METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

35

HELSINKI 1947, 1948, 1949.

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE

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

35

HELSINKI 1947, 1948, 1949.

Helsinki 1949. Valtioneuvoston kirjapaino

COMMUNICATIONES
INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE
35

35, 1 Aaltonen, V. T., Studien über die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands mit einigen Beobachtungen über ausländische Braunerden ..... 1— 64
Selostus: Tutkimuksia maannostumisesta lehtometsissämme sekä muutamia havaintoja ulkolaisista ruskomaista ..... 65— 92
35, 2 Viro, P. J., Metsämaan raekokoomus ja viljavuus varsinkin maan kivisyyttä silmällä pitäen ..... 1—108
Summary: The mechanical composition and fertility of forest soil taking into consideration especially the stoniness of the soil .. 109—115
35, 3 Heikinheimo, Olli, Metsäpuiden siementämiskyvystä. III ..... 1— 12
Summary: On the seeding capacity of forest trees. III ..... 13— 15
35, 4 Sarvas, Risto, Tutkimuksia koivun uudistumisesta Etelä-Suomessa ..... 1— 81
Summary: A research on the regeneration of birch in South Finland ..... 82— 91
35, 5 Ilvessalo, Yrjö, Nyky-Suomen metsät ..... 1— 52
35, 6 Ilvessalo, Yrjö, The forests of present-day Finland .... 1— 56

STUDIEN ÜBER DIE BODENBILDUNG IN DEN HAINWÄLDERN FINNLANDS

MIT EINIGEN BEOBACHTUNGEN ÜBER AUSLÄNDISCHE BRAUNERDEN

V. T. AALTONEN

SELOSTUS:

TUTKIMUKSIA MAANNOSTUMISESTA LEHTOMETSISSÄMME SEKÄ MUUTAMIA HAVAINTOJA ULKOLAISISTA RUSKOMAISTA

HELSINKI 1947

Helsinki 1947. Valtioneuvoston kirjapaino

Inhalt:

S.

Einleitung 3

I. Die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands 8

1. Die Hainwälder 8
2. Bodenbildung in Südfinnland 12
   a) Die Gruppe der jungen Böden 12
   b) Die Gruppe der alten Böden 17
3. Bodenbildung in Nordfinnland und Lappland 28
4. Überblick 33

II. Beobachtungen über ausländische Braunerden 41

1. Untersuchungsmaterial 41
2. Die Ergebnisse der Analysen 46
3. Die Braunerde in der Bodensystematik 50

III. Schlussbemerkungen 55

Schrifttum 63

Selostus: *Tutkimuksia maannostumisesta lehtometsissämme sekä muutamia havaintoja ulkolaisista ruskomaista* 65

Analysenergebnisse — *Analyysitulokset* ..... 69—92

Einleitung

Die in dieser Veröffentlichung zu besprechenden Forschungen bilden in der Reihenfolge den vierten und letzten Teil von Verfassers umfangreicherer Untersuchungsarbeit, deren Zweck es gewesen ist, die Bodenbildung in den finnischen Waldböden zu erforschen, und zwar unter besonderer Berücksichtigung der waldbaulichen Bedeutung der Bodenbildung. Vergleichshalber und zur Gewinnung einer umfassenderen Grundlage für die Untersuchungen sind auch eine Menge Beobachtungen in anderen Ländern angestellt worden (Schweden, Dänemark, Grossbritannien, Holland, Deutschland, Tschecho-Slowakei, Ungarn, Österreich, Polen, Lettland, Livland, Estland). Die Untersuchungen haben sich in ihrer Gesamtheit auf folgende 24 Hauptgruppen verteilt:

Gebiet	trockene	frische	feuchte	Hainwälder
	Heidewälder			
Lappland	alter Boden	alter Boden	alter Boden	alter Boden
Nordfinnland ...	junger Boden alter »	junger Boden alter »	junger Boden alter »	junger Boden alter »
Südfinnland	junger Boden alter »	junger Boden alter »	junger Boden alter »	junger Boden alter »
Ausland	junger Boden alter »	— alter Boden	— —	— alter Boden

Einige Untersuchungen sind schon 1921 (in Finnland) ausgeführt worden, aber die eigentlichen systematischen Untersuchungsarbeiten nach dem obengenannten Programm haben 1931 ihren Anfang genommen und sich bis 1944 ununterbrochen fortgesetzt. Die Untersuchungsergebnisse sind zuvor in vier verschiedenen Veröffentlichungen dargestellt worden: Aaltonen 1933, 1935, 1939, 1941 a. Die erste von ihnen ist eine vorläufige Mitteilung, die zweite wendet sich den trockenen Heidewäldern zu, die dritte den frischen und die vierte den feuchten Heidewäldern.

Die Forschungen haben teils allgemeine Beschreibungen des Aussehens des Bodenprofils, teils Sonderuntersuchungen umfasst, bei denen Bodenproben für Laboratoriumsarbeiten entnommen worden sind. Die Bodenproben hat man in den meisten Fällen dem Profil in 5 cm dicken Schichten (in gewissen Fällen in 2.5 cm oder 10 cm dicken) entnommen und folgenden Bestimmungen unterzogen:

Kornverteilung (oder mechan. Analyse),
Wasserkapazität (Wk.),
Kieselsäure, Aluminium und Eisen des anorganischen Kolloidkomplexes,
Humus (organ. C oder Glühverlust),
Elektrolytgehalt (elektr. Leitvermögen),
Kalk (löslich in 10 %:igen HCl),
Phosphorsäure,
Austauschfähige Basen (S),
Reaktion (pH),
Mineralzusammensetzung (Basenmineralindex) und
Bauschanalyse.

In trockenen Heidewäldern sind 46 Profile (378 Bodenproben), in frischen Heidewäldern 120 Profile (etwa 1 150 Proben) und in feuchten Heidewäldern 101 Profile (etwa 970 Proben) ausführlicher untersucht worden. Doch sind nicht an allen Proben alle obengenannten Bestimmungen ausgeführt worden; es sind nur einige Bauschanalysen zur Ausführung gelangt, und bei den Bodenproben der trockenen Heidewälder sind Elektrolytgehalt, Kalk, Phosphorsäure und Basenmineralindex unermittelt geblieben.

Die in Hainwäldern angestellten Untersuchungen, deren Ergebnisse im folgenden wiedergegeben werden, umfassen 76 ausführlich erforschte Profile (etwa 790 Bodenproben), davon 58 in Finnland und 18 im Ausland. Die bei diesen Untersuchungen benutzten Analysenmethoden sind dieselben wie zuvor gewesen, und in bezug auf sie — abgesehen von der Phosphorsäure — kann hier auf die obengenannten früheren Veröffentlichungen verwiesen werden. Es sei nur angeführt, dass bei der Bestimmung von Kieselsäure, Aluminium und Eisen des Verwitterungskomplexes die von T a m m entwickelte Methode benutzt worden ist, bei der als Lösungsmittel saure Ammoniumoxalatlösung dient. Zur Beurteilung des Humusgehaltes ist das organische C unter Anwendung der nassen Verbrennungsmethode bestimmt worden. Die austauschfähigen Basen hat man mit dem von C r o w t h e r und B a s u konstruierten Apparat, die Phosphorsäure mittels Calciumlaktatlösung bestimmt (E g n é r 1932). Der Analyse der Mineralzusammensetzung hat die von T a m m vorgeschlagene Schnellmethode gedient, bei der die Mineralien in zwei Gruppen eingeteilt werden, als Grenze das spezifische Gewicht 2.68, und bei der der Anteil der schwereren Mineralien als sog. Basenmineralindex angegeben wird. Da die jetzt untersuchten Böden grossenteils Schluff- und Tonböden gewesen sind, hat der Basenmineralindex nur für einen Teil der Proben bestimmt werden können. Zur Bestimmung der Wasserkapazität (als Wk. bezeichnet) ist die von B o u y o u c o s empfohlene Schnellmethode und für die Dispersoidanalyse das Pipettierverfahren benutzt worden. — Die früheren

Untersuchungen enthalten die Beschreibung einiger zur Prüfung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Analysenmethoden angestellten Versuche und die Darstellung gewisser kritischer Bemerkungen zu den Analysenmethoden.

Die Laboratoriumsuntersuchungen haben sich also jetzt wie auch zuvor nur dem mineralischen Teil und dem humushaltigen Mineralboden des Profils zugewandt. Bei der Humusschicht hat man sich auf eine okulare Allgemeinbeschreibung beschränkt.

Die ursprünglichen Analysenergebnisse sind im Anhang der vorliegenden Veröffentlichung tabellarisch dargestellt.

Ferner sei erwähnt, dass man damals, als die obengenannten Bodenbildungsuntersuchungen angestellt worden sind, in Finnland in den Jahren 1936—1938 die zweite Reichswaldschätzung durchgeführt und im Zusammenhang mit dieser grossen Untersuchungsarbeit auch Beobachtungen über die Bodenbildung und die Bodenarten gemacht hat. Das so zusammengekommene reichliche statistische Material hat in vieler Hinsicht wertvollen weiteren Aufschluss über die Bodenbildungsverhältnisse auch in den Hainwäldern geliefert (A a l t o n e n 1941 b).

N a c h t r a g (Nov. 1947). — Das Manuskript der vorliegenden Veröffentlichung ist seit mehr als drei Jahren druckfertig gewesen, und das in ihm behandelte Beobachtungsmaterial ist hauptsächlich 1933 und 1935—1939, also vor dem zweiten Weltkrieg, gesammelt worden. Obgleich sich die Grenzen mehrerer in der Veröffentlichung vorkommenden Reiche danach verändert haben, sind die verschiedenen Länder hier so gefasst worden, wie sie beim Zusammentragen des Materials bestanden haben. Was Finnland angeht, ist insbesondere zu bemerken, dass sich die für die Ergebnisse der zweiten Reichswaldschätzung dargestellten relativen Zahlen infolge der Gebietsabtretungen nicht erheblicher verändert haben.

I. Die Bodenbildung in den Hainwäldern Finnlands.

1. Die Hainwälder.

Die Waldtypen werden in Finnland nach dem Waldtypensystem Cajanders in fünf grosse Klassen eingeteilt:

1. Die Klasse der trockenen Heidewälder.
2. » » » frischen moosreichen Heidewälder.
3. » » » Hainwälder.
4. » » » Bruchmoorwälder.
5. » » » Reisermoorwälder.

Was die Hainwälder angeht, um die es sich in diesem Zusammenhang handelt, so erwähnt Cajander (1930), dass der allgemeine Charakter ihrer Vegetation mehr oder weniger hygrophil ist. Die Flechten sind ohne Bedeutung (ausgenommen als Epiphyten). Die Moosvegetation ist im allgemeinen spärlich, aber artenreich. Reiser fehlen oder sind meistens sehr spärlich. Gräser und Kräuter sind reichlich und artenreich; reichlich dünnblättrige Arten. Sträucher können ziemlich reichlich sein.

Der allgemeine Charakter der Vegetation der Hainwälder wird unter anderem durch folgende von Ilvessalo (1936) über sie gegebene Beschreibung in den Arbeitsvorschriften für die zweite Reichswaldschätzung ausführlicher beleuchtet:

Die Hainwälder der Südhälfte Finnlands. — Flechten kommen nur auf Steinen und als Epiphyten auf Holzstämmen vor. Die Moosvegetation ist spärlich, umfasst aber viele anspruchsvolle Arten wie *Mnium spp.*, *Rhytidiadelphus triquetrus* u. a. Die Kräuter- und Gräservegetation ist üppig und artenreich (manchmal jedoch unvollständig an stark beschatteten Stellen): *Oxalis acetosella*, *Majanthemum bifolium*, *Anemone-*, *Rubus-*, *Viola-*, *Pirola-* und Farnkrautarten, *Angelica silvestris*, *Aegopodium podagraria*, *Trientalis europaea*, *Convallaria majalis*, *Fragaria vesca* u. a., *Deschampsia caespitosa*, *Melica nutans*, *Calamagrostis arundinacea*, *Luzula pilosa*, *Carex digitata* u. dgl. Zwergsträucher, Blau- und Preisselbeere, kommen spärlich oder überhaupt nicht vor. Mehrere Arten von Büschen sind anzutreffen. Der Bestand kann alle Holzarten umfassen, oft auch edle Laubbäume. — Unter den wüchsigen Waldböden in der südlichen Hälfte Finnlands machen die Haine kaum 1 % aus.

Von den verschiedenen Haintypen sind folgende die wichtigsten:

a) *Oxalis-Majanthemum*-Typ *(OMaT)*. Der gewöhnlichste Haintyp in der südlichen Hälfte Finnlands; zu ihm ist die oben beschriebene Hainbodenvegetation als solche am nächsten zu zählen.

b) Farnkrauttyp *(Filices*-Typ, *FT)*. Nach vorhergehendem der häufigste Haintyp, der seinen Sondercharakter durch die reichliche Vegetation dünnblättriger Farnkräuter *(Dryopteris, Athyrium-* und andere ähnliche Arten, *Struthiopteris)* erhält. Dieser Typ ist vorwiegend in fruchtbaren Tälern und Senken anzutreffen, in denen ausserdem Anzeichen leichter Versumpfung vorkommen können. (Die rauhblättrige *Eupteris aquilina* gehört nicht zu den typischen Pflanzen dieses Waldtyps, sondern wächst auf sehr verschiedenen Böden, vorwiegend auf beweideten und auf Brandflächen).

c) *Sanicula*-Typ *(ST)*. Hauptsächlich auf Åland vorkommender Haintyp (oft wiesenartig), für den besonders *Sanicula europaea* charakteristisch ist.

Die Hainwälder der Nordhälfte Finnlands. — Die Haupttypen sind *Geranium-* und *Dryopteris*-Typ *(GT* und *DT)*. Diese Haintypen kommen sehr spärlich als reine eigentliche Haine vor, wo die Kraut- und Grasvegetation üppig und reichlich sowie der Moos- und Zwergstrauchwuchs knapp ist, weswegen sie von geringer forstlicher Bedeutung sind. Bedeutend häufiger ist die hainartige Form dieser Typen, eine Form, die der Gruppe der frischen Heidewälder nahekommt und bei der die Astmoos- und Zwergstrauchvegetation reichlicher ist als bei den obengenannten reinen Haintypen. Im folgenden soll diese Form beschrieben werden, und sie heisst *Geranium-(GMT)* oder *Dryopteris-Myrtillus*-Typ *(DMT)*, je nachdem welche der im Namen angegebenen Pflanzen, *Geranium* oder *Dryopteris*, für die Vegetation am meisten kennzeichnend ist.

Flechten sind nur zufällig anzutreffen. Die Astmoosvegetation *(Hylocomium proliferum* und *Pleurozium Schreberi*, ungefähr gleich stark, *Rh. triquetrus, Dicranum*-Arten) ist verhältnismässig reichlich; oft auch *Polytrichum commune*, bisweilen *Mnium spp.* usw. Die Kraut- und Grasvegetation, meist recht üppig, ist durch die Arten *Geranium silvaticum* oder *Dryopteris linnaeana* gekennzeichnet; ausserdem vorkommend: *Majanthemum ,Trientalis, Pirola secunda, Solidago, Melampyrum silvaticum* und *M. pratense, Chamaenerium angustifolium, Linnaea borealis, Rubus*-Arten, *Cornus suecica, Luzula pilosa, Deschampsia flexuosa* usw. Die Zwergstrauchvegetation ist ziemlich reichlich, meist Blaubeere mit eingesprengter Preisselbeere. Büsche kommen in gewissem Masse vor, kleinwüchsige Eberesche zahlreich. Der Wald besteht aus altem Fichtenwald und in jüngeren Teilen aus Sshwendwald von Birke (gewöhnlich *Betula pubescens)*. — Alles in allem umfassen diese Waldtypen nur rund 1 % der gesamten wüchsigen Waldfläche von Nordfinnland.

Der Anteil der Hainwälder an der Fläche des wüchsigen Waldbodens ist also recht gering (ihr Flächeninhalt beläuft sich auf insgesamt ([J. 1938] 143 000 ha), und ihnen kommt somit keine grosse waldbauliche Bedeutung zu. Doch ist zu bemerken, dass der Boden der Hainwälder hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit bester Waldboden ist. Ihre hohe Fruchtbarkeit hat auch dazu geführt, dass bei sich ausbreitender Besiedlung besonders Hainwälder für den Anbau gerodet worden sind und ihre Fläche sich dadurch sowohl relativ als auch absolut ständig verringert hat.

Im Zusammenhang mit der zweiten Reichswaldschätzung wurden auf wüchsigen Waldböden auf insgesamt etwa 8 000 Probeflächen Beobachtungen über den Boden angestellt (Aaltonen 1941 b). Die Beobachtungen betrafen die Bodenart, die Dicke des A-Horizonts (bzw. der aus-

gewaschenen Schicht des Mineralbodens) und der Humusschicht sowie die Steinhaltigkeit des Bodens. An Bodenarten wurden unterschieden:

1. Oskies.
2. Moränenboden:
   a) feinsandig
   b) schluffig und tonig
3. Sandboden.
4. Feinsandboden.
5. Schluff- und Tonboden.

Bei der Schätzung der Dicke des A-Horizonts wurden drei Stufen benutzt:

1. Undeutlich, kaum zu erkennen.
2. Deutlich, $<$ 3 cm.
3. Deutlich, $3+ > 3$ cm.

Auch bei der Humusschicht wurden drei Dickenklassen benutzt:

1. $<$ 2 cm.
2. 2—4 cm.
3. $>$ 4 cm.

Die Steinigkeit wurde dreistufig geschätzt: 1) steinlos und steinfrei, 2) sehr steinig — steingründig und 3) felsig. Zu bemerken ist, dass also nur die sog. wüchsigen Waldböden in Betracht gezogen worden sind. Die steinhaltigsten Böden sind in der bei der Schätzungsarbeit benutzten Klassifikation der Böden den schlechtwüchsigen Waldböden und dem Unland zugezählt worden.

Das betreffende Material ist in bezug auf die Hainwälder verhältnismässig gering, insgesamt etwa 100 Probeflächen umfassend, und die Beobachtungen sind nicht so ausführlich und vollständig wie bei den eigentlichen Bodenuntersuchungen, aber anscheinend gibt doch das Material im grossen ganzen wenigstens für Südfinnland ein zuverlässiges Bild von den Bodeneigenschaften, auf die sich die Beobachtungen bezogen haben.

Hinsichtlich der Verteilung der Hainwälder auf die verschiedenen Bodenarten ist das Ergebnis folgendes (die Angaben beziehen sich hier und im folgenden auf Südfinnland):

Oskies	1.8 %
Sandboden	3.6 »
Feinsandboden	10.7 »
Moränenboden, schluffig und tonig	14.3 »
Schluff- und Tonboden	17.8 »
Moränenboden, feinsandig	51.8 »

Hainwälder können somit auf allen unterschiedenen Bodenarten auftreten, doch konzentriert sich das Vorkommen deutlich auf die feinkörnigsten Böden. Vergleichshalber sei angeführt, dass die Fläche der häufigsten Waldtypen, des Preisselbeer- und des Blaubeertyps (die Fläche insgesamt etwa 70 % von der Fläche des wüchsigen Waldbodens), zu nur 1.7 bzw. 7.1 % schluffiger und toniger Moränenboden und zu 0.3 bzw. 1.8 % Schluff- sowie Tonboden ist. Ferner ist zu bemerken, dass nach der betreffenden Statistik etwa 3/4 des gesamten wüchsigen Waldbodens feinsandiger Moränenboden ist.

Die verschiedenen Bodenarten sind zu folgenden Anteilen mit Hainwäldern bestanden:

Sandboden	0.7 %
Oskies	0.8 »
Moränenboden, feinsandig	1.3 »
Moränenboden, schluffig und tonig	3.8 »
Feinsandboden	7.7 »
Schluff- und Tonboden	7.9 »

In der Dicke des A-Horizonts verteilen sich die Hainwälder folgendermassen auf verschiedene Klassen:

undeutlich, kaum zu erkennen	82.7 %
Dicke < 3 cm	5.8 »
» 3 + > 3 cm	11.5 »

Grösstenteils ist also der A-Horizont fehlend oder ganz schwach entwickelt. Für den Preisselbeertyp sind die entsprechenden Zahlen: 55.1, 29.2 und 15.7 % sowie für den Blaubeertyp 60.1, 25.0 und 14.9 %.

Die Verteilung auf die Dickenklassen der Humusschicht ist folgende:

< 2 cm	7.4 %
2—4 cm	33.3 »
> 4 cm	59.3 »

Für den Preisselbeertyp sind die entsprechenden Zahlen 54.3, 35.8 und 9.9 % sowie für den Blaubeertyp 21.5, 51.0 und 27.5 %.

Die oben referierten Ergebnisse erweisen also, dass die Hainwälder hauptsächlich auf feinkörnigen Bodenarten auftreten, dass ihr Boden nicht oder schwach ausgewaschen und dass ihre Humusschicht verhältnismässig dick ist.

Nach der Steinhaltigkeit des Bodens verteilen sich die Hainwaldprobeflächen auf die oben angeführten Steinigkeitsklassen folgendermassen:

1.	83.9 %
2.	12.5 »
3.	3.6 »

Abgesehen von den *Calluna*- und Flechtentypen, die zu den Waldtypen der Sandböden gehören, ist der Boden der Hainwälder bedeutend weniger steinig als der der übrigen Waldtypen.

2. Bodenbildung in Südfinnland.

In Südfinnland sind insgesamt 40 Profile, von denen 17 der Gruppe der jungen Böden und 23 der Gruppe der alten Böden zugehören, ausführlicher untersucht worden. Von den jungen Böden sind die Profile 1194 und 1370 ganz jung; sie sind im Jahre 1859 bei dem in Finnland gut bekannten plötzlichen Sinken des Wasserspiegels des Sees Höytiäinen abgetrocknet. Die Meereshöhe der übrigen (jungen) Profile beträgt im allgemeinen einige Meter und bleibt bei fast allen unter 10 m.

a) Die Gruppe der jungen Böden

Nr. 815. Versuchsgebiet Solböle, Bromarv. *OMa*-Typ, auf leicht abschüssigem Hang, ca. 4 m ü. d. M. Typische artenreiche Hainflora, als Holzarten Hasel und Schwarzerle. Bodenart feinsandiger Moränenboden, tiefer tonig. Humusreiche Schicht 15—20 cm dick, Oberflächenteil gekörnt. Die dunkle Farbe der Oberflächenschicht wird allmählich tongrau [1]).

Nr. 817. Bromarv, Framnäs. *OMa*-Typ. Bodenflora wie an der vorhergehenden Stelle. Haselbestand. Meereshöhe ca. 1 m. Bodenart sandige Moräne, aber in 15—25 cm Tiefe liegt eine Tonschicht. Die humusreiche Schicht ca. 10 cm dick, Oberflächenteil krümelig. Die Bodenfarbe wie in Profil 815.

Nr. 979. Tammisaari. Ca. 2 m ü. d. M. Artenreiche Hainvegetation *(Oxalis, Corydalis, Asplenium, Urtica, Rubus, Paris, Ranunculus, Ribes, Sambucus* usw.). Holzarten Schwarzerle, Ahorn, Eiche, Traubenkirschbaum, Esche. Bodenart feinsandiger Moränenboden. Humusreiche Schicht ca. 20 cm dicker, feinkörniger Mull. Darunter ist der Boden gefärbt wie feiner heller Sand.

Nr. 984. Viipuri, Monrepos. Ca. 5 m ü. d. M. *OMa*-Typ. Die Flora ist nicht besonders artenreich; Bäume und Sträucher: Fichte, Kiefer, Faulbaum, Ahorn, Eberesche und *Sambucus*. Bodenart steiniger, feinsandiger Moränenboden. Humusreiche Schicht 15—20 cm dick, feinkörnig; darunter ein schwach gelblich brauner, ca. 20 cm dicker Horizont.

Nr. 988. Sortavala, Kirjavalahti. 4—5 m über dem Ladoga. Häufigste Pflanzenarten *Aegopodium, Corydalis, Ranunculus auricomus, Stellaria nemorum, Actaea*, sowie Gräser. Holzarten Grauerle und Birke. Bodenart schluffige Moräne, tiefer unten gröber. Humusreiche Schicht ca. 15 cm dick, Oberfläche rohhumusähnlich; die Farbe wird in grösserer Tiefe allmählich tongrau.

Nr. 989. Sortavala, Kirjavalahti. 7.5 m über dem Ladoga. *Aconitum*-Typ. Neben *Aconitum Viola umbrosa, Geranium, Filipendula* usw. Holzart Grauerle. Bodenart sandiger Moränenboden. Humusreiche Schicht 10—15 cm dick; Bodenart gekörnter Mull; die Farbe wird in grösserer Tiefe allmählich tongrau.

