi kuin vihreiden, yksityisten ravinteiden pitoisuuksien vaihdellessa. Lehtipuilla (taul. 6) tuhkapitoisuus yleensä pienenee lehtien kellastuessa.

Kaikilla puulajeilla tulevat neulaset tai lehdet keveämmiksi kellastuessaan ja niiden tuhkamäärä sekä varsinkin kali-, fosfori- ja typpimäärä pienenee, muiden ravinteiden määrien vaihdellessa eri puulajeilla (taul. 7). Kellastuessa neulaset kevenevät enemmän ja menettävät yleensä myös enemmän ravinteita kuin lehdet, vain seskvioksideja lehdet menettävät enemmän. Neulasten ja lehtien menettämät ravinteet varastoituvat oksiin ja runkoon.

II. Karikkeiden hajaantuminen

Tutkimusmenetelmä

Karikkeiden hajaantumisen tutkimiseksi tehtiin kaksi koesarjaa, joissa oli erona se, että toisessa koesarjassa hajaantumisastian läpi johdettiin ilmaa, joka poisti syntyneen hiilidioksidin. Ensimmäisessä koesarjassa hajaantumisastian suu oli tukittu pumpulilla. Aineisto saatiin yhdistämällä edellisessä luvussa selostettuja keltaisia neulasia ja lehtiä eri koealoilta. Lisäksi tutkittiin Ruotsinkylästä saatujen lehtikuusen karikkeiden hajaantumista.

Karikkeet kasteltiin vedellä ja liukeneva aine uutettiin määräaikoina 200 ml:lla vettä. Kumpikin koesarja kesti kokonaisuudessaan yhden vuoden.

Tutkimuksen tulokset on esitetty taulukoissa 8—12 ja kuvissa 4 a—h. Kuva 3 esittää toisessa koesarjassa käytettyä kojeistoa, kuvat 5 a—c eräitä karikkeita toisen kokeen lopussa.

Hajaantumisen kulku

Orgaanisesta aineesta hävisi vuoden kuluessa keskimäärin 30 %; siitä poistui 60 % hiilidioksidina lopun liuetessa. Liuenneesta orgaanisesta aineesta oli 13 % glukosia.

Hajaantumisjäännöksen *tuhkapitoisuus* oli yleensä pienempi kuin alkuperäisten karikkeiden, joten epäorgaanista ainetta oli poistunut enemmän kuin orgaanista.

Karikkeiden *kalkkipitoisuus* kasvoi yleensä hajaantumisen kuluessa. Erikoisen hidasta oli kalkin uuttuminen kuusen neulasista, johtuen mahdollisesti niiden suuresta oksaalihappopitoisuudesta.

Karikkeiden *magnesiapitoisuus* pieneni hajaantumisen aikana.

Karikkeiden *kalipitoisuus* pieneni hyvin nopeasti. Vuoden kuluttua oli karikkeissa alkuperäisestä kalimäärästä jäljellä keskimäärin alle 10 %. Natronmäärä pieneni huomattavasti vähemmän.

Fosforipitoisuus suureni hieman männyn ja kuusen karikkeissa, muissa se pieneni.

Piihappopitoisuus suureni niissä karikkeissa, jotka sisältävät sitä runsaasti(kuusi, haapa, lehtikuusi), muissa se pieneni.

Typpipitoisuus yleensä suureni kokeen aikana, suhteellisesti eniten lepällä. Männyllä ja kuusella typpipitoisuus pieneni. Uuttuneesta typestä oli keskimäärin 23 % NH_3-typpeä.

Karikkeiden *happamuus* väheni kokeen aikana suuresti.

Yleensä ensimmäisessä uuttamisessa poistui ainakin puolet koko vuoden aikana uuttuvasta ainemäärästä.

Toisessa koesarjassa uuttui aineitay leensä enemmän kuin ensimmäisessä, vain kalkkia ja piihappoa uuttui ensimmäisessä koesarjassa enemmän. Syynä lienee se, että toisessa koesarjassa poistettiin hiilidioksidi hajaantumisastiasta, joten pH ei noussut niin korkeaksi kuin ensimmäisessä. Runsaan hiilidioksidin vuoksi kalkki liukeni ensimmäisessä koesarjassa bikarbonaattina. Magnesian ja fosforin suurempi liukenevuus toisessa koesarjassa johtunee alemmasta pH-asteesta.

Karikkeiden hajaantumisen huomattiin olevan riippuvainen monista tekijöistä. Epäorgaanisen aineen uuttuminen näyttäisi riippuvan magnesian, kalin ja natronin yhteismäärän suhteesta happojen määrään, kalkin uuttuminen kalsiumin ja oksaalihapon määrien suhteesta. Emäksisten aineiden määrä näyttäisi vaikuttavan orgaanisten aineiden hajaantumisnopeuteen. Myös karikkeiden happamuus näyttäisi olevan lähinnä riippuvainen emästen määrästä. Fosforia uuttuu suhteellisesti eniten fosforipitoisimmista karikkeista.

III. Metsikön tuottamat karikemäärät

Aineisto

Metsikön kariketuottoa seurattiin neljän vuoden ajan kolmessa männikössä, kahdessa kuusikossa ja kahdessa koivikossa, sekä yhden vuoden ajan yhdessä kuusikossa. Kaksi perustetuista koealoista oli hyljättävä jo ensimmäisen vuoden kuluessa. Koealan koko oli 40 × 50 m², ja kullakin koealalla oli kymmenen 0.25 m² suuruista karikkeidenkeräyslaatikkoa. Vaihtuvien ravinteiden määrät eri koealojen maassa on esitetty taul. 13.

Karikelaatikot tyhjennettiin touko—marraskuun aikana kuukausittain ja karikkeet lajiteltiin laboratoriossa.

Karikemäärät

Karikkeet putoavat eri vuosina ja eri paikoissa jonkin verran eri aikoina. Kuva 6 esittää neulasten ja lehtien keskimääräisiä putoamisaikoja.

Keskimäärin tuli karikkeita männikössä 2 170 kg, kuusikossa 2 520 kg ja koivikossa 1 650 kg ha kohti vuodessa (taul. 14). Karikemäärästä oli neulas- ja lehtikariketta n. 70 %, oksia n. 12 %. Puun ja karikkeiden tuotto näyttää riippuvan lähinnä maan kalkkimääristä.

Karikkeiden koostumus

Karikkeiden keskimääräinen koostumus on esitetty taul. 15.

Tutkimuksen tässä osassa analysoitujen neulasten ja lehtien koostumus poikkeaa paikoin huomattavastikin I osassa havaitusta. Yleisenä piirteenä on aikaisempaa pienempi tuhka- ja suurempi piihappopitoisuus.

Oksissa, kuoressa ja kävyissä on yleensä paljon vähemmän ravinteita kuin neulasissa tai lehdissä. Männyllä ja kuusella on kuitenkin kuoren kalkkipitoisuus ja käpy-

jen kalipitoisuus suurempi kuin neulasten ja eräitä muitakin pienehköjä poikkeuksia on havaittavissa. Sekalainen karike, joka on kokoonpantu siemenistä, kukista, silmusuomuista yms., sisältää verraten runsaasti ravinteita, ja männyllä se sisältää kaikkia ravinteita enemmän kuin muut karikelajit.

Karikkeiden tuottamat ravinnemäärät

Kuusikon karikkeissa tulee maahan kaksi kertaa niin paljon kivennäisaineita kuin koivikon ja kolme kertaa niin paljon kuin männikön karikkeissa (taul. 16). Kuusella on kuitenkin piihapon osuus tuhkasta paljon suurempi kuin muilla puulajeilla, niin että yksityisten ravinteiden kohdalla erot eivät ole niin suuret. Kuitenkin ainoastaan koivikon magnesiamäärä on suurempi ja typpimäärä yhtä suuri kuin kuusikon. Kaikkia tutkittuja ravinteita, natronia lukuunottamatta, männikkö tuottaa vähiten. Suurin osa ravinteista on neulas- ja lehtikarikkeissa.

IV. Eräiden tulosten tarkastelua

Lehtianalyysi ja maan viljavuus

Tämän tutkimuksen tulokset selvittävät myös kysymystä, voidaanko metsämaan viljavuus määrittää neulas- ja lehtianalyysin avulla. Aikaisemmin on todettu, että pääpuulajeistamme koivun lehdet parhaiten, männyn neulaset huonoimmin kuvastavat maan viljavuutta (Aaltonen, 1950, 1955). Tämä näyttää johtuvan siitä, että koivulla lehtien kellastuessa runkoon siirtyy suhteellisesti vähiten ravinteita ja koivu joutuu siten ottamaan suhteellisesti suuremman osan ravinteista maasta kuin muut puulajit. Männyllä ovat runkoon siirtyvät ravinnemäärät suhteellisesti suurimmat ja siten maasta tarvittavat määrät pienimmät.

Monet tutkijat pitävät kasvianalyysiä luotettavampana maan viljavuuden määrittämisessä kuin maa-analyysiä. Tämän tutkimuksen tulokset kuitenkin viittaavat siihen, että oikein suoritettu maa-analyysi on metsämailla luotettavampi.

Puun vuosittainen kokonaisravinnetarve

Paitsi neulasiin ja lehtiin, puut tarvitsevat ravinteita myös muiden osien muodostamiseen. Taul. 17 on laskettu männikön, kuusikon ja koivikon vuosittainen kokonaisravinnetarve.

Puut varastoivat osan ravinteista runkoon, mutta karikkeissa poistuvat määrät on otettava maasta. Taul. 17 on laskettu neulasiin ja lehtiin tarvittavat lisäravinnemäärät karikkeiden ravinnemäärien ja niistä vuoden kuluessa uuttuvien määrien erona. Kokonaisravinnetarve on neulasten tai lehtien lisäravinnetarpeen ja puu-aineen muodostumiseen tarvittavan määrän summa.

Taul. 18 osoittaa, että neulasten tai lehtien lisäravinteiden suhteellinen osuus koko tarvittavasta määrästä on yleensä suurin koivulla, jolla myös lehtianalyysi parhaiten kuvastaa maan viljavuutta.

Karikkeiden piihappomäärä

Edellä on osoitettu, että kun karikkeiden piihappopitoisuus on suuri, niiden piihappopitoisuus lisääntyy karikkeiden hajaantuessa. Meikäläisistä puulajeista kuusen, haavan ja lehtikuusen sekä ulkomaisista puulajeista pyökin karikkeet sisältävät runsaasti piihappoa.

Kuusen karikkeiden tuhkasta on 44 % piihappoa ja sitä tulee vuotuisessa karikesadossa maahan 49.4 kg/ha. Tästä poistuu hajaantuessa 30 %, joten vuotuinen karikesato lisää humuksen piihappomäärää 34.6 kg/ha.

Haavikossa vuotuinen karikesato lisää humuksen piihappomäärää 15.2 kg/ha. Lehtikuusella luku lienee huomattavasti suurempi, mutta lehtikuusen karikemäärä ei ole tunnettu.

Maan pieneliöstö hajoittaa myös osan karikkeista ja lehtipuusekoitus havupuumetsässä edistää karikkeiden hajaantumista. Siitä huolimatta varsinkin kuusikoissa humuksen piihappomäärä lisääntyy jatkuvasti. Toisessa yhteydessä on havaittu kuusikon humuksen piihappopitoisuuden voivan olla jopa 60 % kuivapainosta. Tämä piihapon lisääntyminen ei voi olla vaikuttamatta humuksen mikrobiologiseen tilaan ja kasvupaikan viljavuuteen. Kuusi ja lehtikuusi (sekä pyökki) ovatkin tunnettuja maata huonontaviksi puulajeiksi. Ilmeisesti puulajilla onkin suurempi vaikutus kasvupaikan viljavuuteen kuin mitä meillä yleensä on oletettu.

9 7031—55/2, 61

INVESTIGATIONS INTO THE FLOWERING AND SEED QUALITY OF FOREST TREES

RISTO SARVAS

TUTKIMUKSIA METSÄPUIDEN KUKKIMISESTA JA SIEMENSADON LAADUSTA

SUOMENKIELINEN SELOSTUS

HELSINKI 1955

Helsinki 1955. Valtioneuvoston kirjapaino

Contents

	Page
Introduction	5
Flowering of forest trees	6
Methods and localities of investigation	6
Seasonal cycle of flowering	11
Diurnal cycle of flowering	22
Abundance of flowering in different years	23
Flowering and quality of seed crop	26
Betula verrucosa and *B. pubescens*	26
Picea abies	28
Pinus silvestris	31
Main results of the investigation	33
Literature	35
Suomenkielinen selostus	36

Explanation of symbols employed in the tables:
— = nil, according to investigations
. = no result reported because uninvestigated

Introduction

The present investigations into the flowering and seed crop of forest trees were initiated as early as 1946. First they were confined to the birch only, closely related to the simultaneous investigations into the natural regeneration of birch. In the spring of 1950 the investigation was extended to cover the pine *(Pinus silvestris)* and spruce *(Picea abies)* too, and in the spring of 1953 the Siberian larch *(Larix sibirica)* was added to the programme. At the same time the study assumed a more independent character, separate from regeneration research.

The birch observation series are therefore longer; they were reported on in a separate publication in 1952. As, however, new research material was accumulated in 1952—54 on the birch even the present paper touches briefly on this species although primarily as a report of the new data.

As in the previous study of birch, the main object of the present investigation has been to study the influence the course of the flowering exerts on the quantity and quality of the seed crop. In addition, it was considered desirable for other reasons, primarily forest genetic, to add to our knowledge of the rather inadequately known flowering process of our forest trees.

To obtain an idea of the interdependence of flowering and seed crop they are studied parallelly in stands composed of one tree species over a period of several (climatically different) successive years.

In the study of flowering attention was concentrated on male flowering. Thanks to the very firm interdependence prevailing between the abundance of female flowering and the seed crop, plenty of valuable information on the female flowering of our forest trees has been obtained from the investigations into the seeding capacity of our forest trees. Special mention must be made of the thorough investigations by H e i k i n h e i m o (1932, 1937 and 1948).

In this paper, pollen drifting in the air is called pollen cloud, that caught by trees, bushes, ground vegetation etc. pollen catch and pollen falling to the ground pollen rain. As pollination of birch pistils and the micropyle of conifer ovules depends primarily on the periodical variations in the course of pollen spread and on the total amount of pollen catch, the present investigation devotes special attention to these phenomena.

In the course of the work I have received valuable assistance from many quarters. My gratitude is due above all to my former chief, Professor Olli Heikinheimo, who provided me with the opportunity of starting these studies and, subsequently, whenever help was needed, was always ready willingly to lend a helping hand. The field work, often carried out in very difficult conditions, has been the responsibility of Mr. Olavi Helenius, B. F., assisted by Mr. Usko Leskinen. The microscopical examinations and other laboratory work, which called for great accuracy, was carried out by Mr. Ilkka Koivisto. I wish to extend to them all my best thanks.

It has been highly beneficial to the research work that a number of the studies could be located in the courtyard of the Central Meteorological Institute Weather Station at Ilmala and that the staff there undertook in some phases of the work to empty the seed traps. My respectful thanks are due to the management of the Institute.

In the course of my investigation I have received economic support, in the form of a research grant, from the Foundation for Forest Tree Breeding. This support was a decisive factor enabling me to complete my research project, and I am very grateful for it.

Flowering of forest trees

Methods and localities of investigation

The flowering of forest trees has been studied in the present investigation largely by methods and equipment similar to those applied in the earlier investigation concerned with birch alone (Sarvas 1952, pp. 4—7).

Thus the temporal course of pollen spread, its seasonal and diurnal cycle, was studied by registering samplers; the absolute amount of pollen catch was measured by globe samplers. No modifications were made in the construction of the former samplers. However, a weather housing containing a self-recording thermohygrograph (Fig. 1) was set up in connection with them. The latter samplers were especially developed to improve their resistance to rain. (The vaseline-coated band of the registering samplers was well protected against rain.) In the birch series rain was no great problem as a rule since the birch flowering season in the surroundings of Helsinki usually is one of relatively little rain and also because birch usually flowers within quite short a period of time; hence it was relatively easy to protect the samplers against rain. During the flowering season of coniferous trees, on the other hand, rains were much more harmful, and a sampler had to be developed that was automatically protected against rain.

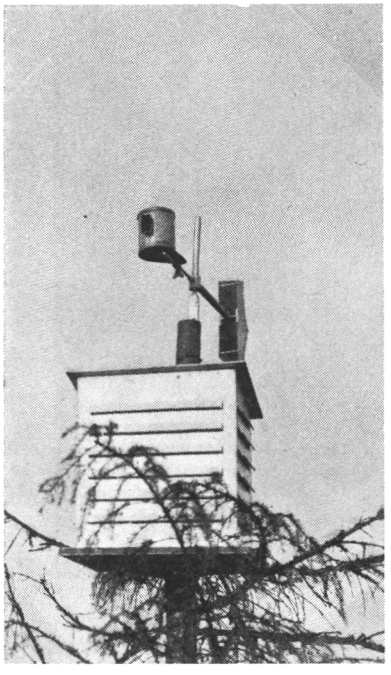


Fig. 1. The registering cylinder sampler set up on the top of a spruce and a weather housing containing a self-recording thermohygrograph. Scale 1/20.
Kuva 1. Rekisteröivä siitepölynmittari kiinnitettynä kuusen latvaan ja sen yhteydessä sääkoppi, jossa on piirtävä termohygrografi. 1/20 luonn. koosta.

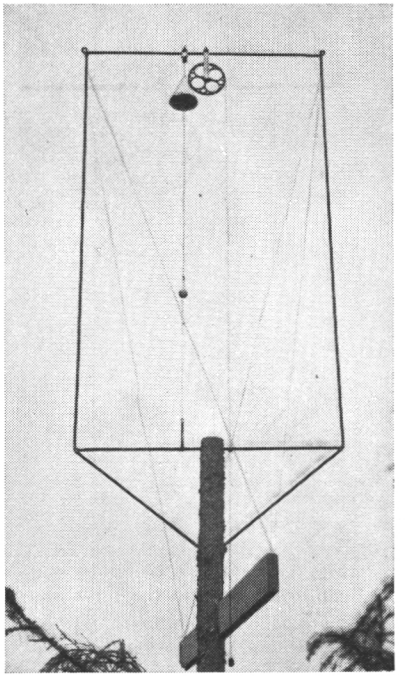


Fig. 2. The globe sampler set up on the top of a spruce. Scale 1/26.
Kuva 2. Pallomittari kiinnitettynä kuusen latvaan. 1/26 luonn. koosta.

The simplest way, naturally, would have been to arrange some kind of permanent shield for the globe samplers, as has been done in certain earlier investigations (R e m p e 1937, D e n g l e r and S c a m o n i 1944). However, making such a shield efficient without at the same time perceptibly obstructing free access of the pollen to the sampler posed a very difficult problem. For this reason the shield in the new sampler was made mobile. The detailed structure of the new sampler will be clear from the study of Figs. 2—3.

Fig. 2 shows that the exterior frame of the sampler is a rectangular framework of bent steelwire (dia. 9 mm), fitted at the bottom end with a metal plate by which the frame can be attached to the end of a suitable pole or the broken top of a tree. Additional support for the frame is provided by the thin transverse wires running from the loops at its upper corners to a board fastened below the sampler. To this frame is first attached by steel wires a small (dia. 30 mm) bakelite globe, thinly coated with vaseline, which

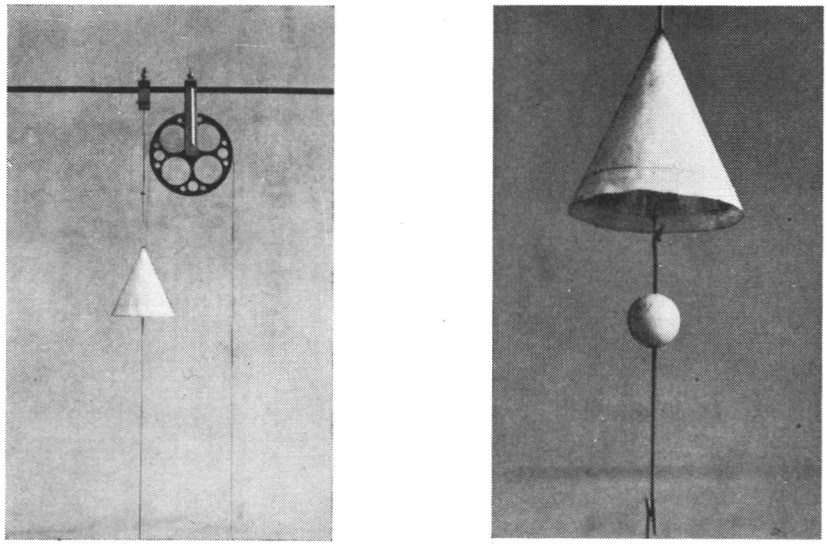


Fig. 3. Details of the globe sampler. Left, the cap in the upper position; right, the cap descending on the globe and finally covering it totally. Scale left 1/12, right 1/4.
Kuva 3. Pallomittarin yksityiskohtia. Vasemmalla suojus yläasennossa, oikealla suojus laskeutumassa pallon päälle, jonka se lopulta peittää kokonaan. Vas. 1/12 ja oik. 1/4 luonn. koosta.

acts as the sampler proper. A steel wire stretched taut from the globe to the upper moulding of the frame acts as the axis of a cone-shaped cap. To prevent the cap from revolving around the wire this axis is pressed flat. Above the cap there is stretched a sheet of blotting paper which, when wet by rain, drops down with the cap. In addition, a freely moving wheel is attached to the upper moulding; a wire from the cap running over the wheel leads to a counter-weight suspended on the opposite side of the wheel. When the blotting paper, which drops with the cap on the globe during a shower, dries up again the counter-weight raises the cap to its upper position where it constitutes no appreciable obstacle to free access of the pollen to the globe sampler. The entire sampler was built in readily detachable form; apart from the frame, the sampler was easily packed into a box for transport (Fig. 4).

The samplers described above were placed in the stand at the height female flowers were estimated to be most abundant. A total of some twenty samplers were set out in the spring of 1954. As a rule they functioned satisfactorily, though occasionally a severe storm threw the counter-weight wire off the wheel. Although the sampler can obviously still be improved it finally provided a means of measuring, in the form considered ideal theoretically, different quantities of pollen catch even over relatively prolonged periods of time.

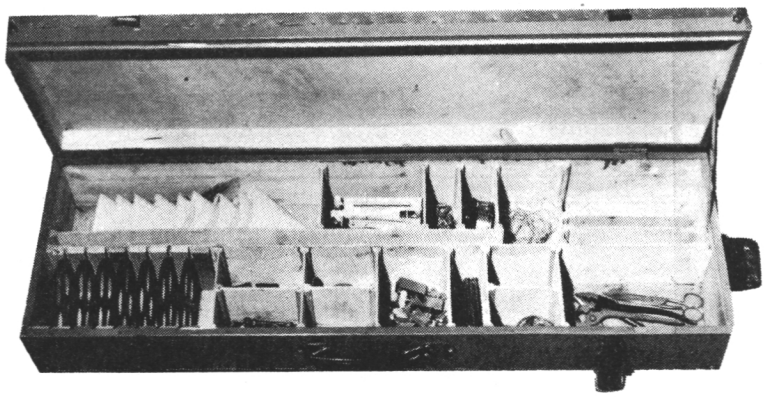


Fig. 4. A transportation box for the globe samlers. Left, upper, the caps, in front of them the wheels. In the middle the fastening clamps of the wheels and steel wires. Scale 1 : 9.
Kuva 4. Pallomittarien kuljetuslaatikko. Vas. ylhäällä hatut ja niiden edessä pyörät. Keskellä mm. pyörien ja teräslankojen kiinnityspuristimet. 1/9 luonn. koosta.

As the vaseline-coated surface may dry and harden somewhat in the dry spring air the globes were changed at least once a week. During the best flowering season the globes must be changed still more often as they otherwise get overfilled with pollen. This is important to remember, especially in measuring the pollen catch of spruce and pine; the small pollen grains of birch cover a much smaller area of the globe surface. On an average, the globes were exchanged at 4—5-day intervals.

Special small, airtight metal boxes (Fig. 5) for the transport of fresh globes to the locality and return of the used ones facilitated changing operations. One vaseline-coated globe was kept throughout in these transport boxes to serve as a »control globe» and, on the completion of the field work, it was examined in the same way as the others. This way it could be ensured that no pollen worth mentioning was collected by the sampler globes during transport.

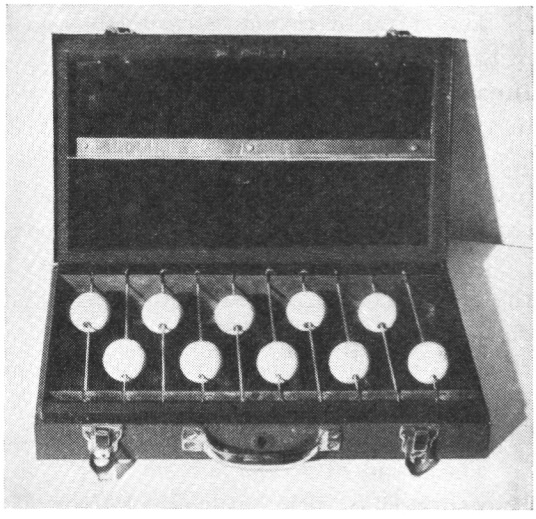


Fig. 5. A transportation box for the globes. Scale 1 : 10.
Kuva 5. Pallojen kuljetuslaatikko. 1/10 luonn. koosta.

To obtain some idea of the number of globe samplers to be placed in a given stand of trees for a satisfactory indication of

the amount of the pollen catch, 5 samplers were spaced some 20 metres apart in a *Pinus silvestris* stand in the spring of 1954. The pollen quantities recorded by them were 343, 419, 276, 278 and 236 grains per sq. mm. The four samplers similarly placed in a spruce stand gave the following catch: 129, 213, 127 and 238 grains per sq. mm. Obviously, the pollen catch varies quite considerably at different spots in one and the same stand even. Observing the flight of pollen during the flowering of trees reveals to the naked eye even that, especially in the best flowering season and in the morning, provided the night has been relatively calm, the first strong gusts of wind stir up dense clouds of spruce and pine pollen. It is apparently with these irregular pollen clouds that a very large proportion of the total catch of pollen spreads; later in the day the pollen releases more gradually and so spreads more evenly in the surroundings. Besides the irregular distribution of pollen clouds, dissimilarities between different spots also result in differences in pollen crops: certain trees male flower much more profusely than others and this may directly cause the uneven dissemination of pollen.

On the basis of the above and certain similar experiments carried out earlier (cf. also S a r v a s 1952, p. 7) it was decided to place a minimum of approx. 3—4 globe samplers in each stand studied.

The birch investigations were made in the same localities as before. The new localities chosen for observation of the coniferous trees are described in the following and, at the same time, the birch stands are briefly reported on again.

The stand of *Betula verrucosa* lies on the northern outskirts of Helsinki, in the courtyard of the Central Meteorological Institute Weather Station at Ilmala (lat. 60°12′, long. 24°55′, 30 m above sea level), area 0.2 ha. Stand in 1954: age 48 years, dominant height 18 m, growing stock including bark 125 cu. m./ha. On the eastern edge of the site is a hill approx. 16 m in height; otherwise the terrain is relatively level. Some 20 per cent of the growing stock in the surrounding forests is *Betula verrucosa*.

The stand of *Betula pubescens* grows in the community of Tikkurila, in the grounds of the Agricultural Experimental Institute (lat. 60°18′, long. 25°4′, 25 m above sea level), area 0.2 ha. Stand in 1954: age 68 years, dominant height 19 m and growing stock 130 cu. m./ha. The environs of the site are level, largely open field under plough. The percentage of *Betula pubescens* in the surrounding forests is approx. 5.

The stand of *Pinus silvestris* grows in the commune of Tuusula, in the Ruotsinkylä experimental area of the Forest Research Institute, a part of »Mätäkivi» forest (lat. 60°21′, long. 25°01′, 72 m above sea level), area approx. 15 ha. Stand in 1954: age 116 years, dominant height 19 m and growing stock 139 cu.m./ha. The immediate environs are fairly level heathlands. The surrounding forests contain some 25 per cent of *Pinus silvestris*.

The stand of *Picea abies* also grows in the experimental area of Ruotsinkylä, some 1 100 metres east of the above pine stand, 53 m above sea level. Its area is approx. 18 ha. Stand in 1954: age 78 years, dominant height 21 m, growing stock 180 cu.m./ha. The immediate environs are fairly level forest country with *Picea abies* as the dominant species (70 per cent).

The stand of *Larix sibirica* (Fig. 6) is on the northern outskirts of Helsinki in the courtyard of Viikki University Farm (lat. 60°14′, long. 25°01′, 5 m above sea level), area 0.3 ha. Stand in 1954: age 59 years and dominant height 24 m. The environment is largely level field under plough, though rocky forest country runs from west to north and a large bay of the sea cuts into the land in the south. No other larch stands grow in the neighbourhood.



Fig. 6. The *Larix sibirica* stand studied. Photographed May 4, 1954.
Kuva 6. Larix sibirican tutkimuskohde. Valok. 4. 4. 1954.

According to the Second National Forest Survey (Ilvessalo 1942, Table 38, p. 295), the growing stock in the coastal area within an 80 km radius west, east and north of Helsinki is 32 per cent pine, 52 per cent spruce, 12 per cent birch (*Betula verrucosa* and *B. pubescens* aggregately), 2 per cent aspen and 2 per cent alder (*Alnus incana* and *A. glutinosa* together).

Seasonal cycle of flowering

The seasonal cycle of flowering was, as before, studied by registering samplers. The results of these studies are shown in Table 1 and Figs. 7—10.