Nr. 1061. Sipoo. *Filices*-Typ. Die Bodenflora umfasst neben reichlicher Grasvegetation *Dryopteris, Paris, Equisetum*, etwas *Hypnum* usw. Holzarten Birke und

[1]) Die Farbenangaben beziehen sich hier wie weiter unten alle auf lufttrockenen Boden, soweit es nicht anders angegeben ist.



Abb. 1. Hainwald auf jungem Boden bei Tammisaari (Profil Nr. 979). Die Holzarten Schwarzerle, Eiche, Ahorn, Esche und Faulbaum.

Kuva 1. Lehtometsä nuorella maalla Tammisaaren luona (profiili n:o 979). Puulajit tervaleppä, tammi, vaahtera, saarni ja tuomi.



Abb. 2. Feuchter Schwarzerlenbestand vom *Filices*-Typ. Kemiö, junger Boden.

Kuva 2. Filices-tyypin kostea tervaleppämetsikkö. Kemiö, nuori maa.

Espe. Bodenart feinsandiger Moränenboden. Humusreiche Oberflächenschicht 25 cm dick, ihr oberster Teil rohhumusähnlich. Farbe des Profils wie Nr. 989. (Kultureinfluss auf den Boden möglich.)

Nr. 1170. Parainen, Quidja. *OMA*-Typ. Etwas abschüssiger Hang 5—10 m ü. d. M. Vegetation üppig und artenreich (ausser dünnblättrigen Kräutern und Gräsern *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Bryum* usw.). Holzarten Fichte und Grauerle. Bodenart Tonboden. Humusreiche Schicht ca. 30 cm dick, Oberflächenteil gekörnt. Die auf dem Humus beruhende dunkle Farbe wird weiter unten allmählich tongrau.

Nr. 1172. Turku, Ruissalo. Etwa 10 m ü. d. M. Ziemlich trockener Hain, in reichlichem Masse verschiedene Hainpflanzen (kein *Oxalis*). Holzarten Eiche und Birke, als Unterwuchs Ahorn, Linde und Hasel. Bodenart steiniger, sandiger Moränenboden. Die humusreiche Oberflächenschicht 20—25 cm dick, Oberfläche rohhumusähnlich. Farbe des Profils wie Nr. 1170.

Nr. 1173. Turku, Ruissalo. Etwa 10 m ü. d. M. *OMa*-Typ. Bodenflora nicht besonders artenreich. Holzarten Kiefer, Birke, Schwarzerle und Ulme, als Unterwuchs Eiche und Ahorn. Bodenart Tonboden. Humusreiche Oberflächenschicht ca. 20 cm dick. Oberflächenteil krümelig. Profilfarbe wie Nr. 1170.

Nr. 1175. Halikko, Vuorentaka, Vaisakko. Ca. 2 m ü. d. M. Ziemlich trockener Hainwald (reichlich *Hepatica triloba*, *Ribes alpinum*, *Lonicera*

usw.). Holzart Eiche, Unterholz Linde und Hasel. Bodenart Tonboden. Humusreiche Oberflächenschicht 20—30 cm dick, Oberflächenteil typischer gekörnter Mull. Farbe des Profils wie Nr. 1170.

Nr. 1194. Höytiäinen, Kunnasniemi. Hainartiger Typ. Holzarten Kiefer, Birke und Schwarzerle. Bodenart: Oberflächenteil Sandboden, weiter unten Tonboden. Humusschicht 2—3 cm dick, rohhumusähnlich. Vom Profil sind 0—20 cm etwas ins Graue fallend, weiter unten die ursprüngliche Farbe von Sand- und von Tonboden.

Nr. 1294. Porkkala. Feuchter Hain. *Filices*-Typ *(Polystichum, Athyrium, Oxalis, Pirola, Hepatica triloba, Equisetum,* etwas *Hypnum* und *Sphagnum).* Holzarten Birke und Grauerle. Bodenart Tonboden (Oberflächenteil Sandboden). Humusreiche Schicht 10—15 cm dick, stark humifiziert, nicht krümelig. Der dunkle Oberflächenteil wird allmählich tongrau.

Nr. 1295. Hanko, Tulliniemi. Bodenflora und Holzarten im allgemeinen wie an Stelle Nr. 1294. Bodenart bis in eine Tiefe von 40—50 cm Sandboden, dann Tonboden. Humusschicht wie bei Nr. 1294. Von der Profiloberfläche 0—10 cm hellgrau, dann ursprüngliche Farbe von Sand- und von Tonboden.

Nr. 1305. An der Landstrasse Helsinki—Porvoo, 17—18 km von Helsinki. In der Bodenflora vorherrschende Art *Aegopodium podagraria,* ausserdem *Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba, Eupteris, Majanthemum, Daphne, Ribes* usw. Holzarten Grauerle, Eberesche und Faulbaum. Bodenart Tonboden. Humushaltige Oberflächenschicht 15—20 cm dick, der oberste Teil gekörnt. Unter dieser Schicht eine ca. 20 cm dicke, schwach gelblich braune Schicht; die Farbe ist in 50—60 cm Tiefe noch nicht ganz tongrau.

Nr. 1332. Raasepori, 1—2 m ü. d. M. In der Bodenflora vorherrschende Pflanzenarten *Aegopodium* und *Rubus,* ausserdem reichlich Gräser usw. Holzart Schwarzerle. Bodenart Tonboden, Oberflächenteil gröber. Humusreiche Oberflächenschicht 20—30 cm dick, der oberste Teil der Oberflächenschicht etwas krümelig. Unter dieser Schicht wird die Farbe tongrau, in 40—50 cm Tiefe aber schwach braun.

Nr. 1370. Höytiäinen, Kontiolahti. Feuchter Hainwald vom *Filices*-Typ *(Eupteris, Oxalis, Pirola,* Gräser, etwas *Hypnum).* Holzart Grauerle. Bodenart Sandboden. An der Profiloberfläche 3—4 cm Mull. Vom Mineralboden 0—30 cm vom Humus etwas grau gefärbt, bei 30—45 cm schwach bräunlich.

Als Zusammenfassung über das Aussehen der Profile kann festgestellt werden, dass der Oberflächenteil 10—20 (30) cm dick ein Gemenge von Humus und Mineralboden ist. Der oberste Teil dieser Schicht ist bald krümelig, bald rohhumusartig. Diese humushaltige Schicht geht in den meisten Fällen weiter unten allmählich in tongrauen Mineralboden über. In einigen Fällen liegt unter der vom Humus grau gefärbten Schicht eine ca. 20 cm starke, schwach gelblich braune Schicht. Die Grenzen der Schichten sind stets mehr oder weniger unbestimmt, und im allgemeinen lässt sich keine ausgewaschene oder angereicherte Schicht feststellen.

Um einen Überblick über das Analysenmaterial zu gewinnen, sind die Profile auf Grund der Bodentextur in zwei Gruppen, 1 und 2, eingeteilt worden; bei ersterer ist der Boden grobkörniger, bei letzterer feiner (Tab. 1).

Zu Gruppe 1 gehören die Profile 815, 979, 988, 989 und 1332, zu Gruppe 2 die Profile 1170, 1173, 1175 und 1305. Unter den übrigen Profilen zeigen einige eine unregelmässige (geschichtete) Textur und vertreten keine typische Haine ebenen Bodens. Die Nr.n 1294, 1295 und 1370 sind feuchte Haine von verschiedenen bisher wenig bekannten Typen.

Tab. 1. Südfinnland, junger Boden.
Taul. 1. Etelä-Suomi, nuori maa.

Tiefe — *syvyys*, cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50
Gruppe 1 — *ryhmä 1*										
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	12.6	12.7	13.3	11.8	8.3	7.5	6.6	8.7	(15.7)	—
» » <0.002 » »	12.1	12.5	11.0	10.1	8.1	4.9	4.5	3.9	(14.4)	—
Wk. %	24.8	19.6	17.1	14.4	10.6	9.0	9.0	9.5	15.3	(13.6)
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.08	0.08	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.07	0.12	(0.19)
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* Al_2O_3 »	0.50	0.48	0.42	0.33	0.20	0.12	0.14	(0.15)	0.28	(0.32)
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* Fe_2O_3 »	0.66	0.64	0.55	0.39	0.25	0.23	0.23	0.34	0.61	—
organ. C %	5.43	3.38	2.42	1.38	0.60	0.34	(0.22)	(0.21)	(0.33)	—
Ca mval/100 g	10.90	9.25	8.46	8.09	7.91	7.79	9.08	9.07	11.04	11.65
P_2O_5 mval/100 g	0.23	0.15	0.13	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.10	0.12
S mval/100 g	8.1	5.1	4.8	3.9	3.1	2.8	2.5	3.0	4.9	—
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	617	489	429	379	304	248	200	247	383	—
pH—H_2O	4.80	4.81	5.02	5.23	5.46	5.79	5.82	5.86	5.85	(5.81)
pH—nKCl	3.91	3.92	4.09	4.24	4.44	4.61	4.64	4.68	4.67	(4.51)
pH—0.01 n Na_2SO_4	4.86	4.85	4.82	5.03	5.29	5.57	5.54	5.58	5.73	(5.59)
Gruppe 2 — *ryhmä 2*										
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	20.3	18.6	18.9	18.0	20.1	24.9	26.7	(32.3)	28.2	28.6
» » <0.002 » »	31.1	33.8	34.9	30.6	32.0	34.0	37.7	(37.2)	52.4	55.6
Wk. %	37.5	32.3	29.8	25.6	26.0	24.7	25.2	28.5	31.6	35.3
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.17	0.18	0.16	0.15	0.16	0.18	0.23	0.27	0.33	0.34
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* Al_2O_3 »	0.96	0.97	0.96	0.80	0.78	0.70	0.66	0.61	0.81	0.79
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* Fe_2O_3 »	1.29	1.37	1.36	1.30	1.33	1.53	1.56	1.67	1.91	1.83
organ. C %	7.85	5.42	4.16	3.05	2.02	1.50	1.01	—	0.82	—
Ca mval/100 g	20.49	11.81	12.40	9.62	9.23	9.76	10.96	12.45	15.01	16.55
P_2O_5 mval/100 g	0.15	0.09	0.07	0.06	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
S mval/100 g	10.6	7.1	5.9	4.3	4.6	4.4	4.7	5.2	6.9	8.0
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	406	265	237	183	179	144	139	130	184	185
pH—H_2O	5.39	5.20	5.17	5.23	5.28	5.36	5.45	5.67	5.82	6.06
pH—nKCl	4.31	4.00	3.95	3.98	3.99	3.99	4.00	4.02	4.10	4.25
pH—0.01 n Na_2SO_4	4.83	4.62	4.62	4.64	4.82	4.81	4.85	4.98	5.44	(5.50)

Bei den Analysenergebnissen wendet sich die Aufmerksamkeit zuerst der tiefenmässigen Verteilung der feinsten Bestandteile zu. Wie festzustellen, vermindert sich der Anteil dieser Fraktionen bei Gruppe 1 anfangs mit zunehmender Tiefe, um sich in den unteren Teilen des Profils wieder zu vermehren. Bei Gruppe 2 nimmt die Menge der feinsten Komponente mit wachsender Tiefe zu, doch scheint es, als geschähe es auch in diesem Fall nicht ganz regelmässig, sondern in den mittleren Profilteilen sind Symptome eines schwachen Minimums zu erkennen. Die hier in Rede stehende Erscheinung, dass der Boden mit zunehmender Tiefe feinkörniger

wird, zeigte sich schon bei den feinsten Böden der frischen Heidewälder (Aaltonen 1939) und der feuchten Heidewälder (Aaltonen 1941 a). In ihnen ist zwar im allgemeinen keine deutliche Anreicherung der feinsten Komponente in den Oberflächenteilen des Profils festgestellt worden, aber meistens wurde der Boden weiter unten feiner. Dieselbe Erscheinung hat sich auch im Zusammenhang mit den agrogeologischen Kartierungen in Finnland herausgestellt.

Betrachtet man dann die Verteilung von Kieselsäure, Aluminium und Eisen im Profil, so ist zu erkennen, dass bei Gruppe 1 ihre Hauptzüge die gleichen sind wie die der Verteilung der feinsten Kornfraktionen. Auch bei Gruppe 2 wechseln die Kieselsäure- und Eisenmengen wie die Kornzusammensetzung, aber die Aluminiummenge verringert sich mit zunehmender Tiefe.

In der Verteilung des Kalkes und der austauschfähigen Basen ist bei beiden Bodengruppen derselbe Zug festzustellen: mit wachsender Tiefe verringern sich erst die Mengen, und weiter unten nehmen sie wieder zu. Bei der Phosphorsäure verhält es sich wahrscheinlich ebenso; es hat sich so wenig Phosphorsäure aufgelöst, dass die betreffenden Analysenergebnisse unsicherer sind. Die Mengen der Elektrolyte vermindern sich mit zunehmender Tiefe, aber auch in ihrer Verteilung finden sich Anzeichen eines gleichsinnigen Wechsels wie in der Verteilung des Kalkes und der Basen.

Die Gesamtmengen der anorganischen Kolloide sind in den grobkörnigeren Böden (Gruppe 1) bedeutend geringer als in den feineren (Gruppe 2). Dasselbe betrifft den Kalk und die austauschfähigen Basen; bei der Phosphorsäure ist das Verhältnis umgekehrt.

Die Wasserkapazität ist in den Oberflächenteilen am grössten, mit zunehmender Tiefe wird sie anfangs geringer und dann grösser.

Tab. 2. Der Basenmineralindex einiger Profile südfinnischer junger Böden.
Taul. 2. Emäsmineraali-indeksi muutamissa eteläsuomalaisten nuorien maiden profiileissa.

Tiefe *syvyys* cm	Profilnummern — *profiilien numerot*										
	815	817	979	984	988	989	1170	1172	1175	1332	1370
	%										
0— 5	4.6	2.0	2.6	—	—	—	5.2	3.1	2.7	4.3	3.2
5—10	4.2	2.4	2.5	—	—	7.3	5.0	4.2	3.3	—	—
10—15	4.2	2.7	2.6	—	—	—	4.9	4.7	3.0	4.5	3.2
15—20	5.5	3.1	2.6	—	—	8.1	5.5	5.2	3.5	—	—
20—25	5.7	3.9	2.3	—	—	—	5.9	5.2	2.9	4.5	3.5
25—30	5.9	4.7	3.4	—	—	8.4	4.8	3.7	3.2	—	—
30—35	6.6	5.0	3.5	2.3	6.5	—	4.0	—	4.4	6.0	3.4
35—40	7.4	7.0	—	—	—	6.5	—	—	—	—	—
40—45	6.3	7.6	3.8	2.4	8.4	—	3.9	—	4.7	5.3	2.4
45—50	—	—	—	—	—	8.4	—	—	3.8	—	4.6

Hinsichtlich der Reaktion ist eine gewöhnliche Erscheinung, Steigerung von pH mit zunehmender Tiefe, festzustellen; in KCl bleibt bei Gruppe 2 die Reaktion jedoch fast gleich im ganzen Profil.

Der Basenmineralindex ist nur für einen Teil der Proben bestimmt worden. Die Ergebnisse der Bestimmungen sind in Tabelle 2 dargestellt. Wie festzustellen, scheint der Basenmineralindex im allgemeinen mit zunehmender Tiefe zu wachsen. Deutlicher erweisen das ferner die für die oben angeführten Beträge berechneten Mittelwerte:

0—10 cm	10—20 cm	20—30 cm	30—50 cm
3.8 %	4.2 %	4.5 %	5.2 %

Schon aus den früheren Untersuchungen (Aaltonen 1939, 1941 a) ist im übrigen hervorgegangen, dass der Index bzw. der Anteil der schwereren Mineralien bei Zunahme der feinsten Komponente wächst.

Die oben festgestellten Erscheinungen in der chemischen Differenzierung des Bodenprofils scheinen also in engem Zusammenhang mit der Kornverteilung des Bodens zu stehen, und es handelt sich vor allem darum, wie diese Veränderung des Bodens mit zunehmender Tiefe zu erklären ist. Dazu kommt die Wirkung des Humus. Doch werden wir erst weiter unten auf diese Fragen zurückkommen, nachdem wir die übrigen untersuchten Böden kennengelernt haben werden.

Die Profile, die in dem oben wiedergegebenen Material nicht enthalten sind, vertreten im allgemeinen grobkörnige Böden. Feinstes Material findet sich auch in ihnen meistens am reichlichsten in den obersten und den untersten Teilen des Profils, und das Verhältnis zwischen Kornzusammensetzung und chemischem Aufbau ist in der Hauptsache ähnlich wie in den übrigen Profilen.

b) Die Gruppe der alten Böden

Nr. 977. Nurmijärvi, Kytäjä. Feuchter *Filices*-Typ. Reichliche und artenreiche Hainvegetation (*Dryopteris, Viola, Urtica, Chrysosplenium, Pirola, Geranium, Majanthemum, Paris, Stellaria, Anemone, Filipendula, Lonicera* usw.). Holzart Grauerle, als Unterwuchs Fichte. Bodenart steiniger, sandiger Moränenboden. Die humushaltige Schicht 20—30 cm dick, 0—10 cm schwarz, 10—35 cm braun, wird allmählich heller (noch in 50 cm Tiefe schwach braun).

Nr. 978. Flecken Lohja. Vorherrschende Pflanzenarten *Aegopodium* und *Asplenium*, ausserdem *Oxalis, Geum, Tussilago, Paris, Anemone, Urtica, Majanthemum, Rubus, Ranunculus, Filipendula* usw.). Holzart Grauerle (daneben Haselbestand). Bodenart Tonboden. Humushaltige Schicht ca. 20 cm dick, Oberfläche gekrümelt; darunter schwach gelblich braun werdend.

Nr. 987. Sortavala, Rausku. *Aconitum*-Typ. Neben *Aconitum, Aegopodium, Corydalis, Ranunculus, Stellaria, Actaea, Oxalis* usw. Holzart Faulbaum. Bodenart sehr steiniger, sandiger Moränenboden. Humushaltige, dunkle Schicht ca. 20 cm dick, Oberfläche grober Mull. 0—20 cm dunkel, 20—35 cm braun, 40—50 cm fast tongrau.

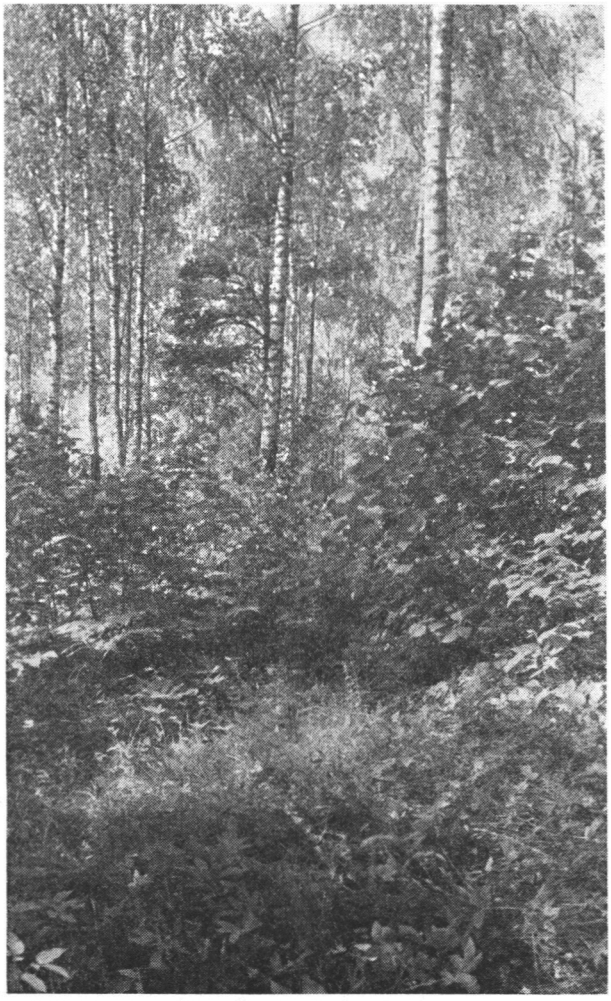


Abb. 3. Hainwald, Virkkala (Profil Nr. 1053). Holzarten Birke, Eberesche, Espe, Hasel usw. — Aufn. O. T a m m.
Kuva 3. Lehtometsä, Virkkala (profiili n:o 1053). Puulajit koivu, tuomi, lehmus, pähkinä ym. — Valokuv. O. T a m m.

Nr. 994. H e i n o l a, R a u t s a a r i. Feuchter *OMa*-Hain *(Oxalis, Hepatica triloba, Geranium, Fragaria, Majanthemum, Pirola, Lonicera* usw.). Holzarten Birke, Grauerle, Linde und Eberesche. Bodenart Moränenboden, Oberflächenteil des Profils Tonboden, darunter gröberer Boden. Humushaltige Schicht ca. 25 cm dick, zuoberst 6—8 cm krümeliger Mull. Der Farbton der Schicht ist dunkelbraun; 20—35 cm Boden schwach braun, 35—60 cm tongrau.

Nr. 995. H e i n o l a, R a u t s a a r i. Feuchter *Filices*-Hain *Dryopteris, Athyrium, Eupteris, Oxalis, Anemone, Pirola, Majanthemum* usw.). Holzarten Birke und Espe. Bodenart Tonboden. An der Oberfläche des Profils 5—10 cm lockerer krümeliger Mull, die humushaltige Schicht ca. 20 cm dick. Der Farbton der Schicht braun. Darunter eine hellbraune Schicht, die in ca 50 cm Tiefe tongrau wird.

Nr. 1052. Kirkkonummi. *OMA*-Typ *(Hepatica triloba, Oxalis, Myrtillus, Majanthemum, Luzula, Fragaria, Melica, Melampyrum, Carex, Agrostis, Bryum, Ribes alpinum* usw.). Holzarten Birke, Grauerle und Fichte. Bodenart schluffiger Moränenboden. Die humushaltige Schicht 5—10 cm dick, rohhumusartig. Die braune Farbe des oberen Profilteils wird weiter unten allmählich hell; noch in 50—60 cm Tiefe schwach braun.

Nr. 1053. Virkkala, Kässäniemi. Bodenflora (26. V. 1936): [1])

Aegopodium podagraria	9	*Fragaria vesca*	2
Anemone nemorosa	8	*Rubus saxatilis*	2
Paris quadrifolia	4	*Geum rivale*	2
Ranunculus auricomus	4	*Mnium spp.*	2
Adoxa moschatellina	5	*Galium boreale*	1
Poa nemoralis	4	*Poa pratensis*	1
Hepatica triloba	3	*Rubus idaeus*	1
Viola riviniana	3	*Vicia sepium*	1
Geranium silvaticum	3	*Anthriscus silvestre*	1
Carex digitata	3	*Hypericum maculatum*	1
Luzula pilosa	3	*Veronica chamaedrys*	1
Oxalis acetosella	1—3	*Dryopteris filix-mas*	1
Melica nutans	2	» *austriaca*	1

Sträucher und Bäume: *Lonicera xylosteum, Ribes rubrum,* Faulbaum, Hasel, Espe, Grauerle, Birke, Eberesche und Kiefer. Bodenart schluffiger Moränenboden. Der humushaltige Oberflächenteil 10—20 cm dick, der oberste Teil gekrümelt. Die graue Farbe der Schicht geht allmählich in eine schwach gelblich braune und zuunterst fast tongraue über.

Nr. 1054. Lohja, Karkkaliniemi. *OMa*-Typ. Bodenflora (26. V. 1936):

Oxalis acetosella	9	*Luzula pilosa*	3
Majanthemum bifolium	8	*Fragaria vesca*	3
Rhodobryum roseum	5	*Rubus idaeus*	3
Trientalis europaea	4	*Ranunculus auricomus*	2
Veronica chamaedrys	4	*Eupteris aquilina*	2
Anemone nemorosa	3—10	*Dryopteris spinulosa*	1
Anthriscus silvester	1	*Vaccinium myrtillus*	1
Agrostis tenuis	3		

Sträucher und Bäume: *Ribes rubrum,* Birke, Grauerle und Fichte. Bodenart sandiger Moränenboden. An der Oberfläche des Profils 2—3 cm lockerer Rohhumus, dann ca. 10 cm feiner Mull. Mineralboden braun, weiter oben deutlicher, in 50—60 cm Tiefe schwach.

Nr. 1058. Zwischen Station Läyliäinen und Kirchdorf Loppi. *OMa*-Typ. Bodenflora (27. V. 1936):

[1]) Die Pflanzenaufzeichnungen für die Profile 1053, 1054, 1058, 1116, 1436, 1437, 1440 und 1441 hat freundlicherweise Dr. phil. Jorma Soveri gemacht.

Oxalis acetosella	6—8	*Eupteris aquilina*	2
Vaccinium myrtillus	7	*Ranunculus acer*	2
Fragaria vesca	7	*Viola riviniana*	2
Pleurozium Schreberi	7	*Campanula rotundifolia*	2
Majanthemum bifolium	6	*Rhodobryum roseum*	2
Rhytidiadelphus squarrosus	6	*Mnium cuspidatum*	2
Anemone nemorosa	5	*Campanula glomerata*	1
Luzula pilosa	5	*Epilobium montanum*	1
Veronica chamaedrys	4	*Taraxacum spp.*	1
Polytrichum commune	4	*Luzula pallescens*	1
Trientalis europaea	3	*Cystopteris fragilis*	1
Carex digitata	3	*Rubus idaeus*	1
Stellaria graminea	3	*Pirola secunda*	1
Veronica officinalis	3	» *media*	1
Ranunculus reptans	3	*Dryopteris spinulosa*	1
Hylocomium proliferum	3	*Vaccinium vitis-idaea*	1
Galium mollugo	2	*Festuca rubra*	1
Moehringia trinervia	2	*Viola canina spp.*	1
Alchemilla spp.	2	*Melampyrum pratense*	1
Agrostis tenuis	2	*Prunella vulgaris*	1
Cerastium caespitosum	2	*Solidago virga-aurea*	1
		Marchantia	1

Sträucher und Bäume: *Ribes rubrum, Sambucus racemosa*, Grauerle, Birke, Eberesche und Fichte. — Bodenart schluffiger Moränenboden. Humushaltige Schicht ca. 10 cm dick, an der Oberfläche 4—5 cm krümeliger Mull. 10—25 cm Boden schwach braun, weiter unten tongrau.

Nr. 1116, Lammi, Untula. *OMa*-Typ. Bodenflora (7. VIII. 1936):

Rhytidiadelphus triquetrus	9—10	*Majanthemum bifolium*	3
Anemone nemorosa	8	*Viola riviniana*	3
Oxalis acetosella	7—8	*Eupteris aquilina*	2
Convallaria majalis	7	*Polygonatum officinale*	2
Aegopodium podagraria	6	*Anthriscus silvester*	2
Anemone ranunculoides	6	*Paris quadrifolia*	2
Rhodobryum roseum	5	*Milium effusum*	2
Rhytidiadelphus squarrosus	5	*Ranunculus auricomus*	2
Hepatica triloba	4—6	*Rubus idaeus*	1
Catharinea undulata	3	*Hypericum maculatum*	1
Lathyrus vernus	3	*Valeriana officinalis*	1
Adoxa moschatellina	3	*Luzula pilosa*	1
Veronica chamaedrys	3	*Viola Selkirkii*	1

Bäume und Sträucher: *Ribes rubrum* und *R. alpinum, Daphne mezereum, Lonicera xylosteum, Viburnum opulus*, Birke, Eberesche, Grauerle und Faulbaum. — Bodenart schluffiger Moränenboden. Humushaltige Schicht ca. 10 cm dick, an der Oberfläche krümeliger Mull. 10—40 cm schwach braun, dann fast tongrau. Schon in der humushaltigen Schicht braune Nuancierung.

Nr. 1163. Versuchsgebiet Ruotsinkylä, Tuusula. *OMa*-Typ. Bodenflora (die häufigsten Arten in abnehmender Frequenz; nach Prof. *Kujala*):

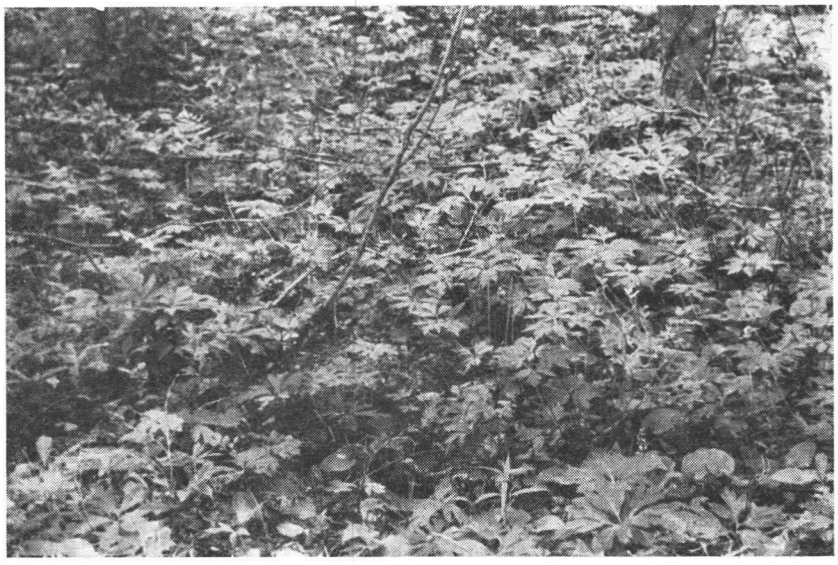


Abb. 4. *Mercurialis perennis*-Siedlung in Haselbestand. Lohja (Profil Nr. 1441).
Kuva 4. Mercurialis perennis-kasvusto pähkinämetsikössä. Lohja (profiili n:o 1441).

Brachythecium curtum
Oxalis acetosella
Equisetum silvaticum
Dryopteris spinulosa
» *linnaeana*
Rubus idaeus
Trientalis europaea
Luzula pilosa
Fragaria vesca
Mnium medium
Hylocomium proliferum
Dicranum scoparium
Hepatica triloba
Veronica officinalis
Athyrium filix-femina
Pleurozium Schreberi
Linnaea borealis
Melica nutans
Calamagrostis purpurea
Deschampsia caespitosa
Carex digitata
Ranunculus repens
Rubus saxatilis
Galeopsis bifida
Lactuca muralis
Dicranum majus

Bäume: Fichte, Kiefer, Grauerle, Birke und Eberesche. Bodenart toniger Moränenboden. Humushaltige Schicht ca. 5 cm dick, an der Oberfläche krümeliger Mull. Die Farbe des Mineralbodens tongrau. Bodenart schluffige Moräne. Humushaltige Schicht 5—10 cm dick, an der Oberfläche etwas krümeliger Mull. Farbe des Mineralbodens fast tongrau.

Nr. 1321. Nokia. Feuchter Hain vom *Filices*-Typ *Dryopteris, Athyrium, Geum, Equisetum, Rubus idaeus*, reichlich Gräser usw.). Holzart Kiefer. Bodenart Tonboden. An der Oberfläche des Profils 0—7 cm zäher Grastorf, darunter 20 cm feiner Mull, Farbton braun. Die weiter oben schwach braune Farbe des Mineralbodens wird in 50 cm Tiefe fast tongrau.

Nr. 1322. Zwischen dem Kirchdorf Pälkäne und Vehoniemi. *OMa*-Typ *(Athyrium*, viele *Gramineaen, Oxalis, Majanthemum, Fragaria, Vacciniu mmyrtillus* und *V. vitis-idaea, Hylocomium* usw.). Holzarten Fichte und Kiefer. Boden-

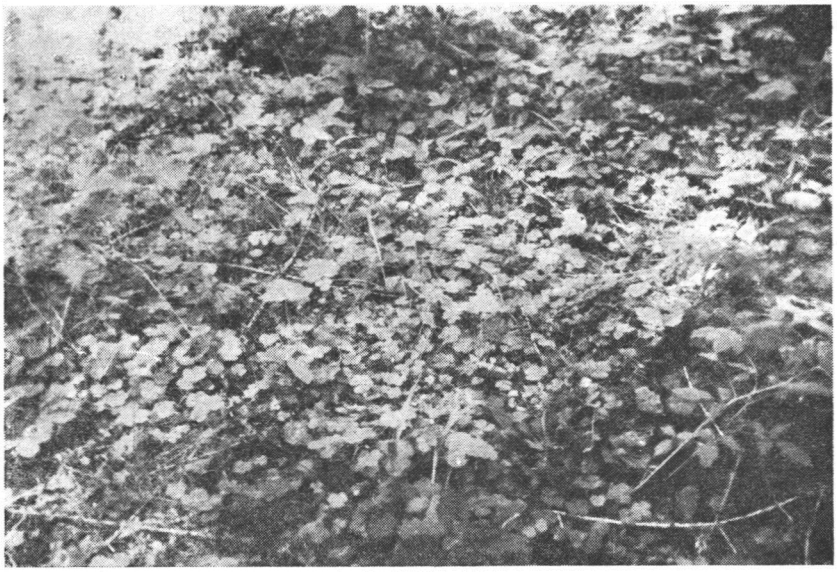


Abb. 5. Bodenvegetation vom *OMa*-Typ. Lärchenbestand, Tammela (Profil Nr. 1452).
Kuva 5. OMa-tyypin aluskasvillisuutta. Lehtikuusimetsikkö, Tammela (profiili n:o 1452).

art schluffiger Moränenboden. Humushaltige Schicht ca. 20 cm dick, zuoberst 5—6 cm krümeliger Mull. Die schwach braune Farbe des Profils, auch der Humusschicht wird in 50 cm Tiefe fast tongrau.

Nr. 1380. Lohja, Jalassaari. In der Bodenflora vorherrschend *Aegopodium podagraria*, ausserdem *Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba*, *Oxalis*, *Paris* usw., weder Zwergsträucher noch Moose. Holzarten Schwarzerle und Grauerle, Eberesche, Hasel und Faulbaum. Bodenart Tonboden. Humushaltige Schicht wie bei Nr. 1322. Der Mineralboden schwach braun.

Nr. 1434. Tuusula, Rusutjärvi. *OMa*-Typ *(Oxalis, Majanthemum, Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba*, *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea*, *Fragaria*, *Eupteris*, *Veronica*, *Ribes rubrum*, *Daphne* usw.). Holzarten Hasel und Fichte. Bodenart steiniger, sandiger Moränenboden. 0—3 cm rohhumusartig, 3—20 cm dunkler, feiner Mull, Farbton braun. D;e braune Farbe des Mineralbodens bleibt wenigstens bis in eine Tiefe von 60 cm ziemlich unverändert. (Vermutlich alte Schwendfläche.)

Nr. 1436. Koski, Käikälä. *OMa*-Typ. Bodenflora (4. VII. 1940):

Oxalis acetosella	6	*Adoxa moschatellina*	**2**
Pulmonaria	4	*Trientalis europaea*	2
Aegopodium podagraria	2—4	*Actaea spicata*	2
Viola mirabilis	3	*Poa nemoralis*	2
Paris quadrifolia	3	*Mnium spp.*	2
Ranunculus cassubicus	3	*Rhytidiadelphus triquetrus*	1—3
Anthriscus silvester	2—3	*Viola riviniana*	1
Stellaria nemorum	2—3	*Moehringia trinervia*	1
Majanthemum bifolium	2	*Dryopteris spinulosa*	1
Lathyrus vernus	2	*Milium effusum*	1
Rubus arcticus	2	*Rhodobryum roseum*	1

(auf Steinen *Fragaria vesca, Carex digitata, Climacium dendroides, Circaea alpina).* Sträucher und Bäume: *Lonicera xylosteum, Ribes alpinum* und *R. rubrum, Daphne mezereum, Viburnum opulus,* Hasel, Ahorn, Linde, Eberesche, Faulbaum, Espe, Grauerle und Fichte. Bodenart steiniger, feinsandiger Moränenboden. Die humushaltige Oberflächenschicht 15—20 cm dick, zuoberst 4—5 cm krümeliger Mull. Mineralboden schwach gelblich braun.

Nr. 1437. Lammi, Porkkala. Bodenflora (4. VII. 1940):

Aegopodium podagraria	6	*Trientalis europaea*	2
Melica nutans	4	*Majanthemum bifolium*	2
Hepatica triloba	4	*Veronica chamaedrys*	2
Oxalis acetosella	2—4	*Lathyrus vernus*	2
Galium boreale	3	*Carex digitata*	1
Geranium silvaticum	2	*Anthriscus silvester*	1
		Carex pediformis	0—8

(auf Steinen *Mnium spp.* und *Hylocomium proliferum).* Sträucher und Bäume: *Ribes alpinum, Lonicera xylosteum,* Birke, Grauerle, Faulbaum und Espe. Bodenart sandiger Moränenboden. Die humushaltige Schicht 20—30 cm dick, locker, mullartig. Die schokoladenbraune Farbe der humushaltigen Schicht setzt sich bis ca. 40 cm Tiefe fort; in 55—60 cm Tiefe ist der Boden hellbraun.

Nr. 1440. Lohja, Karkkaliniemi. *OMa*-Typ. Bodenflora (18. VI. 1940):

Anemone nemorosa	8(—9)	*Mercurialis perennis*	3
Oxalis acetosella	6	*Climacium dendroides*	2
Hepatica triloba	5	*Dryopteris spinulosa*	2
Aegopodium podagraria	4	*Ranunculus auricomus*	2
Carex digitata	4	» *cassubicus*	2
Dryopteris filix-mas	4	*Solidago virga-aurea*	2
Majanthemum bifolium	3—4	*Geranium silvaticum*	2
Viola riviniana	3	*Satureja vulgaris*	2
Melica nutans	3	*Trientalis europaea*	2
Melampyrum silvaticum	3	*Poa nemoralis*	2
Rubus saxatilis	3	*Stachys silvaticus*	1
Galium boreale	3	*Lathyrus vernus*	1
Actaea spicata	3	*Vaccinium myrtillus*	1

Sträucher und Bäume: *Lonicera xylosteum, Ribes alpinum, Daphne mezereum,* Birke, Grauerle, Faulbaum, Eberesche, Hasel und Fichte. — Bodenart Tonboden, Oberflächenteil gröber. Humushaltige Oberflächenschicht ca. 10 cm dick, mullartig. 0—40 cm die Farbe des Bodens schwach braun, weiter unten fast tongrau.

Nr. 1441. Lohja. Bodenflora (18. VI. 1940):

Anemone nemorosa	7	*Convallaria majalis*	2
Mercurialis perennis	6	*Oxalis acetosella*	2
Hepatica triloba	5	*Melampyrum silvaticum*	2
Carex digitata	5	*Viola riviniana*	1
Rubus saxatilis	4	*Dryopteris filix-mas*	1
Melica nutans	3	*Geum rivale*	1
Majanthemum bifolium	3	*Vaccinium myrtillus*	1
Climacium dendroides	2	*Hylocomium proliferum*	0—1
Poa nemoralis	2	*Mnium spp.*	0—5
Luzula pilosa	2	*Aegopodium podagraria*	0—3

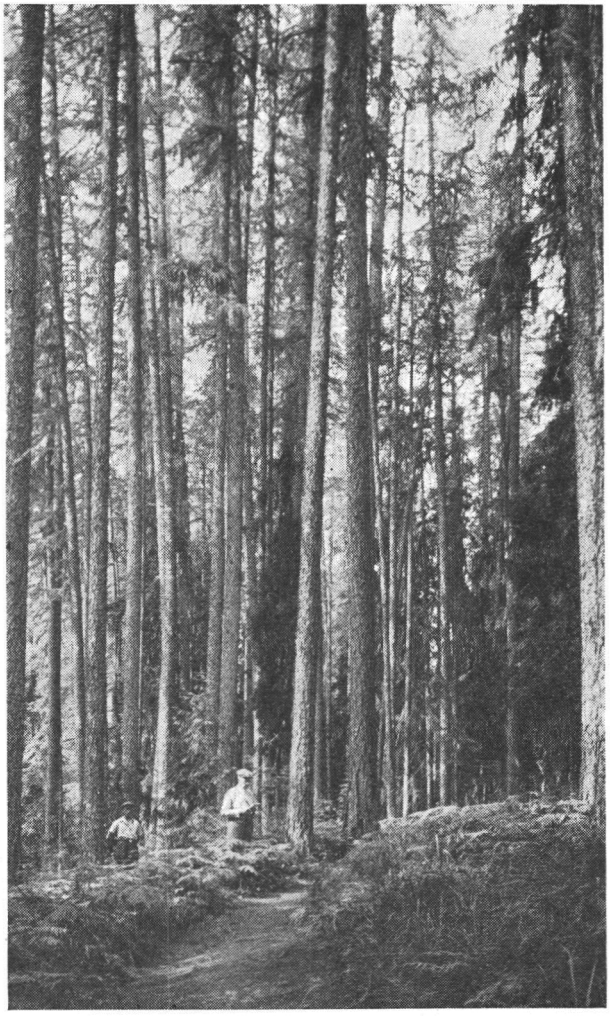


Abb. 6. Lärchenbestand vom *OMa*-Typ. Raivola. Aufn. O. Tamm.

Kuva 6. OMa-tyypin lehtikuusimetsikkö. Raivola. Valokuv. O. Tamm.

Sträucher und Bäume: *Lonicera xylosteum, Ribes alpinum,* Grauerle, Faulbaum, Hasel und Fichte. — Bodenart Tonboden. Humushaltige Oberflächenschicht 15—20 cm dick, zuoberst 5—10 cm krümeliger Mull. Mineralboden schwach braun.

Nr. 1442. Zwischen Virkkala und der Station Mustio. *OMa*-Typ *(Anemone, Oxalis, Majanthemum, Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea, Ribes nigrum* usw.). Holzarten Grauerle, Birke und Hasel. Bodenart Moränenboden, Oberflächenteil sandig, weiter unten Ton. 0—3 cm feiner Mull, Farbton braun. Farbe des Bodens bis ca. 35 cm Tiefe deutlich braun; auch in 50—60 cm Tiefe noch nicht ganz tongrau.

Nr. 1448. Rymättylä, Okala. Bodenflora: *Anemone nemorosa* und *Hepatica triloba, Convallaria, Viola, Veronica, Paris, Geranium, Luzula, Ribes nigrum* usw. Holzart Eiche. Bodenart toniger Moränenboden. Die humushaltige Oberflächenschicht ca. 20 cm dick, der obere Teil krümeliger Mull. Mineralboden tongrau.

Nr. 1449. Kirchdorf Paimio, Karhunkrotti. Feuchter Hain an einem Bachbett. Vegetation üppig und artenreich *(Aegopodium, Taraxacum, Oxalis, Fragaria, Geranium, Mentha, Filipendula,* Gräser usw.). Holzarten Schwarzerle und Faulbaum. Bodenart schluffiger Moränenboden. Humushaltige Schicht ca. 20 cm dick, oberer Teil krümeliger Mull. Das ganze Profil schwach braun, weiter unten ohne deutliche Veränderung.

Nr. 1452. Tammela. *OMa*-Typ *(Oxalis, Geranium, Rubus saxatilis* und *R. idaeus, Fragaria, Ranunculus, Urtica, Alchemilla, Viola, Equisetum, Vaccinium vitis-idaea und V. myrtillus, Rhytidiadelphus triquetrus* usw.). Holzart Lärche (Kulturbestand). Bodenart sandiger Moränenboden. 2—3 cm Streu. 0—15 cm vom Profil humushaltig, mullartig. Das ganze Profil braun, am deutlichsten bis in 30 cm Tiefe; 50—60 cm tief wird der Boden tonfarbig.

Mit Rücksicht auf die morphologischen Eigenschaften des Profils bestehen zwischen den alten und den oben beschriebenen jungen Böden in der Beschaffenheit der Mullschicht keine nennenswerten Unterschiede. Nur ist der typische krümelige Mull vielleicht bei den jungen Böden nicht gleich allgemein wie bei den alten. In der Profilfarbe dagegen sind die alten Böden ziemlich deutlich von den jungen unterschieden. Bei diesen war es allgemein, dass die ziemlich schwarze oder dunkelgraue Farbe allmählich in die Farbe des ursprünglichen Bodens, und zwar gewöhnlich in Tongrau, überging. Nur in ein paar Fällen wurde unter jener Schicht ein schwach gelblich brauner Horizont festgestellt. Bei den älteren Böden dagegen ist die braune Farbe allgemein. Schon die Mullschicht zeigt oft einen braunen Farbton, und der darauffolgende Mineralboden erscheint meistens mehr oder weniger braun; oft geht die braune Farbe weiter unten allmählich in Grau über, zuweilen aber bleibt sie auch noch am Grunde des Profils unverändert. (Leider erstrecken sich die Untersuchungen im allgemeinen nur bis in eine Tiefe von 50—60 cm; bei Podsoluntersuchungen konnte diese Tiefe als hinreichend gelten, aber in Hainwäldern wäre in vielen Fällen eine grössere Tiefe wünschenswert.)

Um einen Überblick über die Analysenergebnisse zu gewinnen, sind die alten Böden, wie auch die jungen, in zwei Gruppen, 1 und 2, eingeteilt worden; die erstere vertritt gröbere, die letztere feinere Böden. Zu Gruppe 1 gehören die Profile 987, 1054, 1437, 1440, 1442, 1449 und 1452, zu Gruppe 2 die Profile 978, 1053, 1058, 1116, 1380, 1436, 1441 und 1448. In Tabelle 3 sind die für die betreffenden Profile berechneten Mittelwerte dargestellt. Die übrigen Profile sind teils feuchte Haine, teils vertreten sie keine typischen Haine, und in gewissen Fällen ist die Kornzusammensetzung ungleichmässig (geschichtet).

Wie aus der Zusammenfassung ersichtlich, entsprechen in den Gesamtmengen der feinsten Kornfraktionen die alten Böden im grossen ganzen den

Tab. 3. Südfinnland, alter Boden.
Taul. 3. Etelä-Suomi, vanha maa.

Tiefe — *syvyys*, cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50
Gruppe 1 — *ryhmä 1*										
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	12.2	12.5	12.3	11.5	11.9	12.4	14.0	18.3	22.6	27.7
» » <0.002 » »	6.9	7.1	6.8	6.2	6.3	6.7	7.7	10.0	12.2	13.6
Wk. %	19.4	14.7	14.3	(16.2)	14.5	13.4	12.8	15.6	16.8	17.9
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.09	0.10	0.09	0.11	0.17	0.19	0.22	(0.27)	0.29	(0.31)
Al_2O_3 »	0.56	0.55	0.66	0.75	0.83	0.87	0.90	(1.05)	1.00	(1.10)
Fe_2O_3 »	0.71	0.77	0.85	0.91	0.90	0.90	0.84	(1.05)	0.80	(1.02)
organ. C %	6.38	3.80	3.01	2.68	1.95	1.46	1.19	(1.17)	0.78	(0.66)
Ca	10.09	7.90	6.98	7.22	6.79	7.04	7.22	7.49	8.53	9.21
P_2O_5 mval/100 g	0.18	0.13	0.09	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04	0.04	0.08
S	6.6	4.9	3.5	3.7	3.4	2.5	1.9	1.9	2.6	2.7
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	451	—	335	343	170	190	158	151	166	173
pH—H_2O	4.66	4.78	4.91	5.04	5.20	5.29	5.35	5.45	5.45	5.45
pH—nKCl	3.89	3.90	3.96	4.06	4.14	4.20	4.25	4.28	4.25	4.25
pH—0.01 n Na_2SO_4	4.34	4.75	4.86	4.95	5.06	5.13	5.17	5.19	5.30	5.34
Gruppe 2 — *ryhmä 2*										
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	30.4	29.5	29.7	27.6	29.3	31.1	34.9	38.3	38.6	41.6
» » <0.002 » »	19.2	21.0	20.8	18.0	18.3	21.0	27.7	26.2	29.6	28.2
Wk. %	35.9	30.5	28.3	25.0	23.8	24.1	27.4	28.1	29.0	29.9
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.17	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.25	(0.27)	0.27	(0.29)
Al_2O_3 »	1.03	0.98	0.98	0.89	0.88	0.90	0.97	—	0.94	—
Fe_2O_3 »	1.08	1.14	1.16	1.07	1.04	1.13	1.26	—	1.04	—
organ. C %	6.40	4.08	2.97	1.96	1.11	0.89	0.79	(0.76)	0.64	—
Ca	13.14	12.06	10.91	10.19	9.85	10.42	11.98	(10.90)	13.11	(15.23)
P_2O_5 mval/100 g	0.15	0.11	0.09	0.10	0.07	0.07	0.07	0.07	0.11	0.08
S	8.7	6.4	5.5	4.2	3.7	3.9	4.4	5.0	5.7	5.8
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	426	307	298	232	222	228	269	228	248	248
pH—H_2O	5.03	5.05	5.16	5.27	5.43	5.49	5.54	5.56	5.68	5.64
pH—nKCl	4.16	4.09	4.11	4.20	4.24	4.20	4.20	4.20	4.18	4.23
pH—0.01 n Na_2SO_4	4.89	4.83	4.96	5.02	5.23	5.25	5.33	5.33	5.47	5.47

jungen; doch sind die alten Böden etwas gröber. Die für die Wasserkapazität erhaltenen Werte sind in beiden Fällen annähernd gleich gross.