Figures for *Betula verrucosa* and *B. pubescens*, in addition to those published previously (Sarvas 1952, Table 1—2), are available for 1952—54. In order to provide a better over-all picture, Table 1 repeats the birch figures from 1950—51 [1]). The series of results for *Betula verrucosa* now

[1]) In repeating the results for birch from 1950—51, absolute figures have been substituted for relative values. It should be noted that the width of the frontal air inlet aperture of the sampler is so large that every point of the vaseline-coated surface is exposed to pollen dispersal for ca. 2 hours. The sum of the pollen quantities (= grains/sq mm in 2 hrs) computed at 4-hour intervals per sq mm must therefore be multiplied by ca. 2 in order to obtain the amount of pollen caught per sq mm in 24 hours consecutively.

Table 1. The seasonal cycle of flowering —

Date *Päivämäärä*	1950					1951				
	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Pinus silvestris	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Pinus silvestris
		Pollen/sq mm 24 hr *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*					Pollen/sq mm 24 hr *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*			
22. 4.	7					5				
23.	8					4				
24.	8					3				
25.	5					5				
26.	6					8				
27.	6					10				
28.	5					13				
29.	5					12				
30.	6					13				
1. 5.	7					11				
2.	7					8	—			
3.	11	3				8	5			
4.	13	22				9	—			
5.	14	269				6	3			
6.	10	350				7	—			
7.	13	1 167				6	8			
8.	8	121				6	24			
9.	11	101				7	8			
10.	11	95	48			6	10			
11.	13		171			8	13			
12.	13		154			8	18			
13.	16		432			7	5			
14.	10		71			5	56			
15.	7		48			6	4	3		
16.	7		11			8		—		
17.	6		7			11		42		
18.	9		5			13		35		
19.	11		—			12		134		
20.	8		—			13		108		
21.	9		2			9		38		
22.	13		12			5		20		
23.	12			—		6		5		
24.	12			2		6		8		
25.	11			—		7		3		
26.	9			1		8		—	3	
27.	10			—		10		23	4	
28.	9			—		8		13	1	
29.	9			—		7		23	1	
30.	9			—	3	6		17	1	
31.	8			—	2	12		18	1	
1. 6.	10			—	1	11		8	21	—
2.	12			—	1	11			47	—
3.	17			—	1	14			21	—
4.	13			—	18	15			28	—
5.	18			—	15	14			69	—
6.	17				112	13			28	—
7.	15				136	10			5	—
8.	14				61	13			6	—
9.	12				87	14			7	1
10.	11				30	14			9	20
11.	10				12	14			4	21

Continued —

Pölytyksen vuotuinen jakso

1952				1953							1954							Date *Päivämäärä*
Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Betula pubescens	Larix sibirica	Picea abies	Pinus silvestris	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Betula pubescens	Larix sibirica	Picea excelsa	Pinus silvestris	
	Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*				Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*							Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*							
2				6							2							22. 4.
7				8				3			1							23.
7				7				45			4							24.
10				9				52			1							25.
10				8				34			2							26.
11				8				5			4							27.
12				8				—			4				—			28.
13				9				—			4				—			29.
9				10				2			4				—			30.
5				12	1			9			4				—			1. 5.
4				12	12			1			7				—			2.
6				13	188			4			8				—			3.
8				8	60			2			8				1			4.
7	—			8	2						9				—			5.
9	20			3	12						9				—			6.
6	17			0	17	—					10	1			—			7.
3	15			2	7	12					11	5			—			8.
9	5			6		—					16	17			9			9.
9	—			9		18					14	116			27			10.
10	25			8		18					10	441			11			11.
11	—			6		12					7	103			1			12.
12	10			6		2					4	44			—			13.
10	23	12		8		—					4	1			—			14.
4	5	18		12		—			—		3		5					15.
6		—		14		8			1		7		145					16.
6		3		12		5			1		10		306					17.
2		5		10		—			—		10		152					18.
4		35		14		45			26		12		79					19.
7		2		16		3			17		15		·					20.
8				15		13			63		16		·			3		21.
8				17		2			17		14		94			5		22.
9				15		2			6		13		20			6		23.
10				12		3			3		13		3			1		24.
11				7		2			6		17		1			5		25.
12				7		5			2		18		13			56		26.
6				9		—			—		20					152		27.
9			—	7		—			1	9	14					9	—	28.
9			—	9					1	59	17					7	2	29.
9			—	8					1	62	19					8	9	30.
9			5	11					—	61	16					12	103	31.
11			4	10					1	21	12					7	112	1. 6.
13			6	16					3	466	10					2	112	2.
11			1	15					1	112	9					18	163	3.
13			1	15						3	10					8	44	4.
13			1	13						4	14					9	321	5.
14			—	12						6	11					7	203	6.
14			3	15						14	11					—	34	7.
11			—	17						12	10					1	12	8.
12			—	19						35	10					—	13	9.
10			—	16						67	16					—	85	10.
15			—	11						1	14						4	11.

Jatkuu

Continued —

Date *Päivämäärä*	1950					1951				
	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Pinus silvestris	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Pinus silvestris
		Pollen/sq mm 24 hr *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*					Pollen/sq mm 24 hr *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*			
12. 6.	11				5	14			3	6
13.	10					13			1	14
14.	12					13			1	75
15.	14					13			—	40
16.	15					14			10	483
17.	15					16			—	84
18.	15					14			—	37
19.	20					13			—	5
20.	17					15			—	90
21.	18					16				54
22.	18					16				123
23.	18					17				290
24.	16					16				13
25.	15					18				3
26.	16					17				2
Together — *Yhteensä*		2 128	961	3	484		154	498	271	1 361

cover the years 1946—54, those for *B. pubescens* the years 1947—54. *Picea abies* results are available for the years 1951—54, *Pinus silvestris* for 1950, 1951, 1953 and 1954. Records of *Larix sibirica* exist only for the years 1953 and 1954, for which reason relatively little attention is paid to larch here. For birch the existing material can be considered relatively representative; with the coniferous trees, however, the great influence of chance factors on the over-all picture must still be taken into consideration.

As regards the results, it must be pointed out that the investigation method employed seems to be fairly suitable for study of periodical variations in the spread of pollen of the birch species but less so for studying these phenomena in pine, spruce and especially larch. As the pollen-recording surface in the registering samplers is vertical the grains carried by horizontal winds naturally gain greater emphasis in measuring than those from other angles. The closer the grain flight approaches the vertical the fewer the grains that will be seen in the results. The relatively heavy pollen of larch and spruce in particular assumes a fairly steep downward course in weak air currents, and for this reason its amount measured in the registering samplers is smaller than the true amount. In addition, calm weather gives relatively smaller results than windy weather. (This source of error in the measuring of pollen catch, affecting the different tree species differently, is peculiar to all pollen samplers functioning in the vertical direction only and is the main reason why in this investigation the globe form for

Jatkoa

1952				1953							1954						Date *Päivämäärä*
Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Picea abies	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Betula sibirica	Larix sibirica	Picea abies	Pinus silvestris	Air temperature °C *Ilman lämpötila °C*	Betula verrucosa	Betula pubescens	Betula sibirica	Larix sibirica	Picea excelsa	Pinus silvestris	
	Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*				Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*							Pollen/sq mm 24 hr. *Siitepölyä kpl/mm² vrk.*						
16			—	15						1	12						2	12. 6.
15			—	17						1	12						15	13.
15				17						1	12						3	14.
15				14						—	12						1	15.
12				14							14						4	16.
12				19							14						3	17.
15				21							14						1	18.
17				22							17						—	19.
14				17							19						2	20.
14				18							21						—	21.
13				18							19						—	22.
12				20							16							23.
11				21							14							24.
13				23							14							25.
16				21							15							26.
	120	75	21		299	150	157	150	935			728	·	49	316	1 248		

measurement of the absolute amount of pollen catch was considered the ideal.)

Another point to note is that experiments were made in 1954 with glycerine gelatin, instead of vaseline, as the sticky surface of the celluloid bands, to study the flowering of *B. verrucosa*, *B. pubescens* and larch. This substance evidently dried up to some extent in the dry spring air, and for this reason the 1954 results for birch and larch are probably not always fully comparable with the figures in the earlier years. The 1954 results for *B. pubescens*, in addition, are incomplete because the clockwork of the registering sampler placed in the *B. pubescens* stand stopped through mechanical failure in the middle of the best flowering season. The differentiation between the pollens of *B. verrucosa* and *B. pubescens* was made by measuring the diameters of the pollen grains.

Let us first consider the start of flowering. The general order is known: of the tree species under review, the *Larix sibirica* is the first to flower, almost simultaneously with *B. verrucosa;* these two are followed, at about weekly intervals, by *B. pubescens*, then *Picea abies* and, last, *Pinus silvestris*. A comparison of the flowering dates of these species shows that over several years they have divided the spring of the North, important from the flowering point of view but short, beautifully between them. When one species stops flowering the next starts, and yet the main flowering dates seldom overlap.

The earliest flowering of *B. verrucosa* at Ilmala during the whole investigation period was in the spring of 1953 when flowering started May 2.[1]) The latest was in 1946, when *B. verrucosa* did not start flowering until May 20. The average date for the start of *B. verrucosa* flowering in the period studied was May 9.

The earliest flowering of *B. pubescens* was May 10, 1950, the latest May 19, 1949. The average starting date was May 15. Hence *B. pubescens* started flowering an average of 6 days later than *B. verrucosa*.

Picea abies, like *B. verrucosa*, flowered earliest in 1953, when flowering started May 19. The latest starts were in 1951 and 1952 (May 31). The average starting date of spruce flowering, obtained as the mean of the four years of investigation, was May 26. The interval between *B. pubescens* and *Picea abies* is thus approx. 11 days.

Pinus silvestris also flowered earliest in 1953, when flowering started May 29. The latest date in the four years under review was June 13, 1951. On an average, pine started flowering June 6. The interval between spruce and pine is thus also approx. 11 days.

A more or less marked peak in the course of the flowering is observable with all the tree species, i. e. a day when the shed of pollen is perceptibly more plentiful than it has been on the days immediately before and after and when the shed of pollen in its entirety as a rule culminates. This peak is particularly marked with the *Larix sibirica* and *B. verrucosa*. The maximum spread of pollen of the different tree species varies somewhat in its relationship to the start of flowering. With *B. verrucosa* it usually occurs at the very beginning of the seasonal cycle, with *B. pubescens*, spruce and pine somewhat later.

The duration of the seasonal cycle is taken as equalling in time the period during which approx. 90 per cent of the total catch of pollen is shed. There seem to be differences between the various tree species in the duration of the seasonal cycle; the precise enumeration of these differences, however, is very difficult because the duration of the seasonal cycle of one and the same species even varies greatly from year to year; in years of abundant flowering it is usually much longer than when flowering is poor.

The seasonal cycle is evidently shortest with *Larix sibirica* and *Betula verrucosa*. A comparison of the different tree species, on the basis of the measuring results available, is also uncertain, however, due to the fact that e. g. *B. verrucosa* grows in the investigation area practically exclusively on firm soils whereas *B. pubescens*, spruce and pine are found both on firm soils and on swamps. Swamps, being cold habitats, retard the flowering of all the tree species they grow. For this reason alone it is obvious that

[1]) The start of flowering is counted from the day when the number of grains recorded up to then exceeds 5 per cent of the total catch of pollen.

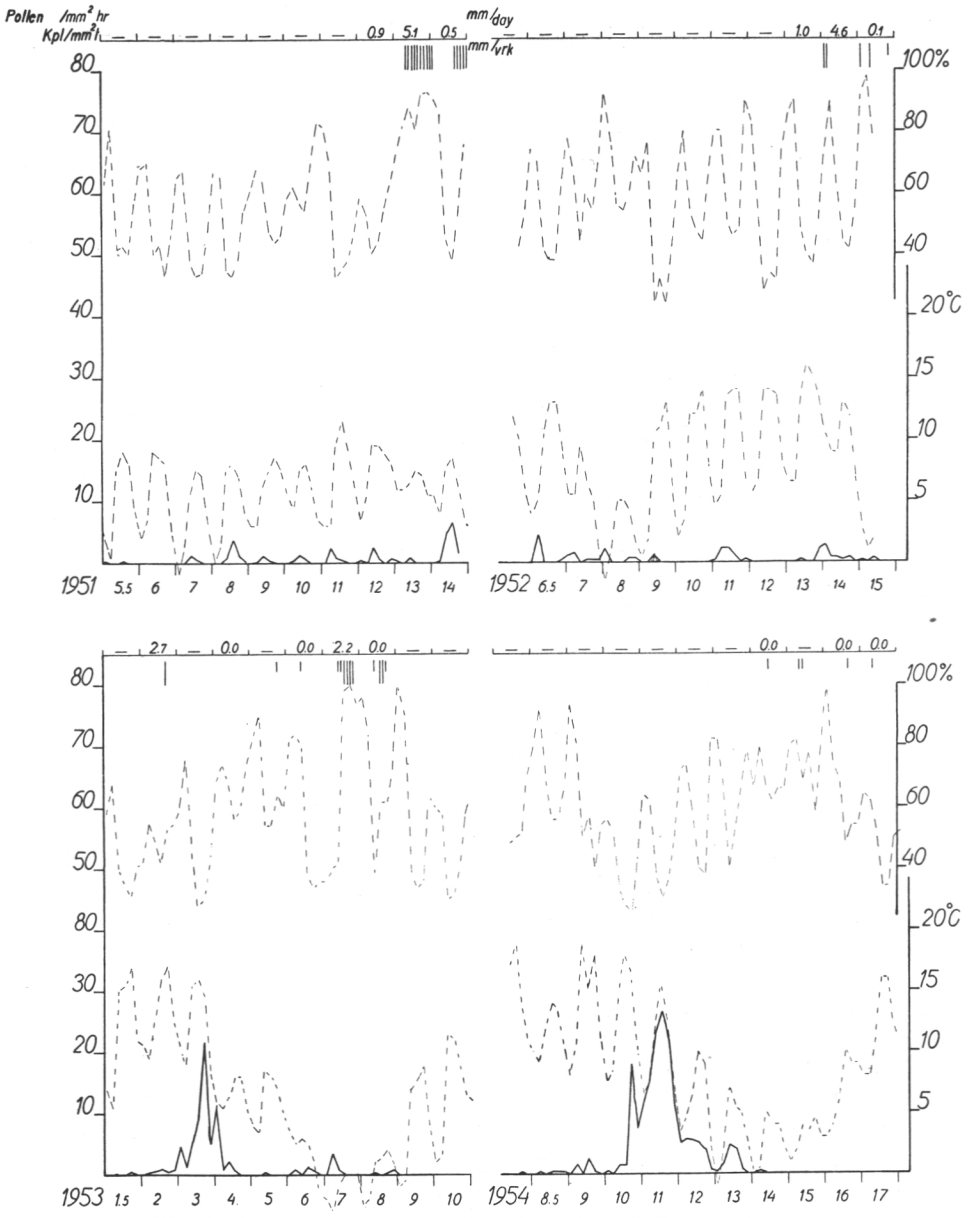


Fig. 7. The main seasonal cycle of flowering of *Betula verrucosa*.
Kuva 7. Betula verrucosan siitepölyn leviämisen vuotuisen jakson pääosa.

the flowering periods of *B. pubescens*, spruce and pine according to the recording employed here are longer than the flowering season would be on firm soils only. In spite of these uncertain factors it seems that the seasonal cycle of flowering among the tree species under review is longest with pine;

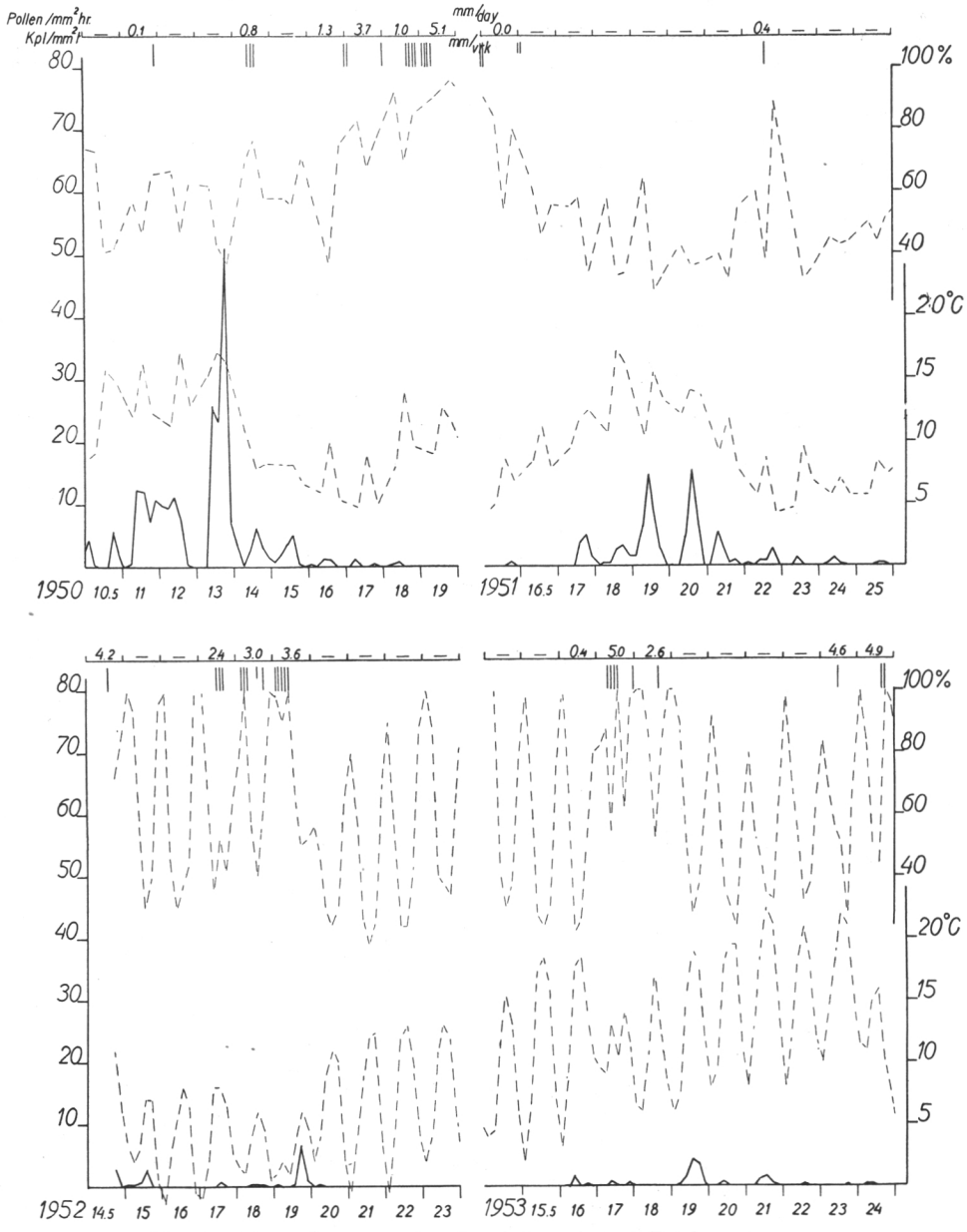


Fig. 8. The main seasonal cycle of flowering of *Betula pubescens*.
Kuva 8. Betula pubescensin siitepölyn leviämisen vuotuisen jakson pääosa.

computed as the average of the years of investigation, it was 9 days. Compared with certain foreign pines, this seems to be relatively short. According to Fielding (1947, p. 10), for instance, the seasonal pollen shed of the Monterey pine *(Pinus radiata* D. Don) lasts about 20 days.

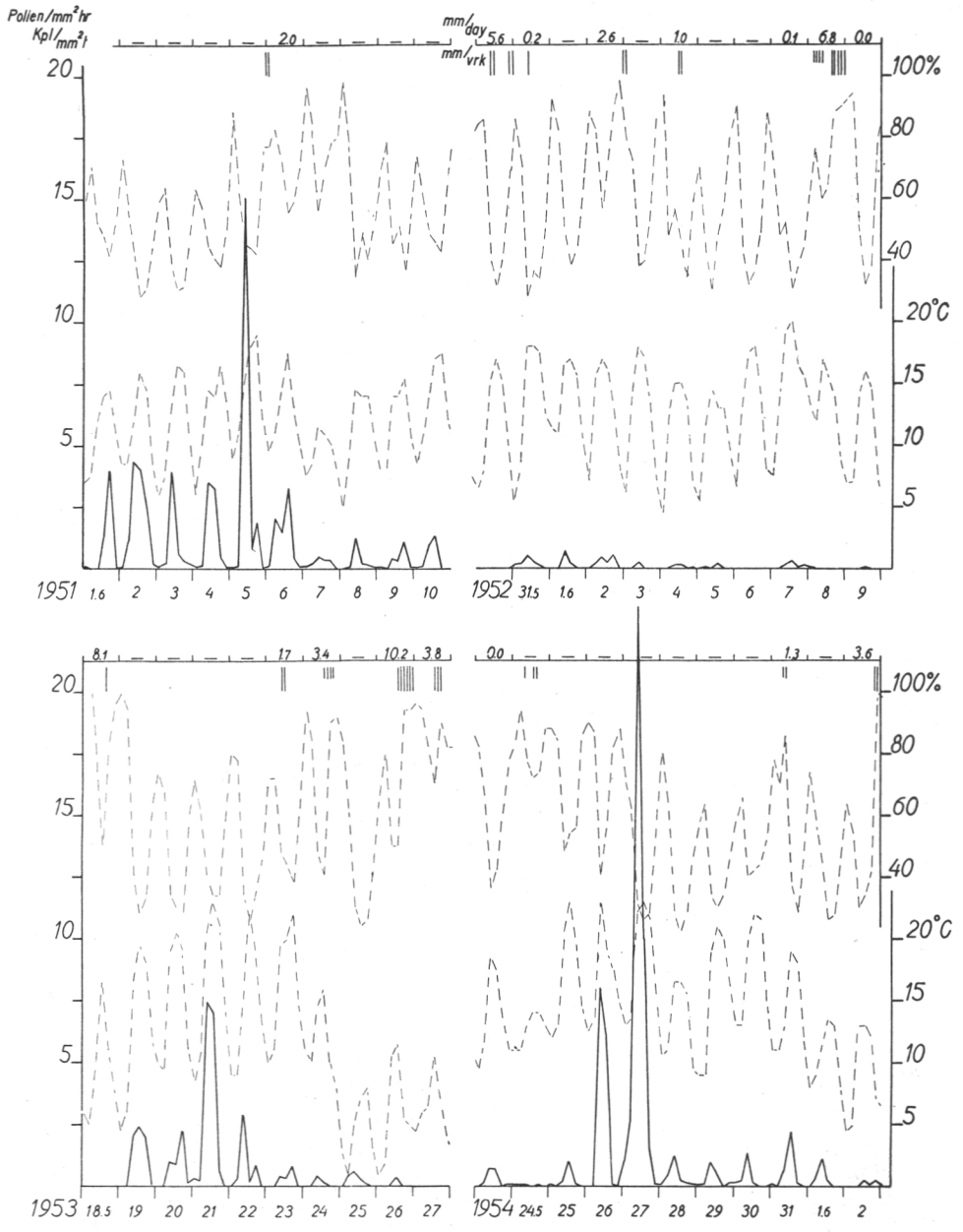


Fig. 9. The main seasonal cycle of flowering of *Picea abies*.
Kuva 9. Picea abies'in siitepölyn leviämisen vuotuisen jakson pääosa.

The start of flowering, the occurrence of the peak and the duration of the seasonal cycle are naturally closely associated with climatic factors. Air temperature, above all, seems to be of decisive importance. For this reason

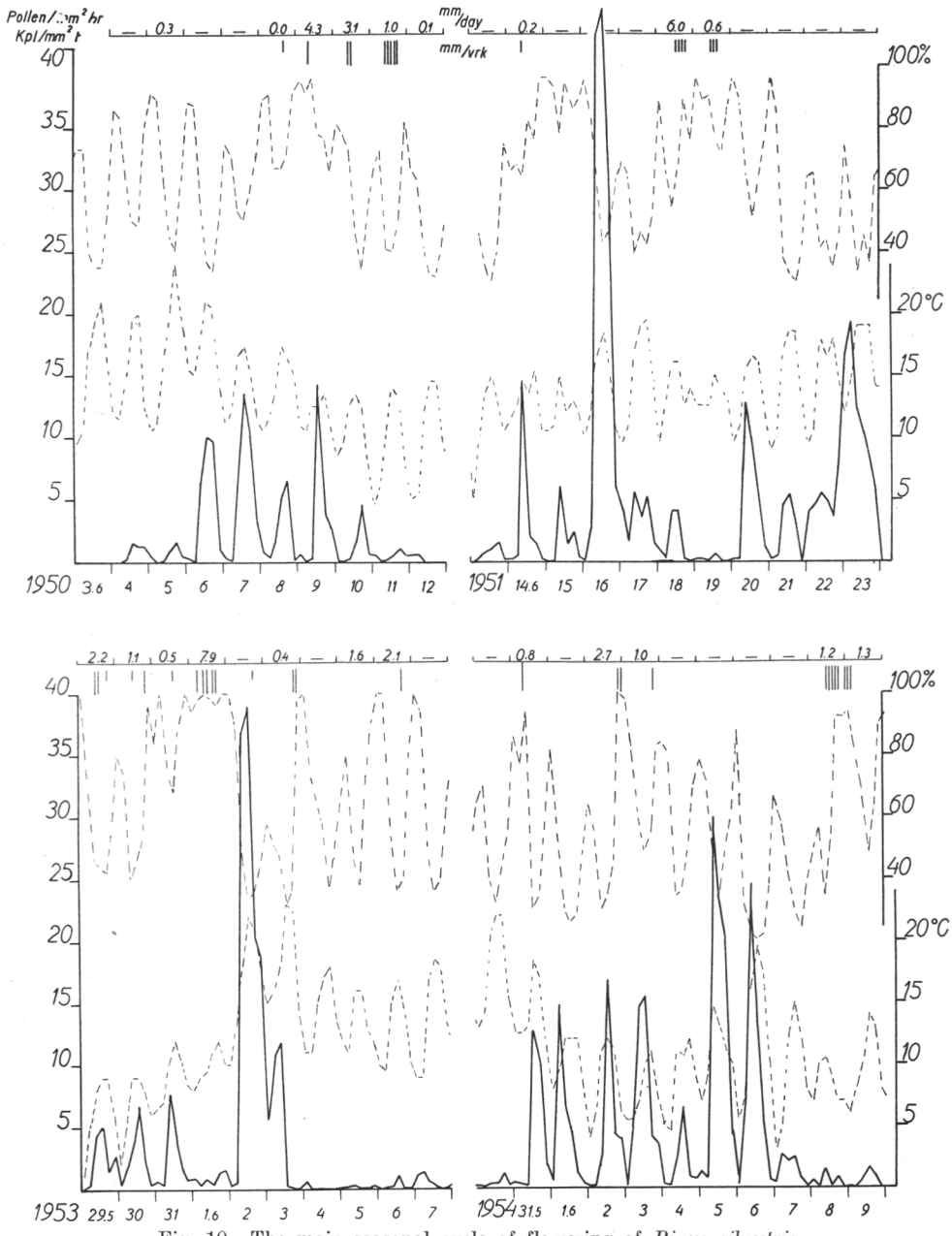


Fig. 10. The main seasonal cycle of flowering of *Pinus silvestris*.
Kuva 10. Pinus silvestris'in siitepölyn leviämisen vuotuisen jakson pääosa.

data on the diurnal mean temperature during flowering are included in Table 1 (Central Meteorological Institute, Ilmala St.). The mean temperature is computed as the mean of recordings made at 08 00 and 20 00 hours.

The interdependence of the course of flowering and climatic factors appears more markedly still from Figs. 7—10, in which the pollen catch is illustrated by 4-hourly readings and in which are also given the temperature and humidity readings for the corresponding time of a self-recording thermohygrograph placed in the flowering zone of the trees.

Rains, both heavy and light, fell in several years during the flowering season. Rains are recorded in Figs. 7—10 at the top edge of each diagram. The figures refer to diurnal precipitation, and the exact hours of rainfall are indicated by vertical lines, small showers with short dashes and heavy showers with long dashes. It is somewhat surprising to find that rain does not seem to have affected the general course of flowering, at least not markedly. Admittedly rain has often delayed the start of flowering or interrupted the spread of pollen for a time, but as a rule its influence cannot have been perceptible enough to turn a potentially good flowering year into a poor year. This is probably due to the fact that the release of pollen from male flowers is discontinued during rain and only resumed once the moisture has evaporated from the flowers. Apparently, however, rains destroy some of the pollen temporarily caught in open pollen sacs of the anthers, in flowers and in tree canopies which in dry weather still might participate in pollination; but the amount of pollen thus destroyed seems to be relatively small. For instance, when the pollen sacs of the anthers spring open under the influence of their cohesion mechanism they generally are, it has been observed, immediately exhausted.

It may be mentioned, further, that night frosts have occurred during the birch flowering season, and temperatures as low as −1 — −2°C have been recorded at the canopy level. These frosts do not seem, either, to have appreciably affected the general course of flowering (cf. also S a r v a s 1952, pp. 16 and 9).

It was concluded above that many features of the seasonal cycle of flowering are closely dependent on the climatic conditions of the flowering season. On the other hand, it must be said that the biggest distinctions emerging from a comparison of the different years, e. g. the differences in the height and amplitude of the seasonal peak, do not seem to find an adequate explanation in the weather conditions of the flowering season. Evidently the factors governing the number and quality of flower buds have the greatest influence on the general picture of flowering. These factors are partly »internal», due to the periodicity of flowering peculiar to each species, and partly dependent on the climatic conditions of the summer in which the flower buds form.

Diurnal cycle of flowering

The diurnal cycle of flowering was studied by registering samplers in connection with the study of the seasonal cycle. The drawbacks of the vertical position of the measuring surface, to which reference was made in discussing the seasonal cycle are thus seen also in the results of the studies of the diurnal cycle.