In der Verteilung der feinsten Komponente im Profil erweisen sich die alten Böden als den jungen insofern gleich, als der Anteil der feinsten Fraktionen in den unteren Teilen des Profils am grössten ist. Auch wird um 15—20 cm ein schwaches Minimum sichtbar. Da sich die gleichen Erscheinungen somit bei vier verschiedenen Bodengruppen wiederholen, müssen sie als im Boden der südfinnischen Hainwälder allgemein gelten.

Hinsichtlich der Komponenten des anorganischen Kolloidkomplexes ist festzustellen, dass bei Gruppe 1 ihre Menge mit zunehmender Tiefe deutlich, wenn auch schwach wächst. Bei den feineren Böden verhält es sich gleicherweise mit der Kieselsäure, Eisen findet sich etwas reichlicher nur in den unteren Teilen des Profils, und die Aluminiummenge bleibt durch das ganze Profil fast unverändert. Eine deutliche Differenzierung in Auswaschungs- und Anreicherungshorizonte ist also nicht festzustellen. Das ganze Profil ist bei den gröberen Böden etwas ausgewaschen, feinerer

Boden ist im grossen ganzen unausgewaschen. Die kleinen Unterschiede, die in der Verteilung der Kolloide zwischen alten und jungen Böden wahrzunehmen sind, beruhen anscheinend auf Unterschieden in der Kornzusammensetzung. Bei alten wie auch jungen Böden steht die chemische Differenzierung des Profils in engem Zusammenhang mit der Kornzusammensetzung. Das ist auch für die Gesamtmengen der Stoffe zutreffend; in grobem Boden sind sie etwas geringer als in feinem.

In der Verteilung von Kalk, Phosphorsäure und austauschfähigen Basen besteht dieselbe Regelmässigkeit wie bei den jungen Böden: die Mengen verringern sich etwas von der Oberfläche bis in die mittleren Profilteile und nehmen weiter unten wieder zu. Auch in der Verteilung der Elektrolyte weisen die Symptome in gleiche Richtung. Die Gesamtmengen aller dieser Stoffe sind in allen groben Böden etwas geringer als in den feinen.

Vergleicht man miteinander die Gesamtmengen der verschiedenen Stoffe in jungen und in alten Böden, so ist zunächst festzustellen, dass sich Kieselsäure, Aluminium und Eisen bei Gruppe 1 des alten Bodens bedeutend reichlicher als aus jungem Boden aufgelöst haben. Bei Gruppe 2 ist der Unterschied gering, wenn auch bei Kieselsäure und Aluminium gleichsinnig, aber Eisen hat sich dagegen aus altem Boden etwas weniger als aus jungem aufgelöst. Im grossen ganzen sind die Unterschiede zwischen altem und jungem Boden so gut wie belanglos. In den Mengen der übrigen Stoffe bestehen bei beiden Gruppen zwischen altem und jungem Boden keine nennenswerten Unterschiede.

In der Reaktion ist bei alten Böden dieselbe Erscheinung wie bei den jungen zu erkennen: die Veränderung mit der Tiefe ist am schwächsten in KCl, am stärksten in Wasser, und bei grobem Boden ist der Gradient steiler als bei feinem. Das Material ist zu klein, um zu erweisen, ob zwischen altem und jungem Boden irgend welche Unterschiede in der Reaktion überhaupt bestehen (die früheren Untersuchungen wiesen darauf hin, dass junger Boden etwas saurer als alter wäre).

Die Ergebnisse der ausgeführten Bestimmungen des Basenmineralindexes sind in Tabelle 4 dargestellt. Werden die ausserordentlich hohen Werte von Profil 977 ausser Betracht gelassen und für die übrigen Profile die Mittelwerte gleicherweise wie für die jungen Böden berechnet, so ist das Ergebnis folgendes:

Tiefe cm	0—10	10—20	20—30	30—40	40—60
Index %	7.7	8.9	9.4	10.0	11.2

Der Index wächst also auch bei den alten Böden mit der Tiefe. Ausserdem ist zu erkennen, dass er bei alten Böden höher als bei jungen ist, eine Feststellung, die bereits früher in Heidewäldern gemacht worden ist.

Tab. 4. Der Basenmineralindex einiger südfinnischer alter Böden.
Taul. 4. Muutamien eteläsuomalaisten vanhojen maiden emäsmineraali-indeksi.

Tiefe *syvyys* cm	Profilnummern — *profiilien numerot*														
	977	978	987	994	1053	1054	1058	1116	1322	1380	1436	1440	1441	1442	1452
	%														
0— 5	43.6	—	12.3	—	—	—	—	—	5.5	—	—	—	—	—	—
5—10	43.9	14.7	13.2	7.1	7.6	2.6	4.4	14.9	—	5.6	6.7	3.8	5.5	2.8	9.1
10—15	47.5	—	18.8	—	—	—	—	—	7.1	—	—	—	—	—	—
15—20	44.3	4.8	25.4	2.3	10.0	3.9	5.6	20.4	—	5.9	7.1	3.9	5.4	3.8	8.4
20—25	43.4	—	20.3	—	—	—	—	—	7.7	—	—	—	—	—	—
25—30	37.8	5.7	26.3	4.5	10.4	5.1	7.0	16.5	—	6.0	9.6	5.0	3.8	4.7	8.8
30—35	38.3	—	30.4	—	—	—	—	—	16.3	—	—	—	—	—	—
35—40	—	8.3	—	10.7	10.6	4.4	7.2	11.8	—	5.3	11.2	3.8	4.4	4.5	11.2
40—45	42.0	—	32.0	—	—	—	—	—	13.5	—	—	—	—	—	—
45—50	—	7.6	—	10.9	12.7	4.5	8.6	—	—	—	12.4	5.8	3.8	8.8	13.2
50—55	—	—	—	—	—	—	—	9.3	—	—	—	—	—	—	—
55—60	—	—	—	—	—	7.2	—	—	—	—	12.9	5.1	—	3.4	7.8

Ausser den oben besprochenen Bestimmungen ist an Proben (129 St.) aus 12 Profilen alter Böden ferner der Kalk mittels NH_4Cl bestimmt worden. Die so erhaltenen Kalkmengen wechseln innerhalb derselben Wertgrenzen wie die Mengen der austauschbaren Basen. Das Verhältnis ist folgendes:

NH_4Cl—Ca	mval/100 g	<2	2—4	4—6	6—8	>8
S	»	2.0	3.9	4.9	7.6	7.7

Zwischen den mittels HCl und NH_4Cl erhaltenen Kalkmengen besteht folgendes Verhältnis:

mit HCl	mval/100 g .	<4	4—8	8—12	12—16	>16
mit NH_4Cl	»	0.90	2.14	3.51	4.55	7.46

3. Bodenbildung in Nordfinnland und Lappland.

Für Nordfinnland ist das Material gering; die jungen Böden sind nur durch 6 Profile und die alten durch 4 vertreten.

Von den jungen Böden sind die Nr.n 999, 1000 und 1029 grobe, sehr wenig vom ursprünglichen Zustand unterschiedene Sandböden. In der Pflanzen- und in der Humusdecke ist Kultureinfluss wahrzunehmen. Profil 1029 ist nach seinem Aussehen schwach podsoliert, was auch die Analysenergebnisse erweisen. Die Nr.n 1208 und 1266 sind feuchte Haine; Nr. 1266 ist ein ziemlich typisches Podsolprofil jungen Bodens.

Nr. 1030 vertritt typischen nordfinnischen *Geranium*-Hain. Die Bodenflora umfasst neben *Geranium*, *Majanthemum*, *Trollius*, *Solidago*, *Viola*,



Abb. 7. Nordfinnischer *Geranium*-Hain (Profil Nr. 1073). — Aufn. O. Tamm.

Kuva 7. Pohjoissuomalainen Geranium-lehto (profiili n:o 1073. — Valokuv. O. Tamm.

Cornus, Dryopteris, Vaccinium myrtillus usw. Moose und Flechten fehlen. Holzart Birke. Bodenart steiniger, feinsandiger Moränenboden. An der Oberfläche des Profils ca. 5 cm krümeliger und feiner Mull. Wie die Analysenergebnisse erweisen, ist der Boden unausgewaschen. Das Profil ist schwach braun, in 40—50 cm Tiefe fast tongrau.

Von den alten Böden vertritt Nr. 1073 typischen *Geranium*-Hain. Die Bodenflora umfasst *Geranium, Orchis, Pirola, Listera, Rubus, Linnaea, Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea, Gramineaen* sowie verhältnismässig reichlich *Rhytidiadelphus triquetrus*. Holzarten Fichte und Birke

sowie etwas Kiefer. Bodenart schluffiger Moränenboden. Humusschicht 5—6 cm dick, der untere Teil stark zersetzt; Grenze zwischen dieser Schicht und dem Mineralboden verhältnismässig deutlich. Bodenfarbe schwach braun, in 50—60 cm Tiefe beinahe grau werdend.

Die Profile 1009, 1031 und 1232 liegen alle in Bachtälern, und es ist wahrscheinlich, dass ihr Boden zuweilen im Frühjahr von Hochwasser überspült wird. Die Pflanzendecke ist bei den Nr.n 1031 und 1232 typisch für *Geranium*-Haine, Profil 1009 vertritt einen hainartigen Typ. Der Boden ist bei allen unausgewaschen; Profil 1009 ist ausserordentlich eisen- und manganreich. Bei den Nr.n 1009 und 1232 liegt an der Oberfläche des Profils eine ca. 5 cm dicke Mullschicht, in Profil 1031 ist der Mineralboden verhältnismässig deutlich von der rohhumusartigen Humusschicht getrennt. Die Farbe des Bodens ist in allen Profilen mehr oder weniger braun; unter dem vom Humus gefärbten Oberflächenteil wird der Boden allmählich heller, erscheint aber im allgemeinen noch in 50—60 cm Tiefe schwach braun.

Das Material aus dem Gebiet Lappland stammt, abgesehen von einem Profil — Nr. 1033, die aus Inari herrührt —, aus den Gegenden von Petsamo, die z. B. nach der internationalen Bodenkarte Europas zu dem Gebiet der Tundrenböden gehören. Es sind folgende 6 Profile ausführlicher untersucht worden:

Nr. 842. *Geranium-Myrtillus*-Typ. Die Bodenflora besteht aus *Geranium, Trollius, Cornus, Rubus, Alchemilla, Pirola, Chamaenerium, Trientalis, Melampyrum, Polygonum, Fragaria, Equisetum, Vaccinium myrtillus* und Gräsern. Holzart strauchartige (aus Schösslingen aufgewachsene) Birke. Bodenart feinsandiger Moränenboden. Humusschicht ganz dünn. Der Boden ist 0—10 cm vom Humus etwas dunkler geworden, Gesamtfarbe 0—30 cm braun. Noch in 40—50 cm Tiefe ist der Boden etwas braun.

Nr. 845. *Dryopteris-Myrtillus*-Typ. Bodenflora im allgemeinen wie bei Nr. 842 (ferner *Geum, Filipendula* und *Dryopteris*). Holzart Birke. Bodenart feinsandige Moräne. Humusschicht 2—3 cm, schwarz, locker. Oberfläche des Mineralbodens schwach ausgebleicht, im übrigen ist der Boden braun, am deutlichsten in 5—30 cm Tiefe. Grundwasser ca. 50 cm tief.

Nr. 1033. *Geranium-Myrtillus*-Typ. Bodenflora im allgemeinen wie bei Nr. 842 (dazu *Vaccinium uliginosum*). Holzart Birke. Bodenart feinsandiger Moränenboden, Oberflächenteil feiner. Humushaltige Schicht ca. 5 cm dick, Oberfläche krümeliger Mull. Die Farbe des ganzen Profils braun.

Nr. 1038. *Geranium-Myrtillus*-Typ. Bodenflora im allgemeinen wie bei Nr. 842, wenn auch nicht ganz ebenso artenreich. Holzarten Birke und Espe, Unterwuchs Weide. Bodenart sandiger Moränenboden, der untere Profilteil grobkörnig. Mullartiger Humus 3—4 cm. Die Farbe des ganzen Profils braun.

Nr. 1041. *Geranium-Myrtillus*-Typ. Bodenflora wie bei Nr. 842. Holzart Birke, Bodenart Schluffboden, weiter unten Tonboden. Mullartiger Humus 2—3 cm. Die Farbe des ganzen Profils braun, am deutlichsten 0—30 cm. Grundwasser in ca. 50 cm Tiefe.

Nr. 1042. *Geranium-Myrtillus*-Typ. Bodenflora ungefähr wie bei Nr. 842. Holzarten Birke, Grauerle und Eberesche. Humusschicht 2—3 cm dick, rohhumusartig. Das ganze Profil schwach braun, am deutlichsten C—15 cm.

Als allgemeiner Zug der beschriebenen Profile kann festgestellt werden, dass der Humusgehalt ihres Bodens gegenüber den südfinnischen Böden geringer und ihr Humus meistens nicht gleich typischer Mull ist. Die Böden sind von mehr oder weniger brauner Farbe ohne deutliche Horizontierung (ausser Nr. 845). Wie tief sich die braune Farbe fortsetzt, ist wegen der geringen Tiefe der Profile unbekannt.

Tab. 5. Lappland (alter Boden).
Taul. 5. Lappi (vanha maa)

Tiefe — *syvyys*, cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40
Gruppe 1 — *ryhmä 1*								
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	24.0	19.5	16.9	13.0	11.0	11.4	12.0	(7.1)
» » <0.002 » »	3.8	3.4	2.3	1.9	2.6	1.7	1.8	(2.0)
Wk. %	25.4	20.2	17.8	12.8	11.3	(10.9)	10.1	(9.2)
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.23	0.25	0.32	0.19	0.16	0.15	0.13	—
Al_2O_3 »	0.63	0.76	0.73	0.64	0.58	0.61	0.52	—
Fe_2O_3 »	1.33	1.55	1.48	1.26	1.20	1.08	0.91	—
organ. C %	1.70	0.92	0.72	0.66	0.50	0.46	0.41	—
Ca mval/100 g	11.28	16.11	10.07	11.53	11.23	9.44	12.58	—
P_2O_5 mval/100 g	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	—
S mval/100 g	3.5	3.8	2.9	3.0	3.2	2.3	2.5	—
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	630	589	392	435	599	367	362	—
pH—H_2O	5.48	5.47	5.72	5.80	5.68	5.75	5.73	—
pH—nKCl	4.28	4.18	4.27	4.34	4.43	4.43	4.54	—
pH—0.01 n Na_2SO_4	5.02	5.03	5.07	5.14	5.10	5.12	5.21	—
Gruppe 2 — *ryhmä 2*								
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	52.8	53.9	47.3	47.0	44.7	41.3	40.0	39.2
» » <0.002 » »	12.1	10.9	14.8	12.4	14.7	21.6	22.4	29.2
Wk. %	30.9	31.0	(27.7)	27.0	(23.0)	28.9	31.3	29.1
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.23	0.23	0.20	0.18	0.20	0.25	0.26	—
Al_2O_3 »	1.14	1.16	1.04	0.95	0.99	1.16	0.98	—
Fe_2O_3 »	1.89	1.94	1.78	1.51	1.48	1.50	1.34	—
organ. C %	2.24	2.01	1.54	1.11	1.03	1.10	0.74	—
Ca mval/100 g	10.74	16.47	13.01	15.33	15.55	16.73	16.33	—
P_2O_5 mval/100 g	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04
S mval/100 g	6.0	6.0	5.2	5.0	4.6	5.2	4.6	5.9
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	615	618	666	473	645	555	481	436
pH—H_2O	4.95	5.22	5.40	5.43	5.75	5.93	6.07	6.25
pH—nKCl	3.87	3.94	4.06	4.13	4.31	4.44	4.58	4.70
pH—0.01 n Na_2SO_4	5.01	5.04	5.17	5.13	5.55	5.59	5.64	5.87

Die Analysenergebnisse beleuchtet Tabelle 5, in der zu Gruppe 1 oder den gröberen Böden die Profile 845, 1033 und 1038, zu Gruppe 2 oder den feineren Böden die Profile 842, 1041 und 1042 gehören.

Wie zu ersehen, sind die betreffenden Böden — besonders die von Gruppe 1 — verhältnismässig grobkörnig; die Menge der Fraktion <0.002 mm ist gering, die der Fraktion 0.02—0.002 mm ziemlich gross. Bei Gruppe

1 ist eine Anreicherung feinen Materials in den Oberflächenteilen des Profils zu erkennen, bei Gruppe 2 wächst ein wenig der Anteil der Fraktion <0.002 mm weiter unten, aber ihr mit der Fraktion 0.02—0.002 mm gemeinsamer Anteil bleibt so gut wie unverändert.

Die Analysenergebnisse des anorganischen Kolloidkomplexes erweisen, dass sich bei Gruppe 1 Kieselsäure, Aluminium und Eisen in den Oberflächenteilen des Profils schwach angereichert haben. In den Böden von Gruppe 2 ist die Verteilung von Kieselsäure und Aluminium ungefähr gleichmässig und die des Eisens wie bei Gruppe 1. Die Gesamtmengen sind bei Gruppe 1 geringer als bei Gruppe 2. — Mit Rücksicht auf die genannten Stoffe können also die Böden als unausgewaschen gelten. Bei Gruppe 1 sind die Mengen der feinsten Komponente und der anorganischen Kolloide einander direkt proportional, bei Gruppe 2 ist dieses Verhältnis unklar.

Die Verteilung von Kalk, Phosphorsäure und austauschfähigen Basen im Profil ist ziemlich gleichmässig; die kleinen Unregelmässigkeiten, die wahrzunehmen sind, können auf der geringen Menge des Materials beruhen. Die Menge der Elektrolyte nimmt mit zunehmender Tiefe ab. Die Mengen aller in Rede stehenden Stoffe sind bei Gruppe 1 geringer als bei Gruppe 2.

Es ist nicht ohne Interesse, die alten Böden Lapplands mit denen südfinnischer Gebiete im Lichte der Analysenergebnisse miteinander zu vergleichen. Bei den Böden von Gruppe 2 ist die Menge der feinsten Fraktion in den südfinnischen Böden bedeutend grösser als in denen Lapplands, und die verschiedenen Gebiete sind somit bei dieser Gruppe kaum miteinander vergleichbar. Gruppe 1 dagegen kann in der in Rede stehenden Hinsicht in beiden Fällen als ungefähr gleich gelten. Tab. 6 gibt einen Vergleich zwischen den Kieselsäure-, Aluminium- und Eisenmengen.

Tab. 6. Vergleich zwischen Böden Lapplands und Südfinnlands. (Gruppe 1 = grobkörnigere Böden.)

Taul. 6. Lapin ja Etelä-Suomen maat toisiinsa verrattuina. (Ryhmä 1 = karkeampirakeiset maat).

		Tiefe — *syvyys*, cm						
		0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35
		%						
SiO_2	Lappland	0.23	0.25	0.32	0.19	0.16	0.15	0.13
	Südfinnland	0.09	0.10	0.09	0.11	0.17	0.19	0.22
Al_2O_3	Lappland	0.63	0.76	0.73	0.64	0.58	0.61	0.52
	Südfinnland	0.56	0.55	0.66	0.75	0.83	0.87	0.90
Fe_2O_3	Lappland	1.33	1.55	1.48	1.26	1.20	1.08	0.91
	Südfinnland	0.71	0.77	0.85	0.91	0.90	0.90	(0.84)

Ausser dem, dass die Böden Lapplands unausgewaschen und die Südfinnlands ausgewaschen sind, ist zu erkennen, dass die Eisen- und die Kalkmengen im ganzen Profil in Lappland grösser als in Südfinnland sind. Das Material aus dem Gebiet Lappland ist gering, aber es ist zu bemerken, dass schon bei den früheren Untersuchungen in frischen und in feuchten Heidewäldern festgestellt worden ist, dass die Böden Lapplands reichlicher Eisen und besonders Kalk enthalten als die südfinnischen. Auch hat sich der Basenmineralindex bei ersteren als bedeutend grösser als bei letzteren erwiesen. Bei den Böden von Hainwäldern Lapplands ist der Index nur für zwei Profile, für jedes von beiden nach zwei Proben aus 30—50 cm Tiefe, bestimmt worden. Die Ergebnisse waren in dem einen Fall 69.4 % und 72.2 %, in dem anderen 24.5 und 27.0 %. Ferner weisen die vorgenommenen Bauschanalysen darauf hin, dass die Böden Lapplands verhältnismässig eisen- und kalkreich sind.

4. Überblick.

Die allgemeinen Beobachtungen an Böden in Hainwäldern erweisen, dass Hainwälder auf verschiedenen Bodenarten auftreten können, ihr Auftreten sich aber doch vorwiegend auf die feinkörnigsten Bodenarten konzentriert.

Auf Grund des Aussehens des Bodenprofils beurteilt, erscheint der Boden der untersuchten Hainwälder im allgemeinen mehr oder weniger unausgewaschen ohne deutlichen A-Horizont und ihm entsprechenden B-Horizont des Podsolprofils. Die Dicke der humushaltigen Schicht wechselt zwischen 10 und 20 (30) cm; ihr Oberflächenteil ist besonders in den feinkörnigsten Böden meistens mehr oder weniger krümeliger Mull. Die Farbe der Böden wechselt. Bei den jüngsten Böden verhält es sich meistens so, dass die vom Humus dunkel gefärbte Oberflächenschicht allmählich einen grauen oder etwas rötlichen Ton annimmt je nach der ursprünglichen Bodenfarbe, die im allgemeinen mit der Korngrösse des Bodens wechselt. In einigen Fällen folgt auf die humushaltige Schicht eine dünne (ca. 20 cm starke), schwach gelblich braune Schicht. In alten Böden tritt eine mehr oder weniger braune Farbe häufiger auf.

Bei den Analysenergebnissen wendet sich die Aufmerksamkeit besonders dem Aufbau der Kornzusammensetzung der Böden und seinem Verhältnis zu ihrem chemischen Aufbau zu.

Für Tonböden und andere feinkörnige Böden kennzeichnend ist die Zunahme des feinsten Bestandteils mit zunehmender Tiefe, und ausserdem ist es allgemein, dass sich die feinste Komponente in den oberflächlichen Profilteilen schwach angereichert hat. Die Erscheinung ist durch die auf Abb. 8 wiedergegebenen Diagramme veranschaulicht. In diesem Zusammenhang und überhaupt im folgenden berücksichtigen wir in erster

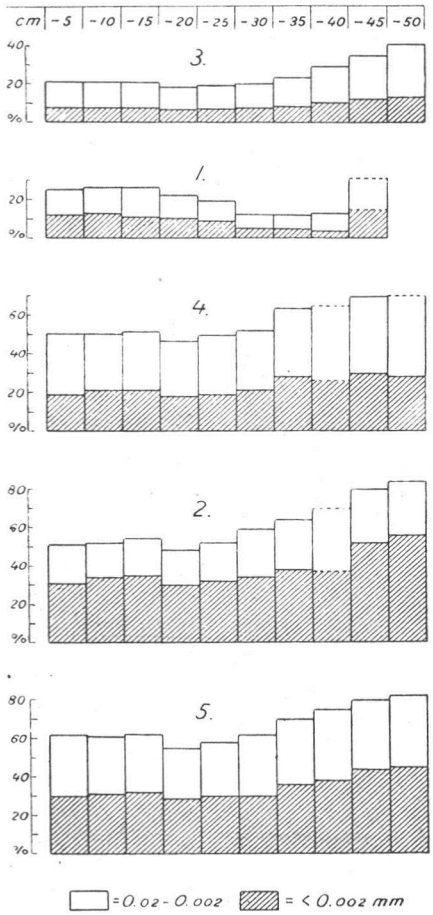


Abb. 8. Die Verteilung der feinsten Kornfraktionen in den südfinnischen Böden; 1 = junger Boden, Gruppe 1; 2 = junger Boden, Gruppe 2; 3 = alter Boden, Gruppe 1; 4 = alter Boden, Gruppe 2; 5 = Tonböden.

Kuva 8. Hienompien raefraktioiden jakaantuminen Etelä-Suomen maissa. 1 = nuori maa, ryhmä 1; 2 = nuori maa, ryhmä 2; 3 = vanha maa, ryhmä 1; 4 = vanha maa, ryhmä 2; 5 = savimaa.

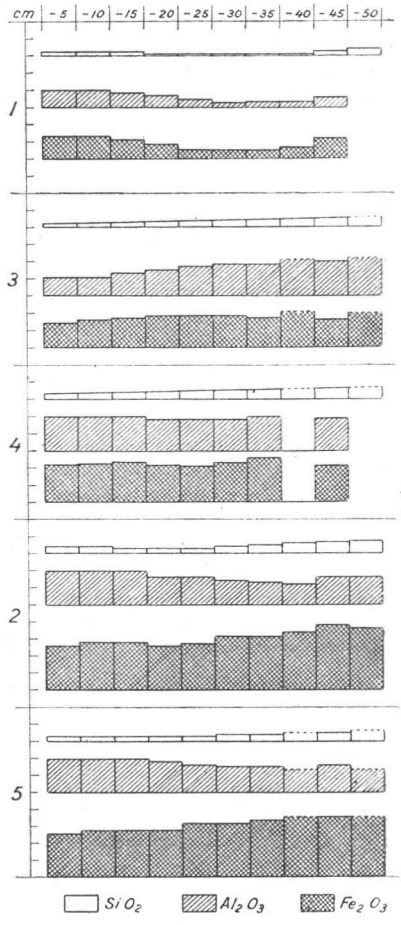


Abb. 9. Die Verteilung des anorganischen Kolloidkomplexes in den südfinnischen Böden. Die Bodengruppen 1, 2, 3 . . . wie bei Abb. 8. Die Einheit des linksstehenden Massstabes ist 0.5 %.

Kuva 9. Epäorgaanisen kolloidikompleksin jakaantuminen Etelä-Suomen maissa. 1, 2, 3 . . . maaryhmät kuten kuv. 8. Vasemmalla olevan mittakaavan yksikkö on 0.5 %.

Linie die südfinnischen Hainwälder, aus denen am reichlichsten Material vorliegt. Vergleichshalber sind ferner die Mittelwerte für 9 Tonbodenprofile berechnet worden (Abb. 8, Diagramm 5).

Das Zustandekommen der betreffenden Kornverteilung liesse sich entweder dadurch, dass sie schon bei der Entstehung des Bodens, d. h. bei seinem Auftauchen aus dem Wasser, ihren gegenwärtigen Aufbau angenommen hätte, oder auch dadurch erklären, dass es sich um mechanische

Durchschlämmung handelte, d. h. dass die feinsten Partikel allmählich aus den Oberflächenteilen tiefer verschleppt worden wären. Meinerseits habe ich früher (Aaltonen 1941 a) zu ersterer Auffassung geneigt. In Finnland hat Salminen (1938) auf dieselbe Erscheinung aufmerksam gemacht und angenommen, sie liesse sich dadurch erklären, dass sich statt der mutmasslichen Eisrandverschiebung das Ufer eben allmählich von höheren Stellen in sein jetziges Niveau verlegt hätte. Doch scheint es einfacher und natürlicher anzunehmen, dass im Boden Durchschlämmung des feinsten Bestandteils eingetreten sei. Der Humus hält einen Teil davon zurück, worin die schwache Anreicherung in den oberflächlichen Profilteilen ihre Erklärung findet.

Bei Betrachtung der Verteilung des anorganischen Kolloidkomplexes (Abb. 9) — des weiteren in Südfinnland — erhebt sich die Frage, inwieweit die aufgelösten Stoffe Gele, d. h. Verwitterungsprodukte, inwieweit noch unverwittertes Material vertreten. Es besteht die Möglichkeit, dass der Boden trotz der Analysenergebnisse chemisch mehr oder weniger unverändert ist; in das benutzte Lösungsmittel geht zweifellos auch feines unverwittertes Material, und zwar um so mehr, je feiner das betreffende Material ist.

Zur weiteren Beleuchtung des Problems seien in diesen Zusammenhang ferner Aarnios Analysenergebnisse über einen Tonboden dargestellt (Tab. 7). Diesen Analysen schliesst Aarnio keine Angaben über die Kornverteilung des Bodens an, und er spricht ohne weiteres von der Auslaugung der Tonböden. »Bei den Tonböden bildet sich meist eine Bodenform, bei welcher der Bodenhorizont stark ausgelaugt und den grauen sowie braunen Waldbodenarten ähnlich ist. Der Auslaugungsgrad ist in der unter dem humushaltigen Horizont liegenden Schicht am grössten und

Tab. 7. Analysenergebnisse über einen südfinnischen Tonboden. (Aarnio 1920).

Taul. 7. Erään eteläsuomalaisen savimaan analyysin tulokset. (Aarnio 1920).

	Horizonte — *horisontit*							
	A_2 25—45 cm	B_1 45—55 cm	B_2 60—150 cm	C 215—240 cm	A_2 25—45 cm	B_1 45—55 cm	B_2 60—150 cm	C 215—240 cm
	löslich in HCl, sp. Gew. 1.12. *liuk. suolahappoon, om. p. 1.12.*				Gesamtzusammensetzung *kokonaiskokoomus*			
	in % d. lufttrockenen Bodens — *%:na ilmakuiv. maasta*							
SiO_2	7.56	14.87	16.48	20.49	67.30	61.34	58.38	48.40
Al_2O_3 ...	4.02	7.95	9.13	12.59	13.82	16.17	14.99	18.12
Fe_2O_3 ...	4.69	6.73	7.73	10.53	5.58	7.26	8.38	12.13
CaO	0.87	0.76	1.03	1.14	2.40	1.86	2.06	1.70
MgO	0.99	1.99	2.42	3.43	1.78	2.57	2.64	4.02
K_2O	0.20	1.04	1.34	1.57	2.66	3.19	2.86	3.67
Na_2O ...	0.45	0.24	0.55	0.27	2.49	1.47	2.37	2.19
P_2O_5	0.04	0.09	0.13	0.17	0.04	0.09	0.13	0.17
SO_3	0.03	0.03	0.02	+	0.03	0.03	0.02	+

nimmt nach den tieferen Lagen stetig ab» (Aarnio 1938). Aarnio und Stremme (1924) veröffentlichen die hier angeführten Analysenergebnisse, die Böden mit folgendem Kommentar als »graue Waldböden» bezeichnend:

»Die grauen Waldböden sind charakterisiert durch einen ausgelaugten Bodenhorizont. Nur die Kieselsäure ist in den oberen Horizonten angereichert. In der B-Schicht ist keine andere Anreicherung ausser Kieselsäure zu bemerken. Wir haben also in diesem Bodentypus eine kontinuierliche Auslaugung; die oberen Schichten sind am meisten ausgelaugt, die darunter liegenden immer weniger, je tiefer sie sind. Die lösliche Kieselsäure verhält sich ebenso wie die anderen Verwitterungsprodukte. Nur Na_2O ist in der B-Schicht etwas angereichert. Wenn man die .... miteinander vergleicht, beobachtet man, dass die Anreicherung der Kieselsäure nicht eine Anreicherung von Verwitterungsprodukten ist, sondern ein Rückstand von unlöslichem Quarz, der zurückbleibt, wenn die leichter löslichen Silikate verwittern und die Verwitterungsprodukte nach unten sich bewegen.

In den Böden, um die es sich in den Analysen Aarnios handelt, kommt also eigentlich kein B-Horizont vor; in ihnen findet sich nur ein ausgewaschener Horizont (A) und »Untergrund». Die Auswaschung scheint sich auch in diesem Fall so tief wie die Untersuchungen fortgesetzt zu haben. Es erhebt sich die Frage, wohin die ausgewaschenen Stoffe eigentlich geraten sind. Eine andere Frage ist, bis in welche Tiefe der Boden noch chemisch verwittert ist unter den Verhältnissen, auf die sich die in Rede stehenden Untersuchungen beziehen. Meint man, dass sie Verwitterung sich noch in 150—200 cm Tiefe fortsetze? Das ganze Problem ist offenbar verwickelter, als Aarnio und Stremme es behandeln. Es ist wahrscheinlich, dass die Menge des feinsten Materials mit zunehmender Tiefe wächst, d. h. dass es tiefer durchgeschwemmt ist, und dass die Analysenergebnisse durch die chemische Zusammensetzung wie auch die grössere Löslichkeit der feinsten Komponente erklärt werden. Viele Untersuchungen haben erwiesen, dass sich bei abnehmender Korngrösse der Kieselsäuregehalt vermindert, die Menge der Sesquioxyde wächst und sich in den Säuren alle diese Stoffe reichlicher auflösen.

Die oben besprochenen Analysenergebnisse über den Kolloidkomplex im Boden der Hainwälder erhalten anscheinend ebenfalls ihre Erklärung in erster Linie durch die Schwankungen in der Korngrösse. So verhält es sich wenigstens bei den Tonböden, die im allgemeinen mehr oder weniger grau sind. In etwas gröberen Böden wiederum lösen sich aus den Oberflächenteilen des Profils auch mehr oder weniger Gele und weiter unten hauptsächlich unverwittertes Material. Viele Einzelheiten bedürfen jedoch weiterer Untersuchungen. Abgesehen davon, dass Bauschanalysen des Tonkomplexes erforderlich wären, hätte man die Veränderungen der Kornzusammensetzung tiefer zu verfolgen. Der Erklärung bedarf des weiteren

unter anderem die in Tonböden festgestellte schwache Aluminiumanreicherung in den Oberflächenteilen des Bodens.

Aus dem Obigen folgt, dass in diesem Zusammenhang nicht eigentlich von einem anorganischen Kolloidkomplex die Rede sein kann; wenn wir aber jetzt auch weiterhin diese Bezeichnung benutzen, unterscheiden sich die nunmehr untersuchten Böden also mit Rücksicht auf die Verteilung des anorganischen Kolloidkomplexes im Profil durchaus von den früher untersuchten Podsolböden. Ausser dem Umstand, dass sich die Oberflächenschicht des Bodens in den Hainwäldern (bis in die untersuchte Tiefe) als nur schwach ausgewaschen, ohne A- und B-Horizont erweist, ist die in ihm festzustellende Auswaschung ursprünglich in erster Linie eine Folge der Durchschlämmung des feinsten Bodenbestandteils aus den oberflächlichen in tiefere Teile, und auf die Verteilung der feinsten Komponente im Profil wirkt ferner der Humus als ein die Durchschlämmung erschwerender Faktor ein.

Die Verteilung des Kalkes im Profil wird durch Abb. 10 veranschaulicht. Kalk hat sich also am wenigsten aus den mittleren Teilen des Profils, etwas mehr aus den unteren und am meisten aus den oberflächlichen aufgelöst. Die Kornzusammensetzung wirkt auch auf die Verteilung des Kalkes deutlich ein, aber das Maximum in den Oberflächenteilen des Profils beruht doch anscheinend hauptsächlich auf dem im Humus enthaltenen Kalk. Auf Grund des bekanntlich reichlichen Kalkgehaltes der Hainvegetation kann geschlossen werden, dass der Humus der Hainwälder verhältnismässig viel Kalk enthält. Im Podsolprofil ist die Verteilung des Kalkes im übrigen gleich, aber das Oberflächenmaximum fehlt. Inwieweit es sich bei der Kalkverteilung bei den jetzt untersuchten Böden um Auslaugung, inwieweit um Durchschlämmung handelt, lässt sich schwer ohne Sonderuntersuchungen aussagen. Jedenfalls wächst der Kalkgehalt mit abnehmender Korngrösse. Das ist unter anderem aus folgenden in anderen Zusammenhang veröffentlichten (A a l t o n e n 1941 c), auf reichliches Beobachtungsmaterial gegründeten Mittelwerten ersichtlich:

geringste Wasserkapazität	Ca mval/100 g
< 5 %	4.3
5—10 »	5.6
10—15 »	6.6
15—20 »	8.6
20—25 »	12.6
25—30 »	12.9
>30 »	14.3

Bei zunehmender Menge des in Salzsäure löslichen Kalkes wächst auch der Gesamtkalkgehalt (sowie Al, Fe und Mg, aber Si vermindert sich).

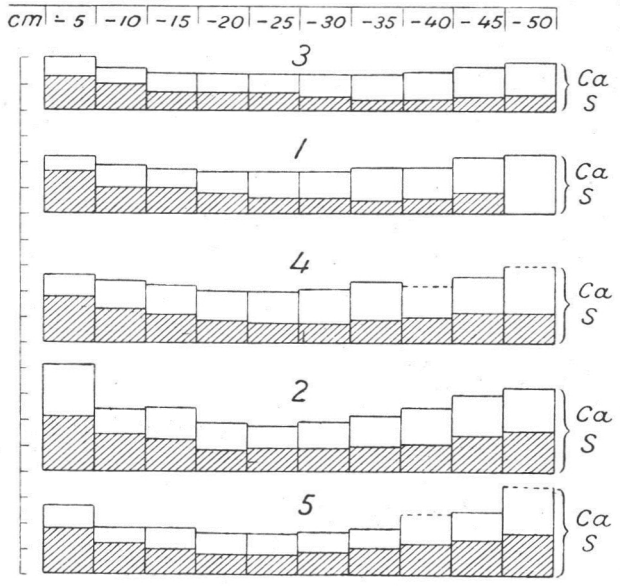


Abb. 10. Die Verteilung von Kalk und austauschfähigen Basen (S) in südfinnischen Böden (in 10 %iger Salzsäure löslicher Kalk). Die Bodengruppen 1, 2, 3 . . . wie bei Abb. 8 und 9. Die Einheit des links stehenden Massstabes ist 5 mval/100 g.

Kuva 10. Kalkin ja vaihtokykyisten emästen (S) jakaantuminen Etelä-Suomen maissa (10 %:seen suolahappoon liukeneva kalkki). 1, 2, 3 . . . maaryhmät kuten kuv. 8 und 9. Vasemmalla mittakaavan yksikkö on 5 mval/100 g.

Trotz dem zwischen Kornzusammensetzung und Kalkverteilung bestehenden Zusammenhang ist jedoch anzunehmen, dass es sich auch um Auslaugung handelt. An dieser Stelle ist ferner der Steigerung des Basenmineralindexes mit zunehmender Tiefe Aufmerksamkeit zuzuwenden, einer Erscheinung, die ebenfalls erweist, dass anscheinend sowohl Durchschlämmung als auch Auslaugung eingetreten ist. Zum mindesten ersterer sind natürlich die schwereren Partikel mehr als die leichteren ausgesetzt.

Die Menge der austauschfähigen Basen (Abb. 10) im Profil wechselt, wie zu erkennen, gleicherweise wie der Kalkgehalt. Humusgehalt und Kornzusammensetzung sind auch in dieser Hinsicht massgebend.

Die Menge der Elektrolyte ist am grössten in den Oberflächenteilen des Profils. Schon der Umstand, dass in den Gesamtmengen keine grossen Unterschiede bestehen, erweist, dass der Elektrolytgehalt nicht nennenswert von der Menge der feinsten Bodenfraktion abhängig ist. Er scheint vor allem vom Humusgehalt bestimmt zu werden, eine Feststellung die bereits früher bei den Böden der frischen und der feuchten Heidewälder gemacht worden ist (Aaltonen 1939, 1941 a).

Die Reaktion wird mit zunehmender Tiefe allmählich saurer, pH steigt in Wasser ungefähr von 5 → 6. In Na_2SO_4 ist pH etwas geringer und in KCl um etwa eine Einheit kleiner; die Unterschiede sind in Gruppe 2 der jungen Böden am grössten. Zwischen den verschiedenen Bodengruppen (in Südfinnland) bestehen im allgemeinen keine deutlichen Unterschiede in bestimmter Richtung.

Wie oben festgestellt, sind die Untersuchungen — sowohl Verfassers eigene als auch die anderer Forscher — in vielen Fällen insofern unvollständig gewesen, als die untersuchte Tiefe nicht ausreichend gewesen ist, um zu erweisen, wie tief die Wirkung der Verwitterung reicht. Dasselbe betrifft die Kornverteilung in solchen Böden, in denen Durchschlämmung vor sich gegangen zu sein scheint.

Da z. B. in feinkörnigem Boden der Anteil der feinsten Fraktionen weiter unten zunimmt, müsste man, wenn es sich um Durchschlämmung handelt, früher oder später an eine Maximumstelle gelangen, von der an der Anteil der genannten Fraktionen wieder auf die ursprüngliche, unveränderte Menge abnimmt. Aus den Analysen geht nicht hervor, ob ein derartiges Maximum vorhanden ist. Wenn es nicht nachgewiesen werden kann, haben die feinsten Partikel durch Auflösen schwinden müssen. Das Oberflächenmaximum, soweit ein solches besteht, beruht wiederum auf dem Humus.

Als Beispiel für die Verteilung des silikatischen Kalkes im Profil seien hier ferner 2 Profile angeführt, beide in Grusböden, bei denen der in 10 %igem HCl lösliche Kalk in 10 cm-Schichten bis in 3 m Tiefe untersucht worden ist. Die Ergebnisse werden durch die Diagramme von Abb. 11 beleuchtet. Wie festzustellen, sind die Profile insofern einander ähnlich, als der Kalkgehalt von 100—120 cm Tiefe bis zum Grunde des Profils so gut wie unverändert bleibt und oberhalb der angegebenen Tiefe bedeutend geringer ist. Während in Profil 1381 der Kalkgehalt jedoch von 0—110 cm ziemlich gleich bleibt, nimmt er in Profil 1393 stetig zu; worauf der Unterschied in den Profilen beruht, ist ungewiss. Die in Rede stehenden Böden sind, wie aus Tabelle 8 ersichtlich, verhältnismässig grobkörnig (feinere Fraktionen als 0.05 mm sind nur mit einigen Zehnteln Prozent vertreten).

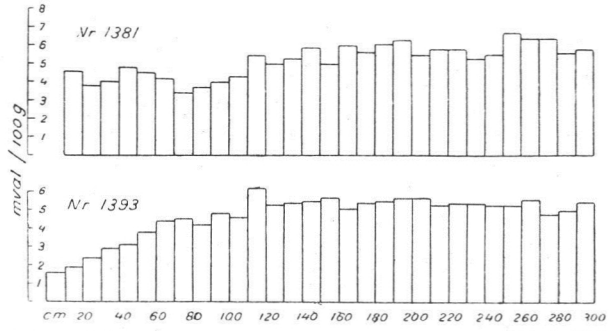


Abb. 11. Die Verteilung des in 10 %iger Salzsäure löslichen Kalkes in zwei finnischen Osprofilen (Nr. 1381 und 1393).
Kuva 11. 10 %:seen suolahappoon liukenevan kalkin jakaantuminen kahdessa eteläsuomalaisessa harjuprofiilissa (n:ot 1381 ja 1393).

Tab. 8. Die Verteilung der gröberen Kornfraktionen in zwei südfinnischen Osprofilen (Nr. 1381 und 1393).

Taul. 8. Karkeampien raefraktioiden jakaantuminen kahdessa eteläsuomalaisessa harjuprofiilissa (n:ot 1381 ja 1393).

Tiefe *syvyys* cm	Nr. 1381			Nr. 1393		
	Kornverteilung — *raekokoomus*, mm					
	2—0.5	0.5—0.2	0.2—0.05	2—0.5	0.5—0.2	0.2—0.05
	%					
10— 20	25.4	45.9	18.4	14.7	71.6	10.2
30— 40	33.9	48.5	13.4	10.4	78.4	9.5
50— 60	22.6	51.1	22.6	17.2	78.1	4.1
70— 80	2.3	48.4	47.6	32.3	63.0	3.9
90—100	1.4	56.4	40.9	10.0	85.7	3.6
110—120	15.8	41.6	41.3	19.6	76.7	3.1
130—140	19.2	50.5	29.6	78.1	16.3	3.5
150—160	19.1	54.0	26.1	76.6	20.7	1.6
170—180	16.0	65.7	17.7	74.6	22.4	2.0
190—200	17.9	61.1	20.2	82.0	16.4	0.6
210—220	32.5	52.2	14.0	79.1	18.3	1.7
230—240	23.0	22.4	47.9	47.9	47.3	3.6
250—260	29.9	40.4	29.2	48.5	46.6	4.0
270—280	38.5	32.5	27.1	67.2	27.3	4.5
290—300	14.1	17.9	64.7	59.5	34.0	5.5

Wie die Kornzusammensetzung und die Kalkverteilung im Profil zu ihrer Erhellung tieferer Profile bedürfen, bleiben auch die Angaben über die Verteilung des anorganischen Kolloidkomplexes unvollständig in den Fällen, in denen ihre Menge bis in die untersuchte Tiefe wächst.

II. Beobachtungen über ausländische Braunerden.

1. Untersuchungsmaterial.

Das ausländische Material umfasst 18 ausführlicher untersuchte Profile (160 Bodenproben) alten Bodens. Abgesehen von Profil 813, sind alle Bodenproben von Verfasser selber entnommen worden, und zwar teils auf einer im J. 1933 unternommenen Autoreise um die Ostsee, teils auf Exkursionen im Zusammenhang mit dem 1935 in Oxford abgehaltenen Kongress der Internationalen Bodenkundlichen Gesellschaft und mit dem 1936 in Ungarn abgehaltenen Kongress des Internationalen Verbandes der Forstlichen Forschungsanstalten. Beschreibung und Bodenproben von Profil 813 (Dänemark) hat Dr. C. H. Bornebusch gütigst Verfasser zugesandt.

Im folgenden wird eine kurze Gesamtübersicht über die untersuchten Stellen gegeben.

Nr. 735. Südschweden, Tönnersjöheden, 130 m ü. d. M. Der Boden durchweg von Laubstreu bedeckt, *Oxalis* fast einzige Pflanzenart. Holzart Buche, Alter 145 Jahre. Bodenart feinsandige Moräne. Ca. 8 cm dicke Mullschicht, darunter ist der Boden braun bis in die untersuchte Tiefe (60 cm).

Nr. 744. Südschweden, Karsholm, Bokenäs. Reichliche und artenreiche Bodenflora, vorherrschend *Oxalis*. Holzart Buche, Alter 75 J. Bodenart feinsandige Moräne. Mullschicht 4—6 cm. Die braune Farbe des Bodens wird allmählich mit zunehmender Tiefe hell (Tiefe des Profils 60 cm). In ca. 50 cm Tiefe ist die Farbe schon recht hell.

Nr. 746. Dänemark, zwischen Kopenhagen-Korsör, Svenstrup Skovdistrikt, 70 m ü. d. M. *Oxalis*-Hainwald mit *Melica uniflora* und *Asperula*. Alter Buchenwald. Bodenart schluffige Moräne. 0—20 cm dunkle humushaltige Schicht, »Auflagemull». Die braune Farbe des Bodens beginnt in ca. 40 cm Tiefe heller zu werden.

Nr. 753. Dänemark, Jylland, Rolds Skov, ca. 100 m ü. d. M. Der Boden von Streu und *Oxalis* bedeckt. Holzart Buche. Dünne Mullschicht (nach Dr. Bornebusch »degradierter Mull»). Bodenart sandige Moräne. 0—10 cm etwas ins Graue fallend; die hellbraune Farbe des Mineralbodens wird in 40—50 cm Tiefe fast grau.

Nr. 763. Deutschland, Preussen, Forstamt Sattenfelde. Bodenflora im allgemeinen wie bei Nr. 744. Holzart Buche. Bodenart sandiger Lehm. Humushaltige Schicht ganz dünn. Farbe des Profils braun, 0—10 cm dunkler. In ca. 50 cm Tiefe wird die Farbe deutlich heller.

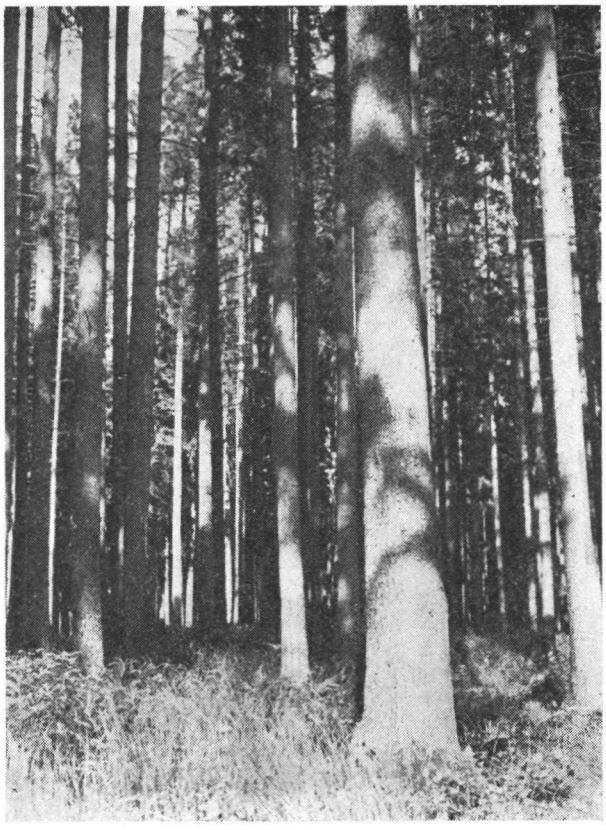


Abb. 12. Lärchen-Fichten-Bestand vom *OMa*-Typ. Deutschland, Preussen, Forstamt Stolp.
Kuva 12. OMa-tyypin lehtikuusi-kuusi-metsikkö. Deutschland, Preussen, Forstamt Stolp.