The diurnal cycle of the pollen spread of the tree species under review is illustrated in Table 2. This compilation includes three days of maximal pollen spread in each year of investigation. The material on *Betula verrucosa* dates back to 1946—52, 1954, that on *B. pubescens* to 1947—53, on *Picea abies* to 1951, 1953—54 and on *Pinus silvestris* to 1950—51, 1953—54. The results were read at 4-hour intervals. In the same table are combined data on air temperature and relative humidity during the days involved. These data were obtained from the self-recording thermohygrographs placed in the flowering zone of the trees, as described earlier.

Table 2. The diurnal cycle of flowering. Each of the years is represented by three days of maximal pollen catch. Betula verrucosa years 1946—52, 1954, Betula pubescens years 1947—53, Picea abies years 1951, 1953—54, and Pinus silvestris years 1950—51, 1953—54.

Taulukko 2. Kukkimisen vuorokautinen jakso. Kultakin vuodelta kolmen pölytyksensä puolesta maksimaalisen vuorokauden havainnot. Betula verrucosa v. 1946—52, 1954, Betula pubescens v. 1947—53, Picea abies v. 1951, 1953—54 ja Pinus silvestris v. 1950—51, 1953—54.

Object of measurement *Mittauksen kohde*	Hour — *Kelloaika*						Together or mean *Yhteensä tai keskimäärin*
	0—4	4—8	8—12	12—16	16—20	20—24	
				Betula verrucosa			
% of total pollen catch — % *koko pölytyksestä*	3.5	9.1	22.7	30.9	29.6	4.2	100
Mean temperature, +°C — *Keskilämpötila, +°C*	7.0	7.8	13.1	14.7	13.6	9.3	10.9
Relative humidity, % — *Suhteellinen kosteus, %*	70	71	49	42	45	63	57
				Betula pubescens			
% of total pollen catch — % *koko pölytyksestä*	5.0	11.1	22.8	26.8	26.8	7.5	100
Mean temperature, +°C — *Keskilämpötila, +°C*	7.5	7.7	12.0	13.5	13.7	10.0	10.7
Relative humidity, % — *Suhteellinen kosteus, %*	77	77	57	47	44	58	60
				Picea abies			
% of total pollen catch — % *koko pölytyksestä*	1.3	3.0	54.1	30.5	11.1	—	100
Mean temperature, +°C — *Keskilämpötila, +°C*	8.7	9.9	16.7	18.1	17.5	12.0	13.8
Relative humidity, % — *Suhteellinen kosteus, %*	79	69	40	35	40	61	54
				Pinus silvestris			
% of total pollen catch — % *koko pölytyksestä*	5.7	9.9	29.8	29.1	17.6	7.9	100
Mean temperature, +°C — *Keskilämpötila, +°C*	10.3	11.5	16.1	17.5	16.6	12.1	14.0
Relative humidity, % — *Suhteellinen kosteus, %*	83	71	51	43	47	62	60

A feature common to all tree species is the very marked diurnal periodicity of the spread of pollen. In the cool and relatively humid hours of the night the spread of pollen is practically at a standstill. Pollen spread begins gradually between 06 00—08 00 hours, reaches a strong peak either in the morning or afternoon and declines again for the night to almost nil.

The tree species seem to reveal some difference in the temporal location of the diurnal peak. With *Betula verrucosa* the peak comes in the afternoon at approx. 15 00 hours, with *B. pubescens* earlier, at approx. 13 00 hours, with *Picea abies* in the morning between approx. 09 00—10 00, and with *Pinus silvestris* also in the morning though later (at approx. 11 00 hours) than with spruce. Apparently these differences between the tree species are partly due to internal factors, partly also to the difference in the flowering dates of the different tree species. *Betula verrucosa* flowers in the early spring when nights and early mornings are cold and the air temperature rises relatively high only after noon. When the *Picea abies* flowers spring is more advanced, the nights are warmer and the air temperature is relatively high before noon. The same applies to an even greater degree to *Pinus silvestris*.

Hence there is great uniformity between the diurnal cycle of *Betula verrucosa* and *B. pubescens* pollination and the diurnal cycle of air temperature. For the *Picea abies* and *Pinus silvestris* which flower later the uniformity is no longer as firm.

Abundance of flowering in different years

The absolute amount of pollen catch was measured, as reported earlier by globe samplers. As the installation of the samplers, changing of globes and examining of results is fairly laborious work it was not possible in practice to install as many samplers as desirable in each stand. It should also be borne in mind that the samplers and sampling methods developed year by year as the investigations continued. In the measurements of the early years therefore there are many defects which could be avoided later. In spring 1954 there were 2 globe samplers in both the *Betula verrucosa* and *B. pubescens* stands, 5 in the *Pinus silvestris* stand and 4 in the *Picea abies* stand. In the earlier years a total of 2 globe samplers was placed in each stand.

The measurements read from the globe samplers are shown in Table 3. A number of the measurements, the earlier, were made with globes 6 cm in diameter; the globes used later were 3 cm in diameter. As it seems that the measurements with the two sizes of globe are not fully comparable the results read from the 3 cm globes are entered in italics in Table 3.

Table 3. The absolute amount of pollen catch during different years. In italics, the results measured with 3 cm diameter globes; other results measured with globes 6 cm in diameter. The figures in brackets are uncertain in that rain has somewhat disturbed measuring.

Taulukko 3. Pölytyksen määrä eri tutkimusvuosina. Kursiivilla painetut tulokset mitattu 3 cm:n läpimittaisilla palloilla, muut 6 cm:n läpimittaisilla. Sulkeihin merkityt luvut sikäli epävarmoja, että sateet päässeet haittaamaan mittausta.

Tree species *Puulaji*	Year — *Vuosi*					
	1949	1950	1951	1952	1953	1954
	Pollen/sq mm — *Siitepölyä kpl/mm²*					
Betula verrucosa	3	125	25	5	45	*149*
Betula pubescens	2	65	35	11	*57*	*219*
Larix sibirica	·	·	·	·	*21*	*14*
Picea abies	(1)	(2)	(17)	(7)	*68*	*178*
Pinus silvestris	·	·	·	·	*252*	*310*

As is generally known, the abundance of forest tree flowering varies considerably in different years. This is clearly reflected in Table 3 (cf. also Table 1). However, the tree species differ on this point. The differences seem smallest for *Pinus silvestris*, biggest for *Picea abies*. With birch species the difference in the abundance of flowering between different years is considerable but not as marked as with *Picea abies*. Observations on *Larix sibirica* are so few to date that no clear picture can be obtained of the recurrence of its flowering years.

The present investigation also shows that there are differences in pollen catch characteristic of the species. The year 1954, a good or exceedingly good flowering year for most of the tree species, is highly illustrative of this point. *Pinus silvestris* gave the most profuse catch although 1954 was evidently not the most profuse flowering year for pine (cf. Table 1). *Pinus silvestris* is followed by *Picea abies* and birch, which represent approximately the same size class. As 1954 was a good flowering year for *Picea abies* and *B. pubescens* and only medium good for *B. verrucosa* it is obvious that the average catch of birch pollen must be taken to exceed that of spruce pollen. *Picea abies*, therefore, would seem to yield the poorest crop of pollen among the most important forest trees in Finland. The couple of years during which the pollen catch of *Larix sibirica* was studied indicate that the average pollen crop of the Siberian larch is lower still than that of *Picea abies*.

Some earlier investigations suggested a similar size order of pollen catch for the different tree species. The results reached especially by D e n g l e r and S c a m o n i (1944, p. 146) concur well with those presented here.

On the basis of Table 1 and previously published investigations on birch (S a r v a s 1952) it can be estimated that the weight of the year 1954 (for *Betula pubescens*, 1953) in the mean of all the investigation years is, by tree species: *B. verrucosa* 112 (when the mean pollen catch of *B. verrucosa* in 1946—54 is taken at 100), *B. pubescens* 49 (the mean for 1947—53 = 100) and *Pinus silvestris* 112 (the mean for 1950—51, 1953—54 = 100).

From this we can estimate approximately (cf. Table 1, year 1954 and for *B. pubescens* year 1953) the pollen catches of the tree species in the pure stands of the area under review, using globes of 3 cm in diameter as samplers: *Betula verrucosa* 134, *B. pubescens* 116, *Picea abies* 94 and *Pinus silvestris* 278 pollen grains per sq mm. However, what was previously said of the stands under review should be recalled here: the *Betula verrucosa* and *B. pubescens* stands are very small in area, some 0.2 ha each, whereas the *Pinus silvestris* stand and the *Picea abies* stand are integral parts of forests of several hectares and homogeneous in tree species. For this reason the figure for the mean catch of the birches must perhaps be considered somewhat too low compared with that of the coniferous trees.

Among the earlier investigations into the pollen catch of forest trees, that by D e n g l e r and S c a m o n i (1944) in the first place offers possibilities of comparison. Although the sampling methods differ considerably, the fact that in the present investigation the absolute pollen catch is computed per sq mm of the large circle of the globes makes the results comparable to some extent. It is of interest to find that in 1931, in the tower of Eberswalde, which is primarily comparable with the pine stand of the present investigation, D e n g l e r and S c a m o n i measured 282.91 pollen grains per sq mm (p. 146). In other words, they found an amount almost the same as the computed mean of four years in the present investigation in the neighbourhood of Helsinki.

The study of the seasonal course of pollen spread revealed that the great divergences in different years are evidently due to internal factors, and in addition to the extrinsic factors which influence the situation by the time of the buds specializing into vegetative and flower buds. The same, broadly speaking, applies to the total amount of pollen catch. However, climatic conditions during the flowering season may have a somewhat more perceptible influence on the total pollen catch than on the general course of flowering. For instance, rain during the best flowering season, slight showers even, always destroys some pollen but without affecting appreciably the general course of flowering.

In addition to rain, insects may destroy pollen of forest trees. *Elasmucha grisea* L. and *Argyresthia goedartella* L. especially inflict considerable injuries on the male catkins of birch. To study the extent of the destruction, samples of catkins falling to the ground after flowering were collected in the

funnels used to examine the seed crop in the late summer (cf. S a r v a s 1952, Fig. 4). In the summer of 1953 57 per cent of all the male catkins shed in the *Betula verrucosa* sample plot and in the summer of 1954 50 per cent of them were so damaged that they had dried up before flowering. In the *B. pubescens* sample plot the catkins thus destroyed amounted to 86 per cent in 1953 and 38 per cent in 1954. In these two years for which detailed observations are available approximately half the total pollen of birch had thus been destroyed by insects. In poor flowering years for birch the proportional destruction seems to be greater still.

Flowering and quality of seed crop

Betula verrucosa and *B. pubescens*

In the investigation into birch flowering published earlier (S a r v a s 1952, p. 29) it could be shown that a very close correlation exists with birch between the abundance of flowering and the quality of seed: the more profuse the pollination, the higher the percentage of filled nutlets. An equation was written for this correlation; its graph is shown in Fig. 11. In the same figure are combined the empirical results reached during the years of the investigation in the *Betula verrucosa* and *B. pubescens* stands.

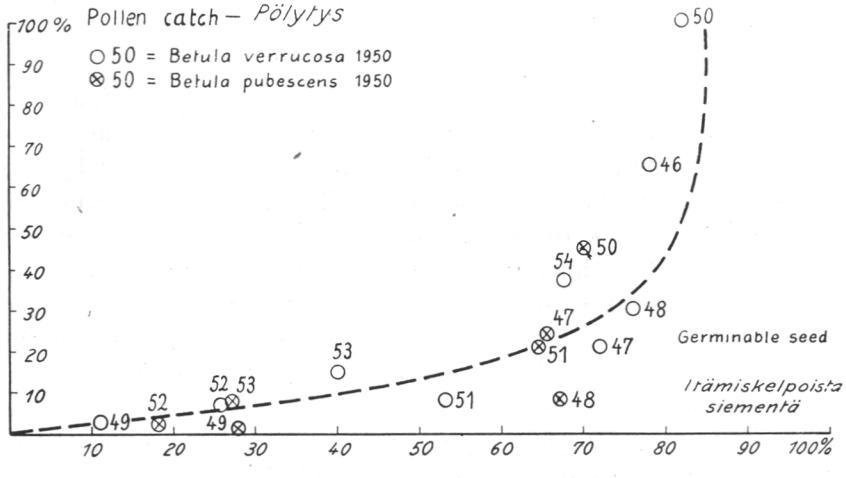


Fig. 11. The dependence of the percentage of germinable birch seed on the total amount of the pollen catch.

Kuva 11. Koivun itämiskelpoisten pähkylöiden sadanneksen riippuvaisuus pölytyksen runsaudesta.

The horizontal axis of the graph shows the percentage of filled seeds in the total seed sample collected at random by the seed-trap in the sample stand, and the vertical axis the relative pollen catch. In computing the latter, the relative amounts calculated from the results obtained by the registering samplers have been used, giving the amount measured in the *Betula verrucosa* stand in 1950 the value 100 (Table 1, p. 12, and S a r v a s 1952, Table 4, p. 17). The results obtained by the globe samplers would naturally have suited the purpose better but they only go back to 1949 and, in addition, are based on measurements made by two different globe sizes, measurements which are probably not directly comparable. On the other hand, it was concluded above that the results obtained by the registering samplers illustrate the total catch of light-weight birch pollen relatively well, better than e. g. that of coniferous trees.

The measuring results of 1952—54, now added to Fig. 11, are seen in Table 4.

Table 4. The investigation results for the pollen catch and seed quality of birch during 1952—54.

Taulukko 4. Yhdistelmä koivun siitepölysatoa ja siemenen laatua koskevista tutkimustuloksista vuosilta 1952—54.

Tree species — *Puulaji*	Year — *Vuosi*		
	1952	1953	1954
	%		
The relative amount of pollen catch — *Pölytyksen suhteellinen määrä*			
Betula verrucosa	7	15	37
Betula pubescens	2	8	·
The percentage of filled seeds — *Täysien siementen sadannes*			
Betula verrucosa	26	40	68
Betula pubescens	18	27	69

In the earlier investigation of birch alone it was pointed out that the results of measurements made were well in keeping with the theoretically derived curve. Fig. 11 now shows that the new measuring results obtained in 1952—54 and plotted in this diagram, also show a good concurrence with the curve.

This lends added certainty to the conclusion that with the two arborescent birch species in Finland, *Betula verrucosa* and *B. pubescens*, the percentage of filled seeds which largely determines the quality of the ripened seed shed from the trees, is practically exclusively dependent on the pollination of the female flowers during the flowering season and thus on the total amount of pollen catch.

Picea abies

Investigations into the dependence of seed quality on flowering conditions cover a shorter period for the coniferous than for the deciduous trees, and the difficulties of methodics also seem greater.

Let us consider the spruce first. A parthenocarpic tree species (cf. H u m m e l 1930, A n d e r s s o n 1947, pp. 12—13), the formation of its seed crop has many common features to that of birch.

The year 1954, when the pollen catch of spruce was exceptionally profuse, offers a good starting-point.

In spring 1954, more exactly on May 28, 1954, at 22 00 hours, fairly immediately after the flowering peak (cf. Table 1, p. 12), female flowers were taken from the very stand in which the catch of pollen had been measured (cf. p. 11); they were examined in the laboratory under a dissection microscope [1]). All the ovules of the middle parts of the flowers revealed plenty of spruce pollen grains in the micropyle. The lowest amount counted was 8, the highest 40. For the latter amount there was not room inside the micropyle. The mean of pollen grains per micropyle was 19.3 ± 1.5. Pollination of the ovules had thus been very complete. However, it must be noted that some of the pollen might have derived from the tree's own male flowers, some perhaps been for some reason incapable of germination or maybe otherwise unable to fertilize just that particular mother tree.

There is good reason here to look at the surprisingly effective system by which the pollen grains collect at the mouth of and inside the micropyle. The details are evidently not known yet, but it seems that the pollen grains, air-borne to the flower, glide smoothly along the surfaces of and chutes formed by ovulate scales and cover scales to the micropyle. An illustrative picture can be obtained from the artificial pollination of a flower. An indication of the effectiveness of the system is that although the micropyles were overloaded with pollen grains in spring 1954, practically no pollen was observed elsewhere, e. g. caught on the ovulate or cover scales. The effectiveness of this pollination system deserves special attention as the flower of coniferous trees, known to be primitive compared with the angiosperms, might otherwise easily give rise to the assumption that pollination is poor in effect because of the low degree of organization of the flower.

A result of such effective pollination is that seed of good quality, i. e. containing but few empty seeds, can be expected.

In the autumn of 1954, after spruce cones had ripened and cone samples were collected from the stand under review, these expectations were ful-

[1]) As some pollen was shed after this too, (cf. Table 1, p. 13) it would of course have been better to take the samples later. However, this involved the risk of being unable to distinguish the pollen grains due to changes that had occurred in them. For instance, 4—5 days after the start of flowering it proved difficult to count the pollen grains.

filled. 76 per cent of the seeds were filled, 24 per cent empty. It is a known fact that spruce seed, taking the average for several years, contains a considerable percentage, some 50—60 per cent, of empty seeds (H e i k i n h e i m o 1937, pp. 26 and 67); thus the 1954 crop must be considered one of really high quality.

On the other hand, in spite of the remarkably complete pollination, even the 1954 seed crop contained empty seeds. The cause of this phenomenon evidently cannot be incomplete pollination. A partial solution was found in spring 1954 from a study of the female flowers of spruce. It was found then that the scales at the base of the female flowers are sterile, only gradually becoming fertile as we move up the flower. Between the completely sterile and the fertile scales, then, there remains a zone in which initial development stages of ovules, while they are found at the base of the ovulate scales, are so incompletely developed as a rule that it is organically impossible for them to become pollinated, let alone develop into normal seeds. Later, in the autumn, a study of this part of the cones revealed that the majority of these incompletely developed ovules only form a seed wing (an average of approx. 19 per cent of all the ovules of the cone, computed from cones taken from 16 different tree individuals in different localities in Southern Finland), but hardly anything seed-like at all at its base. Some, however, primarily those close to the normal ovules, develop into seeds normal in external appearance but empty. For the same reason a few empty seeds are usually found at the tip of the cone too. This, therefore, is one factor responsible for the occurrence of empty seeds. A study of cone samples from the abovementioned 16 tree individuals in different localities showed that the average percentage of these seeds remaining empty for so to say organic reasons is approx. 7 of the total seed crop.

Empty seeds, however, occur in the middle part of the cone too. So far it has been difficult to find any reliable explanation for this. It may be assumed, of course, that some of the ovules, for one reason or another, are so defective that they cannot produce filled seed. It might also be perhaps that participation of the tree's own pollen or pollen incapable of fertilization for one reason or another may cause failures in the fertilization.

Pollination of ovules was studied also in 1951 and 1953.

In the spring of 1951 the flowering of spruce, observed by the naked eye, was considerably weaker than in spring 1954. Female flowers in particular were much fewer. According to measurements made (Table 1) the total catch of pollen was nevertheless nearly the same as in 1954. This is admittedly based only on results obtained by registering meters, instruments highly sensitive to wind conditions etc. and specifically uncertain for spruce. (The globe meter measurements were ruined by rain as the protective cover

had still to be developed in 1951). Female flowers under the dissection microscope on June 7, 1951, immediately after the peak of flowering, showed only 3 per cent of completely pollen-free ovules. An average of 7.9 ± 1.0 pollen grains per ovule had accumulated in the micropyles. According to a seed crop sample taken in November 1951, 24 per cent of the seeds were empty.

In spring 1953 the pollen catch of spruce in the sample stand was approx. 30 per cent of the catch of 1954 (cf. Table 3, p. 24). Immediately after flowering (May 26) 37 per cent of the ovules in the female flowers were found to be completely without pollen. The average number of pollen grains per ovule was 1.5 ± 0.2. A random sample taken in the winter showed that 51 per cent of the seeds were empty.

The tentative and in many respects incomplete studies reported above have shown that the optimal pollen catch of spruce, e. g. that of spring 1954, suffices in pure stands to pollinate practically all the ovules. If, again, the catch is markedly poorer than this maximum a number of the ovules are not pollinated. For this reason, as unpollinated ovules develop empty seeds, an inadequate catch of pollen must be considered as usually being the most important factor responsible for the often very high percentages of empty spruce seed.

This conclusion, based primarily on the study of flowering, is supported by many observations in the field. They have shown that the percentage of empty spruce seed is highly dependent on the position of the tree in relation to other spruce individuals and especially on the species composition of the stand. The more numerous the other tree species mixed in the stand the higher is the empty seed percentage. These studies will be discussed in greater detail in another context.

The dependence of the percentage of empty seed on the catch of pollen can be studied more closely only by extensive, detailed investigations into the catch of pollen and quality of the seed crop; the material of the present investigation does not suffice for the purpose.

In a discussion of the quality of spruce seed crop, insect and fungal damage also deserve special attention. Their great importance as factors reducing the quantity of the crop is generally known (cf. K a n g a s 1940, R u m m u k a i n e n 1954), but the question of their possible influence on the quality of the crop has not been so widely studied. Admittedly this question is only partly related to the present investigation. The problem is the extent to which this damage influences the occurrence of empty seeds in the spruce seed crop.

In the spruce cones examined in the present investigation, defects caused by insects were plentiful in several years. Damage by *Dioryctria abietella* Schiff. and *Laspeyresia strobilella* L. has been strikingly common. To obtain

as accurate a picture as possible of the effect of this damage a large number of cones from different trees were picked apart scale by scale, and each seed was examined separately from base to tip of the cone. It turned out that *Dioryctria abietella* usually destroys fairly thoroughly a certain part of the cone, including seeds, but that the effect of this destruction in the closest parts of the cone is seen primarily in the small size of the seeds. Empty seeds in the vicinity of the parts where destruction is found do not seem appreciably more numerous than elsewhere in the cone. *Laspeyresia strobilella* wreaks less havoc. The larva moves in the central tissue of the cone piercing the basal parts of the scales, and at the same time eats seeds. It seems to proceed through the seeds from one end to another filling them with its excretions. Such seeds, containing dust and resin, are thus not referred to the category of empty; in seed inspection they are usually classified as »hard». It therefore seems as if the insect damage discussed above plays no very great part in the formation of empty seeds.

Pinus silvestris

As regards the problems connected with the formation of seed crop, pine is essentially different on a couple of points from spruce: the pine cone develops biennially, and the pine is not, at least not to the same extent, parthenocarpic like the spruce (cf. e. g. D e n g l e r 1932, pp. 531—534). Due to the longer time the cone takes to form, climatic conditions over a correspondingly longer period of time affect its development. The more limited parthenocarpy, obviously a higher developmental stage of organization, means also that the effect of pollination on the quality of seed crop is reduced as unpollinated ovules do not always develop into empty seeds even.

The study of the correlation between the flowering conditions and seed crop quality of pine is still more incomplete than that of spruce. The following observations, however, shed some light on this correlation.

In spring 1951 pine flowered well in the Ruotsinkylä sample stand, apparently better than in any of the years of the present investigations (1950—54, cf. Table 1, p. 12). Climatic conditions for flowering seemed to be favourable too: no rain fell on the day of the peak of flowering, nor the day before or the day after (cf. Fig. 10). Immediately after the peak of flowering (June 20) female flowers were collected for laboratory examination. The dissection microscope showed that the micropyles of the ovules contained an average of 5.1 ± 0.7 pollen grains. 0.6 per cent of the ovules were completely pollen-free.

Cone samples were taken from the same stand March 18, 1953. Examination for seed quality showed an average of 27 per cent to be empty. The average number of seeds per cone was 16.

In the spring of 1952 the observation of pine flowering failed because the mechanism of the registering sampler stopped in the middle of the best flowering time. Other observations on flowering, however, indicate that the flowering was at least medium-good or perhaps slightly better. Climatic conditions during flowering were not particularly good, rain interrupting the flowering several times. The examination of the seed crop from this flowering showed that empty seeds averaged 27 per cent of the total seed crop. The number of seeds per cone averaged 28.

In the spring of 1953 the flowering of pine was medium good (cf. Table 1, p. 13, and Table 3, p. 24). Both before and after flowering there was fairly copious rain, but a couple of the best flowering days (June 2 and 3) were almost rainless. (By the evening of June 3, however, rain had started to fall, cf. Fig. 10). The same spring (June 5) the ovules of a small castrated pine at Ilmala were examined. It was found that, in spite of their somewhat isolated location and lack of self-pollination, they had received 2.7 ± 0.4 pollen grains per ovule. Two per cent of the ovules had remained completely without pollen. Against this background it seems probable that the ovules of the female flowers of pine in the Tuusula sample stand too had been satisfactorily pollinated.

Cone samples were taken December 21, 1954. The trees had few cones, and those they had were strikingly small. A closer examination showed that 27 per cent of the seeds were empty. The number of seeds per cone was 25. The crop, according to the seed-trap yield, was 22 seeds per sq m; 9 per cent empty.

The above observations show that the dependence of pine seed quality on flowering conditions is less distinct than that of birch or spruce seed. It seems that the amount of empty seeds can reach considerable levels even when flowering is attended by favourable climatic conditions, when pollen measurements show quite high pollen catch values and when plenty of pollen is found in the micropyle of the ovules immediately after flowering. In addition, the present investigation, like many previous investigations (cf. e. g. Heikinheimo 1932, 1937 and 1938), has shown that pine averages a much smaller proportion of empty seed than spruce and that the annual variations in this proportion are smaller than with spruce. This may be due to the larger average pollen crop of pine and to its greater uniformity from one year to another; but it is also due perhaps to the slighter parthenocarpy of the pine.

Main results of the investigation

The main purpose of the present investigation was to study the effect of the course of flowering on the amount and quality of the seed crop. With this end in view, as accurate data as possible were collected on the course of flowering in certain selected single-species stands and of the quality of the seed crop over the course of a few years.

In the study of flowering attention was focused on male flowering, its diurnal and seasonal cycle, and on the total pollen catch during the flowering season.

A registering sampler developed previously was employed in the study of the diurnal and seasonal cycle to observe the pollen spread. The globe samplers employed previously, were modified to give automatic protection against rain, and used to measure the total pollen catch.

The investigations into the seasonal cycle of flowering revealed that the many features of the cycle are closely dependent on the climatic conditions of the spring. This applies in particular to the start of the seasonal cycle, its duration and position of the peak, all closely dependent on the temperature in particular. Strong winds may accelerate the course of pollen release and rain may interrupt it for a period. But rain seems to have less effect than has often been assumed. In addition, it was found that the greatest divergences observable in the course of the seasonal cycle in different years, in one and the same stand even, are due in most cases either to internal factors or to external factors affecting the development of the buds, and not to the climatic conditions of the flowering season.

In the study of the diurnal cycle, the great variation between day and night attracted special attention. During the night, pollen spread is reduced to a minimum with all tree species. It begins to rise in the morning. With birches the diurnal cycle only reaches a peak after noon, but with coniferous trees often in the morning between 08 00 and 10 00 hours. Such a diurnal pollen spread cycle indicates close dependence on the thermal factors of the air.

Great differences exist in the total pollen catch from year to year. The cause of these differences is a problem outside the scope of the present investigation, but it was concluded that the tree species play a role. The divergences in different years seemed smallest in the *Pinus silvestris* pollen catch, greatest in that of *Picea abies;* birches assumed an intermediate position.

The different tree species seem to differ also in the average crop of pollen. The pine evidently gives the greatest catch. Over four years, 278 pollen grains per sq mm was the average pollen catch for pine according to globes 3 cm in diameter. Spruce had the lowest average catch of pollen of the

tree species included in the present investigation; it was only 94 grains per sq mm. Birch lies between pine and spruce. The average pollen catch of *Betula verrucosa* over a period of 9 years was 124, of *B. pubescens* (7 years) 116 grains per sq mm.

The following findings were made as regards the seed crop quality of the tree species under review.

With birch, both *Betula verrucosa* and *B. pubescens*, the large proportion of empty seeds is the major factor detracting from seed crop quality. The present investigations corroborate the earlier finding that the principal factor responsible for the seeds remaining empty is the lack of fertilization due to incomplete pollination. An equation has been formulated and a diagram drawn showing the dependence of empty seed percentage on pollination. The new results of the present investigations comply well with this diagram.

In the seed crop of spruce too, at least in the southern half of Finland, the high number of empty seeds is usually the principal factor reducing seed quality. The formation of empty seeds, with spruce too, seems to be due mainly to incomplete pollination, though other factors too seem to have more weight than with birches. The material collected for the present investigation, however, is too limited for a more detailed description of this correlation.

The seed crop of pine in the southern half of Finland is generally qualitatively better than that of birch and spruce; the amount of empty seeds is smaller and the annual variations less marked. It was not possible in the present investigation to come to a final conclusion on the factors having the most decisive effect on the quality of pine seed, but it seems highly probable that the periodicity of flowering years due to internal factors and the climatic factors affecting the development of flower buds are of great importance, greater than e. g. the climate of the flowering season.

Literature

Andersson, Enar. 1947. Pollen and seed setting studies of an asyndetic spruce and some normal spruces; and a progeny test of spruces. Svensk papperstidning, nr. 4—7.

Dengler, Alfred. 1932. Künstliche Bestäubungsversuche an Kiefern. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

Dengler and Scamoni. 1944. Über den Pollenflug der Waldbäume. Zeitschrift für das gesamte Forstwesen. Berlin.

Fielding, J. M. 1947. The seeding and natural regeneration of Monterey pine in South Australia. Forestry and Timber Bureau, bulletin no. 29. Canberra.

Heikinheimo, Olli. 1932. Metsäpuiden siementämiskyvystä. I. Referat: Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume. I. Comm. Inst. forest. Fenn. 17.

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

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

Hummel, O. 1930. Aus der Biologie des Samentragens der Waldbäume. Einiges über Parthenokarpie und Parthenospermie. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

Ilvessalo, Yrjö. 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Referat: Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. II Reichswaldabschätzung. Summary: The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second national forest survey. Comm. Inst. forest. Fenn. 30.