Nr. 781. Deutschland, Eberswalde. Der Boden mit Streu und *Oxalis* bedeckt. Holzarten Kiefer, Buche u. a. Laubhölzer. Bodenart Sand auf Lehm. Die humushaltige Schicht dünn, an der Oberfläche des Profils ein wenig Spuren von Auswaschung. Die schwach gelblich braune Farbe des Profils verändert sich weiter unten kaum.

Nr. 789. Deutschland, Preussen, Forstamt Stolp (Jagen 146 a). Bodenflora im allgemeinen wie die des südfinnischen *OMa*-Typs. Holzarten Lärche und Fichte (ungewöhnlich gutwüchsiger Bestand). Bodenart sandiger Lehm. Unter der Streuschicht 0—5 (—8) cm Mineralboden schwach humushaltig. Die Farbe des Profils ist bis in die untersuchte Tiefe braun (50—60 cm).

Nr. 813. Dänemark, Bolborg Skov, Sorö. 40 m ü. d. M. *Galeobdolon*-Typ *(Oxalis acetosella, Anemone nemorosa, Asperula odorata, Galeobdolon luteum)*. Profil: 0—5 cm lockere Mullschicht von Regenwurmexkrementstruktur, 5—10 cm lockerer, mullreicher Obergrund, darunter bunter Lehm. Tiefer ist der Untergrund Mergel.

Nr. 1090. England, Oxford, Bagley Wood. Die Bodenflora umfasst: *Glechoma hederaceum, Urtica dioeca, Scilla nutans, Mercurialis perennis, Galium aparine,*

Melandrium dioecum, Myosotis arvensis, Stellaria media, Thuidium tamariscinum, Brachychelium spp. usw. Holzarten Faulbaum und Kirsche. Bodenart Sand. Mullschicht ganz dünn. Farbe des Bodens 0—15 cm graubraun, dann braun bis in die untersuchte Tiefe (65 cm).

Nr. 1091. England, Oxford, Chiltern Hills (The Estate of the Earl of Buckinghamshire). Bodenflora spärlich *(Rubus fruticosa* usw.), der Boden von Blattstreu bedeckt. Alter Buchenbestand. Bodenart Schluffboden. Die humushaltige Schicht ganz dünn. 0—15 cm schwach grau, im übrigen ist die Farbe des Profils bis in die untersuchte Tiefe (60 cm) gelblichbraun. (Vgl. auch: A. S. Watt, *The Vegetation of the Chiltern Hills* etc., *The Journ. of Ecol.* XXII, 1934, Nr. 2).

Nr. 1097. Schottland, Aberdeenshire, Pitcaple, 98 m ü. d. M. Bodenflora spärlich *(Veronica officinalis, Ranunculus spp.*, viele Grasarten usw.). Holzart Kiefer, Alter ca. 35 J. (Kulturbestand). Bodenart feiner, etwas steiniger Lehm *(»glacial drift over basic igneous rocks»)*. 0—20 cm humushaltige dunkle Schicht, Farbton braun. Die braune Farbe des Profils wird in ca. 100 cm Tiefe grau mit einigen Eisengleybildungen. — In *»Guide Book for the Excursion round Britain of the III Internat. Congr. of Soil Sci.»* sind über das Profil folgende Analysenergebnisse veröffentlicht (Ogg, *The soils of Scotland*, II, *Table* 8, S. 258):

Tiefe cm	0–5	5–15	15–28	40–50	60–70	100–110
pH	4.7	4.7	4.9	5.1	6.7	6.5
Glühverlust %	40.9	24.9	10.3	5.1	4.6	4.1
Austauschb. Ca, mval	6.5	2.2	1.4	9.2	16.2	15.4
» Mg, »	2.1	0.6	0.1	4.3	6.8	6.9
» H, »	40.8	33.7	15.2	2.9	2.2	2.2
Ton %	—	19.5	12.6	15.6	20.5	18.2
Tonfraktion: SiO_2/R_2O_3	1.28	1.19	1.19	1.73	1.93	1.81
» SiO_2/Fe_2O_3	5.04	5.08	4.95	6.70	5.92	5.90
» SiO_2/Al_2O_3	1.71	1.55	1.57	2.33	2.86	2.62

Nr. 1100. Schottland, Balmakewan, Marykirk, Angus, 40 m ü. d. M. Die Bodenflora besteht fast ausschliesslich aus *Oxalis*. Holzarten Kiefer und Fichte, prächtiger Bestand, Alter ca. 150 J. Bodenart schluffiger Lehm *(»Boulder clay over Lower Old Red Sandstone formation»)*. An der Oberfläche des Profils 6—8 cm lockerer mullartiger Humus; der Oberflächenteil des Mineralbodens erscheint schwach ausgebleicht. Unter dem graubraunen Oberflächenteil wird der Boden braunrötlich; die Farbe wird mit zunehmender Tiefe stärker, in 100—120 cm Tiefe ist die Farbe ziegelrot. — In *»Guide Book»* (vgl. oben Profil 1097) sind über das Profil folgende Analysenergebnisse veröffentlicht worden (S. 299, Tafel 1; der Bodentyp wird als *»podsolic soil»* bezeichnet):

Tiefe cm	0–4	5–8	8–13	15–20	30–55	85+
pH	4.3	3.7	3.9	4.3	4.5	4.6
Glühverlust %	90.7	85.0	11.6	8.6	2.7	1.9
Austauschb. Ca, mval	—	5.3	0.8	0.6	0.6	0.6
» Mg »	—	0.1	—	—	—	—
» H »	—	94.0	26.7	19.5	6.0	1.2
Ton %	—	—	8.9	10.1	5.5	3.8
Tonfraktion: SiO_2/R_2O_3	—	—	1.96	1.46	1.44	1.35
» SiO_2/R_2O_3	—	—	12.62	8.10	5.90	5.36
» SiO_2/R_2O_3	—	—	2.32	1.79	1.91	1.80



Abb. 13. Fichtenbestand vom *OMa*-Typ. Deutschland, Schlesien, Forstamt Reinerz.
Kuva 13. OMa-tyypin kuusikko, Deutschland, Schlesien, Forstamt Reinerz.

Nr. 1110. Deutschland, Lehrforstamt Gahrenberg b. Hann.-Münden, Distrikt 44 a, 170 m ü. d. M. Die Bodenflora besteht hauptsächlich aus *Oxalis* und einigen Gramineen. Holzart Buche (II Bonit., Alter 120 J.). Bodenart Lösslehm. Mullschicht ganz dünn. Die Grundfarbe des Profils ist hellgelblichbraun; die Farbe bleibt bis auf den Grund so gut wie unverändert.

Nr. 1120. Polen, Sweszjany. Die Bodenflora umfasst verschiedene Hainkräuter, ausserdem etwas *Vaccinium myrtillus* und *V. vitis-idaea* sowie *Hylocomium proliferum* und *Rh. triquetrus*. Holzarten Fichte und Espe. Bodenart tonige Moräne, verhältnismässig harter Boden. Die humushaltige Schicht ganz dünn. 0—10 (—20) cm erscheint schwach ausgebleicht. Die Grundfarbe des Profils ist braunrötlich; 0—15 cm wird die ins Graue fallende, dann rötliche Farbe mit zunehmender Tiefe dunkler.

Nr. 1129. Polen, zwischen Kielce und Krakow. Die Bodenflora umfasst *Oxalis, Majanthemum, Rubus idaeus* u. a. Hainpflanzen verhältnismässig reichlich. Holzarten Buche und Lärche. Bodenart Schluffboden. Humusschicht dünn; die Oberfläche des Mineralbodens fast nackt sichtbar. Farbe hellbraun, in 50—60 cm Tiefe schwach rötlich.

Nr. 1137. Ungarn, Balatonfüred. Bodenflora spärlich; Hauptarten *Viola, Hedera, Lonicera*. Alter, gutwüchsiger Buchenbestand. Bodenart feiner Lehm. An der Oberfläche des Profils eine 3—5 cm dicke Schicht Laubstreu, darunter ca. 1 cm lockerer Mull. Der Mineralboden 0—20 cm humushaltig, dann schwach gelblich braun; in ca. 50 cm Tiefe wird die Farbe deutlicher braun.

Nr. 1150. Deutschland, Ostpreussen, zwischen Allenstein und Hohenstein. *OMa*-Typ (reichliche *Oxalis, Majanthemum, Rubus, Lycopodium, Vaccinium myrtillus, Rhytidiadelphus triquetrus, Mnium* usw.). Alter, schöner Kiefernbestand, als Unterwuchs Fichte. Bodenart Sandboden. An der Oberfläche des Profils eine 3—4 cm dicke lockere Mullschicht, die ohne deutliche Grenze in den Mineralboden übergeht. Bodenfarbe braun.

Nr. 1152. Deutschland, Ostpreussen, Mehlauken. *OMa*-Typ (Pflanzendecke im allgemeinen wie in Profil 1150). Holzart Fichte, Eiche und Buche. Bodenart steinfreier Schluffboden. An der Oberfläche des Profils dünne Streuschicht, darunter ca. 2 cm krümeliger Mull. Farbe hellbraun; wird mit zunehmender Tiefe (bis 60—70 cm) allmählich heller.

Auf Grund ihrer morphologischen Eigenschaften können die oben beschriebenen Böden in bezug auf den anorganischen Kolloidkomplex entweder als unausgewaschen oder leicht ausgewaschen gelten. In keinem einzigen Fall ist ein A-Horizont nebst entsprechendem B-Horizont anzutreffen. Die Farbe des Bodens ist im allgemeinen braun, bald heller, bald dunkler, und in einigen Fällen ist die Farbe rötlich. In vielen Profilen bleibt die Farbe des Mineralbodens bis in die untersuchte Tiefe ziemlich unverändert. Die humushaltige Schicht ist im Vergleich z. B. mit den oben beschriebenen südfinnischen Böden dünn; im allgemeinen verleiht in einer 5—15 cm dicken Oberflächenschicht der Humus der Bodenfarbe das Gepräge.

Die Untersuchungsstellen sind auf Grund der Bodenflora ausgewählt worden, und einer gleichen Bodenflora hat im allgemeinen ein mehr oder weniger ähnlicher Bodentyp entsprochen. Z. B. bei vorherrschender *Oxalis* kann der Bodentyp dennoch wenigstens in gewissen Fällen typischer Podsol nebst Rohhumusdecke sein. Im Zusammenhang mit den zu beschreibenden Untersuchungen sind zwei derartige Fälle angetroffen worden, der eine in Dänemark in Jütland, der andere in Ostpreussen im südlichen Teil der Kurischen Nehrung. In ersterem Fall, in altem Buchenbestand, trat als Bodenbelag eine Streuschicht und als Bodenflora ein fast einheitlicher Oxalis-Bestand auf. Die Humusdecke, rohhumusartig, war dünn, stellenweise etwas Mull mit Regenwürmern. Die Bodenart war sandige Moräne. Das Profil entsprach dem in ungefähr denselben Gegenden gewöhnlichen Heideprofil: 0—5 cm dunkel A_1, 5—15 cm hell A_2, 15—22 cm schokoladenbraun B_1, 22—42 cm rötlich B_2, darunter heller, etwas veränderter Unter-

grund. In dem anderen Fall (Kurische Nehrung) betrug die Dicke des stark ausgewaschenen A-Horizonts 30—40 cm. Die Holzart war Fichte, und die Bodenflora entsprach im allgemeinen dem *OMa*-Typ.

2. Die Ergebnisse der Analysen.

Um einen Überblick über die Analysenergebnisse zu gewinnen, sind die untersuchten Böden auch in diesem Zusammenhang in zwei Gruppen, 1 und 2, eingeteilt worden, von denen die erstere die gröberen und die letztere die feineren Böden umfasst (Tab. 9, Abb. 14). Zu Gruppe 1 gehören die Profile 1091, 1110, 1120, 1129, 1137 und 1152. Unter den übrigen Profilen ist der Boden von Nr. 1090 gröber als gewöhnlich, und bei den Profilen 1097, 1100 und 1160 sind die Bodenproben aus 10 cm dicken Schichten entnommen worden. Hinsichtlich der auf die Bodenbildung einwirkenden Faktoren hat das Material von Gruppe 1 als ziemlich homogen zu gelten, das von Gruppe 2 dagegen kann unter anderem im ursprünglichen mineralogischen Aufbau abwechslungsreicher sein.

Tab. 9. Ausland, Braunerden.
Taul. 9. Ulkomaat, ruskomaita.

Tiefe — *syvyys*, cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50	50—60
Gruppe 1 — *ryhmä 1*											
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	12.4		12.2		12.1		11.7		11.6		—
» » <0.002 » »	6.1		6.1		6.3		6.6		7.1		—
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.03		0.03		0.16		0.07		0.08		—
Al_2O_3 »	0.25		0.38		0.42		0.47		0.42		—
Fe_2O_3 »	0.47		0.47		0.53		0.53		0.52		—
organ. C %	2.84		1.59		1.16		0.79		0.43		—
Ca mval/100 g	3.54		2.95		2.88		2.78		2.46		—
P_2O_5 mval/100 g	0.10		0.08		0.06		0.07		0.08		—
S mval/100 g	2.9		2.6		2.1		2.1		2.0		—
Elektrolyte — *elektrolyyttejä*, mg/kg	564		488		462		447		434		—
pH—H_2O	5.05		5.15		5.13		5.15		5.33		—
pH—nKCl	4.22		4.29		4.31		4.36		4.42		—
pH—0.01 n Na_2SO_4	4.66		4.94		4.94		4.99		5.09		—
Gruppe 2 — *ryhmä 2*											
Fraktion — *lajite* 0.02—0.002 mm, %	27.3	29.3	27.3	26.4	26.7	27.3	27.0	26.8	26.9	26.4	—
» » <0.002 » »	9.1	10.2	12.2	12.7	14.3	14.4	15.4	17.0	17.1	19.0	—
Wk. %	23.0	23.6	20.6	19.8	18.6	19.4	19.9	21.0	20.2	21.9	23.6
anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi* SiO_2 %	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10
Al_2O_3 »	0.32	0.35	0.40	0.40	0.40	0.36	0.38	0.35	0.37	0.41	0.48
Fe_2O_3 »	0.55	0.60	0.60	0.65	0.62	0.64	0.65	0.68	0.70	0.67	0.74
organ. C %	2.49	1.70	1.28	1.05	0.62	(0.74)	0.33	—	0.25	—	—
Ca mval/100 g	5.63	4.28	3.94	3.59	3.53	3.55	3.83	4.17	4.31	5.00	6.64
P_2O_5 mval/100 g	0.13	0.06	0.05	0.04	0.02	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.15
S mval/100 g	5.6	5.3	4.4	4.4	4.6	4.6	4.4	5.3	5.1	6.3	6.1
pH—H_2O	5.32	5.15	5.26	5.36	5.41	5.38	5.42	5.36	5.40	5.41	5.60
pH—nKCl	4.40	4.24	4.35	4.43	4.44	4.53	4.32	4.28	4.30	4.32	4.56
pH—0.01 n Na_2SO_4	5.34	5.28	5.17	5.51	5.33	5.45	5.29	5.37	5.25	5.48	5.38

Die gröberen Böden erwiesen sich in ihrer Textur — soweit es sich um die feinsten Fraktionen handelt — als ziemlich homogen bis in die untersuchte Tiefe. Auch in den feinsten Böden bleibt der Anteil der Fraktion

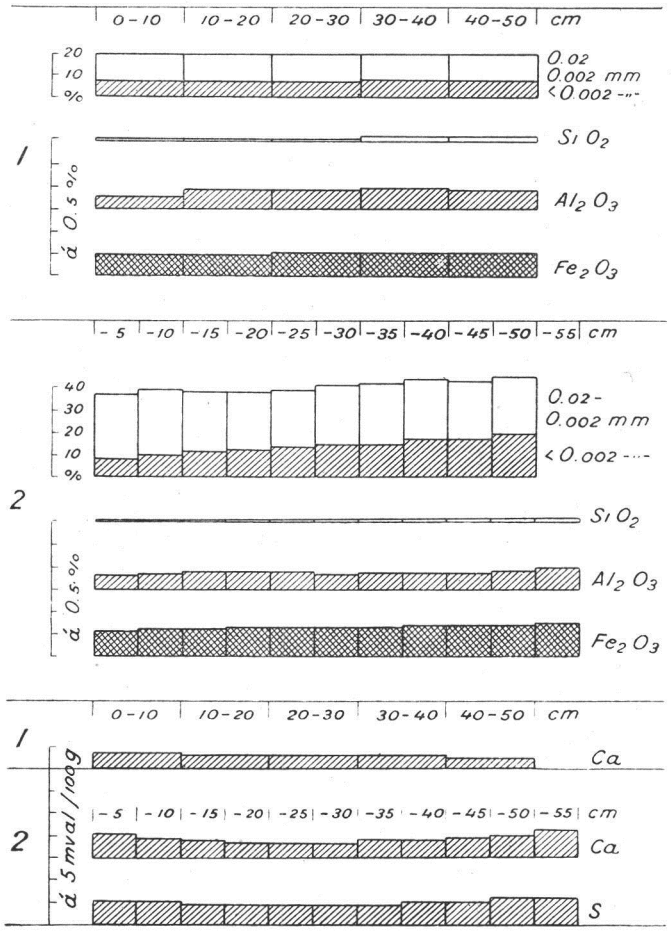


Abb. 14. Die Verteilung der feinsten Fraktionen, von Kieselsäure, Aluminium, Eisen, Kalk und austauschfähigen Basen in ausländischen Braunerdeprofilen.

Kuva 14. Hienoimpien raefraktioiden, piihapon, aluminin, raudan, kalkin ja vaihtokykyisten emästen jakaantuminen ulkolaisissa ruskomaaprofiileissa.

von 0.02—0.002 mm so gut wie unverändert, aber der Anteil der feinsten Fraktion wächst stetig mit zunehmender Tiefe. Es ist wahrscheinlich, dass die Vermehrung des feinsten Bestandteils mit zunehmender Tiefe in Ton- u. a. feinkörnigen Böden eine allgemeine Erscheinung ist. Zwar ist das von systematischen Untersuchungen gegebene Analysenmaterial vorläufig ge-

ring, aber z. B. aus den in dem obengenannten »*Guide Book*» des Kongresses zu Oxford veröffentlichten Ergebnissen geht hervor, dass z. B. bei den Wiesenböden (»*meadow soils*»), die im allgemeinen Tonböden zu sein scheinen, die Zunahme der Tonfraktion mit zunehmender Tiefe eine fast regelmässige Erscheinung ist. Ferner sei angeführt, dass z. B. nach Joffe (1936) für graue Böden die Durchschlämmung der Tonfraktion und ein reichlicherer Sesquioxydgehalt in der Schicht, in der sich Ton angereichert hat, kennzeichnend sind. Es ist zu bemerken, dass sich das zugängliche Beobachtungsmaterial im allgemeinen Kulturböden (Acker- und Wiesenböden) zuwendet.

Die Ergebnisse über den anorganischen Kolloidkomplex erweisen, dass sowohl bei Gruppe 1 als auch bei Gruppe 2 die Mengen von Kieselsäure, Aluminium und Eisen mit wachsender Tiefe etwas zunehmen. Kalk, Phosphorsäure und austauschfähige Basen finden sich bei Gruppe 1 am reichlichsten in den Oberflächenteilen des Profils, aber bei Gruppe 2 verteilen sie sich in den Hauptzügen gleicherweise wie in den oben besprochenen finnischen Böden, sie zeigen also ein Minimum in den mittleren Profilteilen, Maxima in den oberen und unteren. Die Menge der Eletrolyte vermindert sich mit zunehmender Tiefe. — Sowohl die Gesamtmengen von Kieselsäure, Aluminium und Eisen wie auch Kalk sind bedeutend geringer als in den untersuchten finnischen Böden.

Der Basenmineralindex ist nur für die aus den untersten Teilen (30—60 cm Tiefe) der Profile von Gruppe 1 entnommenen Proben bestimmt worden, bei Profil 744 für eine, bei den übrigen für zwei Proben. Die Ergebnisse sind folgende:

Nr. 763 = 1.7 und 2.7 %	Nr. 735 = 5.3 und 6.1 %
» 781 = 0.9 » 1.2 »	» 744 = 8.2
» 789 = 1.3 » 1.5 »	» 746 = 1.7 und 3.4 »
» 813 = 3.2 » 4.1 »	» 753 = 1.7 » 1.9 »

Die betreffenden Indexe sind also viel kleiner als bei den Böden der finnischen Hainwälder. Hier ist zu erwähnen, dass das Verhältnis bei den untersuchten frischen Heidewäldern ähnlich war. Die für die Sandböden erhaltenen Werte waren:

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45	45—50
						%				
S-Finnland ...	4.3	5.2	6.5	8.9	8.9	9.4	9.6	10.1	7.7	7.6
Ausland	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8

Aus den jetzt angestellten wie auch aus den früheren Untersuchungen geht hervor, dass nach Untersuchungsgebieten in nachstehender Reihenfolge der Kieselsäuregehalt des Bodens steigt und der Aluminium-, Eisen- sowie Kalkgehalt fällt: Lappland, Nordfinnland, Südfinnland, Ausland, desgleichen in Finnland beim Vergleich alten Bodens mit jungen. Über

die Böden der Hainwälder und die Braunerden sind in diesem Zusammenhang nur einige Bauschanalysen angestellt worden, aber auch ihre Ergebnisse erweisen das Bestehen der angeführten Verhältnisse. Folgende Analysen sind über die tiefste Probe der untersuchten Profile zur Ausführung gelangt (die Werte sind für die geglühte Probe berechnet):

	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %
Finnland, alter Boden:			
Nr. 1041, Lappland	55.24	23.44	11.24
» 1042, »	53.22	28.41	11.98
» 977, S-Finnland	62.46	19.37	7.11
» 978, »	62.06	19.17	8.22
» 995, »	66.78	17.00	5.27
im Mittel	59.95	21.48	8.76
Finnland, junger Boden:			
Nr. 979, S-Finnland	80.49	10.30	1.84
» 988, »	73.90	13.94	3.43
» 1030, N-Finnland	72.55	14.00	4.33
Ausland alter Boden:			
Nr. 735, S-Schweden	73.92	10.91	6.18
» 744, »	74.14	14.10	4.05
» 746, Dänemark	82.89	10.38	3.45
» 753, »	89.95	4.63	2.53
» 763, NW-Preussen	88.64	6.68	2.40
im Mittel	81.91	9.34	3.72

Der Kalk ist nicht bestimmt worden, aber wenigstens nach den Analysen über den Boden frischer Heidewälder wechselt auch der Kalkgehalt auf die obengenannte Weise, also dem Eisen- und dem Aluminiumgehalt direkt proportional.

Die Menge der austauschbaren Basen erweist sich in den ausländischen Böden im Vergleich zu dem Boden der finnischen Hainwälder nicht als in demselben Verhältnis kleiner als die des Kalkes, und die Menge des Kalkes ist ungefähr gleich gross oder etwas kleiner als die der Basen. Worauf der besagte Unterschied beruht, ist schwer zu erklären.

Von den nicht zu dem oben beschriebenen Material gehörenden Profilen weichen die schottischen Nr.n 1097 und 1100 unter anderen insofern ab, als sie bedeutend kalkreicher sind und die Menge der Sesquioxyde sowie die der Kieselsäure bei dem Profil 1097 höher als in den anderen Ländern ist. Nach den Analysenergebnissen ist Profil 1097 unausgewaschen und 1100 schwach ausgewaschen. Oben sind bereits einige aus anderen Quellen erhaltene analytische Angaben über die in Rede stehenden Profile dargestellt worden, und es ist interessant, — soweit es möglich ist — derartige Ergebnisse mit den in diesem Zusammenhang erhaltenen zu vergleichen. Das Gesamtbild, das sich dabei von Profil 1097 gewinnen lässt, ist nach beiden Quellen in den Hauptzügen dasselbe. O g g bemerkt in

seinen Kommentaren über die Analysenergebnisse, dass der Boden mit den von den festländischen Forschern beschriebenen Braunerden *(»brown earths»)* viel gemeinsam habe, aber pH des Oberflächenteils niedrig sei und aus den Oberflächenschichten eine beträchtliche Auslaugung von Basen vor sich gehe. Der Boden von Profil 1100 erweist sich nach den beiden Analysenmaterialen als schwach ausgewaschen; wie oben angeführt, gehört der Boden nach O g g zu der Klasse der podsoligen Böden *(»podsolic soils»)*. Im einzelnen sind die Analysenergebnisse sehr verschieden, aus unbekannten Gründen. — Schwach ausgewaschen sind auch die Profile 1090 (England) und 1150 (Ostpreussen), beide verhältnismässig grobkörnige Sandböden.

Gegenüber den oben wiedergegebenen Beobachtungen an Braunerden ist dieselbe Bemerkung wie im Zusammenhang mit den Untersuchungen über den Boden der finnischen Hainwälder insofern zu machen, als die Profile in vielen Fällen »abbrechen». Das ganze Profil erweist sich als schwach ausgewaschen und Lage oder Vorhandensein des B-Horizonts bleibt unbestimmt. Über die Verteilung des Eisens im Profil ist ferner zu bemerken, dass bei den Untersuchungen in der Natur das Auftreten von Gleybildungen nicht immer so exakt beachtet worden ist, wie es wünschenswert gewesen wäre. Alles in allem erweist sich das Braunerdeprofil zum mindesten bis in die untersuchte Tiefe jedenfalls als anders wie das Podsolprofil. Warum ein B-Horizont nicht auftritt oder warum er von ganz andersartigem Aufbau als im Podsolprofil ist, sind Fragen, für die sich noch kaum eine befriedigende Erklärung geben lässt.

3. Die Braunerde in der Bodensystematik.

Begriff und Bezeichnung Braunerde sind bekanntlich von R a m a n n ausgegangen. R a m a n n (1918) unterschied klimatische »Bodenformen» (er nennt sie auch »Bodenarten» oder »Bodenformationen»): Bleicherden, Schwarzerden, kastanienbraune Böden, Braunerden, Gelberden, Roterden und Laterit. Braunerden sind Böden der kühlen gemässigten Zonen, deren Klima einen jahreszeitlichen Wechsel aufweist, so dass in den einen Jahreszeiten und Jahren humide, in anderen aride Verhältnisse bestehen. Bei der Beschreibung der Braunerden führt R a m a n n an, dass in ihnen im allgemeinen die Auswaschung der leichtlöslichen Salze und der Erdkarbonate überwiegt, während Phosphate und die Sesquioxyde dem Boden verbleiben. Die Schichtenfolge zeigt schwach bis mässig humosen Oberboden (A), der sich meist wenig scharf vom Unterboden (B) absetzt. Der Humusgehalt ist gering bis mittel, die herrschende Humusform ist die innige, nur durch chemische Hilfsmittel trennbare Mischung der humosen Stoffe mit den Mineralteilen des Bodens. Die Färbung schwankt von Gelb-

braun bis Rotbraun; die Farbe ist rot, wenn das Grundgestein ausgeschiedenes Eisenoxyd enthält. Die Reaktion ist neutral oder schwach basisch. Für die Textur sind Tonsubstanzen bezeichnend; die Braunerden sind bindige Bodenarten, ausgesprochene Sandböden von Braunerdecharakter scheinen zu fehlen. Ramann bemerkt, unter den Braunerden seien mancherlei Ortsböden; in keiner anderen »Bodenformation» übe das Grundgestein ähnlichen Einfluss auf die Bodeneigenschaften wie im Braunerdegebiet aus.

Beschreibungen von Braunerden sind danach aus verschiedenen Gegenden Europas und Nordamerikas veröffentlicht worden, aber Analysenergebnisse zur Beleuchtung der Verwitterungsverhältnisse sind gleichwohl immer noch verhältnismässig wenig zahlreich, und der Platz der Braunerden in der Bodensystematik ist schwankend. Eine allgemeine Bemerkung bei den Autoren, die über Braunerde geschrieben haben, ist die, dass die Braunerden ein mangelhaft definierter Bodentyp seien.

Viele russische Forscher haben die Braunerde der Gruppe der Podsolböden zugezählt oder sie für degradierte Schwarzerde gehalten. Nach Tyurin (zitiert nach Joffe 1936) zeigten die braunen Waldböden nicht die morphologischen Züge von Podsol, aber in den Analysen träten doch podsolige Merkmale hervor. Unter der Streuschicht liege der 15—25 cm dicke Humus-A-Horizont, wie das Grundgestein gefärbt, aber durch Humus verdunkelt. Der B-Horizont lasse schwache Anzeichen von Illuviation erkennen und gehe allmählich in den C-Horizont über. Die Reaktion der Humusschicht sei schwach sauer, der Humusgehalt betrage in Lehmboden 3—5 %, in gröberen Böden weniger.

Robinson (1932) stellt die Braunerden oder die braunen Waldböden in der Gruppe »Böden der podsoligen Gruppe» *(»soils of the podsolic group»)* dar, zu der auch die Tundrenböden, Podsolböden, Prärieböden, degradierte Tschernoseme oder graue Waldböden und Gebirgsböden gehören. In seiner Klassifizierung der Waldtypen teilt jedoch Robinson die erste Hauptklasse »Böden mit vollständiger Dränung» in zwei Gruppen ein: a) podsolige Böden, entwickelt unter dem Einfluss von saurem Humus, und b) Braunerden, Gelberden usw., entwickelt bei Abwesenheit von saurem Humus. Die Braunerden näherten sich darin dem Podsol, dass die Karbonate ausgewaschen seien, und insofern, als die braune Farbe an den B-Horizont des Podsols erinnere. Der Humus der Braunerde sei jedoch mit den Mineralboden vermischt und niemals im B-Horizont angereichert, und die Translokation der Sesquioxyde sei viel schwächer als im Podsol. Die Zusammensetzung der Tonfraktion sei im Braunerdeprofil durchweg mehr oder weniger gleichmässig. — In anderem Zusammenhang zählt Robinson (1935) die Hauptmerkmale der Braunerden auf: 1) freie Dränung, 2) vollständige Auslaugung von Kalziumkarbonat aus dem Bodenprofil, 3) Abwesenheit einer torfigen Humusschicht, 4) keine sichtbare Ausscheidung von

Sesquioxyden, die zur Ausbleichung im A-Horizont führt, 5) bräunliche Farbe, die die Anwesenheit von freiem Eisenoxyd oder einem seiner Hydrate vermuten lässt.

Nach Stremme (1930) entsprechen die Braunerden oder braunen Waldböden den verschiedenen Stufen der Degradation der Steppenschwarzerde und Glinkas sekundärer Podsolierung. Die Oberkrume könne eine humose, lockere, wurmreiche Mullerde von dunkler Farbe und Krümelstruktur sein oder verschiedene Stufen der Podsolierung aufweisen. Darunter komme ein »brauner» Horizont vor, die eigentliche »Braunerde».

Nach Aarnio (1931) seien die braunen Waldböden, die in Mitteleuropa sehr allgemein sind, ihrer Zusammensetzung nach Eisenpodsole, in deren B-Horizont Sesquioxyde ausgefällt sind. Sie unterscheiden sich vom Eisenpodsol darin, dass ihr A-Horizont nicht so ausgelaugt ist. Die Humussubstanzen sind gesättigt, und sie haben Krümelstruktur.

Nach Ogg (1935) nähern sich die schottischen Braunerden unter Naturbedingungen schwach podsolierten Böden, aber für praktische Zwecke sei es zu empfehlen, sie von der Podsolgruppe zu trennen.

Joffe (1936) unterscheidet vier Typen der Bodenbildung: Halbwüstentyp, Trockensteppentyp, Chernozemtyp und Podsoltyp sowie in einer fünften Gruppe Unter- und Übergangstypen von Böden in der Podsolzone. Die Braunerden gehören zu der Gruppe des Trockensteppentyps und die braunen Waldböden sowie die Braunerden von Ramann in die fünfte Gruppe. Letztere Braunerde ist ein Übergangs-Bodentyp, dessen Eigenschaften je nach den Verhältnissen, besonders nach dem Klima, wechseln (zuweilen trägt die Braunerde Züge schwach podsolierten Bodens, bald nähert sie sich gelben und roten Erden, bald der Schwarzerde).

Tamm (1930) versteht unter braunem Waldboden einen Bodentyp, der durch ein Mullager von wechselnder Mächtigkeit, von weniger als 1 cm bis in gewissen Fällen 20—25 cm gekennzeichnet ist, eine Schicht, unter der sich eine braune, an ausgefällten Kolloiden ziemlich reiche Schicht von 30—100 cm Dicke findet; diese geht unscharf in eine Unterschicht über: in Moräne, Sand, Lehm usw. pH wechselt innerhalb weiter Grenzen. Die im Braunerdehorizont ausgefällten Kolloide müssen nach Tamm überwiegend durch Verwitterung in dem braunen Lager entstanden sein. Es handelt sich somit um einen grundlegenden chemischen Unterschied zwischen den Prozessen, die Anlass zur Braunerde geben, und denen, die zum Podsol führen, und es ist ungeeignet, die Braunerden in die Podsolgruppe einzuordnen. Die Ausbildung der Braunerde ist stets das Ergebnis eines Zusammenspiels zwischen Klima und Vegetation; sie wird begünstigt durch Laubhölzer und Grasvegetation sowie durch ein maritimes Klima mit mässigem Niederschlag. Im südlichsten Schweden ist Braunerde auf allen geologischen Unterlagen anzutreffen, soweit eben der Boden lange Zeit mit Laubwald bewachsen gewesen ist. Der Typ ist dort klimatisch.

Braunerde tritt jedoch auch nördlicher auf an Örtlichkeiten, wo der Untergrund kalkreich ist, und wo die tieferen Bodenschichten von Grundwasser durchströmt sind. Dort ist der Podsol ein klimatischer Bodentyp, der braune Waldboden ein »aklimatischer».

Lundblad (1924) hat aus Südschweden einige Analysenergebnisse veröffentlicht, die in diesem Zusammenhang besonders darum interessant sind, weil die benutzte Analysenmethode dieselbe ist wie bei Verfassers oben wiedergegebenen Analysen. In zwei Fällen, die nach Lundblad typische Braunerden vertreten, sind die Gehalte an Gelen folgende:

Tiefe	Mull 3—13 cm %	Braunerde 15—32 cm %	Braunerde 32—57 cm %	Moräne 60—80 cm %	Moräne 100—115 cm %
SiO_2	0.02	0.06	0.08	0.07	0.07
Al_2O_3	0.53	0.42	0.58	0.37	0.37
Fe_2O_3	0.62	0.62	0.52	0.36	0.16
Humus + H_2O	12.18	5.91	3.52	1.64	2.27

Tiefe	Mull 3—7 cm %	Braunerde 7—8 cm %	Braunerde 10—23 cm %	Braunerde 32—42 cm %
SiO_2	0.06	0.08	0.13	0.23
Al_2O_3	0.92	0.94	0.99	1.22
Fe_2O_3	0.68	0.74	0.82	0.56
Humus + H_2O	18.13	14.82	12.04	5.14

In ersterem Fall finden sich also mehr Gele im Mull und in der Braunerde als im Untergrund, in letzterem wiederum wachsen die Gelgehalte mit zunehmender Tiefe. Es fragt sich — nach Lundblad —, ob wir nicht schon in dem letzten Profil eine beginnende Degeneration erblicken können. — Über die Textur der betreffenden Böden sind keine genaueren Angaben gemacht.

Auf Grund von Lundblads wie auch Verfassers sowie des übrigen zur Verfügung stehenden Materials ist festzustellen, dass in den Böden, die gewöhnlich als Braunerden bezeichnet werden, unter den Komponenten des anorganischen Kolloidkomplexes die Menge der Kieselsäure im allgemeinen mit zunehmender Tiefe wächst, aber die Verteilung von Aluminium und Eisen abwechslungsreicher ist; bald steigen ihre Mengen schwach mit zunehmender Tiefe, bald bleiben sie im ganzen Profil so gut wie konstant, und ausserdem gibt es Fälle, in denen sich in den Oberflächenteilen des Profils Aluminium und Eisen angereichert hat. Ein B-Horizont in demselben Sinne wie im Podsol ist in der Braunerde nicht vorhanden, ebensowenig ein A-Horizont, aus dem sich die ausgeschiedenen Stoffe im B-Horizont angereichert haben.

In systematischer Hinsicht ist besonders die Verteilung des Eisens von entscheidender Bedeutung, da die Farbe als Einteilungsgrund benutzt wird. Bei einem Vergleich von Braunerde mit Podsol besteht zwischen ihnen in dieser Hinsicht ein deutlicher Unterschied. Ein anderer unver-

kennbarer Unterschied besteht in der Verteilung des silikatischen Kalkes und der austauschfähigen Basen. Ihre Anreicherung in den Oberflächenteilen des Profils ist nur in Braunerde festzustellen. Ein dritter Unterschied besteht in der Humusform; in der Braunerde haben Humus und Mineralboden sich zum Mull vereinigt, im Podsol ist eine vom Mineralboden getrennte Humusschicht (Rohhumus, Auflagehumus) anzutreffen.

Zwischen den Bodentypen wie auch den Typen überhaupt bestehen in den Klassifizierungen gewiss mancherlei Übergangsformen, aber die Grenze zwischen Braunerde und Podsol kann immerhin als deutlich, und zwar so deutlich gelten, dass Braunerde und Podsol verschiedene Bodentypen vertreten. Wie vom Podsol gibt es auch von der Braunerde verschiedene Variationen, aber das berechtigt nicht dazu, die Braunerde zur Unterscheidung vom Podsol als einen Übergangstyp anzusehen.

Schwerer als eine Grenze zwischen Braunerde und Podsol zu ziehen, kann es sein, die Braunerde von den gelben, roten, kastanienbraunen u. a. Böden zu unterscheiden. Die Klärung dieser Seite des Problems würde jedoch in diesem Zusammenhang zu weit führen, gar nicht davon zu reden, dass Verfasser keine eigenen Beobachtungen über letztgenannte Bodentypen zur Verfügung stehen. Es wäre mit Hilfe gründlicher analytischer und morphologischer Untersuchungen auch in dieser Richtung eine Grenzberichtigung vorzunehmen, so dass die Braunerde nicht noch weiterhin als »schlecht definierter Bodentyp» zu gelten brauchte.

III. Schlussbemerkungen.

1.

Oben sind in gegenseitigem Zusammenhang die Böden der finnischen Hainwälder und die ausländischen Braunerden behandelt und besprochen worden. Das ist hauptsächlich darum geschehen, weil in den Untersuchungen die Beschaffenheit der Pflanzendecke als Ausgangspunkt gegolten hat und in den beiden angeführten Fällen in dieser Hinsicht insofern Übereinstimmungen bestehen, als es sich teils um dieselben Pflanzenarten, teils um eine ökologisch-biologisch mehr oder weniger ähnliche Vegetation handelt.

Inwieweit lassen sich nun die Böden der finnischen Hainwälder und die ausländischen Braunerden nebeneinanderstellen, d. h. gibt es in Finnland Braunerden?

Frosterus (1924) teilte in seiner ersten Gruppierung die finnischen Bodentypen in zwei Hauptgruppen ein, je nachdem der Typ vor allem durch chemische oder vor allem durch physikalische Vorgänge bestimmt ist. Zu ersterer Gruppe gehören die Podsolböden (Eisenpodsol, Humuspodsol, Mullpodsol), Moorböden und Grundwasserböden, zu letzterer die Tundren- und Rautenböden, Verwitterungsböden usw. Ausserdem erwähnt Frosterus als eine Varietät der normalen Podsoltypen in Tonböden die von Aarnio beschriebenen Ausbildungsformen, in denen der ganze Solumhorizont eine gegen den Untergrund langsam abnehmende Auslaugungszone darstellt und nennt diese Form vorschlagsweise wegen des Fehlens einer Anreicherungsschicht »grauen Tonpodsol». Mit diesem verwandt ist auch der in Tonböden anzutreffende »Wiesenpodsol» mit oben dunkelgrauer in feuchtem Zustande fast schwarzer mullreicher Schicht, die nach unten langsam grauer wird und ohne wirkliche Anreicherungsschicht in den Untergrund übergeht.

In dem Schema für eine genetische Einteilung der natürlichen Bodentypen Fennoskandiens von Frosterus und Tamm (1929) werden die Böden in zwei Hauptklassen eingeteilt, aber die erste Hauptklasse, um die es sich in diesem Zusammenhang handelt, zerfällt in zwei Unterklassen: 1) Böden, deren Typ innerhalb des gegebenen Klimas unmittelbar durch den Einfluss des Niederschlagwassers bestimmt wird, und 2) Böden, für deren Typ hauptsächlich der Einfluss des Grundwassers massgebend

ist. Die erstere Unterklasse ist in zwei Gruppen zerlegt: Auswaschungsböden oder Podsolböden (Eisenpodsol, Humuspodsol, Mullpodsol oder grauer Waldboden) und Braunerden (Humusform Mull, Bleicherdeschicht fehlt, Ausfällung von Sesquioxyden und Humus bis zur obersten Grenze des Mineralbodens). — Frosterus (1924) bemerkt, dass die »Braunerde» in finnischem Gebiet nicht in grösserer Ausdehnung ausgebildet sei. Auch der Mullpodsol (ein Podsol mit Mull und Auslaugungshorizont von dem Typ, der die Varietäten der normalen Podsole kennzeichnet) nimmt nach Frosterus in Finnland nur einen untergeordneten Platz ein.

Nach Aarnio (1938) sind ausgelaugte Böden und Salzböden die in Finnland vorherrschenden Bodentypen. Von ersteren gibt es zwei Typen, von denen der eine auf Grus- und Sandböden, der andere auf Tonböden entsteht. Der erstere ist typischer Podsolboden, bei den Tonböden ist der oben bereits genannte Typ »grauer Waldboden» anzutreffen. Aarnio erwähnt keine Braunerden, aber zuvor (1925) hat er eine Braunerde aus Finnland beschrieben. Nach Aarnio »unterscheiden sich die Braunerden in Fennoskandien von den Podsolböden durch das Fehlen von Bleicherde und durch geringere Löslichkeit der Humusstoffe im Wasser. Für diese beiden Böden ist eine geringe Ausdehnung der Sesquioxydausscheidung und ein geringer Unterschied dem Muttergestein gegenüber gemeinsam.» Wie oben bereits erwähnt, sind die braunen Waldböden nach Aarnio in ihrem Aufbau Eisenpodsole mit dem Unterschied, dass ihr A-Horizont nicht ebenso ausgelaugt ist wie der A-Horizont der Eisenpodsole.

Nach den oben besprochenen Untersuchungsergebnissen über die finnischen Hainwälder sind hier Böden anzutreffen, die morphologisch wie auch »anatomisch» den Braunerden bzw. braunen Waldböden in Mitteleuropa, Grossbritannien usw. entsprechen, soweit unter Braunerde der durch die auf S. 50—1 angeführten Eigenschaften gekennzeichnete Bodentyp verstanden wird. Ja sogar so weit hoch im Norden wie in Petsamo, nicht weit vom Nördlichen Eismeer, ist mehr oder weniger typische Braunerde anzutreffen (die Beobachtungen betreffen Stellen, wo kein fliessendes Grundwasser auf die Bodenbildung einwirkt). Wie sich oben herausgestellt hat, gibt es jedoch in Finnland nur wenig Hainwälder, und da auch ihre Böden nicht immer braun sind, kommen Braunerden nur spärlich und hauptsächlich nur in Südfinnland vor.

Die Farbe des Bodens steht in engem Zusammenhang mit seiner Textur; die Sandböden sind im allgemeinen mehr oder weniger rötlich und rötlichbraun, die feineren Böden (Ton-, Schluffböden u. a.) grau. Da sich die Hainwälder besonders an Ton- u. a. feine Böden halten und da diese schwach verwittert sind, ist der Boden der Hainwälder oft grau. Auch in dem Fall, dass bei einem Boden die übrigen Kennzeichen von Braunerde zuträfen, kann er nicht als Braunerde bezeichnet werden, vielmehr vertritt ein solcher Boden einen eigenen Typ, grauen Boden.

Doch sind braune und graue Böden auch solche, in denen der Humus Rohhumus (Auflagehumus) ist und als deren Pflanzendecke Vegetation der Heidewälder auftritt. Zur Beleuchtung des Charakters derartiger Böden sind in Tabelle 10 aus den Analysenergebnissen über einige früher (A a l t o n e n 1939) in südfinnischen frischen Heidewäldern untersuchte alte Böden die Prozentsätze des Eisens und der zwei feinsten Kornfraktionen aufgenommen worden. Die Nr.n 985—1162 vertreten braune Böden und

Tab. 10. Einige Analysenergebnisse über südfinnische alte Böden in frischen Heidewäldern.

Taul. 10. Muutamia analyysituloksia eteläsuomalaisista vanhoista, tuoreiden kangasmetsien maista.

Tiefe *syvyys* cm	Fe_2O_3 %	Fraktionen *lajitteet* 0.02—0.002 %	Fraktionen *lajitteet* >0.002 %	Fe_2O_3 %	Fraktionen *lajitteet* 0.02—0.002 %	Fraktionen *lajitteet* <0.002 %	Fe_2O_3 %	Fraktionen *lajitteet* 0.02—0.002 %	Fraktionen *lajitteet* <0.002 %	Fe_2O_3 %	Fraktionen *lajitteet* 0.02—0.002 %	Fraktionen *lajitteet* <0.002 %
	Nr. 985			Nr. 991			Nr. 998			Nr. 1059		
0— 5	0.56	20.3	5.1	0.80	25.8	7.0	1.37	54.5	17.4	0.78	10.4	3.1
5—10	0.56	17.4	5.5	1.03	24.5	6.8	1.23	66.8	16.2	1.00	9.9	3.4
10—15	0.46	9.3	3.8	0.90	29.9	7.7	1.12	69.9	15.7	1.09	9.7	3.5
15—20	0.40	5.8	3.6	0.63	27.7	7.6	0.99	65.9	12.5	1.09	9.5	3.6
20—25	0.37	8.5	2.8	0.49	20.3	6.5	0.81	57.7	15.1	0.85	8.9	2.8
25—30	0.40	8.2	3.0	0.32	16.2	6.2	0.70	50.0	12.3	0.52	7.5	2.3
30—35	0.43	8.6	3.4	0.29	19.5	7.2	0.63	49.4	13.2	0.38	7.8	1.8
35—40	—	8.4	3.2	—	27.4	6.6	—	49.4	17.7	—	7.5	1.4
40—45	0.37	6.2	4.8	0.24	23.2	6.8	0.69	47.9	13.9	0.27	10.0	1.7
45—50	—	5.0	3.8	—	25.9	5.2	—	51.3	17.6	—	9.1	1.7
	Nr. 1060			Nr. 1161			Nr. 1162			Nr. 986		
0— 5	0.59	11.8	4.8	0.30	3.3	1.7	0.24	3.5	1.6	0.87	51.8	24.6
5—10	0.45	11.9	4.0	0.52	2.2	1.9	0.32	3.4	1.8	0.90	49.0	23.0
10—15	0.63	11.3	3.9	0.68	0.9	1.4	0.47	1.8	1.7	0.79	53.6	24.5
15—20	0.87	12.2	4.7	0.54	0.9	0.9	0.58	1.8	1.5	0.77	47.7	25.7
20—25	0.93	12.5	5.4	0.35	0.2	0.8	0.51	0.8	1.1	0.82	25.0	16.7
25—30	0.76	14.1	5.0	0.30	0.5	0.4	0.52	0.5	1.1	0.82	24.4	19.1
30—35	0.56	17.4	5.3	0.25	0.3	0.5	0.40	0.3	0.8	0.85	22.3	21.6
35—40	—	21.1	4.9	—	0.4	0.5	—	0.4	1.1	—	41.4	46.9
40—45	0.33	20.3	5.5	0.20	0.2	0.7	0.37	0.2	0.9	0.91	18.7	27.3
45—50	—	14.3	3.7	—	0.4	0.5	—	0.5	0.9	—	38.3	52.9

das letzte Profil (Nr. 986) grauen Boden. Aus den ersteren ist stellenweise das Eisen etwas ausgewaschen, aber dem Aussehen nach ist im Profil kein A-Horizont festzustellen; die braune Farbe wird nur mit zunehmender Tiefe heller. Der Oberflächenteil, 0—5 (—10) cm, ist bei allen dunkelgrau oder graubraun (die Farbe also nach trockenem Boden beurteilt). Profil 986 ist durchweg fast tongrau (der Oberflächenteil dunkler). Die Kalkmenge wächst in den braunen Profilen mit zunehmender Tiefe durchschnittlich folgendermassén:

Tiefe cm	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	40—45
Ca mval/100 g	5.2	5.6	6.1	6.3	6.2	6.4	6.8	6.9

Auf Grund des im Zusammenhang mit der Reichswaldschätzung erhaltenen Materials kann geschätzt werden, dass ungefähr die Hälfte des wüchsigen Waldbodens des hier in Frage stehenden umfassenden Gebietes (Bodengebiet 4, Aaltonen 1941a) Braunerde der oben beschriebenen Art und die andere Hälfte Podsolboden, grauer Boden und Hainwald-Braunerde ist. In Nordfinnland und in den höher gelegenen Gegenden der südlichen Hälfte Finnlands dagegen ist mehr oder weniger typischer Podsolboden der überwiegend vorherrschende Waldtyp.