Kangas, Esko. 1940. Kuusen käpytyhot ja siemensato v. 1937. Referat: Zapfenschäden und Samenertrag bei der Fichte im J. 1937. Comm. Inst. forest. Fenn. 29.

Rempe, Helmut. 1937. Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. Planta, 27. Band.

Rummukainen, Ukko. 1954. Eräiden kuusenkäpytuholaisten esiintymisestä eri leveysasteilla. Referat: Über das Auftreten einiger Zapfenschädlinge der Fichte auf verschiedenen geographischen Breiten in Finnland. Comm. Inst. forest. Fenn. 42.

Sarvas, Risto. 1952. On the flowering of birch and the quality of seed crop. Selostus: Koivun kukkimisesta ja siemensadon laadusta. Comm. Inst. forest. Fenn. 42.

Tutkimuksia metsäpuiden kukkimisesta ja siemensadon laadusta

Suomenkielinen selostus

Tutkimusten päätarkoituksena on ollut selvittää, mikä vaikutus kukkimistapahtuman kululla on siemensadon määrään ja laatuun. Tähän päämäärään on pyritty hankkimalla tietyissä tutkimuksen kohteeksi valituissa yhden puulajin muodostamissa metsiköissä mahdollisimman tarkka selvitys kukkimisen kulusta ja sen tuloksena muodostuvan siemensadon laadusta muutaman tutkimusvuoden aikana.

Kukkimistapahtuman tutkimisessa on mielenkiinto kohdistunut erityisesti hedekukkimiseen, sen vuorokautiseen ja vuotuiseen jaksoon sekä kukkimisaikana tapahtuneeseen pölytyksen kokonaismäärään.

Pölytystapahtuman seuraamista varten on jo aikaisemmin kehitetty rekisteröivä, mittari, jota on käytetty vuorokautisen ja vuotuisen jakson selvittelyssä. Pölytyksen kokonaismäärän selvittelyä varten aikaisemmin käytettyjä pallomittareita on edelleen kehitetty siten, että ne itsestään suojautuvat sateella.

Kukkimisen vuotuista jaksoa koskeneet tutkimukset ovat osoittaneet, että jakson monet piirteet ovat läheisesti riippuvia kevään sääsuhteista. Tämä koskee varsinkin vuotuisen jakson alkamista, sen pituutta ja maksimin asemaa, jotka ovat läheisesti riippuvia varsinkin lämpötilasta. Kovat tuulet saattavat kiihdyttää pölytyksen kulkua ja sateet taas sen keskeyttää lyhyemmäksi tai pitemmäksi ajaksi. Kuitenkin näyttää sateiden vaikutus olevan vähäisempi kuin usein ehkä on otaksuttu. Lisäksi on todettu, että suurimmat erot, joita vuotuisen jakson kulussa on havaittavissa eri vuosina samassakin metsikössä, useimmissa tapauksissa johtuvat joko sisäisistä tekijöistä tai silmujen kehitykseen vaikuttaneista ulkoisista tekijöistä, eivätkä kukkimisajan sääsuhteista.

Vuorokautista jaksoa tutkittaessa on erityisesti kiinnittänyt huomiota suuri vaihtelu päivän ja yön välillä. Yöllä pölytys vähenee kaikilla puulajeilla minimiinsä, josta se aamulla alkaa kohota. Koivuilla vuorokautinen jakso saavuttaa maksiminsa vasta puolen päivän jälkeen, mutta havupuilla usein jo aamulla klo 8 ja 10:n välillä. Tällainen pölytyksen vuorokautinen jakso osoittaa läheistä riippuvaisuutta ilman lämpötekijöistä.

Pölytyksen kokonaismäärässä on eri vuosien välillä suuria eroja. Kysymys siitä, mistä nämä erot johtuvat, on pääosaltaan jäänyt tämän tutkimuksen ulkopuolelle, mutta kuitenkin on todettu, että se on myös puulajista riippuvaa. Vähäisimmät näyttivät erot eri vuosien välillä olevan männyn pölysadon runsaudessa, suurimmat kuusen, koivujen jäädessä näiden väliin.

Myös pölysadon keskimääräisessä runsaudessa näyttävät eri puulajit eroavan toisistaan. Runsassatoisin on ilmeisestikin mänty. Neljän vuoden keskiarvona on männyn keskimääräiseksi siitepölysadoksi saatu 3 cm:n läpimittaisia palloja mittareina käyttäen 278 siitepölyhiukkasta mm^2:iä kohden. Kuusella keskimääräinen pölysato on jäänyt nyt tutkituista puulajeista alhaisimmaksi nousten vain 94 hiukkaseen mm^2:iä kohden. Koivut jäävät pölysatonsa puolesta männyn ja kuusen väliin. Rauduskoivulla on keskimääräiseksi sadoksi saatu 9 vuoden keskimääränä 124 ja hieskoivulla 7 vuoden keskimääränä 116 kpl/mm^2.

Nyt puheena olevien puulajien siemensatoa tutkittaessa on voitu todeta eri puulajien kohdalla seuraavaa.

Koivulajeilla, sekä raudus- että hieskoivulla, on tyhjien siementen suuri osuus siemensadosta sen laatua eniten heikentävä tekijä. Nyt suoritetuilla tutkimuksilla on yhä voitu vahvistaa se jo aikaisemmin saavutettu tulos, että syynä siementen jäämiseen tyhjäksi on ennen muuta hedelmöityksen puuttuminen vaillinaisen pölytyksen johdosta. Aikaisemmin oli myös jo johdettu yhtälö ja piirretty diagramma, joka osoittaa tyhjäsiemensadanneksen riippuvaisuutta pölytyksen runsaudesta. Nyt suoritetuilla tutkimuksilla saavutetut uudet tulokset liittyvät hyvin tähän aikaisemmin esitettyyn diagrammaan.

Myös kuusen siemensadossa muodostaa ainakin Suomen eteläpuoliskossa tyhjien siementen runsaus siemenen laatua tavallisesti eniten alentavan tekijän. Tyhjien siementen muodostuminen näyttää kuusellakin johtuvan pääasiallisesti vaillinaisesta pölytyksestä, joskin muillakin tekijöillä ilmeisesti on enemmän vaikutusta kuin koivujen kohdalla. Nyt kerätty aineisto on kuitenkin vielä liian pieni tämän riippuvaisuussuhteen tarkempaan kuvaamiseen.

Männyn siemensato on Suomen eteläpuoliskossa yleensä laadullisesti parempaa kuin koivujen ja kuusen; tyhjien siementen määrä on pienempi ja vaihtelut eri vuosien välillä vähäisempiä. Nyt suoritetuilla tutkimuksilla ei ole voitu lopullisesti selvittää, mitkä tekijät vaikuttavat ratkaisevimmin männyn siemenen laadun muodostumiseen, mutta varsin todennäköiseltä näyttää, että sisäisistä tekijöistä johtuvalla kukkimisvuosien perioodisuudella ja kukkasilmujen kehitykseen vaikuttavilla säätekijöillä on suuri merkitys, suurempi kuin esim. kukkimisajan säätekijöillä.

LAADUN VAIKUTUS MÄNTYSAHATUKKIEN TEKOVAIKEUTEEN

VEIJO HEISKANEN

THE INFLUENCE OF LOG GRADE ON THE CUTTING DIFFICULTY OF PINE SAW LOGS

ENGLISH SUMMARY

HELSINKI 1955

Helsinki 1956. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat

Käsillä oleva työ liittyy osana metsäntutkimuslaitoksen metsäteknologian osastolla v:sta 1949 alkaen tehtyihin tutkimuksiin, joista kolme on jo julkaistu aikaisemmin (MTJ 44.1, 44.5 ja 45.1). Tutkimussarjan tarkoituksena on luoda tarpeellinen tausta mäntysahatukkien laatuluokitustyölle maassamme, ja siinä mielessä tullaan vielä ottamaan eräitä yksityiskohtia tarkastelun kohteeksi. Se liittyy siten myös valtion teknillisen tutkimuslaitoksen puuteknillisen laboratorion suorittamiin toistaiseksi julkaisemattomiin koesahaustuloksiin. Tutkimuksen tämän osan suoritukseen olen saanut v. 1949 apurahan E m i l A a l t o s e n s ä ä t i ö l t ä, josta lausun kunnioittavat kiitokseni. Tutkimusta suunniteltaessa ja käsikirjoitusvaiheessa olen saanut korvaamattomia neuvoja esimieheltäni prof. P a a v o A r o l t a, mistä haluan tässä yhteydessä esittää parhaat kiitokseni.

Lopuksi kiitän myös metsäteknologian osaston henkilökuntaa, joka on osallistunut tutkimustyöhön.

Helsinki, 15. 6. 1955.

Veijo Heiskanen.

Sisällysluettelo

Sivu

1. Johdanto ... 7
2. Tutkimusmenetelmä ... 9
3. Tutkimusaineisto ... 13
4. Tutkimuksen tulokset ... 15
   41. Laatuluokitus ja Vuoriston oksaisuusluokitus ... 15
   42. Laatuluokitus ja palkkaperustekomitean oksaisuusluokitus ... 18
   43. Aikatutkimukset ... 20
      431. Kaatamisaika ... 20
      432. Siirtymisaika ... 21
      433. Katkomisaika ... 21
      434. Muut ajat ... 22
      435. Karsimisaika ... 22
         4 351. Karsimisajan riippuvuus rungon koosta ... 22
         4 352. Karsimisajan riippuvuus tukin laatuluokasta ... 24
         4 353. Tyvitukin oksaisuusluokka karsimisajan kuvaajana ... 30
      436. Kuorimisaika ... 33
         4 361. Kuorimisajan riippuvuus rungon koosta ... 33
         4 362. Kuorimisajan riippuvuus kuoren paksuudesta ... 34
         4 363. Kuorimisajan riippuvuus tukin laatuluokasta ... 35
      437. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekoajat ... 39
   44. Laatuluokitus työvaikeusluokituksena ... 45
      441. Työvaikeusluokituksista ... 45
      442. Laatuluokituksen käyttömahdollisuudet ... 48
   45. Yhdistelmä ... 50

Kirjallisuusluettelo ... 51

Summary ... 55

1. Johdanto

Tärkein edellytys sahatukkien laatuluokituksen ja laatumaksutavan käytölle on eri laatuluokkiin kuuluvien sahatukkien arvosuhteiden tunteminen. Käsiteltäessä asiaa metsätalouden kannalta on tärkeintä saada tietää arvosuhteet metsässä. Niiden laskemiseksi on tunnettava sekä eri laatuisten tukkien arvosuhteet sahatavarana että niiden sahaus- ja hankintakustannuksissa mahdollisesti vallitsevat erot (vrt. Heiskanen 1951, 1954).

Nykyisen mäntysahatukkien laatuluokituksen (esim. Heiskanen 1950 a, 1950 b, 1954) pohjalta Siimes (1951, 1954) on selvittänyt eri laatuluokkien arvoa sahatavarana, vaikka lopulliset tulokset näistä tutkimuksista ovatkin vielä julkaisematta (vrt. myös Lappalainen 1949, Kauppinen 1951, Heiskanen 1954). Eri laatuluokkien välillä hankintakustannuksissa vallitsevat erot ovat sitä vastoin osittain selvittämättä. Tekijä (Heiskanen 1955) on käsitellyt uittoa ja yleensä kuljetuksia lyhyesti toisessa yhteydessä, mutta tekovaihe kaipaa vielä selvityksen. Sahauskustannuksissa erot eri laatuluokkien välillä ovat todennäköisesti vain teoreettiset, mutta nekin olisi syytä tutkimuksin selvittää.

Useissa puutavaran tekoa käsittelevissä aikatutkimuksissa on todettu, että oksaisuus on varsin tärkeä työajan menekkiin vaikuttava tekijä hakkuutöissä, kuten mm. monet kotimaiset tutkimukset osoittavat, (esim. Vuoristo 1933, 1934, 1936, Putkisto 1947, Tuovinen 1947, Makkonen 1947, 1949, 1950). Toisissa tutkimuksissa oksaisuuden vaikutus on saatu suuremmaksi, toisissa pienemmäksi riippuen oksaisuusluokituksesta, jota on käytetty. Sahatukkien hakkuun nykyisissä palkkaperusteissa erot eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien tekopalkoissa ovat myös sangen selvät (Metsätöiden .....).

Kun tiedetään, että oksaisuus on tärkein sahatukkien laatuluokkaan vaikuttavista tekijöistä (Lappalainen 1950, Kauppinen 1951, Heiskanen 1954), voidaan uskoa laatuluokan vaikutuksen ilmenevän myös hakkuutyössä. Laatuluokituksen pohjalta ei ole kuitenkaan missään tutkimuksissa selvitetty eri luokkiin kuuluvien tukkien tekovaikeutta, mutta Vuoristo (1935 a) on kosketellut asiaa ja toteaa, että sahapuiden hyvä laatu vaikuttaa voimakkaasti myös hankintakustannuksia alentavasti. »Mitä oksattomampia puut ovat, sitä pienemmät ovat tukkien tekokustannukset.

Erotus I ja III luokan tukkien tekotyössä on noin 40 % edellisen eduksi.» On kysymyksessä vain epätarkka arvio, joka kuitenkin osoittaa, että eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekokustannuksissa vallitsevat erot ovat huomion arvoisia (vrt. Heiskanen 1950 a), ja ne olisi tutkimuksin selvitettävä.

Esillä olevan tutkimuksen tarkoituksena onkin selvittää eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien tekokustannuksissa ja tekovaikeudessa vallitsevat erot. Laatuluokitusohjeet, joihin perustuen tutkimukset tehdään, on esitetty jo useissa eri yhteyksissä, joten niitä ei enää ole katsottu tarpeelliseksi julkaista (ks. Heiskanen 1950 a, 1950 b, 1954, 1955, Siimes 1951). Lisäksi tarkastellaan, mitä mahdollisuuksia on käyttää laatuluokitusta tai sen oksaisuusmääräyksiä oksaisuuden määrittämiseen työvaikeutta silmälläpitäen.

2. Tutkimusmenetelmä

Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekovaikeudessa tai - kustannuksissa vallitsevien erojen tutkimiseen voidaan käyttää kahta eri menetelmää.

1. Tutkimus voidaan tehdä nykyisiin palkkataulukoihin tai ennen tehtyihin aikatutkimuksiin perustuen ns. vertailevaa menetelmää käyttäen. Tällöin suoritetaan tutkimuksia palkkaperusteissa tai aikatutkimuksissa käytettyjen oksaisuusluokituksien ja esillä olevan laatuluokituksen välisen riippuvuuden selvittämiseksi. Saatujen tulosten avulla voidaan palkkataulukoista laskea eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekopalkat tai aikatutkimuksista niiden tekoon kuluvat ajat. Palkkataulukoiden avulla saataisiin siis heti selville nykyisin vallalla olevat suhteet eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekokustannusten välillä, jotka ovatkin käytännön kannalta tärkeimmät tietää.

Tämä menetelmä on suhteellisen helppo, mutta sillä on muutamia varjopuolia. Ensinnäkään ei voida olla varmoja siitä, ottavatko palkkaperusteet nykyisin oksaisuuden parhaalla mahdollisella tavalla huomioon (vrt. M a k k o n e n 1950). Epäilys vahvistuukin tarkasteltaessa palkkaperustetaulukoissa käytettyä V u o r i s t o n aikanaan laatimaa varsin ylimalkaista oksaisuusluokitusta (liite 2), johon perustuen siis määritetään tukkileimikoiden oksaisuus työvaikeutta silmälläpitäen. Se perustuu yksinomaan tukkiosan oksien maksimi- tai keskimääräiseen läpimittaan. Lisäksi tämä oksaisuusluokitus, josta esillä olevassa työssä käytetään nimitystä V u o r i s t o n o k s a i s u u s l u o k i t u s, on tarkoitettu kokonaisille metsiköille tai palstoille, vaikka se sopii myös yksityisille rungoille, kuten V u o r i s t o k i n (1933) sitä tutkimuksessaan käytti. Kolmantena vaikeutena on se, että riippuvuus V u o r i s t o n oksaisuusluokan ja laatuluokan välillä saattaa olla liian heikko osoittaakseen eri laatuluokkien todelliset eroavuudet tekovaikeudessa.

Koska esillä olevanlaisessa tutkimuksessa, jossa olisi pyrittävä myös käytäntöä välittömästi palveleviin tuloksiin, on saatava selville teoreettisten tulosten lisäksi todelliset suhteet eri laatuluokkien tekokustannuksissa, vaikka ne eivät olisikaan teoreettisesti oikeat, on kaikesta huolimatta tutkittu Vuoriston oksaisuusluokituksen ja laatuluokituksen välinen riippuvuus muutamissa leimikoissa tehtyjen mittausten avulla. Tulosten perusteella

on laskettu eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien suhteelliset tekopalkat nykyisissä olosuhteissa. Kun Makkonen (1950) on ehdottanut palkkaperustekomitean laatiman pinotavaraleimikoiden oksaisuusluokituksen (liite 2) otettavaksi käyttöön myös sahatukkien teon palkkaperusteita määrättäessä, on tarkasteltu tämänkin luokituksen ja esillä olevan laatuluokituksen välistä riippuvuutta viidessä eri leimikossa tehtyjen mittausten perusteella. Tästä oksaisuusluokituksesta käytetään nimitystä palkkaperustekomitean luokitus.

Tähän mennessä tehtyjä aikatutkimuksia mäntysahatukkien teosta ei voida käyttää apuna tässä tutkimuksessa, sillä niissä on käytetty jompaa kumpaa em. oksaisuusluokituksista. Vuoristo (1933) käytti aikatutkimuksissaan nykyistä palkkaperusteissa olevaa tukkileimikoiden luokitusta ja Makkonen (1949) puolestaan sovelsi sahapuillekin palkkaperustekomitean em. pinotavaraleimikoille tarkoittamaa luokitusta.

2. Toinen menetelmä, joka saattaa tulla kysymykseen, pyrkii selvittämään eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien teon työajanmenekin aikatutkimuksin. Sillä tavoin voidaan selvittää todelliset erot työvaikeudessa eri luokkien välillä, t.s. saadaan selville, kuinka suuria pitäisi eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien työpalkoissa olevien erojen olla. Näillä tuloksilla on kuitenkin vain teoreettinen merkitys, koska nykyinen työvaikeusluokitus ei ota oksaisuutta samalla tavoin eikä todennäköisesti myöskään yhtä tarkasti huomioon kuin esillä oleva laatuluokitus. Tällä menetelmällä on kuitenkin se etu, että samalla voidaan tutkia, sopiiko laatuluokitus oksaisuuden määrittämiseen myös työvaikeutta leimikoissa selvitettäessä.

Esillä olevassa tutkimuksessa käytettiin juuri mainittua aikatutkimusmenetelmää pääasiallisimpana tutkimusmenetelmänä. Työajan jaottelussa turvauduttiin seuraavaan tapaan, jonka katsottiin parhaiten sopivan ko. tarkoitukseen.

1. Laadusta riippumattomat ajat
   11. Kaatamisaika
   12. Siirtymisaika
   13. Katkomis- eli pölkyttämisaika
   14. Yleiset ajat
   15. Lepoaika
2. Laadusta riippuvat ajat
   21. Karsimisaika
   22. Kuorimisaika

Kaatamis-, siirtymis- ja katkomisajoista käytetään yhteisnimitystä runkoajat. Karsimis- ja kuorimisaikoja voidaan samalla perusteella nimittää tukkiajoiksi.

Kaatamis-, siirtymis- ja pölkyttämisaikojen, lepoajan sekä karsimis- ja kuorimisaikojen määritelmät selviävät A r o n (1936, 1945, vrt. myös 1954) tunnetusta työajan jaottelusta. Yleisillä ajoilla tarkoitetaan puolestaan sellaisia työaikoja, joiden aikana tehty työ ei kohdistu erikoisesti mihinkään tiettyyn runkoon.

Kaatamis-, siirtymis- ja katkomisajat otettiin erikseen jokaiselle tutkittavalle rungolle, karsimis- ja kuorimisajat taas erikseen rungon eri tukeille, koska vain siten voitiin saada selville laatuluokan vaikutus näihin aikoihin. Tämä tutkimusmenetelmä vaati käyttämään jonkin verran tavallisuudesta poikkeavaa työjärjestystä. Tavallisesti rungon yläpuoli karsitaan ja kuoritaan heti kaadon jälkeen ennen tukeiksi jakoa, mutta tätä tutkimusta tehtäessä runko jaettiinn tukeiksi jo ennen karsimista. Muutos on kuitenkin vähäinen työtehon kannalta ajatellen, joten se ei vaikuta lainkaan tulosten arvoon. Muutoin työjärjestys olikin tavanomainen. Työryhmä kaatoi tavallisesti useampia runkoja yhteen menoon, jonka jälkeen kumpikin mies siirtyi taholleen karsimaan ja muuten käsittelemään valmiiksi jakomerkeillä varustettuja runkoja.

Ajat otettiin aikatutkimuskellolla 1/100 minuutin tarkkuudella ns. palauttamismenetelmää käyttäen. Karsimis- ja yläpuolen kuorimisaikojen ottoa tukkia kohden helpotettiin niin, että jakomies merkitsi katkomiskohdat tavallista suuremmin merkein. Niin voitiin helposti nähdä milloin työntekijä siirtyi tukilta toiselle.

Tutkituista puista suoritettiin seuraavat mittaukset ja arvioinnit (vrt. H e i s k a n e n 1954): Tukkien mitat: nimellinen pituus jalkoina ja latvaläpimitta tuumina ($\frac{1}{4}''$ luokitus), laatuluokka ja kuoren paksuus, sekä koko puuta koskevina rinnankorkeusläpimitta, oksattoman osan pituus, tuoreen latvuksen pituus, latvuksen suurin oksa ja rungon koko pituus.

Laatuluokan lisäksi määritettiin jokaisen tukin oksaisuusluokka, jonka perusteella kaikki laskutoimitukset aluksi suoritetaan. Sillä tarkoitetaan laatuluokkaa, jota määritettäessä on otettu laatutunnuksista huomioon vain suurin oksa ja oksankyhmyt (vrt. H e i s k a n e n 1954). Kun tässä tutkimuksessa käsitellään niin monia oksaisuusluokkia, käytetään laatuluokituksen mukaisesta luokasta nimitystä t u k e i t t a i n e n o k s a i s u u s l u o k k a sekaannusten välttämiseksi.

Mainittakoon tässä vielä, että eri laatuluokissa sallittavien suurimpien oksien läpimitat ovat seuraavat:

	I	II	III
Suuret tukit (>9″)	$^3/_4''$	$1\frac{1}{2}''$	3″
Pienet tukit (<9″)	$\frac{1}{2}''$	1 ″	3″

Mittauksissa käytettiin yksinomaan Englannin mittoja, jotta ilman muuntolukuja voitaisiin saada tulokset käytännön mittayksikköjä vastaaviksi.

Aikatutkimusaineistoa käsiteltäessä laskettiin eräät ajat sekä runkoa että tukkia kohden, mutta päätulokset esitetään tukkia kohden. Mittayksikkönä käytettiin rungon tukkiosan tukeittaista sekä tukin teknillistä kuutiosisältöä kuutiojalkoina lausuttuna, jota tapaa myös Vuoristo (1933) on käyttänyt. Tällaista menetelmää puolustaa se tosiasia, että teknillinen (latva)kuutiojalka on mittaussäännön edellyttämä sahatukkien ja sahapuiden mittayksikkö. Makkonen (1949) on myös osoittanut, että tukkiosan tukeittaisen teknillisen ja todellisen kuutiomäärän välillä vallitsee perin selvä positiivinen korrelaatio. Korrelaatiokertoimen arvo oli $r = 0.920 \pm 0.004$. Ensimmäisen regressiosuoran yhtälö oli $y = 0.848\ x - 0.687$, jossa $y =$ tukkiosan teknillinen kuutiojalkasisältö ja $x =$ tukkiosan todellinen kuutiojalkasisältö. Tuntuukin siltä, että tulosten laskeminen aluksi todellista kuutioyksikköä kohden ja sen jälkeen muuntaminen teknillistä kuutiota vastaaviksi, on aivan turhaa työtä etenkin, kun otetaan huomioon tulosten käytännöllinen luonne.

3. Tutkimusaineisto

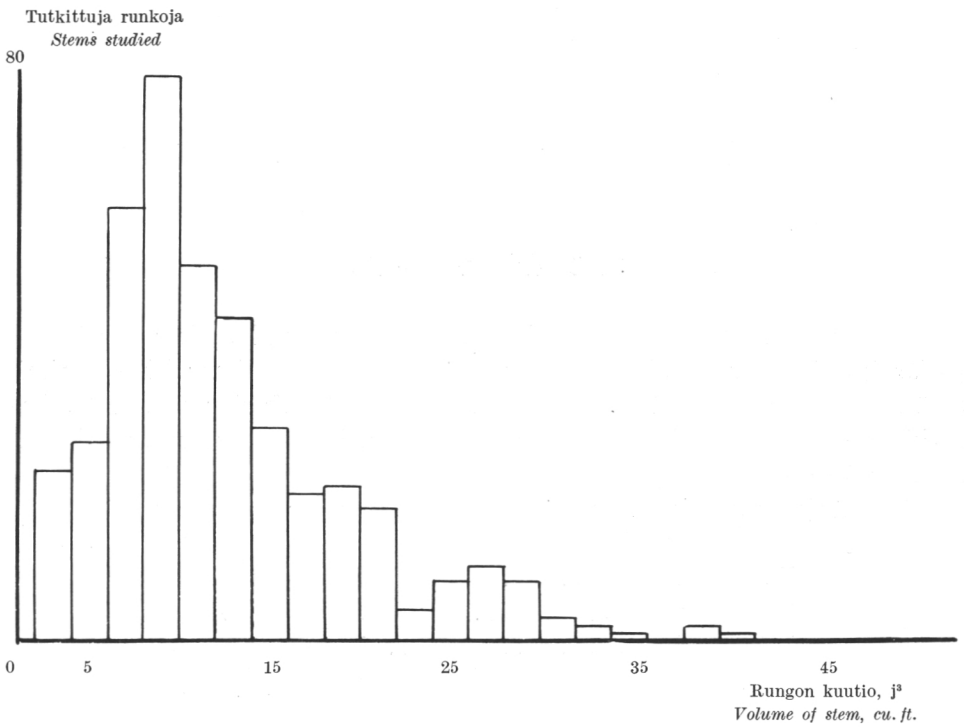
Tutkimuksia suoritettiin kolmella eri hakkuutyömaalla, joista kaksi, Evo ja Saarijärvi, oli metsähallituksen hankintatyömaita ja kolmas, Hirvensalmi, erään puutavarayhtiön työmaa maatilametsälössä. Valtion metsissä aikatutkimukset tehtiin hakkuukautena 1949—1950 ja Hirvensalmella hakkuukautena 1950—1951.

Tutkittujen runkojen lukumäärä oli eri työmailla seuraava:

Evo	275	runkoa
Saarijärvi	87	»
Hirvensalmi	63	»
Yhteensä	425	runkoa

Runkojen keskikuutiot olivat vastaavasti työmaittain: Evo 13.43 j^3, Saarijärvi 10.19 j^3 ja Hirvensalmi 11.92 j^3. Piirroksessa 1 on lisäksi esitetty niiden runkojen, joista saatiin täydelliset karsimis- ja kuorimistulokset (Saarijärvellä vain karsiminen), jakaantuminen eri kuutioluokkiin. Piirroksesta nähdään, että nämä 405 runkoa muodostavat normaalia muistuttavan vasemmalle vinon jakaantumiskuvion. Myös jokaisen leimikon aineiston jakaantumiskuvio on vasemmalle vino. Normaalia jakaantumiskuviota muistuttava sarja osoittaa aineiston olevan homogeenisen ja tasaisen tutkimuksen pohjaksi.

Vertailtaessa aineistoa suuruutensa puolesta muihin hakkuutöistä Suomessa tehtyihin aikatutkimuksiin havaitaan sen olevan suunnilleen samaa suuruusluokkaa. A r o (1936) oli koivuhalkojen tekoa tutkiessaan kerännyt aineistoksi tiedot 479 koivurungon hakkuusta. V u o r i s t o n tutkimuksissa aineistot olivat jonkin verran suurempia, 750 tukkirunkoa (1933) ja 1 600 paperipuurunkoa (1936), mutta kaikista rungoista ei saatu täydellisiä tuloksia. M a k k o s e n (1949) tutkimusaineistoon sisältyi 717 mänty- ja 1 691 kuusirunkoa, jotka eivät kuitenkaan kaikki olleet tukkipuurunkoja. Vertailun perusteella voidaan siis päätellä esillä olevan aineiston olevan jonkin verran pienemmän kuin muiden kotimaisten aikatutkimusten aineistot ovat yleensä olleet. Suuruusluokaltaan se on kuitenkin samaa tasoa.



Piirros 1. Aikatutkimusaineiston jakaantuminen rungon koon perusteella.
Chart. 1. Distribution of the time study material according to the size of stem.

Mainittakoon kuitenkin, että P u t k i s t o n (1947) vanerikoivututkimuksen aineisto oli huomattavasti suurempi kuin minkään muun tutkimuksen käsittäen kaikkiaan yli 8 000 rungon teon aikatutkimustulokset. Sitä voidaan kuitenkin hyvällä syyllä pitää epätarkoituksenmukaisen suurena. Ennen kaikkea tuollainen aineisto on niin kallis, ettei sellaisen hankkimiseen useinkaan ole mahdollisuuksia.

4. Tutkimuksen tulokset

41. Laatuluokitus ja Vuoriston oksaisuusluokitus toisiinsa verrattuna

Nykyisissä palkkataulukoissa on Vuoriston (1933) laatima oksaisuusluokitus sahatukkileimikoiden oksaisuuden määrittämisen pohjana (liite 1). Luokituksessa on neljä luokkaa, mutta männylle käytetään muuttamattomana Vuoriston alkuperäistä luokitusta, joka sisälsi vain kolme seuraavasti määriteltyä luokkaa:

»Ensimmäiseen luokkaan I on luettu latvuksen karsittavalta osalta pienioksaiset tai oksattomat puut ja oksan maksimipaksuutena on pidetty 1″. Seuraavaan luokkaan on luettu puut, joiden karsittavien oksien paksuus on vaihdellut 1—2″ ja viimeiseen luokkaan puut, joiden oksat ovat keskimäärin olleet yli 2″ paksuja.»

Kun tämä Vuoriston luokitus on »virallinen», voidaan sitä ja laatuluokitusta vertailemalla saada selville nykyisin vallitsevat todelliset erot eri laatuluokkiin kuuluvien mäntytukkien tekokustannusten välillä. Tarkastelu on suoritettava käyttämällä laatuluokkien sijasta tukeittaisia oksaisuusluokkia.

Evon (136 runkoa) ja Hirvensalmen (108 runkoa) aineistoista laskettiin riippuvuussuhde tukeittaisten oksaisuusluokkien ja Vuoriston oksaisuusluokkien välillä. Vuoriston luokkaa määritettäessä kiinnitettiin huomio vain tukkiosan suurimman oksan läpimittaan, joka mitattiin jokaisesta tutkitusta rungosta. Saadut oksaisuusluokat eivät siis aivan vastaa asetettuja määräyksiä. Tekijän aikaisemmat tutkimukset osoittavat kuitenkin, että suurin oksa kuvaa varsin hyvin tukin ja todennäköisesti myös rungon oksaisuuden (Heiskanen 1954). Käytetty menetelmä ei siis, vaikka se ei olekaan aivan sama kuin Vuoriston käyttämä, aiheuttane mainittavia virheitä luokituksissa.

Koe-erien mittaustulosten mukainen em. oksaisuusluokkien välinen riippuvuus on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Vuoriston oksaisuusluokkien ja tukeittaisten oksaisuusluokkien välinen riippuvuus.

Table 1. Correlation of Vuoristo's branchiness classes and the knottiness classes of logs.

Leimikko *Stand*	Tukeittainen oksaisuusluokka *Knottiness class*								
	I			II			III		
	Vuoriston oksaisuusluokka *Branchiness class of Vuoristo*								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	%								
Evo	63.0	37.0	..	41.7	55.2	3.1	16.0	73.9	9.3
Hirvensalmi	52.9	47.1	..	33.5	64.2	2.3	6.8	75.1	18.1
Keskim. — *Average*	55.6	44.4	..	37.6	59.7	2.7	11.8	74.5	13.7

Taulukosta ilmenee, että parhaiden laatuluokkien tukit saadaan suurimmaksi osaksi hyvien oksaisuusluokkien rungoista. I laatuluokan tukeista suurin osa saadaan I oksaisuusluokan rungoista, II luokan ja III luokan tukkien valtaosa on taas peräisin II oksaisuusluokan puista. Erona on kuitenkin se, että II luokan tukkeja tulee hyvin paljon myös I luokan puista, joista saatujen III luokan tukkien osuus on hyvin vähäinen. Suunta on kummassakin leimikossa samanlainen, vaikka joitakin pieniä eroja onkin havaittavissa. Molemmissa leimikoissa puut olivat suunnilleen saman ikäisiä, n. 100-vuotiaita, joka osittain selittääkin selvän riippuvuuden rungon ja tukkien oksaisuusluokkien välillä. Yli-ikäisissä metsissä riippuvuus lienee myös olemassa, mutta niissä se on varmasti heikompi. Vanhoissa metsissä latvusten oksat ovat näet usein miltei kaikissa rungoissa yli 2″ suuruisia riippumatta siitä, kuinka oksaton tai oksainen rungon tyviosa on (Heiskanen 1954). Tällainen asiantila on erikoisesti tyypillinen Perä-Pohjolalle, jossa yli-ikäisten puiden osuus onkin tunnetusti sangen korkea. Esitettävät tulokset sopinevat näin ollen vain ns. hakkuuikäisiin metsiin.

Keskimääräisiä prosenttilukuja ja palkkaperustekomitean mietinnön mukaisia eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkipuurunkojen tekopalkkoja hyväksi käyttäen voidaan laskea eri oksaisuusluokkien tukkien suhteelliset tekopalkat.

Palkkaperustekomitean mietinnön mukaan eri oksaisuusluokkiin kuuluvien 10 j^3:n tukkipuurunkojen suhteelliset hakkuupalkat ovat levälleen hakattaessa, kun merkitään II luokan runkojen tekopalkka 100:lla, seuraavat:

	I	II	III
Kuorelliset	86.9	100	112.7
Kuoritut	92.0	100	107.3

Niiden ja taulukon 1 lukujen avulla päädytään seuraaviin eroihin eri tukeittaisiin oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien tekopalkoissa, kun edelleen merkitään II luokkaa 100:lla:

	I	II	III
Kuorelliset	97.0	100	105.2
Kuoritut	98.2	100	103.0

Näitä laskelmia tehtäessä on pidetty perusteena vain laatuluokituksen mukaista tukeittaista oksaisuusluokkaa, kuten alussa mainittiin. Laatuluokkiin pääsemiseksi esitetyt luvut on vielä muunnettava, sillä, vaikka tukeittaisen oksaisuusluokan ja laatuluokan välillä vallitseekin hyvin kiinteä riippuvuus, ne eivät aina ole samat (Lappalainen 1949, Kauppinen 1951, Heiskanen 1954). Esillä olevan tutkimuksen aineistosta on laskettu myös tämä riippuvuus, joka nähdään taulukosta 2.

Taulukko 2. Tukeittaisen oksaisuusluokan ja laatuluokan välinen riippuvuus.

Table 2. Correlation of knottiness class and log grade.

Oks.luokka *Knottiness class*	Laatuluokka — *Log grade* I kpl *no. of logs*	I %	II kpl *no. of logs*	II %	III kpl *no. of logs*	III %	Yhteensä kpl *Total*
I	99	100.0	75	26.0	33	7.0	207
II	—	—	288	74.0	63	13.3	351
III	—	—	—	—	378	79.7	378
Yht. — *Total*	99	100.0	363	100.0	474	100.0	936

Luvut osoittavat, että I laatuluokan tukkien oksaisuusluokkakin on aina I, mutta, että sekä II että III laatuluokan tukeista osa kuuluu parempiin oksaisuusluokkiin.

Taulukon 2 lukujen avulla laskettuina saadaan eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien suhteellisiksi tekopalkoiksi seuraavat:

	I	II	III
Kuorelliset	97.8	100	104.7
Kuoritut	98.7	100	102.8

Luvuista havaitaan, että kuorellisten I laatuluokan tukkien tekopalkka on nykyisten palkkaperusteiden mukaan n. 2 % alempi ja III laatuluokan tukkien tekopalkka taas lähes 5 % korkeampi kuin II laatuluokan tukkien teosta maksettava palkka. Kuorittujen tukkien teossa palkkojen suhteelliset erot ovat vastaavasti: 1.3 % ja 2.8 %. Ne ovat niin pienet, että niiden

käytännöllinen merkitys on aivan olematon. Esimerkkinä voidaan mainita, että jos palkka on 8: —/j³, erot ovat vastaavasti kuorimattomien tukkien teossa I ja II laatuluokkien välillä n. 18 penniä/j³ ja II ja III laatuluokkien välillä n. 38 penniä/j³.

Kuten edellä on jo todettu, todellinen ero eri laatuluokkien hakkuuvaikeudessa onkin varmasti tuntuvasti suurempi kuin edellä esitetty työpalkkojen ja palkkaperusteiden avulla laskettu ero. Todellinen ero saadaan selville vain aikatutkimusten avulla.

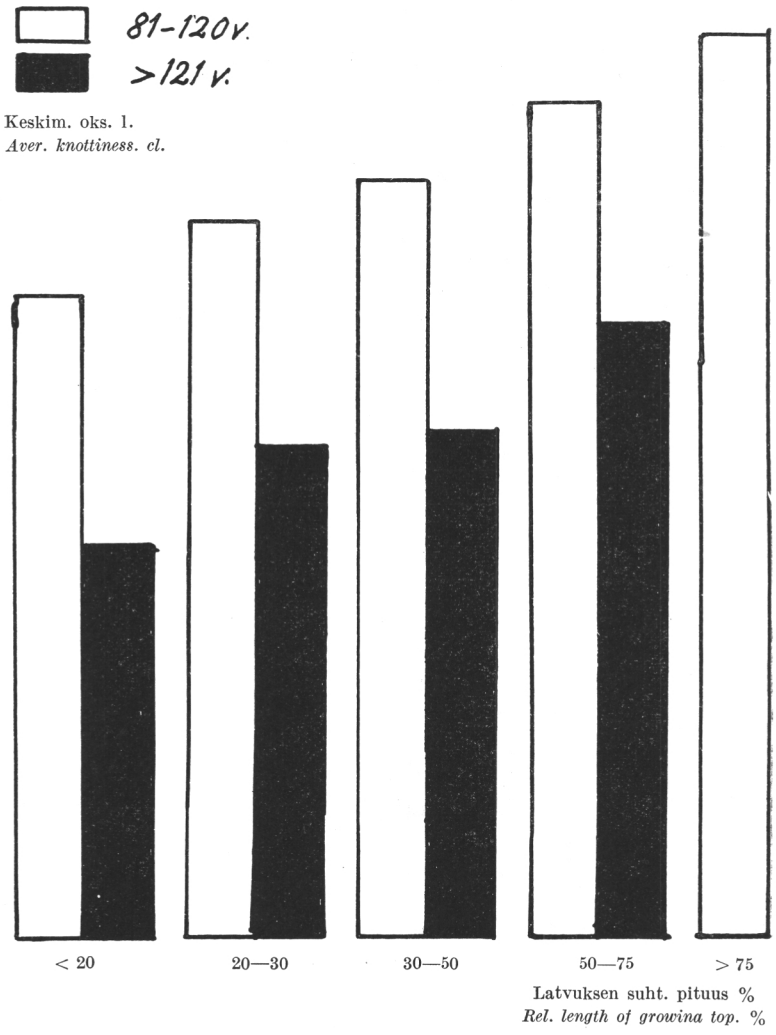
42. Laatuluokitus ja palkkaperustekomitean oksaisuusluokitus toisiinsa verrattuina

Verrattaessa laatuluokitusta ja palkkaperustekomitean pinotavaraleimikkojen oksaisuusluokitusta (liite 2) toisiinsa, vertailu on parhaiten aloitettavissa tutkimalla tuoreen latvuksen suhteellisen pituuden ja rungon keskimääräisen tukeittaisen oksaisuusluokan välistä riippuvuutta. Tässäkin tarkastelussa siis turvaudutaan tukeittaiseen oksaisuusluokkaan laatuluokan sijasta. Tuoreen latvuksen suhteellinen osuus rungon pituudesta sopii parhaiten vertailun pohjaksi palkkaperustekomitean oksaisuusluokan sijasta, sillä se on ainoa todella mitattavin suurein ilmoitettu tunnus k.o. oksaisuusluokituksessa. Tuoreen latvuksen pituus lienee myös tarkoitettu määräävimmäksi tunnukseksi, johon viittaa mm. se, että se on mainittu ensimmäisenä luokitusohjeissa. Makkonen (1950) mainitsee kuitenkin ohjeiden tulkitsemisesta, että »oksien poikkeuksellinen ohuus tai paksuus voi siirtää leimikon yhtä luokkaa alemmaksi tai ylemmäksi, kuin mihin se elävän latvuksen pituuden puolesta kuuluisi». Samaa asiaa korostaa myös Ronkanen (1950), joka sanoo: »Erityisesti on huomattava, että oksaisuusluokkaa määritettäessä on kiinnitettävä huomiota käyttöpuuksi valmistettavan rungon osan oksien paksuuteen ja määrään sekä oksatiheyteen eikä vain latvuksen pituuteen». Kuitenkin jää siihen käsitykseen, että latvuksen pituus on ratkaisevin luokkaa määritettäessä.

Näin ollen voitaneen nämä oksaisuusluokat määritellä joltisellakin tarkkuudella mainitsemalla lyhyesti vain elävän latvuksen osuus rungon koko pituuudesta: I alle 20 %, II 20—30 %, III 30—50 %, IV 50—75 % ja V yli 75 %.

Erään toisen tutkimuksen yhteydessä on tehty viidessä metsikössä yht. 2 027 rungosta mittauksia elävän latvuksen suhteellisen pituuden ja rungon keskimääräisen tukeittaisen oksaisuusluokan välillä esiintyvästä riippuvuussuhteesta (ks. Heiskanen 1954). Näiden mittausten tuloksena on taulukossa 3 esitetty tuoreen latvuksen pituusluokkien (palkkaperustekomitean oksaisuusluokituksen mukainen luokkajako) keskimääräiset tukeittaiset oksaisuusluokat.

Taulukosta nähdään, että tuoreen latvuksen pituuden ja rungon keskimääräisen tukeittaisen oksaisuusluokan välillä vallitsee riippuvuussuhde, joka kuitenkin on varsin heikko. Lisäksi se on erilainen eri leimikoissa. Selvimmät erot havaitaan hakkuuikäisten (81—120 v.), Evo, Ristiina ja Hirvensalmi, ja yli-ikäisten (>121 v.) Ruotsinkylä ja Saarijärvi, leimikkojen välillä, kuten piirros 2 sangen selvästi osoittaa.



Piirros 2. Keskimääräisen oksaisuusluokan riippuvuus tuoreen latvuksen suhteellisesta pituudesta eri ikäluokissa.

Chart 2. Correlation of the average knottiness class to the relative length of the growing top in different age classes.

Yli-ikäisissä metsissä tiettyä tuoreen latvuksen pituusluokkaa vastaa siis tuntuvasti parempi keskimääräinen tukeittainen oksaisuusluokka kuin hakkuuikäisissä metsissä. Nuoremmassa ikäluokassa myös eri leimikot eroavat melko paljon toisistaan. Sen vuoksi ei kannatakaan lähteä laskemaan keskimääräisiä oksaisuusluokkajakaantumisia eri latvuksien pituusluokille.

Näiden eri leimikkojen välisten varsin suurien erojen vuoksi ei myöskään ole katsottu olevan syytä tutkia palkkaperustekomitean luokituksen pohjalta eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien suhteellista työvaikeutta. Erot eri laatuluokkien välillä olisivat kuitenkin niin vähäiset, etteivät ne osoittaisi todellisia työvaikeuden vaihteluja. Laskelmien merkitys olisi lisäksi vain teoreettinen senkin vuoksi, että tätä palkkaperustekomitean luokitusta ei käytetä tukkipuiden oksaisuuden määrittämiseen leimikon tai palstan työvaikeutta selvitettäessä.

Onkin siirryttävä aikatutkimusten tulosten avulla tarkastelemaan eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekovaikeutta.

Taulukko 3. Tuoreen latvuksen suhteellisen pituuden ja rungon keskim. tukeittaisen oksaisuuluokan välinen riippuvuus.

Table 3. Correlation of the relative length of the growing top and the average knottiness class of stem.

Leimikko *Stand*	Tuore latvus, % — *Growing top, per cent*									
	< 20		20—30		30—50		50—75		> 75	
	kpl *no. of trees*	oks.l *knotti-ness class*	kpl *no. of trees*	oks.l *knotti-ness class*	kpl *no. of trees*	oks.l *knotti-ness class*	kpl *no. of trees*	oks.l *knotti-ness class*	kpl *no. of trees*	oks.l *knotti-ness class*
Evo	25	1.91	51	2.05	210	2.01	135	2.18	—	..
Ristiina	5	2.03	30	2.03	112	2.33	73	2.36	1	2.88
Hirvensalmi	—	..	4	1.94	186	2.07	481	2.19	24	2.30
Ruotsinkylä	—	..	3	1.79	118	1.77	116	1.90	—	..
Saarijärvi	46	1.57	93	1.70	242	1.70	66	1.88	—	..
Yhteensä — *Average*	76	1.71	181	1.86	868	1.94	871	2.14	25	2.31

43. Aikatutkimukset

431. Kaatamisaika

Kaatamisaika selvitettiin tutkimalla kolmessa eri leimikossa 321 rungon kaatoon kulunut aika. Kaikki tutkitut työntekijät työskentelivät pareina käyttäen kahden miehen tukinkaatosahaa.

Aineisto soittaa, että kaatoajan ja rungon tukkiosan tukeittain mitatun teknillisen kuutiomäärän välillä vallitsee suoraviivainen riippuvuussuhde. Korrelaatiokertoimen arvot olivat eri leimikoissa: Evo 0.57 ± 0.05, Saarijärvi 0.57 ± 0.11, Hirvensalmi 0.41 ± 0.08 ja koko aineisto 0.54 ± 0.04.

Regressiosuorien yhtälöt, joissa y = kaatoaika miesminuutteina runkoa kohden ja x = rungon tukkiosan teknillinen kuutio, saivat eri leimikoiden kohdalla seuraavan muodon:

Evo	$y = 0.14\ x + 3.18$
Saarijärvi	$y = 0.18\ x + 2.84$
Hirvensalmi	$y = 0.16\ x + 2.46$
Yhteensä	$y = 0.14\ x + 2.86$

Verrattaessa saatuja tuloksia muiden tutkimusten tuloksiin havaitaan niiden olevan samansuuntaisia. Makkonen (1949) sai kaatoajan yhtälöksi ryhmäminuutteina $y = 0.080\ x + 1.368$, joka on käytännöllisesti katsoen sama kuin tässä tutkimuksessa saatu yhtälö. Makkosen yhtälössä x tarkoittaa kuitenkin tukkiosan todellista kuutiomäärää. Myös kuusipaperipuiden teossa vallitsee suoraviivainen korrelaatio kaatoajan ja rungon kuutiomäärän välillä (Vuoristo 1936). Putkisto (1947) on sen sijaan havainnut, että vanerikoivujen kaadossa mainittu riippuvuus ei ole aivan suoraviivainen.

432. Siirtymisaika

Siirtymisaika kaatamisvaiheessa oli samoin 321 rungon aineistosta laskettuna keskimäärin 0.48 min. runkoa kohden. Eri työmailla se vaihteli jonkin verran, mutta esillä olevan tutkimuksen luonteesta johtuen ei ole katsottu tarpeelliseksi tutkia eri leimikkojen välisten erojen syitä.

433. Katkomisaika

Katkomis- eli pölkytysaika otettiin tutkimuksessa vain runkoa kohden erottelematta sitä lainkaan tukeittain, sillä sen katsottiin olevan riippumattoman tukin laadusta ja oksaisuudesta. Jos eroja on olemassa ei niillä kuitenkaan ole sanottavaa käytännöllistä merkitystä pienuutensa vuoksi.

Katkomisaika riippuu pääasiallisesti rungon kuutiosisällöstä ja katkaisusahausten lukumäärästä. Riippuvuus kuutiomäärästä osoittautui suoraviivaiseksi ja korrelaatiokertoimien arvoksi saatiin eri leimikoissa: Evo 0.80 ± 0.02, Saarijärvi 0.38 ± 0.09, Hirvensalmi 0.72 ± 0.06 ja koko aineisto 0.70 ± 0.03. Riippuvuus on siis Saarijärveä lukuunottamatta sangen vahva (vrt. Vuoristo 1933, Makkonen 1949).

Ensimmäisten regressiosuorien yhtälöt, joissa y = katkomisaika min/runko ja x = tukkiosan teknillinen kuutio, saivat seuraavan muodon eri tutkimuspaikoilla:

Evo	$y = 0.35\ x + 1.41$
Saarijärvi	$y = 0.23\ x + 4.37$
Hirvensalmi	$y = 0.38\ x + 2.38$
Yhteensä	$y = 0.32\ x + 1.99$

Verrattaessa näitä lukuja ennen saatuihin tuloksiin havaitaan, että esillä olevan tutkimuksen mukaan kulmakerroin ja vakiotermi ovat suurempia kuin Vuoriston (1933) ja Makkosen (1949) tutkimuksissaan saamat kulmakertoimet. Saarijärven yhtälön suuri vakiotermi johtuu runkojen vikaisuudesta, josta johtuen puita jouduttiin paljon tyveämään.

434. Muut ajat

Yleisten aikojen, joilla on tarkoitettu yleisiin ja muihin vastaaviin töihin kuluneita aikoja, suuruus oli koko aineiston mukaan keskimäärin 0.40 min/j^3.

Lepoaikoja ja muita varsinaisia keskeytyksiä ei tutkimuksessa erikseen selvitetty, vaan laskelmissa on käytetty niiden suuruutena 15 % työmaa-ajasta. Makkonen (1949) sai näiden osuuden hieman suuremmaksi, n. 17—25 %:ksi riippuen rungon koosta.

435. Karsimisaika

4351. Karsimisajan riippuvuus rungon koosta

Karsimisaika jaettiin aikatutkimuksia tehtäessä kahteen osaan, apu- ja pääaikaan. Apuajan osuudet koko karsimisajasta olivat eri leimikoissa seuraavat:

Evo	5.8 %
Saarijärvi	10.7 %
Hirvensalmi	6.4 %
Keskimäärin	6.3 %

Pääaika, jolla tarkoitetaan varsinaiseen oksien katkaisemiseen kuluvaa aikaa, muodostaa siis huomattavasti yli 90 % koko vaiheajasta. Seuraavassa tarkastellaankin eri tekijöiden vaikutusta karsimisaikaan yksinomaan pääajan pohjalla.

Aluksi otetaan tarkasteltavaksi karsimisajan riippuvuus rungon teknillisestä kuutiojalkamäärästä. Taulukossa 4 on esitetty tämä riippuvuus erikseen jokaisessa koeleimikossa. Siihen on myös laskettu koko aineiston kappalemäärällä punnittu keskiarvo (vrt. piirros 3).

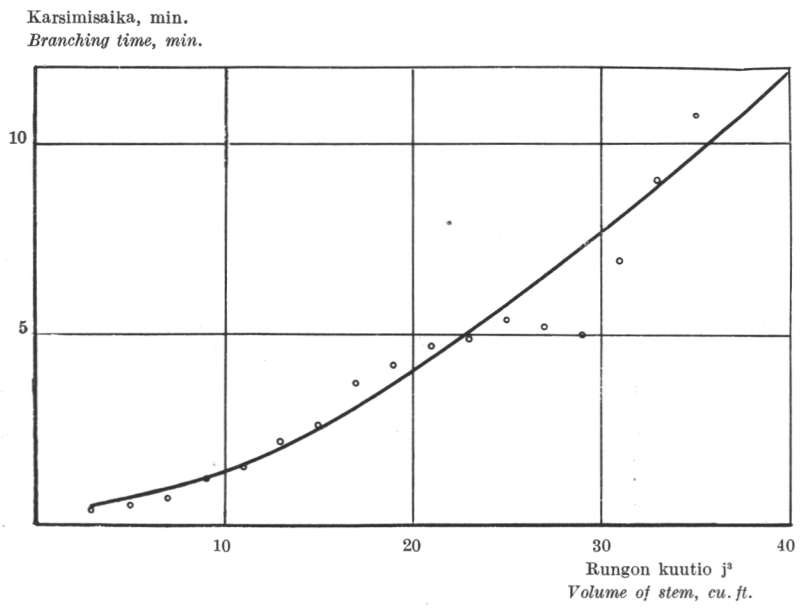
Taulukko 4. Karsimisaika eri kokoisissa rungoissa.

Table 4. Branching time for stems of different size.

Rungon kuutio j³ *Volume of tree cu.ft.*	Evo	Saarijärvi	Hirvensalmi	Keskim. *Average*
	min/runko — *minutes/stem*			
3	0.33	0.29	..	0.32
5	0.45	0.73	0.75	0.58
7	0.63	0.86	1.40	0.70
9	1.06	1.39	1.54	1.19
11	1.46	1.39	1.65	1.50
13	2.35	2.30	2.10	2.20
15	2.91	2.50	2.00	2.62
17	3.85	1.75	4.13	3.70
19	4.29	1.50	4.25	4.09
21	5.06	3.08	5.00	4.72
23	4.88	4.75	..	4.85
25	5.61	3.75	..	5.38
27	5.35	4.25	..	5.24
29	4.96	..	..	4.96
31	6.92	..	..	6.92
33	9.00	..	..	9.00
35	10.75	..	..	10.75
37	9.75	..	..	9.75
39	9.25	..	..	9.25

Taulukosta ja piirroksesta ilmenee, että pienimpienkin aineistoon sisältyvien runkojen karsimiseen on kulunut jonkin verran aikaa, joka aika suurenee rungon kasvaessa melko nopeasti. Eri leimikoiden karsimisajat ja niiden riippuvuus rungon kuutiosta eroavat melko paljon toisistaan. Hirvensalmen ja Evon välillä ero on suhteellisen vähäinen, mutta Saarijärven tulokset osoittavat, että siellä on varsinkin suurten runkojen karsimiseen kulunut huomattavasti vähemmän aikaa kuin muissa leimikoissa. Pääsyynä tähän asiantilaan on ollut Saarijärven puiden vähäisempi oksaisuus. Mainittakoon, että siellä oli kokonaan oksattoman rungon osan suhteellinen osuus koko puun pituudesta keskimäärin 42.8 %, kun taas Evolla se oli 16.0 % ja Hirvensalmella 18.6 % (H e i s k a n e n 1954). Lisäksi on mainittava, että Saarijärvellä tehtiin tukit kuorimattomina, jolloin karsiminen monesti saattaa jäädä huolimattomaksi ja että siellä vallitsi huomattavasti kylmempi ilma kuin muissa leimikoissa, mikä myös vaikuttaa karsimisaikaa pienentävästi (vrt. M a k k o n e n 1950).

Karsimisajan riippuvuutta kuutiomäärästä kuvaava viiva on käyrä, kuten piirroksesta 3 nähdään. Tämä käyränmuoto onkin helposti ymmärrettävissä, sillä pienten, allejääneiden puiden oksat ovat usein myös suhteellisesti huomattavasti pienempiä kuin vallitsevien latvuskerrosten kookkaampien puiden suuret oksat (vrt. H e i k i n h e i m o 1953 a, 1953 b).



Piirros 3. Kars'misajan riippuvuus rungon tukkiosan kuutiomäärästä.
Chart 3. Correlation of the branching time to the log grade and cubic contents of log.

Myös oksattoman osan pituus on pienissä puissa suhteellisesti suurempi kuin leimikon ja metsikön suurimmissa puissa (N y y s s ö n e n 1954, H e i s k a n e n 1954, vrt. A r o 1936).

Sekä V u o r i s t o (1933, 1936) että M a k k o n e n (1947, 1949) ovat päätyneet suoraviivaiseen tasoitukseen karsimisajan riippuvuutta kuutiomäärästä kuvatessaan, mikä onkin hyvin käsitettävissä, kun tulokset muunnetaan johonkin tiettyyn oksaisuusluokkaan. V u o r i s t o (1933) ei kuitenkaan pidä suoraviivaista tasoitusta ehdottomasti oikeana. Eri tutkimusten välisessä vertailussa kiinnittää huomiota lisäksi M a k k o s e n (1949) saama tulos, jonka mukaan karsintaa esiintyy vasta 9 j³:n (tod.) (⁓7 j³, tekn.) rungoissa. Esillä olevan tutkimuksen mukaanhan karsimista on suoritettava jo 3—5 j³:n puita tukeiksi tehtäessä. Myös V u o r i s t o n (1933) tutkimuksissa karsimiseen on käytetty aikaa jo 4 j³:n puissa.

4352. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien karsimisaika

Tarkasteltavana olevan ongelman kannalta on kuitenkin mielenkiintoisinta tutkia laatuluokituksen mukaisen oksaisuusluokan ja laatuluokan vaikutusta mäntysahatukkien karsimisaikaan.

Tekijän (H e i s k a n e n 1954) suorittamat tutkimukset osoittavat, että tietyn laatuluokan (oksaisuusluokan) todellinen oksaisuus riippuu monista eri tekijöistä. Tärkeimmät niistä ovat:

1. Tukin asema rungolla, s.o. onko kysymyksessä tyvi-, väli- vai latvatukki. Tietyn luokan tyvitukki on näet yleensä vähemmän oksainen kuin samaan luokkaan kuuluva välitukki, ja latvatukit ovat kaikkein oksaisimmat.

2. Mitä parempia I luokan tukit ovat ja mitä suurempi niiden osuus leimikossa tai tukkierässä on, sitä parempia ovat II luokan tukit ja hakkuuikäisissä metsissä myös III luokan tukit oksaisuudeltaan (vrt. myös V u o r i s t o 1935 a, 1937, S i i m e s 1954).

3. Metsikön ikä vaikuttaa siten, että yli-ikäisissä metsissä I ja II luokan tukit ovat keskimäärin vähemmän oksaisia ja III luokan tukit taas oksaisempia kuin hakkuuikäisissä metsissä.

Metsikön keskimääräisen laadun vaikutus on niistä todennäköisesti heikoin, joten se voidaan jättää tässä käsittelyssä huomioon ottamatta. Metsikön iän vaikutus eri laatu- ja oksaisuusluokkien oksaisuuteen on sen sijaan em. tutkimusten mukaan melko selvä, joten on syytä tarkastella karsimisajan ja oksaisuusluokan välistä riippuvuutta metsiköittäin. Keskimääräiset karsimisajat olivat eri tutkimuspaikoilla kuutiojalkaa kohden oksaisuusluokittain seuraavat:

	I	II	III
		min/j³	
Evo	0.012	0.094	0.490
Hirvensalmi	0.003	0.063	0.452
Saarijärvi	0.004	0.089	0.407
Keskimäärin	0.009	0.090	0.478

Leimikoista Evo ja Hirvensalmi kuuluvat ikäluokkaan 81—120 v. ja Saarijärvi ikäluokkaan yli 121 v. Eroja eri leimikoiden tulosten välillä on siis olemassa, mutta ne ovat niin pieniä, ettei niillä ole käytännöllistä merkitystä. Myöskään ei ole havaittavissa ikäluokan vaikutusta karsimisaikoihin eri oksaisuusluokissa. Se voi tosin johtua tässä tapauksessa myös siitä, että Saarijärvellä tehtiin, kuten jo mainittiin, kuorimattomia tukkeja, kun taas muualla tukit kuorittiin. Tulosten perusteella ei voidakaan päätellä lopullisesti, millainen vaikutus puun iällä on eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien karsimisaikoihin. Kuitenkin voidaan olla vakuuttuneita, että erot eri ikäluokkien välillä tässä suhteessa, mikäli niitä lainkaan esiintyy, ovat varsin pienet.

Asetelman keskiarvot osoittavat erittäin selvät erot eri oksaisuusluokkien välillä. Laatuluokkien välisiin suhteisiin pääsemiseksi keskiarvot on muunnettava taulukon 2 lukujen avulla. Siten saadaan eri laatuluokkiin

kuuluvien mäntytukkien suhteellisiksi karsimisajoiksi koko aineiston keskiarvoina seuraavat (II luokan karsimisaika = 100):

I 13 II 100 III 558

I laatuluokan tukkien karsimiseen kuluu siis vain n. 10 % II luokan tukkien karsimiseen tarvittavasta ajasta ja III laatuluokan tukkien karsiminen puolestaan vaatii n. 5.5 kertaa niin paljon aikaa kuin II luokan tukkien käsittely.

Tukin asema vaikuttaa eri oksaisuusluokkien oksaisuuteen enemmän kuin muut em. tekijöistä. Taulukossa 5 on esitetty tyvi-, väli- ja latvatukkien karsimisen pääajan riippuvuus oksaisuusluokasta koko aineiston keskiarvona.

Taulukosta nähdään ensinnäkin, että erot eri oksaisuusluokkien karsimisajoissa ovat hyvin selvät. Toiseksi ilmenee, että tyvitukkien karsimisaika on kussakin oksaisuusluokassa pienin, välitukkien hieman suurempi ja latvatukkien taas suurin. Nämä erot johtuvat jo mainitusta eri oksaisuusluokkien oksaisuuseroista, jotka ovat samanlaiset kuin erot karsimisajoissa. Esimerkkinä mainittakoon, että tekijän tutkimusten mukaan eri oksaisuusluokkien suurimmat oksat olivat seuraavat (H e i s k a n e n 1954):

	I	II	III
		suurin oksa, tuumaa	
Tyvet	0.18	0.69	1.05
Välit	0.23	0.82	1.54
Latvat	0.35	0.82	1.63

Tulokset viittaavat siis siihen, että eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien karsimisaikoja toisiinsa verrattaessa olisi otettava huomioon myös tukin asema.

Keskimääräiset eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien karsimisajat kuutiojalkaa kohden ja niitä kuvaavat suhdeluvut ovat taulukon 5 mukaan tukin asema huomioon otettuna seuraavat:

Oksaisuus-luokka	Tyvitukit min/j³ sl.		Välitukit min/j³ sl.		Latvatukit min/j³ sl.	
I	0.01	25	0.00	0	..	..
II	0.04	100	0.10	100	0.17	100
III	0.15	375	0.24	230	0.59	374

I oksaisuusluokan tukkien karsimiseen ei itse asiassa kulu lainkaan aikaa olipa kysymyksessä tyvi-, väli- tai latvatukki. Myös II luokan tukkien käsittelyyn tarvittava aika on suhteellisen lyhyt. III luokan tukkien karsimiseen kuluu kaksi-neljä kertaa niin paljon aikaa kuin vastaavassa ase-

Taulukko 5. Karsimisen pääaika eri oksaisuusluokkien eri kokoisissa tyvi-, väli- ja latvatukeissa.

Table 5. Principal time for branching butt, middle, and top logs of different size in different knottiness classes.

Oks.l *Knottiness class*	Tukin kuutio, j³ — *Volume of log, cu.ft.*														
	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14 +	Keskim. *Average*
	min/j³ — *minutes/cu.ft.*														
	Tyvitukit — *Butt logs*														
I	..	0	0	0.01	0.01	0	0	0.01	0.03	0.01	0.01	0	0	0.03	0.01
II	..	0.05	0.05	0.04	0.03	0.03	0.07	0.04	0.02	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.04
III	..	..	..	0.26	0.16	0.15	0.05	..	0.10	0.10	0.15	..	..	..	0.19
	Välitukit — Middle logs														
I	..	..	..	0	..	0	..	..	0	..	..	..	..	..	0
II	..	..	0.03	0.05	0.16	0.10	0.10	0.06	0.15	0.09	..	..	0.15	..	0.10
III	..	..	0.85	0.18	0.24	0.23	0.23	0.22	0.15	0.15	0.19	0.05	..	..	0.23
	Latvatukit — Top logs														
I	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
II	0.05	0.13	0.20	0.10	0.13	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0.17
III	0.54	0.68	0.68	0.48	0.42	0.42	0.55	0.45	0.35	..	..	..	..	..	0.59

massa olevien II luokan tukkien käsittelyyn. Kuitenkin kiinnittää huomiota, että III luokan tyvitukkien karsimiseen kuluu vähemmän aikaa kuin II luokan latvatukkien käsittelyyn. Verrattaessa eri oksaisuusluokkien karsimisaikojen välisiä suhteita tyvi-, väli- ja latvatukeissa havaitaan, että tyvi- ja latvatukeissa suhde on suunnilleen samanlainen, mutta välitukeissa ero II ja III luokan välillä on huomattavasti pienempi. Se johtunee aineiston vähäisyydestä.

Eri asemassa olevia tukkeja toisiinsa verrattaessa saadaan II ja III luokissa seuraavat karsimisaikoja kuvaavat suhdeluvut. Välitukkien karsimisaikaa on merkitty 100:lla.

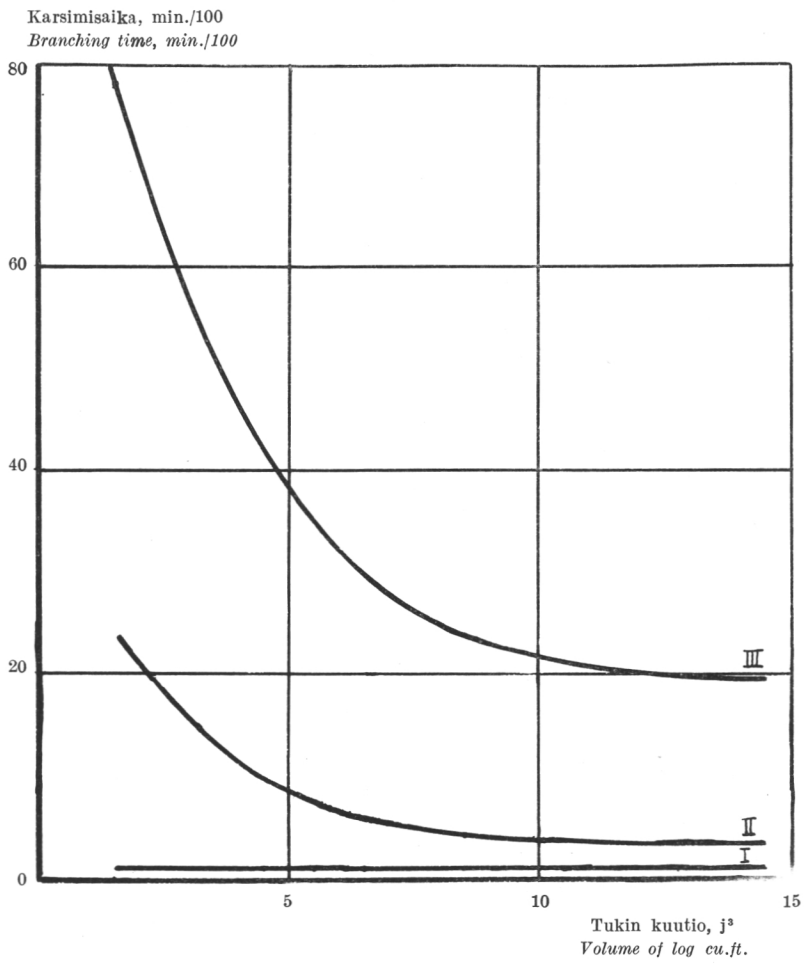
	II	III
Tyvet	40	63
Välit	100	100
Latvat	170	246

Molemmista lukusarjoista havaitaan yhtäpitävästi, että ero väli- ja latvatukkien karsimisajoissa on huomattavasti suurempi kuin väli- ja tyvitukkien välillä. Suurimpien oksien koon väliset erot ovat päinvastaiset, kuten edellä esitettiin. Kuitenkin on todettu, että latvatukeissa oksien tiheys on suurin, ja lisäksi niissä kaikki oksat ovat yleensä tuoreita, joiden karsimiseen kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin kuivien oksien karsimiseen.

Käytännön laatuluokituksissa ja mittauksissa käsitellään kuitenkin eri laatuiset tyvi-, väli- ja latvatukit aina erottelemattomina. Keskimäärin erot ovatkin eri oksaisuusluokkien karsimisaikojen välillä suuremmat kuin edellä esitetyt, sillä III luokan tukit ovat pääasiallisesti latva- ja välitukkeja, kun taas I luokkaan kuuluvia tukkeja saadaan miltei yksinomaan runkojen tyviosista. Erojen keskimääräinen suuruus ilmeneekin selvästi sivulla 25 olevasta asetelmasta.

Jotta kuitenkin pysyttäisiin teoreettisesti oikealla pohjalla, on erottelemattomien tukkien eri oksaisuusluokkien keskiarvoisia karsimisaikoja laskettaessa otettava huomioon myös tukin koko, joka sekin osaltaan vaikuttaa karsimisajan pituuteen. Taulukossa 6 ja piirroksessa 4 onkin esitetty eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien karsimisajan riippuvuus tukin kuutiosta.

Taulukkoon ja piirrokseen on merkitty, että I oksaisuusluokan tukkien karsimiseen kuluu yhtä vähän aikaa kaikissa kuutioluokissa. Todennäköisesti siinäkin on todellisuudessa pieniä eroja samalla tavoin kuin II ja III luokissakin, mutta niiden selville saaminen vaatisi erittäin suuren aineiston. Riippuvuuden selvittäminen ei kuitenkaan ole tarpeen, vaan voidaan tyytyä pitämään karsimisaikaa tukin koosta riippumattomana. II ja III luokan tukkien karsimisaika tekn. kuutiojalkaa kohden on sen sijaan sitä suurempi,



Piirros 4. Karsimisajan riippuvuus tukin laatuluokasta ja kuutiomäärästä.
Chart. 4. Correlation of the branching time to the log grade and the cubic contents of log.

mitä pienemmistä tukeista on kysymys. Karsimisaika tukkia kohden sitä vastoin suurenee tukin kuution suuretessa (vrt. myös piirros 3). Tämä eroavuus johtuu etupäässä siitä, että pienet tukit ovat suurimmaksi osaksi latvatukkeja, ja tukin koon suuretessa tyvitukkien osuus kasvaa, kaikkein suurimpien tukkien ollessa yksinomaan tyvitukkeja. II ja III oksaisuusluokan latvatukkien karsimiseenhan kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin väli- ja tyvitukkien karsimiseen, kuten edellä on osoitettu. Taulukosta 6 havaitaan lisäksi, että suhteellinen ero pienenee I ja II luokkien välillä tukin kuution suuretessa ja II ja III luokkien välillä sen sijaan pienetessä.

Taulukko 6. Karsimisen päätyöaika eri oksaisuusluokkien eri suuruisissa tukeissa.

Table 6. Principal time for branching logs of different size in different knottiness classes.

Tukin kuutio j³ *Volume of log cu.ft.*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*					
	I		II		III	
	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel time*
1.5	0.01	4	0.24	100	0.77	321
2.5	0.01	5	0.18	100	0.64	355
3.5	0.01	8	0.13	100	0.53	407
4.5	0.01	11	0.09	100	0.43	478
5.5	0.01	14	0.07	100	0.34	485
6.5	0.01	17	0.06	100	0.29	485
7.5	0.01	20	0.05	100	0.26	520
8.5	0.01	20	0.05	100	0.24	540
9.5	0.01	25	0.04	100	0.22	550
10.5	0.01	25	0.04	100	0.21	552
11.5	0.01	25	0.04	100	0.21	575
12.5	0.01	25	0.04	100	0.20	575
13.5	0.01	33	0.03	100	0.20	600
14.5	0.01	33	0.03	100	0.19	633

4353. Tyvitukin oksaisuusluokka karsimisajan kuvaajana

Karsimisvaihetta käsiteltäessä on syytä syventyä myös siihen, kuinka tyvitukin oksaisuusluokka kuvaa koko rungon karsimisajan. Tekijä (H e i s k a n e n 1954) on näet osoittanut tyvitukin oksaisuusluokan hyvin osoittavan koko rungon kelpoisuuden sahateollisuuden raaka-aineeksi, joten on odotettavissa, että myös karsimisaika riippuu jollain tavoin tyvitukin oksaisuusluokasta.

Rungoittaista menetelmää tutkittaessa laskettiin keskimääräiset karsimisajat eri oksaisuusluokkien rungoille. Vain kaksi- ja kolmitukkisia puita sisältyi aineistoon niin paljon, että niistä voitiin selvittää rungon koon vaikutus karsimisaikaan tyvitukin oksaisuusluokittain. Se on esitetty taulukossa 7.

Taulukosta nähdään, että erot eri oksaisuusluokkien välillä ovat selvät. Myös havaitaan, että ne ovat kaksitukkisissa rungoissa suuremmat kuin kolmitukkisissa. Se onkin helposti käsitettävissä, sillä kaksitukkisissa puissa tyvitukin osuus tukkiosasta, keskimäärin 63 %, on paljon suurempi kuin kolmitukkisissa puissa, joissa se on vain 49 % (H e i s k a n e n 1954). Lisäksi taulukko osoittaa, että tiettyyn kuutioluokkaan kuuluvien kolmitukkisten puiden karsimiseen kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin kaksitukkisten runkojen käsittelyyn. Tämä johtunee pääasiassa siitä, että kolmitukkisissa puissa suurempi osa tukkipuusta saadaan varsinaisen latvuksen sisältä kuin kaksitukkisissa puissa.

Taulukko 7. Eri oksaisuusluokkien kaksi- ja kolmitukkisten runkojen tasoitetut karsimisajat.

Table 7. Levelled branching times of two- and three-log stems in different knottiness classes.

Rungon kuutio j³ *Volume of tree, cu.ft.*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*					
	I		II		III	
	Kaksi-, Kolmitukkiset		Kaksi-, Kolmitukkiset		Kaksi-, Kolmitukkiset	
	Two-log trees	*Three-log trees*	*Two-log trees*	*Three-log trees*	*Two-log trees*	*Three-log trees*
	min/runko — *minutes/stem*					
5	0.55	..	0.85	..	1.40	..
7	0.65	..	0.95	..	1.60	..
9	0.85	..	1.10	..	2.20	..
11	1.10	1.00	1.80	1.60	2.95	..
13	1.60	1.70	2.40	2.50	3.70	..
15	1.95	2.45	2.90	3.35	4.25	..
17	2.10	3.10	3.10	4.00	4.60	..
19	2.40	3.60	3.45	4.45	4.85	..
21	2.60	3.95	3.65	4.85	5.05	..
23	..	4.20	..	5.15	..	..
25	..	4.40	..	5.40	..	..
27	..	4.60	..	5.60	..	..
29	..	4.75	..	5.75	..	..
31	..	4.90	..	5.90	..	..
33	..	5.05	..	6.05	..	..
35	..	5.15	..	6.15	..	..

Myös yksitukkisissa ja nelitukkisissa rungoissa erot eri oksaisuusluokkien karsimisaikojen välillä ovat ilmeiset, mutta aineiston vähyyden vuoksi ei voida esittää rungon koon vaikutusta karsimisaikaan. Keskimääräiset eri oksaisuusluokkiin kuuluvien puiden suhteelliset karsimisajat on esitetty seuraavassa asetelmassa. Ne on kaksi- ja kolmitukkisissa rungoissa muunnettu vastaamaan 11 j³:n ja vastaavasti 13 j³:n rungon aikoja, mutta yksi- ja nelitukkisissa rungoissa esitettävät luvut vastaavat koko aineiston aritmeettisia keskiarvoja:

Tukkiluku	Tyvitukin oks. 1. suht. karsimisaika		
	I	II	III
1	4	100	677
2	64	100	169
3	84	100	142
4	87	100	..

Havaitaan, että erot oksaisuusluokkien välillä ovat kaikissa tukkiluokissa varsin selvät. Myös nämä keskiarvoiset luvut osoittavat oksaisuusluokkien välisten erojen selvästi pienenevän tukkiluvun kasvaessa.

Karsimisajan riippuvuus tyvitukin oksaisuusluokasta voidaan laskea myös toisella tavalla. Tekijä on tehnyt toisessa tutkimuksessaan laskelmia väli- ja latvatukkien todennäköisestä oksaisuusluokkajakaantumisesta tyvitukin oksaisuusluokasta riippuen yksi-, kaksi-, kolme- ja nelitukkisissa rungoissa. Samassa tutkimuksessa selvitettiin tyvi-, väli- ja latvatukkien osuus rungon tukkiosan teknillisestä kuutiosta (Heiskanen 1954). Niiden lukujen ja esillä olevan tutkimuksen osoittamien I, II ja III oksaisuusluokkien tyvi-, väli- ja latvatukkien karsimisaikojen (s. 21) avulla päädyttiin seuraavasta asetelmasta nähtäviin suhteellisiin karsimisaikoihin:

Tukkiluku	Tyvitukin oks. l. suht. karsimisaika		
	I	II	III
1	25	100	375
2	80	100	145
3	80	100	134
4	86	100	122

Erot ovat siis samansuuntaiset kuin varsinaisten aikatukimustenkin tuloksista saadut erot. On kuitenkin havaittavissa, että aikatutkimusten mukaan erot on saatu yksi- ja kaksitukkisissa rungoissa suuremmiksi kuin laskennallista menetelmää käyttäen. Tämä johtuu osittain siitä, että latva- ja välitukkien eri oksaisuusluokkien oksaisuus on sitä suurempi, mitä huonompaan oksaisuusluokkaan tyvitukki kuuluu (Heiskanen 1954), mikä seikka ei ole tullut esille teoreettisia laskelmia tehtäessä. Myös kolmitukkisissa rungoissa on II ja III luokkien välillä olemassa samanlainen ero eri tutkimusmenetelmien antamissa tuloksissa. Nelitukkisten runkojen aikatutkimusaineisto oli niin vähäinen, että toisensuuntainen ero menetelmien tulosten välillä lienee pantava aineiston pienuuden tilille.

Kaikesta huolimatta on aikatutkimusaineiston tuloksille annettava suurempi arvo, koska jälkimmäinen laskelma on varsin teoreettinen. Onkin syytä vertailla niitä Vuoriston (1933) ja Makkosen (1949) saamiin eri oksaisuusluokkien karsimisaikojen välisiin eroihin.

Vuoriston (1933) mukaan seuraava yhtälö kuvaa karsimisajan riippuvuutta hänen käyttämästään oksaisuusluokasta:

$$kry = 167\ z - 48,$$

jossa z = oksaisuusluokan itseisarvo.

Yhtälön avulla saadaan eri luokkiin kuuluvien runkojen keskimääräisiksi karsimisajoiksi:

Oks. l.	Aika min/j³	Suhdeluku
I	2.15	56
II	3.82	100
III	5.49	144

Makkosen (1949) tutkimukset osoittavat palkkaperustekomitean oksaisuusluokkien välisen karsimisaikaeron olevan 22 %.

Muut luokitukset näyttävät siis kuvaavan karsimisvaikeuden paremmin tai ainakin tasaisemmin kuin esillä oleva tyvitukin oksaisuusluokkaan perustuva luokitus, jossa I ja II luokkien välinen ero on varsinkin monitukkisissa rungoissa melko pieni. Sitä vastoin II ja III luokkien väliset erot ovat kaikissa tukkiluokissa yhtä selvät tai selvemmät kuin Vuoriston tai Makkosen käyttämien luokitusten eri luokkien keskimääräiset erot.

436. Kuorimisaika

4361. Kuorimisajan riippuvuus rungon koosta.

Kuorimisajat jaoteltiin samalla tavoin kuin karsimisajat apu- ja pääaikoihin. Apuajan osuus oli eri leimikoissa prosentteina koko vaiheajasta:

Evo	3.5 %
Hirvensalmi	4.2 »

Se on siis vielä vähäisempi kuin apuajan osuus karsimisajoista, joten myös kuorimisajan riippuvuuden tarkastelu voidaan suorittaa vain pääaikojen pohjalta.

Aluksi tarkastellaan kuorimisajan riippuvuutta rungon kuutiomäärästä. Se osoittautui suoraviivaiseksi, ja on molemmissa leimikoissa erittäin vahva. Korrelaatiokertoimen arvot olivat Evolla 0.99 ± 0.00 ja Hirvensalmella 0.82 ± 0.07. Varsinkin Evon tulosten mukaan on siis olemassa miltei täydellinen riippuvuus rungon tukkiosan teknillisen kuutiomäärän ja kuorimisen pääajan välillä. Yleensä tutkimuksissa on tultu siihen tulokseen, että kuorimisaika on rungon kuutiomäärän käyräviivainen funktio. Vuoristo (1936) päätyi kuusipaperipuita koskevassa tutkimuksessa tasoitusviivaan, jonka yhtälö oli muotoa $t = \sqrt{a\,v + b}$ ja perustelee tätä sillä, että kuorimisaika on suoraan verrannollinen kuorittavan puun vaippapinta-alaan (vrt. Klump 1929, Hampe 1931, 1932, 1933, Vuoristo 1934, Makkonen 1947, 1949).

Esillä oleva aineisto antoi kuitenkin, kuten jo mainittiin, tulokseksi suoraviivaisen tasoituksen. Suhde $\zeta : \varepsilon(\zeta)$ sai arvon 2.18, joka osoittaa suoraviivaisen tasoituksen oikeutuksen olevan epäilyksettömän. Yleensähän ollaan sitä mieltä, että suoraviivaista tasoitusta voidaan käyttää, jos mainittu suhde on alle 3 (esim. Yule 1916 s. 352).

Ensimmäisten regressiosuorien yhtälöt saivat seuraavan muodon:

Evo ..... $y = 1.35\ x + 4.22$
Hirvensalmi ..... $y = 0.58\ x + 5.95$

Yhtälössä y merkitsee kuorimisen pääaikaa ja x tukkiosan teknillistä kuutiomäärää kuutiojalkoina.

Yhtälöt osoittavat, että riippuvuus leimikoissa on selvästi erilainen. Hirvensalmella on tietyn kokoisten runkojen kuorimiseen kulunut huomattavasti vähemmän aikaa kuin Evolla. Syy eroihin saattaa olla työntekijöissä, mutta niihin on varmasti vaikuttanut myös ilman lämpötila, josta kuorimisajan on todettu useissa tutkimuksissa selvästi riippuvan (Helander 1922, Vuoristo 1934, 1936, Nenzell 1946, Makkonen 1949, 1952). Tutkimusajan keskimääräinen lämpötila oli näet Evolla —6.4°C ja Hirvensalmella —0.9°C. Hirvensalmella on siis vallinnut kuorimisen kannalta huomattavasti edullisempi lämpötila kuin Evolla.

Erot leimikkojen välillä ovat niin suuret, että aineistoja ei voidakaan yhdistää, vaan ne on käsiteltävä erikseen. Koska Hirvensalmen aineisto sisältää vain 139 tukin kuorinnan aikatutkimustulokset, suoritetaan päätarkastelu Evon leimikossa suoritettujen tutkimusten perusteella, ja Hirvensalmelta saatuihin tuloksiin viitataan vain lyhyesti.

4362. Kuorimisajan riippuvuus kuoren paksuudesta

Kuorimisaikaa vaikuttaa rungon järeyden lisäksi hyvin selvästi myös kuoren paksuus ja laatu, kuten monet tutkijat ovat osoittaneet (Vuoristo 1934, 1936, Tuovinen 1948, Makkonen 1947, 1949). Esillä olevassa tutkimuksessa käytettiin tukeittaista kuoriluokitusta, jossa tukit jaettiin kuoren paksuuden perusteella kolmeen luokkaan seuraavasti:

Luokka	Kuoren paksuus mm
I	<4 mm
II	5—8 mm
III	>9 mm

Eri kuoriluokkiin kuuluvien tukkien kuorimisaikoja kuvaavat suhdeluvut on esitetty taulukossa 8.

Tauluokko 8. Suhteelliset kuorimisajat eri kuoriluokissa oksaisuusluokittain (Kuoriluokka II = 100).

Table 8. Relative barking times in different bark classes by log grades (Bark Class II = 100.)

Kuoriluokka *Bark class*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*			
	I	II	III	Keskim. Average
I	108	112	113	111
II	100	100	100	100
III	81	93	88	88

Taulukosta 8 nähdään, että siirtyminen kuoriluokasta toiseen merkitsee keskimäärin n. 10 % muutosta kuorimisaikaan. Vertailun vuoksi mainittakoon, että V u o r i s t o (1936), joka käytti kuusipaperipuiden kuorintaa tutkiessaan rungoittaista kuoriluokitusta, päätyi siihen tulokseen, että yhden luokan muutos kuoren paksuudessa aiheuttaa n. 7½ % muutoksen kuorimisaikaan. Sahatukkien kuorimista tutkiessaan V u o r i s t o (1934) on todennut, että yhden kuoriluokan muutos aikaansaa 8½ % muutoksen kuorimisajassa. M a k k o n e n (1949), jonka käyttämä rungoittainen kuoriluokitus perustuu ainoastaan kaarnamuodostuman esiintymiseen, sai kuoriluokkien kuorimisaikojen suhteelliseksi eroksi männyllä 13 %. T u o v i s e n (1948) mukaan taas kuoriluokan muutos puoleen tai toiseen lisää tai vähentää mäntypaperipuiden varastolla kuorimisaikaa 11.9 %:lla. Hän käytti tutkimuksessaan samantapaista kuoriluokitusta kuin Vuoristokin.

Esillä olevassa tutkimuksessa saatu tulos käy siis yhteen entisten tulosten kanssa melko hyvin.

4363. Kuorimisajan riippuvuus tukin laatuluokasta

Tutkittaessa kuorimisajan riippuvuutta laatuluokituksen mukaisesta tukin oksaisuusluokasta on otettava huomioon samat näkökohdat kuin karsimisvaihettakin tarkasteltaessa (vrt. s. 25). Kun kuitenkin eri oksaisuusluokkien kuorimisaikojen väliset erot ovat melko vähäiset, etenkin karsimisaikojen eroihin verrattuna, ei ole katsottu olevan syytä tutkia eri tekijöiden vaikutusta kuorimisaikojen eroihin. Tähän ratkaisuun on vaikuttanut myös, että, kuten jo karsimisvaihetta käsiteltäessä mainittiin, käytännössä käsitellään kaikki laatuluokat yhtenä kokonaisuutena riippumatta siitä, ovatko ne tyvi-, väli- tai latvatukkeja. Siksi on aineistosta laskettu keskiarvot huomioon ottamatta tukin asemaa. Niitä laskettaessa kuorimisajat on muunnettu vastaamaan II kuoriluokkaa. Taulukossa 9 ja piirroksessa 5 on esitetty näin saadut eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien tasoitetut kuorimisajat.

Taulukko 9. Kuorimisen päätyöaika eri suuruisissa eri oksaisuusluokkien tukeissa II kuoriluokkaan muunnettuna.

Table 9. The principal working time for barking logs of different size and knottiness class converted into bark class II.

Tukin kuutio, j³ *Volume of log, cu.ft.*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*					
	I		II		III	
	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*
2.5	2.18	85	2.57	100	3.02	118
3.5	1.88	85	2.20	100	2.52	115
4.5	1.65	86	1.88	100	2.15	114
5.5	1.45	87	1.66	100	1.88	113
6.5	1.32	87	1.51	100	1.66	110
7.5	1.22	87	1.40	100	1.51	108
8.5	1.15	87	1.32	100	1.42	108
9.5	1.11	87	1.27	100	1.36	107
10.5	1.08	88	1.23	100	1.32	107
11.5	1.05	88	1.20	100	1.28	107
12.5	1.03	88	1.17	100	1.25	107
13.5	1.01	88	1.15	100	1.22	106
14.5	1.00	88	1.13	100	1.20	106

Taulukosta 9 ilmenee, että I oksaisuusluokan tukkien kuorimisen päätyöaika on 12—15 % pienempi ja III oksaisuusluokan tukkien käsittelyaika taas 6 —18 % suurempi kuin II luokan tukkien kuorimisaika. Lukuja tarkasteltaessa herättää erikoisesti huomiota se, että oksaisuuden vaikutus kuorimisaikaan näyttää olevan osittain suurempi kuin kuoriluokan vaikutus.

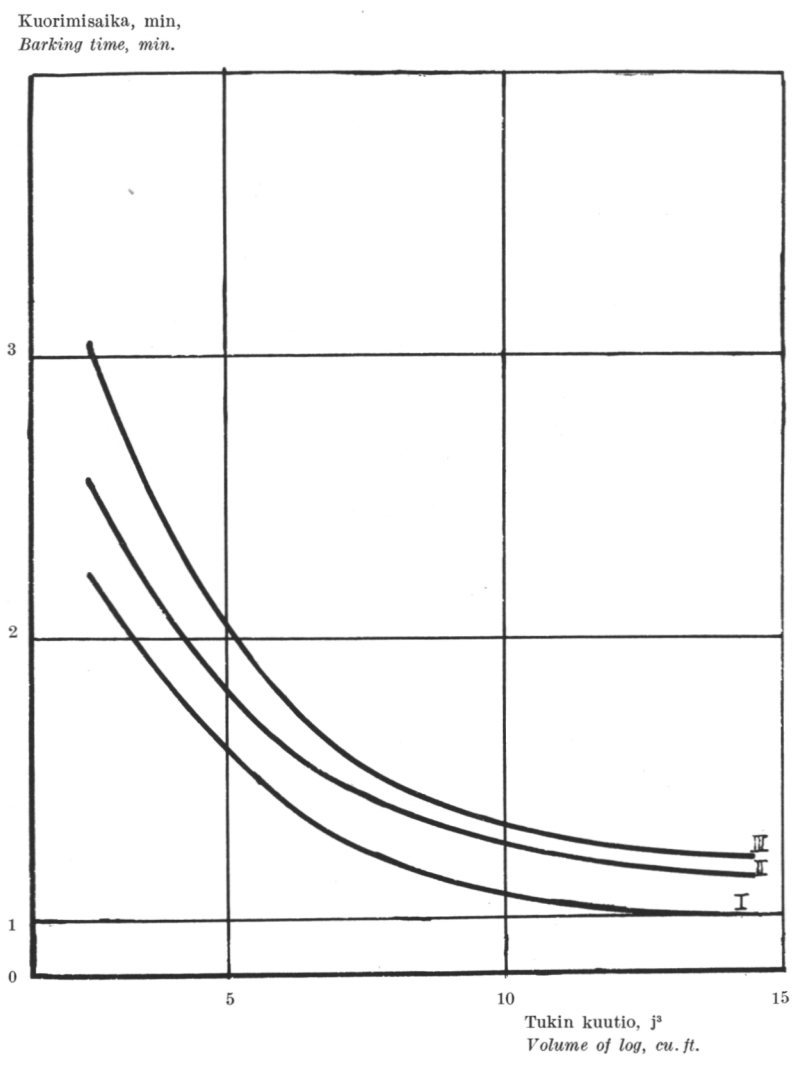
Keskimääräiset eri oksaisuusluokkien kuorimisajat ovat aineiston mukaan seuraavat:

oks. luokka	min.	suhdeluku
I	1.44	82
II	1.76	100
III	2.15	122

Hirvensalmen aineiston mukaan keskimääräiset suhteelliset kuorimisajat ovat vastaavasti:

I 75 II 100 III 157

Keskimäärin kuluu siis I oksaisuusluokan tukkien karsimiseen 18 % vähemmän ja III luokan tukkien kuorimiseen taas 22 % enemmän aikaa kuin II luokan tukkien käsittelyyn. Erot ovat näin ollen huomattavasti suuremmat



Piirros 5. Kuorimisajan riippuvuus tukin kuutiosta ja oksaisuusluokassa.
Chbrt 5. Correlation of the barking time to the cubic contents and knottiness class of log.

kuin missään tukkien suuruusluokassa taulukon 8 mukaan. Tämä johtuu siitä, että I luokan tukit ovat kooltaan suurempia kuin II luokan tukit, jotka taas ovat suurempia kuin III luokan tukit. I luokan tukit ovat näet miltei yksinomaan tyvitukkeja, myös II luokan tukeista tyvitukit muodostavat valtaosan, mutta III luokan tukkien pääosa on latvapölkkyjä. Mainittakoon vain, että keskimääräiset eri laatuluokkiin kuuluvien pölkkyjen kuutiomäärät olivat Evolla seuraavat:

laatuluokka	kuutio
I	6.49 j^3
II	5.99 »
III	4.97 »

Eri oksaisuusluokkien välisiin eroihin vaikuttaa siis oksaisuuden lisäksi myös tukin koko. Jos eri oksaisuusluokkien tukkien jakaantumista kuutioluokkiin pidetään Evolla normaalina, saadut suhdeluvut osoittavat oikeat erot eri oksaisuusluokkien välille eri kokoisissa rungoissa. Verrattaessa eri oksaisuusluokkien kuutioeroja Hirvensalmen tuloksiin, jossa I luokan tukkien kuutio oli 6.93 j^3, II luokan 5.74 j^3 ja III luokan 4.32 j^3, havaitaan Evon tulosten antavan pienemmät erot. Suhdelukuina merkittäessä II luokan kuutiota 100:lla ovat Evon ja Hirvensalmen tulokset näet seuraavat:

	I	II	III
		suht. kuutio	
Evo	108	100	83
Hirvensalmi	121	100	75

Voidaankin päätellä, että Evon aineistosta lasketut eri luokkien kuorimisaikojen erot ovat keskimääräistä pienemmät, sillä siellä eri luokkiin kuuluvien tukkien kuutioerot ovat myös tavallista pienemmät. Siellä olikin väli- ja latvatukkien joukossa paljon enemmän hyviin luokkiin kuuluvia tukkeja kuin muissa tekijän tutkimissa metsissä (Heiskanen 1954).

Mikäli oletetaan, että kaikkien oksaisuusluokkien tukit ovat yhtä suuria, saadaan eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien suhteellisiksi kuorimisajoiksi:

I 87 II 100 III 110

Vertailuna mainittakoon, että Vuoristo (1934) sai kolmea oksaisuusluokkaa käyttäessään mäntytukkien karsimisaikojen eroksi 5½ % luokasta toiseen siirryttäessä. Myös Tuovinen (1948) tutkiessaan paperipuiden varastokuorintaa havaitsi oksaisuusluokan vaikutuksen kuorimisaikaan hyvin selväksi. Mäntypölkkyjen I oksaisuusluokan kuorimisaika oli 18 % pienempi ja III luokan pölkkyjen kuorimisaika taas 27 % suurempi kuin II luokan pölkkyjen kuorimisaika.

Käytettäessä rungoittaisia oksaisuusluokituksia oksaisuuden vaikutus kuorimisaikaan saadaan paljon vähäisemmäksi. Vuoristo (1936) sai kuusipaperipuiden tekoa tutkiessaan kuorimisaikojen eroksi 3½ % oksaisuusluokasta toiseen siirryttäessä. Makkosen (1947, 1949) mukaan ei ole olemassa lainkaan käytännössä merkittävää eroa eri oksaisuusluokkien runkojen kuorimisaikojen välillä.

Taulukosta 9 havaitaan lisäksi, että kuorimisaika kuutiojalkaa kohden on suurin pienissä tukeissa ja pienenee hitaasti tukin kuutiomäärän kasvaessa. Samantapaisiin tuloksiin ovat päätyneet myös Helander (1922, 1923), Ingman (1929), Ekman (1922), Ronge (1930), Vuoristo (1934) ja Tuovinen (1948).

Kun laatuluokka ja oksaisuusluokka eivät aina ole samat, saadut tulokset on vielä muunnettava taulukon 2 lukujen perusteella laatuluokkia vastaamaan. Niin muuttuvat edellä esitetyn asetelman luvut seuraaviksi, jotka siis kuvaavat eri laatuluokkiin kuuluvien mäntysahatukkien suhteellisia kuorimisaikoja:

I 91 II 100 III 109

437. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekoajat

Lopuksi on selvitettävä eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekoon kuluvat ajat edellä esitettyjen aikatutkimustulosten perusteella. Ensimmäisenä tehtävänä, jossa esiintyy tiettyjä vaikeuksia, on runkoaikojen jakaminen tukkeja kohti. Runkoajat ovat keskimäärin kuutiojalkaa kohden sitä suuremmat, mitä pienemmästä rungosta on kysymys. Kun rungon ja tukin kuutioiden välillä vallitsee varsin selvä positiivinen korrelaatio, kuten Vuoristo (1935 b) on esittänyt, ei voida käyttää samaa runkoaikaa kaikille tukeille. Jollain tavoin on laskettava tukin kuution riippuvuus rungosta, jotta runkoaikojen muuntaminen tukkia kohden kävisi päinsä. Vuoriston em. tutkimusten tulokset eivät siihen ole sopivia, koska niissä riippuvuus on laskettu vain leimikoittain.

On kuitenkin olemassa kaksi muuta tapaa, jotka voivat tulla kysymykseen.

1. Voidaan laskea tukin keskimääräinen kuutio eri runkosuuruusluokissa vastaavalla tavalla kuin Vuoristo on tehnyt, mutta käyttämällä aineistona yksityisten runkojen mittaustuloksia. Sillä tavoin on saatu taulukossa 10 esitetty tukin kuutiot eri runkosuuruusluokille.

Taulukon 10 luvut, jotka on laskettu kuudesta eri leimikosta kerätystä 2 367 runkoa sisältävästä aineistosta, osoittavat kuten em. Vuoriston tutkimuskin, että tukin ja rungon tukkiosan kuution välillä vallitsee hyvin selvä riippuvuus. Esitetty laskutapa ei kuitenkaan ole esillä olevaa tarkoitusta silmälläpitäen paras mahdollinen. Sen avulla ei saada selville kaikkia tukkikokoja vastaavia rungon suuruuksia eikä myöskään sitä, mistä runkosuuruusluokista kutakin tukkikokoa saadaan. Runkoajan jakamiseksi eri kokoisille tukeille onkin tiedettävä tukkikokojen jakaantuminen eri runkosuuruusluokkien kesken. On oltava selvillä, montako prosenttia esim. 5 j^3:n tukeista on saatu 5 j^3:n, 7 j^3:n, 9 j^3:n jne. rungoista Taulukkoa 10

voitaisiin jotenkin käyttää, jos olisi tarpeen muuntaa tukkiajat runkoajoiksi. Sellaista mahdollisuutta ei esillä olevaa ongelmaa ratkaistaessa ole olemassa, sillä ei ole olemassa monitukkisia runkoja, joiden kaikki tukit kuuluisivat I tai II luokkaan. Ei siis voida laskea tuloksia runkoa kohden, vaan runkoajatkin on muunnettava tukkia kohden.

Taulukko 10. Tukin keskimääräisen kuution riippuvuus rungon kuutiosta.

Table 10. Correlation of the average cubic contents of log to the cubic contents of stem.

Rungon kuutio j³ *Volume of tree, cu.ft.*	Tukin kuutio j³ *Volume of log, cu.ft.*	Rungon kuutio j³ *Volume of tree, cu.ft.*	Tukin kuutio j³ *Volume of olg, cu.ft.*
3	3.00	25	8.06
5	3.57	27	8.44
7	4.00	29	8.78
9	4.50	31	9.11
11	5.00	33	9.42
13	5.53	35	9.72
15	6.00	37	10.00
17	6.42	39	10.26
19	6.79	41	10.65
21	7.24	43	11.03
23	7.67	45	11.39

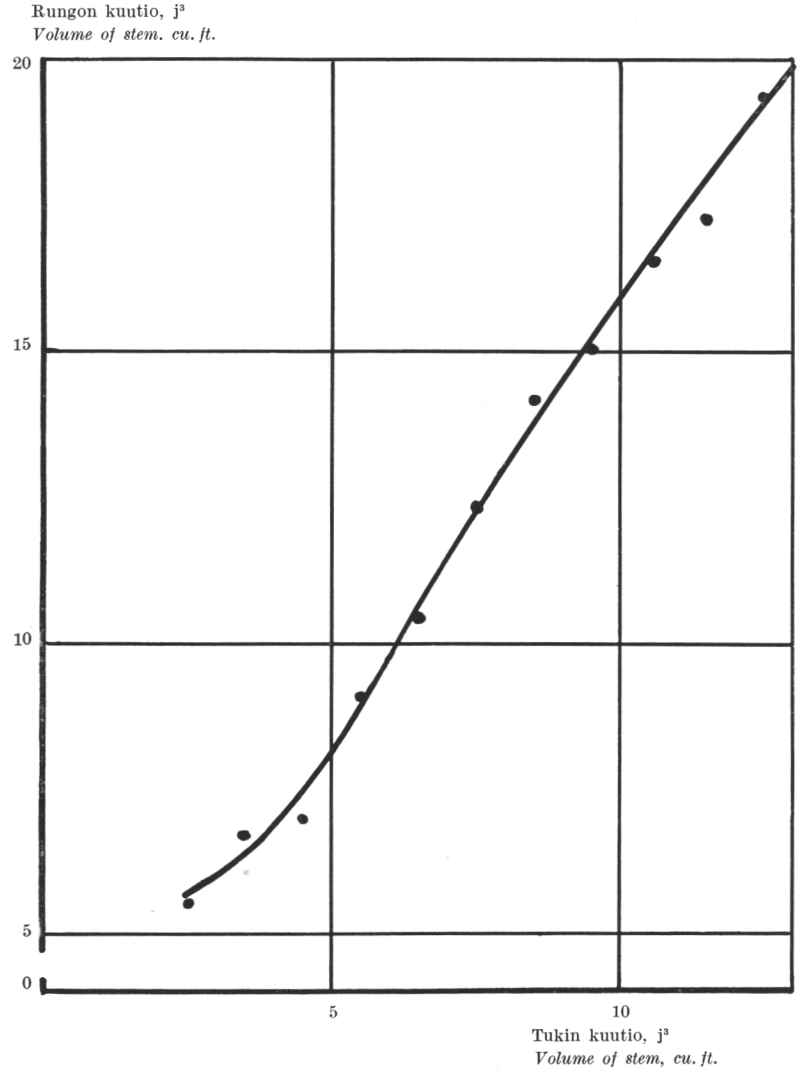
2. Toisena mahdollisuutena on laskea aineistosta eri suuruisten tukkien jakaantuminen runkosuuruusluokkiin. Nämä tiedot laskettiin Evon leimikon mittaustuloksesta ja aineistona oli kaikkiaan 793 runkoa. Tulokset on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. Eri kokoisten tukkien jakaantuminen rungon koon perusteella.

Table 11. Distribution of logs of different size on the basis of the size of stem.

Tukin kuutio j³ *Volume of log cu.ft.*	Rungon kuutio, j³ — *Volume of stem, cu. ft.*												
	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	25	Yht. *Total*
	% — *per cent*												
2.5	10.1	2.5	39.2	2.5	2.5	19.0	7.6	5.1	5.1	2.5	3.9	—	100.0
3.5	8.6	—	22.2	23.7	6.1	2.5	7.1	9.6	11.1	6.6	1.5	1.0	100.0
4.5	—	7.8	20.1	13.0	18.8	6.5	14.9	3.2	5.9	5.9	2.6	1.3	100.0
5.5	—	1.8	—	23.5	12.6	15.3	18.9	12.6	6.3	2.7	2.7	3.6	100.0
6.5	—	—	1.2	8.3	23.8	6.0	7.1	16.7	25.0	8.3	3.6	—	100.0
7.5	—	—	—	—	15.3	5.6	13.9	29.8	13.9	20.8	6.9	2.8	100.0
8.5	—	—	—	—	—	7.0	9.3	16.3	37.2	9.3	9.3	11.6	100.0
9.5	—	—	—	—	—	—	3.8	—	50.0	38.6	3.8	3.8	100.0
10.5	—	—	—	—	—	—	5.6	—	5.6	50.0	27.8	11.0	100.0
11.5	—	—	—	—	—	—	—	20.0	—	20.0	20.0	40.0	100.0
12.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33.3	66.7	100.0

Taulukosta nähdään, että etenkin pienikokoisia tukkeja saadaan jonkin verran miltei kaikista runkosuuruuksista. Hajonta on siis varsin suuri. Kuitenkin on selvästi nähtävissä, että tukin koon suuretessa myös sitä vastaavan rungon koko kasvaa. Se ilmenee myös piirroksesta 6, jossa on esitetty eri tukkikokoja vastaavat rungon kuutiomäärät.



Piirros 6. Tukin kuutiota vastaavat rungon kuutiot.
Chart 6. The cubic contents of stem corresponding to the cubic contents of log.

Piirroksesta havaitaan, että riippuvuus tukin ja rungon kuutioiden välillä on miltei suoraviivainen. Aluksi rungon kuutio nousee tukin kuution

kasvaessa kuitenkin jonkin verran hitaammin kuin myöhemmin. Siten tasoitusviivana onkin käyrä, mikä poikkeaa Vuoriston (1935 b) tutkimuksen tuloksista, joiden mukaan tukin kuutio riippuu suoraviivaisesti sen rungon kuutiosta, josta se on hakattu.

Taulukon 11 avulla on laskettu runkoajat eri tukkisuuruusluokille. Runkoaikoihin kuuluvat, kuten tutkimusmenetelmää selostettaessa mainittiin, seuraavat ajat:

Kaatamisaika
Siirtymisaika
Katkomisaika

Laskelma on tehty taulukossa esitettyjä jakaantumislukuja hyväksikäyttäen tavallisella osuuslaskulla. Näin on saatu seuraavat runkoajat eri kokoisille tukeille:

Tukin kuutio, j^3	Runkoajat min/j^3
2.5	1.54
3.5	1.47
4.5	1.40
5.5	1.29
6.5	1.23
7.5	1.18
8.5	1.15
9.5	1.13
10.5	1.11
11.5	1.10
12.5	1.07

Lisäämällä nämä ajat taulukoissa 6 ja 9 esitettyihin eri oksaisuusluokkiin kuuluvien tukkien karsimis- ja kuorimisaikoihin, on päästy lopullisiin eri oksaisuusluokkien tukkien tekoon kuluviin aikoihin, jotka nähdään taulukosta 12. Siinä esitettyihin aikoihin on lisäksi laskettu lepoajat ja keskeytykset sekä karsimisen ja kuorimisen apuajat.

Taulukon 12 laskemistavasta on vielä mainittava, että saaduilla tuloksilla on vain teoreettinen arvo, sillä, kuten monesti on jo mainittu, kustakin runkosuuruusluokasta hakatut III luokan tukit ovat kooltaan huomattavasti pienemmät kuin II ja I luokan tukit. Laskelmat tulisivat kuitenkin liian monimutkaisiksi, jos tämäkin seikka otettaisiin huomioon. Todennäköisesti se ei myöskään paljoa muuttaisi tuloksia.

Taulukosta 12 ilmenee (vrt. piirros 7), että I oksaisuusluokan tukkien tekoaika on 87—93 % ja III oksaisuusluokan tukkien tekoaika vastaavasti

Taulukko 12. Eri oksaisuusluokkiin kuuluvien kuorittujen tukkien tekoajat.

Table 12. Cutting times for barked logs beloging to different knottiness classes.

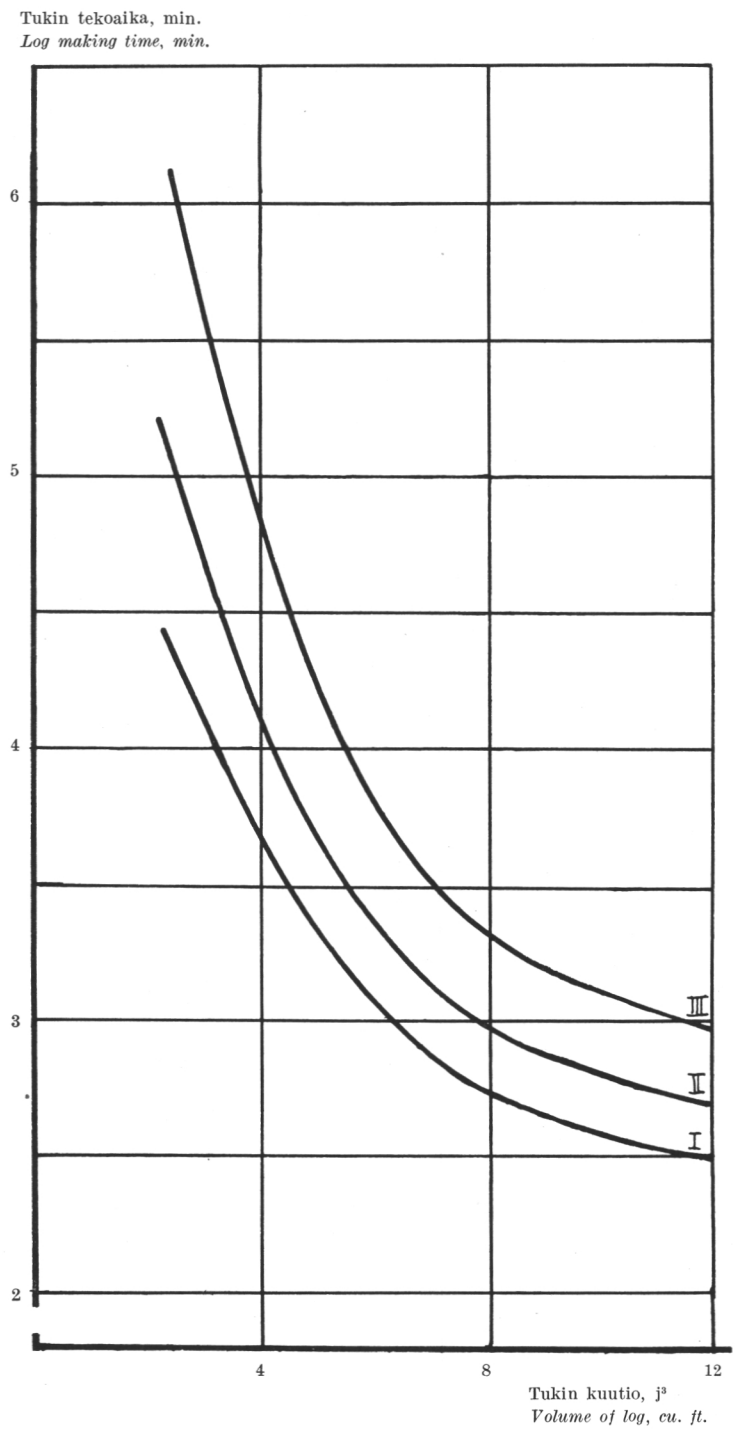
Tukin kuutio j³ *Volume of log, cu.ft.*	Oksaisuusluokka — *Knottiness class*					
	I		II		III	
	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*	min/j³ *min/cu.ft.*	suhdel. *rel. time*
2.5	4.39	87	5.05	100	6.12	121
3.5	3.95	88	4.47	100	5.32	119
4.5	3.60	91	3.96	100	4.68	118
5.5	3.22	91	3.55	100	4.13	116
6.5	3.01	91	3.29	100	3.74	114
7.5	2.83	92	3.09	100	3.47	112
8.5	2.72	92	2.96	100	3.30	112
9.5	2.65	92	2.87	100	3.19	111
10.5	2.59	92	2.80	100	3.10	111
11.5	2.54	92	2.75	100	3.05	111
12.5	2.48	93	2.68	100	2.96	110

110—121 % II luokan tukkien valmistukseen kuluvasta ajasta. Kysymys on, kuten taulukossa on mainittu, kuorittujen tukkien valmistuksesta. Kuorimattomia tukkeja tehtäessä erot eivät ole aivan samat, mutta aineiston vähyyden vuoksi niitä koskevia laskelmia ei voida esittää. Se voitaisiin tosin tehdä jättämällä kuorimisaika pois em. taulukosta, mutta niin saatu tulos tuskin vastaa todellisuutta. Väitetään näet usein, että miehet suorittavat karsinnan paremmin silloin, kun joutuvat tukit myös kuorimaan (vrt. s. 25). Toisaalta on kuitenkin joskus havaittavissa, että varsinkaan pieniä oksia ei karsita kuorittuja tukkeja tehtäessä lainkaan, vaan ne katkaistaan petkeleellä vasta kuorimistyön yhteydessä. Karsimisaika saattaa siis joissakin tapauksissa olla kuorimattomia tukkeja tehtäessä suurempikin kuin kuorittuja tukkeja valmistettaessa. Tutkimustulosten puuttuessa ei voida tehdä varmoja päätelmiä asiasta.

On mielenkiintoista verrata aikatutkimusten osoittamia eroja todellisten tekopalkkojen välisiin suhteisiin. Taulukossa 12 on kysymys oksaisuusluokista, joten siinä esitetyt erot ovat laatuluokkien välillä vallitsevia eroja vain jonkin verran suuremmat, mutta vertailua tehtäessä tällä seikalla ei ole merkitystä, sillä tekopalkat voidaan ottaa myös esille oksaisuusluokittain. Kuorittujen mäntytukkien eri oksaisuusluokkien tekopalkkoja kuvaavat suhdeluvut ovat sivulla 17 esitettyjen laskelmien mukaan:

I 98.2, II 100, III 103.0.

Todelliset erot eri oksaisuusluokkien hakkuuvaikeudessa ovat siis monin verroin suuremmat kuin nykyisten palkkaperusteiden mukaiset erot.



Piirros 7. Tukkien tekoajan riippuvuus tukin kuutiomäärästä ja laatuluokasta.

Chart 7. Correlation of the cutting time of logs to the cubic contents and grade of log.

Taulukosta 12 saadaan näet 10 j³:n rungon keskikuutiota vastaaviksi suhteiksi eri luokkien välillä:

I 91, II 100, III 116.

Taulukon 12 lukuja on mielenkiintoista verrata myös Vuoriston (1935 a) esittämiin olettamuksiin eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekokustannuksissa vallitsevista eroista. Hänen mukaansa I ja III laatuluokan (Vuoriston luokitus) tukkien tekotyössä on eroa 40 % edellisen eduksi. Esillä olevan tutkimuksen mukaan ero nykyisen laatuluokituksen I ja III laatuluokan tukkien tekoaikojen välillä on suurimpien tukkien kohdalla n. 20 % ja pienimpien n. 40 %. Kun otetaan huomioon, että nykyisessä luokituksessa I ja III luokan välinen laatu- ja oksaisuusero on pienempi kuin Vuoriston laatuluokituksessa, voidaan katsoa saatujen tulosten keskimäärin varsin hyvin vastaavan Vuoriston aikanaan esittämiä olettamuksia.

Kuten edellä on useaan kertaan jo mainittu, aikatutkimusten tuloksilla on nykyisellään vain teoreettinen arvo, koska oksaisuutta ei oteta työvaikeusluokituksissa yhtä tarkasti, tai ei ainakaan samalla tavoin huomioon kuin laatuluokituksessa. Asia muuttuu toiseksi, jos laatuluokitusohjeita voitaisiin käyttää myös työvaikeutta määritettäessä oksaisuuden selvittämiseen. Seuraavana tehtävänä onkin tutkia, mitä mahdollisuuksia on olemassa laatuluokituksen käytölle oksaisuusluokituksena työvaikeutta silmälläpitäen.

44. Laatuluokitus työvaikeusluokituksena

441. Työvaikeusluokituksista

Lähdettäessä esitettyjen tutkimustulosten perusteella tarkastelemaan mahdollisuuksia käyttää laatuluokituksen mukaista oksaisuusluokkaa myös työvaikeutta määritettäessä, on aluksi luotava katsaus työvaikeusluokitukselle asetettaviin vaatimuksiin.

Työvaikeusluokituksessa on pyrittävä mahdollisimman yksinkertaisiin kaavoihin, sillä luokitusten suorittajia ei ole mahdollista erikoisesti kouluttaa. Lisäksi on tarpeen, että myös työntekijät pystyvät täysin ymmärtämään luokitusperusteet ja siten siis tarkistamaan palkkansa suuruuden kaikissa olosuhteissa. Monimutkaiset, teoreettisesti mahdollisesti hyvinkin tarkat menetelmät eivät niin muodoin ole tarkoituksenmukaisia. Esimerkkinä erittäin tarkasta ja eri vaikeustekijät teoreettisesti oikein huomioon ottavasta oksaisuusluokituksesta voidaan esittää itävaltalainen Hilscherin (1954) laatima luokitus. Siinä ovat luokitusperusteina:

1. Latvuksen suhteellinen pituus.
2. Oksien välimatka.
3. Oksien paksuus.

Oksaisuudesta aiheutuvan lisäyksen laskemiseen tarvitaankin kaksi eri taulukkoa ennenkuin päästään lopullisiin lukuihin. Tätä menetelmää käytettäessä oksaisuus määritetään leimikon keskipuusta, jolloin tasaisissa esim. istutus- ja kylvömetsiköissä päästään hyvin tarkkoihin tuloksiin. Vaihtelevissa leimikoissa on keskipuumenetelmää todennäköisesti varsin vaikea soveltaa. Koepuita arvioimalla Hilscherin oksaisuusluokitus lienee niin vaivalloinen, että se ei voi tulla kysymykseen.

Toisaalta pitäisi tulkinnanvaran olla mahdollisimman vähäinen. Sen vuoksi luokitusohjeille on eduksi, että niissä oksaisuus ilmoitetaan mahdollisuuksien mukaan mitattavin suurein. Ei riitä, kuten ruotsalainen luokitus ilmoittaa, että ensimmäisessä luokassa latvus on »hyvin lyhyt, ohutoksainen» jne. (esim. Kollektivt .....), koska tuollainen käsite on varsin subjektiivinen. Voidaankin olla vakuuttuneita, että ruotsalainen luokitus antaa perin vaihtelevia tuloksia riippuen siitä, kuka luokan määrittää.

Esitetyt näkökohdat ovat ensi sijassa muodollisia, mutta voidaan esittää myös asiallisia vaatimuksia, jotka ovat tärkeimmät:

1. Työvaikeusluokituksen tulee olla tarkka, s.o. erojen eri luokkien työvaikeuden välillä on oltava samanlaiset olosuhteista riippumatta. Oksaisuusluokituksesta puheen ollen voidaan esimerkkinä mainita, että eri oksaisuusluokkien välisten suhteellisten erojen on oltava samat rungon koosta riippumatta. Tätä seikkaa pitää Makkonen (1950) varsin tärkeänä, mikä on luonnollista ennen kaikkea tarkoituksenmukaisuuden kannalta. Jos erot vaihtelisivat rungon koon mukaan, olisi palkkataulukoiden laatiminen hankalaa ja monimutkaista.

2. Eduksi olisi, jos eri luokkien väliset erot olisivat yhtä suuret.

Tarkasteltaessa esitettyjen vaatimusten pohjalta Vuoriston käyttämää luokitusta havaitaan sen hyvin täyttävän yksinkertaisuusvaatimuksen. Siinä on vain arvioitava latvuksen oksien läpimitta, jonka määrittämisessä laatuluokitusta koskevien tutkimusten mukaan päästään verrattain tarkkoihin tuloksiin (Heiskanen 1954). Muissa suhteissa luokituksella on joitakin varjopuolia, jotka tekevät sen itse asiassa täysin sopimattomaksi tarkoitukseensa. Se ei ensinnäkään ota huomioon kaikkia tekijöitä, jotka vaikuttavat työvaikeuteen. Tällaisia tekijöitä ovat oksien paksuuden lisäksi latvuksen pituus ja oksien tiheys. Makkonen (1950) mainitsee eräänä varjopuolena sen, että luokkarajat eivät vastaa todellisuutta. »Tuskin löytynee sellaista leimikkoa, jossa jokaisen leimatun puun kaikki karsittaviksi tulevat oksat ovat 2″ paksumpia.» Vuoristo lienee kuitenkin tarkoittanut latvuksen keskimääräisiä eikä pienimpiä oksia tällä oksan

koolla, kuten hän oksaisuusluokitustaan selittäessään mainitseekin (vrt. s. 15).

Pahin varjopuoli ei olekaan luokituksessa itsessään, vaan laskelmissa, joita Vuoristo (1933) esittää eri luokkien karsimisaikojen eroista ja jotka ovat nykyisten palkkaperusteiden pohjana. Ne ovat näet teoreettisesti virheelliset. Ne on tehty ottamatta huomioon rungon suuruutta, vaikka samassa tutkimuksessakin on todettu rungon koon vaikuttavan hyvin selvästi karsimisajan suuruuteen. Toisaalta tiedetään, että rungon oksaisuusluokan itseisarvon ja rungon koon välillä vallitsee selvä positiivinen riippuvuus. Pienistä rungoista suurin osa kuuluu hyviin oksaisuusluokkiin ja suurimmat puut taas ovat miltei poikkeuksetta III oksaisuusluokkaan kuuluvia. Evon aikatutkimusaineistosta laskettiin Vuoriston eri oksaisuusluokkien runkojen keskim. kuutiomäärät, jotka osoittautuivat seuraaviksi:

Oks. l.	Rungon kuutio, j³
I	7.99
II	17.41
III	27.66

Nämä laskelmat osoittavat, että osa Vuoriston saamista oksaisuusluokkien erosta onkin rungon koon aiheuttamaa. Kun nykyiset palkkataulukot perustuvat Vuoriston tutkimusten tuloksiin, todetaan niidenkin olevan virheelliset. Oksaisuuden vaikutus on siis tullut liian suureksi.

Palkkaperustekomitean luokitus tuntuu ohjeita lukiessa melko monimutkaiselta. Jos luokan määrittäminen voitaisiin suorittaa yksinomaan latvuksen pituuden perusteella, asia olisi toinen. Nykyisellään luokitus on kuitenkin perin subjektiivinen, ja tilanne on vain huonontunut, kun Makkonen (1950) pitää tarpeellisena »korostaa, että oksien poikkeuksellinen ohuus tai paksuus voi siirtää leimikon yhtä luokkaa alemmaksi tai ylemmäksi, kuin mihin sen elävän latvuksen suhteellisen pituuden puolesta kuuluisi» (vrt. Ronkanen 1950).

Asiaa tutkimalla saatetaankin havaita, että käytännön luokituksissa on oksien paksuudelle ja lukumäärälle annettu erittäin suuri merkitys. Taulukon 3 (s. 20) mukaan saadaan eri luokkien osuuksiksi yksinomaan latvuksen pituuden perusteella arvosteltuna:

Oks. l.	Osuus, %
I	3.8
II	9.0
III	42.9
IV (+V)	44.3

Ronkanen (1950) puolestaan ilmoittaa, että Etelä-Suomessa I, II ja III luokat ovat oksaisuusluokista yleisimmät ja että suurin osa männyistä kuuluu II luokkaan. Neljättä luokkaa ei esiinny lainkaan. Myös metsät. lis. Makkonen on ilmoittanut tekijälle käsityksenään, että II luokka on Etelä-Suomessa yleisin männyn oksaisuusluokista.

Vertailu osoittaa, että oksien poikkeuksellinen paksuus tai ohuus on muuttanut oksaisuusluokkajakaantumisen kokonaan toiseksi, miksi se pelkän latvuksen pituuden perusteella arvioitaessa saadaan. Muut tekijät näyttävät siis painaneen luokkaa määritettäessä huomattavasti enemmän kuin latvuksen pituus. Tämä osoittaa, että luokitus palkkaperustekomitean ohjeiden pohjalla on subjektiivista ja tulkinnanvaraista. Voitaneenkin olla vakuuttuneita, että yhtenäisiin tuloksiin pääsemiseksi on luokituksen käyttö erikoisesti opetettava. Metsätehon toimesta onkin tiettävästi suoritettu koulutustoimintaa tällä alalla.

Muihin edellä esitettyihin vaatimuksiin nähden luokitusta on pidettävä onnistuneena. Makkonen (1949) mainitsee oksaisuusluokkien välisten erojen olevan suurin piirtein riippumattomia rungon koosta. Lisäksi tämäkin luokitus on sikäli onnistunut, että eri luokkien väliset erot ovat täsmälleen yhtä suuret, kuten Makkosen esittämät tutkimustulokset osoittavat.

Palkkaperustekomitean oksaisuusluokitusta voidaan toisaalta pitää tarkkuudeltaan melko ylimalkaisena, sillä erot eri oksaisuusluokkien karsimis- ja ennen kaikkea kuorimisaikojen välillä ovat suhteellisen pienet. Olisikin varmasti hyödyllistä, jos laatuluokitus kelpaisi myös työvaikeusluokitukseksi. Suurin etu, joka siten saavutettaisiin, olisi se, että luokituksen tulkinnanvaraisuus tulisi ainakin jonkin verran vähäisemmäksi kuin nykyisin. Lisäksi tulisi luokituksen käyttäjien koulutus entistä helpommaksi ja halvemmaksi, kun sama luokitus kelpaisi kahteen eri tarkoitukseen.

442. Laatuluokituksen käyttömahdollisuudet

Edellä on aikatutkimustuloksia selostettaessa otettu esille kaksi eri tapaa laatuluokituksen käytössä. Molempia tapoja on teoriassa mahdollisuus käyttää myös työvaikeusluokituksena. On siis tutkittava erikseen molemmat seuraavat laatuluokitustavat:

1. Rungoittainen luokitus eli luokitus tyvitukin oksaisuuden perusteella (tyvitukkimenetelmä).

2. Tukeittainen luokitus eli jokaisen rungosta saatavan tukin laatuluokan määrittäminen erikseen.

Laatuluokituksen sopivuutta työvaikeusluokitukseksi tutkittaessa on aluksi todettava, että se on varmasti objektiivisempi kuin nykyiset työ-

vaikeusluokitukset. Tosin senkin onnistunut käyttö edellyttää ennakkoopetusta ja harjoittelua, kuten sekä tutkimukset että käytännön kokemukset ovat osoittaneet.

Tarkasteltaessa erikoisesti tyvitukkimenetelmää edellä esitettyjen vaatimusten pohjalta havaitaan siinä olevan monia varjopuolia. Ensinnäkin nähdään, että eri oksaisuusluokkien väliset erot riippuvat sangen selvästi rungosta saatavien tukkien lukumäärästä. Toiseksi menetelmä antaa pitkissä, monitukkisissa rungoissa suhteellisen epävarman tuloksen, sillä tyvitukki muodostaa niissä vain sangen vähäisen osan koko puusta. Esim. nelitukkisissa rungoissa sen osuus on vain 39 % (Heiskanen 1954). Nämä molemmat seikat tekevätkin tyvitukkimenetelmän käytön epätarkoituksenmukaiseksi. Lisäksi voidaan varjopuolena pitää sitä, että ero I ja II luokkien karsimisaikojen välillä on suurempi kuin II ja III luokkien välillä. Tämä haitta ei kuitenkaan ole niin vakava, että se yksin tekisi menetelmän sopimattomaksi.

On kuitenkin syytä mainita, että jos leimikon arvioinnissa siirrytään menetelmään, joka perustuu rungosta saatavien tukkien lukumäärään, muuttuu suhtautuminen tyvitukkimenetelmään . Silloin voidaan harkita uudelleen tyvitukkimenetelmän sopivuus työvaikeusluokitukseksi.

Tukeittainen laatuluokitusmenetelmä tuntuisi sopivan paremmin työvaikeusluokituksenakin käytettäväksi, mutta silläkin on eräitä vakavia varjopuolia:

1. Ero eri oksaisuusluokkien karsimisaikojen välillä kasvaa tukin kuutiomäärän suuretessa. Suureneminen on silti melko vähäistä, kuten taulukosta 6 nähtiin. Työvaikeusluokituksen tapaisessa käytännön tehtävässäkään ei kuitenkaan voitane tyytyä niin karkeisiin keskiarvoihin kuin eri oksaisuusluokkien keskim. suhteellinen karsimisaika on.

2. Myös kuorimisajoissa erot eri luokkien välillä riippuvat jonkin verran rungon ja tukin koosta, mutta niissä erot ovat jonkin verran vähäisemmät kuin karsimisajoissa, kuten taulukko 9 osoitti.

Jo nämä seikat yksistään osoittavat, että laatuluokituksen mukainen oksaisuusluokitus ei monista eduistaan huolimatta paranna tilannetta nykyiseen käytäntöön. Voidaankin päätyä siihen, että palkkaperustekomitean oksaisuusluokitusta ei pystytä parantamaan korvaamalla se laatuluokituksella, mutta toisaalta pitäisi kuitenkin jollain tavoin täsmentää nykyistä luokitusta subjektiivisuuden vähentämiseksi. Tässä korjaamisessa olisi kiinnitettävä huomio oksien paksuuden ilmoittamiseen mitattavin suurein. Olisi siis määriteltävä »hento oksa» sentteinä jne. Lisäksi pitäisi tarkoin määritellä, millainen osuus kuiville oksille on annettava oksaisuusluokkaa määritettäessä, sillä nykyisten ohjeiden perusteella on vaarana päätyä aivan virheellisiin tulkintoihin.

45. Yhdistelmä

Tutkimuksen tärkeimmät tulokset voidaan esittää seuraavina päätelminä:

1. Laatuluokituksen ja Vuoriston oksaisuusluokituksen välisen riippuvuuden perusteella saadaan eri laatuluokkien suhteellisiksi tekopalkoiksi nykyisten palkkaperusteiden vallitessa:

Kuorelliset	tukit	98:	100:	105
Kuoritut	tukit	99:	100:	103

2. Laatuluokituksen ja palkkaperustekomitean pinotavaraleimikoiden oksaisuusluokituksen välillä vallitsee positiivinen riippuvuus, joka kuitenkin vaihtelee puiden iästä riippuen.

3. Karsimisaikojen suhteet eri laatuluokkien välillä ovat seuraavat: 13: 100: 558.

4. Tiettyyn laatuluokkaan kuuluvien tyvitukkien karsimisaika on pienin ja latvatukkien suurin.

5. Tyvitukkien oksaisuusluokka (laatuluokka) kuvaa melko selvästi koko rungon karsimisajan suuruuden, mutta erot oksaisuusluokkien välillä vaihtelevat rungon tukkiluvun mukaan.

6. Kuorimisaikojen keskimääräiset suhteet eri tukeittaisten oksaisuusluokkien välillä ovat aineiston keskiarvoista laskettuna: 82: 100: 122. Suurin osa eroista johtuu kuitenkin tukin koosta eikä laadusta. Jos koon vaikutus eliminoidaan, päädytään seuraaviin suhteisiin eri laatuluokkien välillä: 91: 100: 109.

7. Eri laatuluokkiin kuuluvien tukkien tekoon kuluvien aikojen suhde on esim. 10 j^3:n rungon keskikuutiota vastaavaksi muunnettuna: 91: 100: 116.

8. Laatuluokitus tai siihen perustuva oksaisuusluokitus näyttää olevan nykyisellään vähemmän sopiva oksaisuusluokitukseksi työvaikeutta määritettäessä.

Kirjallisuusluettelo

Aro, Paavo 1936. Aikatutkimuksia koivuhalkojen teosta. Metsät.tutk.lait. julk. 23.4. Helsinki.

—»— 1945. Työajan jaoittelu metsätöissä. Metsäteho. Julk. n:o 1 ss. 28—33 Helsinki.

—»— 1954. Uusi ehdotus työn ja työajan jaottelun yhdenmukaistamiseksi metsätyön tutkimuksissa. Metsäntutk.lait.julk. 44.7. Helsinki.

Ekman, W. 1908. Skogsteknisk handbok. Stockholm.

Hampe, C. 1931. Arbeitsleistungen und Arbeitsverfahren im Hauungsbetrieb Forstarchiv. ss 368—370.

—»— 1932. Das Schälen von Nadelhölzern. Forstarchiv. ss 356—362.

Heikinheimo, Olli 1953 a. Puun rungon luontaisesta karsiutumisesta. Metsäntutk.lait.julk. 41.5. Helsinki.

—»— 1953 b. Puun luontaisesta karsiutumisesta. Metsätal.aik.l. ss. 397—399.

Heiskanen, Veijo 1950 a. Mäntysahatukkien uusi laatuluokittelu. Metsälehti n:o 49.

—»— 1950 b. Uusi mäntysahatukkien laatuluokittelu. Metsätal.aik.l. ss. 286—288.

—»— 1951. Mäntysahatukkien laatuarvioinnin tarkkuudesta. Silva Fennica ss. 104—112.

—»— 1954. Tutkimuksia mäntytukkipuiden laatuluokitustavoista ja niiden tarkkuudesta. Metsäntutk.lait.julk. 44.1. Helsinki.

—»— 1955. Laadun vaikutus mäntysahatukkien uimiskykyyn ja uittohankaluuteen. Metsäntutk.lait.julk. 45.1. Helsinki.

Helander, A. Benj. 1922. Metsänkäyttöoppi. Porvoo—Helsinki.

—»— 1923. Metsätalouden tarjoamasta ansiotyöstä. Acta Forestalia Fennica. 26. Helsinki.

Hilscher, Alfred 1954. Die Österreichische Normalleistungstafel. Mitt. der forstl. Bundes-Versuchsanstalt Mariabrunn. 50. Heft. Wien.

Ingman, K. G. 1929. Puutavaramiehen käsikirja. Helsinki.

Kauppinen, Lassi 1951. Vuosirengasvälin vaikutuksesta mäntysahatukkien ja mäntysahatavaran laatuun. Käsikirjoitus.

Klump, L. 1929. Ergebnisse von Zeitstudien beim Schälen von Kiefernabschnitte in der Rhein—Mainebene. Forstarchiv. ss 222—224.

Kollektivt Arbets- och Löneavtal (lokalavtal) för skogsarbeten inom Ångermanälvens och Nätraälvens flodområden mellan Domänverket samt Föreningen skogsarbeten, III distriktet och Svenska Skogs- och Flottningsarbetareförbundet. Kramfors. 1946.

Lappalainen, R. 1949. Mäntysahatukkien laatulajittelu ja sen vaikutus sahaustulokseen. Käsikirjoitus.

Lindeberg, J. W. 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käytäntö tilastotieteessä. Helsinki.

Makkonen, Olli 1947. Aikatutkimuksia pinopuutavaran teosta. Metsäteho. Julk. n:o 7. Helsinki.

—»— 1949. Aikatutkimuksia tukkien ja paperipuiden teosta talvella. Metsäteho. Julk. n:o 12. Helsinki.

—»— 1950. Hakkuutöiden aikatutkimustulosten soveltaminen käytäntöön. Metsäteho. Julk. n:o 25. Helsinki.

Metsätöiden palkkaperusteet. 1946. Komitean mietintö. Helsinki.

Nenzell, Gustaf 1946. Några resultat från tidstudier av gagnvirkeshuggning. SDA Medd. nr. 22—29. Stockholm.

Nyyssönen, Aarne 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä. Acta Forestalia Fennica 60.3. Helsinki.

Putkisto, Kalle 1947. Tutkimuksia vanerikoivujen hankinnasta II. Metsäteho. Julk. n:o 5. Helsinki.

Ronkanen, A. J. 1950. Työtulokset, palkkaperusteeet, yksikköpalkat ja palkkatarkkailu. Metsäteknologia ss. 806—910. Helsinki.

Siimes, F. E. 1951. Sahatukkien laatuluokittelu sahatavarain käytön, lajittelun ja koesahausten valossa. Silva Fennica 69. ss 63—75.

—»— 1954. Esimerkkki sahatukkien laatuluokittelun vaikutuksesta. Metsätal. aik.l. ss. 5—7.

Tuovinen, Arno 1948. Aikatutkimuksia paperipuiden varastokuorinnasta ja - katkonnasta. Metsäteho. Julk. n:o 8. Helsinki.

Vuoristo, Ilmari 1933. Sahateollisuuden työtehotutkimuksia III. Tukkien teko ja ajo Perä-Pohjolan mäntymetsissä. Puutekn.tutk.kann.yhd.julk. n:o 10. Helsinki.

—»— 1934. Sahatukkien kuorimisvaikeudesta. Suomen Pap.- ja Puutav.l. ss. 770—777, 844—857, 897—902.

—»— 1935 a. Havupuumetsien laatuarvo ja laadun arviointi. Silva Fennica 39 ss. 232—244.

—»— 1935 b. Tutkimuksia tukkipuurunkojen ja sahatukkien välisestä kuutiosuhteesta. Acta Forestalia Fennica 42.6. Helsinki.

—»— 1936. Työaikatutkimuksia kuusipaperipuiden teosta. Metsät.tutk.lait.julk. 23.1. Helsinki.

—»— 1937. Tukkien hinnoitus laatuarvion perusteella. Metsätalous. ss. 37—41.

Yule, G. Udnu 1916. An Introduction to the Theory of Statistics. 3 rd Edition. London.

Liite n:o 1

Vuoriston oksaisuusluokitus

Luokka I. Vähäoksaiset metsät. Oksat yleensä alle 1″. Luokkaan kuuluvat pääasiassa n.s. jouhimänniköt.

Luokka II. Oksaisuudeltaan tavalliset metsät. Oksat yleensä 1″—2″. Luokkaan kuuluvat tavalliset mänty- ja vähäoksaiset kuusimetsät.

Luokka III. Oksaiset metsät. Oksat yleensä yli 2″ tai on niitä lukumäärältään runsaasti. Luokkaan kuuluvat oksaiset mäntymetsät ja tavalliset kuusimetsät.

Luokka IV. Erittäin oksaiset metsät. Paksuja oksia erittäin runsaasti. Luokkaan kuuluvat tavallista oksaisemmat kuusimetsät.

Liite n:o 2

Palkkaperustekomitean oksaisuusluokitus

Luokka I. Elävä latvus pieni (alle 20 % rungon pituudesta) ja hento- sekä harvaoksainen. Sen alapuolella on kuivia oksia vain vähän (jolloin ne ovat hentoja ja pehmeitä) tai ei ollenkaan. Haloiksi tehtävät rungon osat helposti halkaistavia.

Tähän kuuluvat mm. taajana kasvaneet männiköt ja lehtimetsät, kuten lehtipuupiiskurit ja Suomen eteläpuoliskon hieno-oksaisin mäntytyyppi, ns. jouhimännyt. Suomen pohjoispuoliskossa metsät vain harvoin ovat tätä luokkaa. Kuusikot hyvin harvoin kuuluvat tähän luokkaan Etelä-Suomessakaan.

Luokka II. Elävä latvus pienenpuoleinen (20—30 % rungon pituudesta) ja melko hento- ja harvaoksainen. Sen alapuolella on jonkin verran kuivia oksia, jotka yleensä eivät ole kovia ja paksuja. Haloiksi tehtävät rungon osat melko helposti halkaistavia.

Tähän kuuluvat mm. Suomen eteläpuoliskossa kohtalaisen taajana kasvaneet männiköt ja lehtimetsät ja taajana kasvaneet kuusikot sekä maan pohjoispuoliskossa hieno-oksaisimmat, pienilatvuksiset männiköt ja lehtimetsät.

Luokka III. Elävä latvus hyvin kehittynyt (30—50 % rungon pituudesta), sen alapuolella on tavallisesti kuivia oksia, jotka eivät kuitenkaan ole paksuja ja kovia. Haloiksi tehtävien rungon osien halkaisuvaikeus keskinkertainen.

Tähän kuuluvat mm. Suomen eteläpuoliskossa keskinkertaisen sulkeutuneina kasvaneet tavalliset männiköt ja lehtimetsät ja kohtalaisen taajana kasvaneet kuusikot

sekä maan pohjoispuoliskossa taajanpuoleisina kasvaneet männiköt ja lehtimetsät ja taajana kasvaneet parhaiden maiden kuusikot.

Luokka IV. Elävä latvus verrattain pitkä (50—75 % rungon pituudesta) ja leveähkö, sen oksat ovat paksuja sekä verrattain tiheässä, latvuksen alapuolella on paksuja ja kovia kuivia oksia. Haloiksi tehtävät rungo nosat ovat vaikeasti halkaistavia.

Tähän kuuluvat mm. Suomen eteläpuoliskossa harvassa asennossa kasvaneet männiköt ja lehtimetsät, joissa on runsaasti susipuita, ja harvanpuoleisina kasvaneet oksaiset kuusikot sekä maan pohjoispuoliskossa keskinkertainen sulkeutuneina kasvaneet tavalliset männiköt ja lehtimetsät ja kohtalaisen taajana kasvaneet kuusikot. Niin ikään harvaoksaiset latvushalot teetetään tämän luokan taksalla.

Luokka V. Elävä latvus erikoisen pitkä (yli 75 % rungon pituudesta) ja leveä, oksat ovat erittäin paksuja ja sitkeitä sekä tiheässä. Haloiksi tehtävät rungon osat ovat hyvin vaikeasti halkaistavia.

Tähän kuuluvat mm. äärimmäisen paksuoksaiset ja leveälatvuksiset hakamaa- ja merenrantametsien susipuutyypit sekä maan pohjoispuoliskossa harvahkoina kasvaneet oksaiset kuusikot. Niin ikään tavalliset latvushalot teetetään tämän luokan taksalla.

THE INFLUENCE OF LOG GRADE ON THE CUTTING DIFFICULTY OF PINE SAW LOGS

English summary

1. Introductory

Study on the influence of log grade on the cutting difficulty of pine saw logs pertains as a part to the work carried out at the Forest Research Institute in Finland and dealing with the grading of pine saw logs and pine timber trees. Already previously studies have been published in which grading methods and their accuracy (Heiskanen 1954) and the correlation of floating difficulty to log grade (Heiskanen 1955) have been dealt with. The differences between different log grades as regards the cutting difficulty, on the other hand, are as yet not explained, and it is the aim of this study to penetrate into them from the basis of the grading rules worked out by the State Institute of Technological Research and the Forest Research Institute in Finland (see e.g. Heiskanen 1954).

2. Method of Study

Two different methods have been used parallelly in the study.

1. The correlation of log grading and Vuoristo's branchiness classification which is used in wages schedules, in some stands has been studied. In the way the differences which at present prevail in practice between different log grades as regards wages have been found out.

2. In order to find out the real differences occurring in the working difficulty, time studies were carried out on the cutting of pine saw logs which belonged to different grades. Log grade has been used instead of knottiness class, at the definition of which only the knottiness rules of log grading have been taken into account. According to these, the maximum knot of a log of Class I is ½—$^3/_4$″, Class II 1—1½″ and Class III 3″.

The material studied, collected from three working places, comprised the time which had been spent in cutting 425 stems into logs (see Chart 1).

3. Results of Study

Comparison of different branchiness and knottiness classes

The branchiness classification worked out by Vuoristo (1933) is availed of in the wages schedules at present. For the pine there are three classes which are defined as follows:

I Branches to be branched $< 1''$
II Branches to be branched $1—2''$
III Branches to be branched over $2''$ on an average.

The correlation between this and the knottiness class (which is in accordance with log grading) has been shown in Table 1 from which can be seen that a positive correlation prevails between the said classifications.

Since log grade is not always the same as knottiness class their correlation to each other, which also is very marked (Table 2), has been explained (cf. Heiskanen 1954). By means of the results achieved and the official wages schedules, the ratios describing the present wages at the cutting of pine saw logs, which belong to different grades, have been calculated.

	I	II	III
Unbarked	97.8	100	104.7
Barked	98.7	100	102.8

The real difference in cutting difficulty, however, between the different grades is, no doubt, considerably greater, but it can be clarified only by means of time studies.

Also between the branchiness classification in cordwood stands as defined by the Wages Base Calculating Committee, in which the classification is made on the basis of the relative length of the growing top, and the knottiness class which is in accordance with log grade there exists a correlation that is quite evident, as shown by Table 3. It can be noticed, however, that the correlation varies according to age-class (Chart 2).

Time Studies

In the time studies the following division of the working time was used (cf. Aro 1945, 1954).

1. Times independent of log grade
   - 11. Felling time
   - 12. Moving time
   - 13. Bucking time
   - 14. General times
   - 15. Rest time

   } = Stem times

2. Times dependent on log grade
   - 21. Branching time
   - 22. Barking time

The correlation of felling time to the technical cubic contents of the log part of stem proved to be following:

$$y = 0.14\ x + 3.18\ ^{1})$$

The moving time from one stem to another was, on an average, 0.48 minutes per stem.

[1]) In all formulae y = time, x = technical cubic contents of the log part, cbf.

According to the study, the equation of the bucking time is following:

$$y = 0.32\ x + 1.99$$

General times, which include the times spent on general works, were on an average 0.40 minutes/cbf. and the rest time was calculated to be 15 per cent of the working-place time.

Branching time was divided into two: into auxiliary and principal time. The share of the auxiliary time was on an average only 6.3 per cent. Therefore, when studying the correlation of branching time to different factors only principal time is being dealt with.

It will be seen from Table 4 and Chart 3 that the correlation to the cubic contents of the stem is of the form of a bent line.

From the point of view of the problem in hand the most important thing is to find out the influence of log grade (knottiness class) on branching time. The mean branching times in the different knottiness classes were:

Class time	m./cbf.
I	0.009
II	0.090
III	0.478

When converting the results to correspond to log grades, the following ratios describing the branching time are obtained:

I 13 II 100 III 558

The position of the log, however, affects the real knottiness as also the branching time of the different log grades (knottiness classes), as is seen in Table 5. The mean branching times were:

Class	Butt logs	Middle logs m./cbf.	Top logs
I	0.01	—	—
II	0.04	0.10	0.17
III	0.15	0.24	0.59

The differences between logs whose positions are different are thus very obvious, but, on the other hand, in practical log grading the grades are treated without taking into account the position of the log. In calculating the branching times for different grades, however, the size of the log must be taken into account, which also has effect on the duration of the branching time. Table 6 shows that in Class II and Class III the branching time per cbf. increases while the cubic contents of the log is decreasing (cf. Chart 4). The same applies, no doubt, also to Class I, but so short times are in question there that the influence of the size of the log cannot be found out.

When studying the branching time there is reason to study also the question about in what way the knottiness class of butt log describes the braching time of the entire stem. It can be seen from Table 7 that the knottiness class of butt log well describes the branching time of the entire stem. The means in the different log-number classes were, expressed in ratios (II = 100), as follows:

Number of logs	Knottiness class of butt log I	II	III
1	4	100	677
2	64	100	169
3	84	100	142
4	87	100	—

In addition, a theoretical calculation on the branching time of stems belonging to different knottiness classes was made on the basis of the results obtained by Heiskanen (1954).

The share of the auxiliary time of the barking time at different working places was 3.2—4.2 per cent, wherefore also in the study on barking we may concentrate on the principal time.

The correlation of the barking time to the cubic contents of the stem is described by the following equation:

$$\text{Evo} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad y = 1.35\,x + 4.22$$
$$\text{Hirvensalmi} \ldots\ldots\ldots\ldots \quad y = 0.58\,x + 5.95$$

Differences between the working places are so great that the materials cannot be put together. Consequently, the final examination will be carried out on the basis of the Evo material alone.

The correlation of the time to bark class is shown by Table 8. Transition from one bark class to another thus implies an alteration on an average of 10 per cent in barking time. The bark classification used was following:

I	Thickness	of	bark	<4 mm.
II	»	»	»	5—8 mm.
III	»	»	»	>9 mm.

The barking times in different knottiness classes have been shown in Table 9. On an average they are as follows by classes:

Class	Time m./cbf.
I	1.44
II	1.76
III	2.15

As can be seen, the differences are considerably greater than in any cubic contents class according to Table 9. This circumstance has been caused by the fact that the logs of Class I are bigger in size and those of Class III smallest of all; and the size of log greatly influences the barking time (see p. 00).

Supposing that logs of all classes are of the same size the following ratios describing the average barking times by knottiness classes and log grades are obtained:

	knottiness grade	log class
I	87	91
II	100	100
III	110	109

By means of the figures presented the cutting times of logs beloging to different classes can be calculated, but for that purpose the distribution of logs of different size among those obtained from each size-class of stems should be known. In Table 11 this distribution is seen according to the Evo material. Availing of the shares shown by the Table the stem times (= felling, moving, and bucking times) corresponding to logs of different size have been calculated. When they are known, a calculation of the cutting times for barked logs can be made, which cutting times can be seen from Table 12. It can be seen from them that the cutting time for logs of Class I is about 7—13 per cent less and that for logs of Class III about 10—21 per cent more than that for logs of Class II. The differences are thus considerably greater than at the present wages calculation bases.

Log grading as a working difficulty classification

Finally, the study is examining the possibilities to use log grading as a working difficulty classification and the result arrived at is that log grading (= knottiness class based on it) is not suitable for use as a working difficulty classification; at least the improvement achieved by means of them in this matter is not so great as to justify the change of classification. It is established, however, that the present working difficulty classifications on the wages calculation bases should be renewed or at least made more exact in some way.