Die obengenannten braunen Böden und die übrigen ähnlichen Profile sind früher der Klasse der Podsolböden zugezählt worden, aber auf Grund ihrer Farbe gehören sie zweifellos zu den Braunerden. Von diesen unterscheiden sie sich hauptsächlich nur durch ihre Humusform. Auf diese Weise ergeben sich somit zwei Untertypen von Braunerden:

Mull-Braunerde und
Rohhumus-Braunerde.

Die Rohhumus-Braunerde entspricht dem früher von mir in den Hauptzügen aus trockenen Heidewäldern beschriebenen Typ »Braunpodsol» (Aaltonen 1935); doch sind in den Böden dieses Typs öfters schwache Spuren von Auswaschung (bzw. vom A-Horizont) festzustellen gewesen, und die Farbe der braunen Schicht hat heller ausgesehen. Nach Tamm (1937) wäre somit der Braunpodsol dadurch entstanden, dass der Podsolprozess in einer alten Braunerde in Gang gekommen ist. »Das Profil hat daher gewisse braunerdeähnliche Züge geerbt, die sich im besonderen im Anreicherungslager» geltend machen. Es handelte sich also — nach Tamm — um »degenerierte Braunerde». Ob es sich so verhält, bleibt indessen zukünftigen Untersuchungen überlassen; jedenfalls kann der betreffende Bodentyp als sehr stabil gelten.

Die Rohhumus-Braunerde ist anscheinend auch in Mitteleuropa, Südschweden, auf den Britischen Inseln usw. nicht selten. Als Beispiele seien hier aus meinem eigenen Analysenmaterial folgende Profile angeführt, von denen 775 (Deutschland, Bärenthoren), 1124 (Polen, zwischen Szemjany und Vilno) und 1149 (Ostpreussen, Deutsch-Eylan) verhältnismässig grobe Sandböden, 1133 (Polen, Zakopane) und 1144 (Tschechoslowakei, unweit Brno) feine Lehmböden sind:

Tiefe cm	Nr. 775	Nr. 1124	Nr. 1149 Fe_2O_3 in %	Nr. 1133	Nr. 1144
0— 5	0.22	0.23	0.21	2.56	0.62
5—10	0.23	0.30	0.26	2.68	0.65
10—15	0.24	0.47	0.35	2.67	0.66
15—20	0.23	0.47	0.44	2.74	0.71
20—25	0.23	0.40	0.40	2.67	0.76
25—30		0.38	0.38	2.31	0.78
30—35	0.22	0.39	0.34	2.46	0.77
35—40		—	—	—	—
40—45	0.09	0.30	0.28	2.44	0.84

Die Farbe der Profile (trocken) ist gelblich- oder schmutzigbraun, die Oberfläche 0—10 cm durch Humus verdunkelt. Diesen Böden vergleichbar sind unter anderem die von Robinson (1935) aus Wales beschriebenen, auf Grasheiden vorkommenden braunen Böden, denen der A-Horizont fehlt. Nach Robinson hätte die Erosion in diesen Böden, die er als »*truncated podsols*» bezeichnet, den A-Horizont zerstört, und aus ihnen könnten sich allmählich wieder normale Podsolböden entwickeln. Auch Tamm bemerkt, dass schwach podsolierte Braunerde bzw. Braunpodsol nicht nur in Südschweden und Südfinnland sondern auch in mitteleuropäischen Wäldern ein allgemeiner Bodentyp sei.

Wie bei den braunen Böden sind auch bei den grauen (in Finnland) zwei Untertypen zu unterscheiden:

Mull-Grauerde und
Rohhumus-Grauerde.

Ich habe die betreffenden Böden als »Grauerde» bezeichnet. Der erstere ist vielleicht neben den »grauen Waldboden» der russischen Forscher und neben Tamms (1930) aus Schweden beschriebenen »Mullpodsol» zu stellen. Für die Grauerde ist also die mehr oder weniger gleichmässig graue Farbe des Profils kennzeichnend; nach dem Aussehen beurteilt, erscheint der Mineralboden so gut wie unverändert, aber z. B. in saure Oxalatlösung kann sich aus ihm eine beträchtliche Menge von Gelen auflösen. Ihre Menge im Profil wächst gewöhnlich etwas mit zunehmender Tiefe.

Auf Grund der gegenwärtigen Angaben kann nicht mit Sicherheit geschlossen werden, auf welchen Faktoren es beruht, dass bei gleich erscheinendem Grundgestein als Humusform in dem einen Fall Mull, in dem anderen Rohhumus auftritt. Die Unterschiede in den Feuchtigkeitsverhältnissen, im Kalkgehalt und in der Textur mögen jedoch die massgebendsten Faktoren sein. Dieselben Bedingungen entscheiden vermutlich, wann Mull-Braunerde oder Rohhumus-Braunerde, wann wiederum Mull- oder Rohhumus-Grauerde entsteht.

2.

In verschiedenen Zusammenhängen ist oben die Bedeutung der Kornzusammensetzung für die Bodenbildung zur Sprache gekommen. Da diesem Umstand in den Bodenuntersuchungen im allgemeinen nicht genügend Aufmerksamkeit zugewandt worden ist, so ist er in diesem Zusammenhang noch auf Grund von Beobachtungsmaterial zu beleuchten, das über junge Böden feuchter Heidewälder aus Nordfinnland erhalten worden ist, über Böden, die das »Embryonalstadium» des Podsolbodens vertreten. Insgesamt sind 25 Profile analysiert worden, und abgesehen von einigen Aus-

Tab. 11. Analysenergebnisse über nordfinnische junge Sandböden in feuchten Heidewäldern. I = gröbere, II = feinere Böden.

Taul. 11. Analyysituloksia pohjoissuomalaisista, nuorista, kosteiden kangasmetsien hiekkamaista. I = karkearakeisempia, II = hienorakeisempia maita.

Gruppe *ryhmä*	Tiefe — *syvyys*, cm								
	0—5	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30	30—35	35—40	40—45
Fraktion — *lajite* — 0.5—0.05 mm %									
I....	90.2	91.0	92.2	92.7	92.5	92.7	93.3	—	85.7
II....	63.9	68.3	67.2	65.1	65.5	63.9	62.3	—	62.6
Fraktion — *lajite* — 0.02—0.002 mm %									
I....	2.3	2.1	1.3	1.3	1.1	1.2	1.4	—	1.4
II....	11.9	8.7	8.6	10.3	10.2	10.0	10.4	—	9.9
Fraktion — *lajite* — <0.002 mm %									
I....	0.6	0.6	0.4	0.5	0.7	0.8	0.7	—	0.7
II....	3.1	2.3	2.3	2.5	2.7	2.7	3.3	—	2.3
Ca mval/100 g									
I....	2.1	2.7	3.0	3.9	4.2	4.7	4.8	—	6.1
II....	5.3	6.1	7.2	8.1	8.6	8.8	9.2	—	9.7
Basenmineralindex — *emäskivennäisind.* %									
I....	2.0	2.8	3.1	4.2	4.1	—	4.4	—	4.3
II....	4.4	5.3	6.0	6.8	6.8	7.6	7.5	—	8.3
SiO_2 %									
I....	0.02	0.02	0.02	0.04	0.05	0.04	0.04	—	0.05
II....	0.04	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	—	0.07
Al_2O_3 %									
I....	0.04	0.03	0.11	0.18	0.25	0.26	0.24	—	0.22
II....	0.23	0.22	0.26	0.24	0.22	0.22	0.21	—	0.16
Fe_2O_3									
I....	0.06	0.07	0.23	0.29	0.36	0.44	0.47	—	0.43
II....	0.41	0.57	0.67	0.70	0.70	0.68	0.69	—	0.69
organ. C %									
I....	0.90	0.47	0.50	0.46	0.60	0.66	0.65	0.65	0.50
II....	2.36	1.13	0.96	0.63	0.47	0.38	0.34	0.31	0.24

nahmen, sind es ziemlich grobe Sandböden. Bleiben die feinkörnigsten Böden und einige in ihrer Textur unhomogene (warvige) Profile ausser acht, so bleiben 20 Profile, alles Sandböden. Wenn diese in zwei Gruppen zu je 10 Profilen, in die gröbere Gruppe I und die feinere II, eingeteilt werden, sind die Texturunterschiede nicht gross, aber schon sie verursachen, wie aus Tabelle 11 ersichtlich, beträchtliche Unterschiede in der Bodenbildung (die Ergebnisse werden durch die Diagramme Abb. 15 veranschaulicht).

Bei den Ergebnissen der mechanischen Analyse wendet sich die Aufmerksamkeit insbesondere der Verteilungsweise des feinsten Bestandteils im Profil mit den Maxima in dem oberflächlichen Teil und weiter unten besonders in den gröberen Böden zu. Das Ergebnis lässt sich kaum anders als dadurch erklären, dass an der Oberfläche der Humus einen Teil der feinsten Fraktion zurückhält, von dem dann ein Teil ausgewaschen worden ist und weiter unten einen Anreicherungshorizont gebildet hat. — In bezug auf die Korngrösse der Böden überhaupt sei ferner bemerkt, dass im Anteil der Fraktion 2.0—0.5 mm kein nennenswerter Unterschied zwischen den verschiedenen Gruppen besteht.

Der Kalk ist aus dem groben Boden verhältnismässig stärker ausgewaschen. Die Schwankungen des Basenmineralindexes sind etwas unregelmässiger.

In der Verteilung des Aluminiums besteht ein beträchtlicher Unterschied zwischen den Gruppen I und II, in der des Eisens ein etwas kleinerer. Die Kieselsäuremengen sind so gering, dass die Ergebnisse über sie unsicher sind. Sowohl in bezug auf Aluminium als auch auf Eisen ist festzustellen, dass die Stelle des Maximums im Profil bei Gruppe I niedriger als bei Gruppe II liegt.

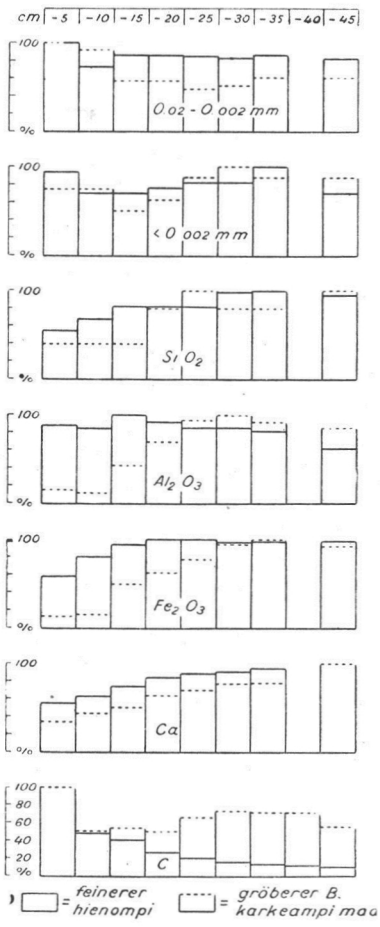


Abb. 15. Analysenergebnisse über nordfinnische junge Böden in feuchten Heidewäldern.

Kuva 15. Analyysituloksia pohjoissuomalaisista nuorista, kosteiden kangasmetsien hiekkamaista.

In der Verteilung des Humus ist insofern ein Unterschied festzustellen, als er sich in gröberem Böden in den unteren Profilteilen angereichert hat, d. h. es handelt sich um ein frühes Entwicklungsstadium des Humuspodsols. In feinerem Boden hat sich der Humus wie in gewöhnlichem Eisenpodsol verteilt.

Auch schon verhältnismässig geringe Unterschiede in der Textur des Bodens können somit deutliche und bedeutsame Unterschiede in der chemischen Differenzierung des Profils verursachen. Das liegt in erster Linie anscheinend an dem von der Textur abhängigen Wasserhaushalt des Bo-

dens. Bei sich verändernder Textur wandeln sich jedoch auch die mineralogische und die chemische Zusammensetzung des Bodens, die ebenfalls auf die Bodenbildung einwirkt, und die verschiedenen Faktoren können so miteinander verflochten sein, dass es schwer, wenn nicht unmöglich ist, sie auseinanderzuhalten. Bei dem oben dargestellten Vergleich beruhen zwar die oben festgestellten Unterschiede anscheinend auf den verschiedenen Feuchtigkeitsverhältnissen, aber bei den feineren Böden kann der Sachverhalt verwickelter sein. Ebenso wie der Textur ist auch der ursprünglichen mineralogischen Zusammensetzung des Grundgesteins im allgemeinen in den Untersuchungen über die Bodenbildung zuwenig Aufmerksamkeit zuteil geworden. Besonders in der Braunerde ist die mineralogische Zusammensetzung neben der Textur anscheinend einer der wirksamsten Faktoren.

Schrifttum

Aaltonen, V. T., 1933. Ueber die postglazialen Veränderungen des Waldbodens in Finnland. (Selostus: Suomen metsämaaperän luontaisista muutoksista jääkauden jälkeen). Comm. instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 18,4.

—»— 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. I. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. I.). Comm. instit. forest. fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 20,6.

—»— 1939. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. II. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. II.). Comm. instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 27,4.

—»— 1941 a. Zur Stratigraphie des Podsolprofils. III. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen. III.). Comm. Instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 29,7.

—»— 1941 b. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. *(Refer.:* Die finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung). Comm. instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 29,5.

—»— 1941 c. Maalajien luokituksesta. *Refer.:* Ueber die Klassifizierung der Bodenarten). Comm. instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 9,6.

Aarnio, B., 1920. Agrogeologisia karttoja, n:o 3. Suomen geolog. toim. Helsinki.

—»— 1925. Braunerde in Fennoskandia. Mitt. Intern. Bodenk. Gesellsch. I, S. 77—84.

—»— 1931. Maaperäoppi. Porvoo.

—»— 1938. Die Böden Finnlands. Verhandl. der II Komm. der Alkali-Subkomm. der I. B. G., Teil A., S. 103—17. Helsinki.

—»— und Stremme, H., 1924. Zur Frage der Bodenbildung und Bodenklassifikation Suomen geolog. komm., Agrogeol. julk. 17. Helsinki.

Cajander, A. K., 1930. Wesen und Bedeutung der Waldtypen. Silva fenn. 15.

Egnér, H., 1932. Metod att bestämma lättlöslig fosforsyra i åkerjord. *(Ref.:* Methode zur Bestimmung der leichtlöslichen Phosphorsäure im Ackerboden). Medd. Nr. 425 fr. Centralanst. f. försöksväs. på jordbruksområdet. Avd. f. lantbrukskemi Nr. 51. Stockholm.

Frosterus, Benj., 1924. Die Klassifikation der Böden und Bodenarten Finnlands. Suomen geolog. komm., Agrogeol. julk. 18. Helsinki.

—»— und Tamm, Olof, 1929. Genetisk indelning av de naturliga jordmånerna i Fennoskandia. Beretn. om Nordiske Jordbrugsforsk. Kongr. i Helsingfors 1929.

Ilvessalo, Yrjö, 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. (Instructions for the field work of the second national surwey of the forests of Finland). Comm. instit. forest. Fenniae — Metsätiet. tutkimuslait. julk. 22,5.

Joffe, Jacob S., 1936. Pedology. New Brunswick, New Jersey.

Lundblad, K., 1924. Ein Beitrag zur Kenntnis der Eigenschaften und der Degeneration der Bodenarten vom Braunerdetypus im südlichen Schweden. Medd. Skogsförsöks-Anst. 21. Stockholm.

Ogg., W. G., 1935. The soils of Scotland. Guide Book for the Excursion round Britain of the III Internat. Congr. of Soil Sci. Oxford.

Ramann, E., 1918. Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin.

Robinson, Gilbert Wooding, 1932. Soils. London. (Deutsch 1939, Berlin).

—»— 1935. The soils of Wales. Guide Book for the Excursion round Britain of the III Internat. Congr. of Soil Sci. Oxford.

Salminen, Antti, 1938. Maannostumisilmiöstä ja sen todellisesta merkityksestä meillä. *(Summary:* On the true meaning of the podsolization in Finnland). Suomen Kemistilehti A, XI, S. 33—8. Helsinki.

Stremme, Hermann, 1930. Die Böden Deutschlands. (E. Blanck, Handbuch der Bodenlehre, Bd. V.). Berlin.

Tamm, Olof, 1930. Om brunjorden i Sverige. *(Refer.:* Der braune Waldboden in Schweden). Svenska Skogsvårdsfören. T. 28, S. 1—41. Stockholm.

—»— 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. *(Refer.:* Ueber die schwachproduktiven Sandböden auf dem Hökensås und im Oberen Lagatal, Südschweden). Medd. Skogsförsöks-Anst. 30. 1. Stockholm.

Selostus

Tutkimuksia maannostumisesta lehtometsissämme sekä muutamia havaintoja ulkolaisista ruskomaista

Tässä julkaisussa selostettavat tutkimukset muodostavat järjestyksessä neljännen ja viimeisen osan tekijän laajemmasta tutkimustyöstä, jonka tarkoituksena on ollut selvitellä maannostumista Suomen metsämaissa. Laajemman pohjan saamiseksi tutkimuksille on tehty joukko havaintoja myöskin ulkomailla (useissa Keski-Euroopan maissa, Etelä-Ruotsissa ym.).

Aikaisemmin on tarkemmin tutkittu kuivissa kangasmetsissä 46 profiilia (378 maanäytettä), tuoreissa kangasmetsissä 120 profiilia (n. 1150 näytettä) ja kosteissa kangasmetsissä 101 profiilia (n. 970 näytettä). Näiden tutkimusten tuloksia on selostettu neljässä julkaisussa: Aaltonen 1933, 1935, 1939 ja 1941 a.

Lehtometsissä suoritetut tutkimukset, joita selostetaan tässä yhteydessä, käsittävät 76 yksityiskohtaisesti tutkittua profiilia (n. 790 näytettä), niistä 58 profiilia Suomessa ja 18 ulkomailla. Otetuista maanäytteistä on määrätty: raekokoomus, vesikapasiteetti, epäorgaanisen kolloidikompleksin piihappo, alumini ja rauta, orgaaninen hiili, elektrolyytit, kalkki, fosforihappo, vaihtokykyiset emäkset ja reaktio sekä osasta näytteitä emäsmineraali-indeksi ja maan kokonaiskokoomus.

Maannostumissuhteiden tuntemiseen lehtometsissä on vielä saatu arvokasta lisävalaistusta valtakunnan metsien toisen arvioinnin yhteydessä tehdyistä havainnoista.

I. Maannostuminen Suomen lehtometsissä.

Lehtometsien maita koskeneet yleiset havainnot osoittavat, että lehtometsiä voi esiintyä eri maalajeilla, mutta niiden esiintyminen keskittyy kuitenkin etupäässä hienorakeisimpiin maalajeihin.

Maaprofiilin ulkonäön perusteella arvosteltuna näyttää tutkittujen lehtometsien maa yleensä enemmän tai vähemmän huuhtoutumattomalta ilman selvää podsoliprofiilin A-horisonttia ja sitä vastaavaa B-horisonttia. Humuspitoisen kerroksen paksuus vaihtelee 10—20 (—30) cm; sen pintaosa on varsinkin hienorakeisimmissa maissa tavallisesti enemmän tai vähemmän ryynimäistä multaa. Maiden väri on vaihteleva. Nuorissa maissa on tavallisinta, että humuksesta tummaksi värittynyt pintakerros vähitellen muuttuu syvempänä harmahtavaksi tai hiukan punertavaksi riippuen maan alkuperäisestä väristä, joka yleensä vaihtelee maan hienousasteen mukaan. Joissakin tapauksissa seuraa humuspitoista kerrosta ohut (n. 20 cm paksu) heikosti kellertävän ruskea kerros. Vanhoissa maissa on enemmän tai vähemmän ruskea väri yleisempi.

Yleiskatsauksen saamiseksi analyysiaineistoon on nuoret ja vanhat maat jaettu raekokoomuksensa perusteella kahteen ryhmään: 1) karkeammat ja 2) hienommat maat, ja laskettu näihin ryhmiin kuuluville profiileille tulosten keskiarvot. Taulukoissa 1, 3 ja 5 on esitetty saadut keskiarvot Etelä-Suomen ja Lapin maille. Tuloksia Etelä-Suomen osalta havainnollistavat kuvien 8, 9 ja 10 diagrammit. (Keskiarvot Pohjois-Suomen maille on pienen ja epätasaisen aineiston takia jätetty laskematta).

Analyysituloksissa kiintyy huomio varsinkin maan raekokoomuksen rakenteeseen ja sen suhteeseen maan kemialliseen kokoomukseen.

Savimaille ja muille hienorakeisille maille on ominaista hienoimman aineksen lisääntyminen syvyyden mukana ja lisäksi on yleistä, että hienointa ainesta on heikosti rikastunut profiilin pintaosiin (kuva 8). Tämä ilmiö on todennäköisesti selitettävä niin, että hienointa ainesta on osaksi liettynyt syvemmälle ja osan siitä pidättää humus maan pintaosissa. Maaprofiilin kemiallisen differentioitumisen kannalta on näin todetulla hienoimman aineksen jakaantumistavalla perustava merkitys sikäli, että kemiallisen analyysin tulokset riippuvat enemmän tai vähemmän maan raekokoomuksesta.

Epäorgaanisen kolloidikompleksin jakaantumista tarkasteltaessa (kuva 9) on huomattava, että maasta on nähtävästi liuennut myöskin rapautumatonta ainesta ja että analyysitulokset siten saavat selityksensä ensi sijassa raekokoomuksen vaihteluista. Näin on asian laita ainakin savi- ja hiesumaissa, jotka yleensä ovat enemmän tai vähemmän harmaita. Joka tapauksessa osoittautuu lehtometsien maa podsolimaahan verrattuna vain heikosti huuhtoutuneeksi ilman selvää A-tai B-horisonttia. Myöskin valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä tehdyt havainnot osoittavat, että lehtometsien maa on huuhtoutumatonta tai heikosti huuhtoutunutta.

Kalkin jakaantumista profiilissa havainnollistaa kuva 10. Maksimi pintaosassa johtuu nähtävästi osittain humuksen sisältämästä kalkista, osittain hienommasta kivennäismaasta. Missä määrin kalkkimäärän kasvun syvyyden mukana selittää raekokoomuksen vaihtelu (ja missä määrin liukeneminen tai liettyminen), sitä on vaikea sanoa ilman erikoistutkimuksia. Samoin kuin kalkin määrä suurentuu emäsmineraali-indeksikin syyvyyden mukana (taul. 2 ja 4).

Vaihtokykyisten emästen jakaantuminen on yleensä samanluontoinen kuin kalkin. Elektrolyyttien määrä seuraa ensi sijassa humuspitoisuutta.

Reaktio tulee syvyyden mukana vähemmän happameksi pH:n vedessä kasvaessa suunnilleen 5—6.

Tehdyt tutkimukset ovat useissa tapauksissa jääneet puutteellisiksi sikäli, ettei tutkittu syvyys ole ollut riittävä osoittamaan, miten syvälle rapautumisen vaikutus ja huuhtoutuminen ulottuu. Kokeeksi on kahdesta harjuprofiilista määrätty kalkki (10 %:sella suolahapolla) 10 cm:n kerroksin 3 metrin syvyyteen. Kuten kuvan 11 esittämistä diagrammeista todetaan, huuhtoutuminen tuntuu näissä tapauksissa n. 1. m syvyyteen. Kysymys on tässä tapauksessa verraten karkeista hiekkamaista (taul. 8).

II. Havaintoja ulkolaisista ruskomaista.

Morfologisten ominaisuuksiensa perusteella arvosteltuina tutkitut ruskomaat ovat joko huuhtoutumattomia tai heikosti huuhtoutuneita ilman selvää A- tai B-horisonttia. Maan väri on yleensä ruskea, toisinaan vaaleampi, toisinaan tummempi, ja eräissä tapauksissa punertava. Mineraalimaan väri pysyy usein jokseenkin muuttumattomana tutkittuun syvyyteen saakka. Humuspitoinen kerros on verraten ohut, yleensä vain 5—15 cm.

Analyysituloksia esittävät taul. 9 ja kuva 14.

Karkeammat maat ovat tekstuurinsa puolesta verraten homogenisia, mutta hienommissa maissa fraktion <0.002 mm osuus kasvaa syvyyden mukana.

Piihapon, aluminin ja raudan jakaantuminen on pääpiirtein samanlainen kuin raefraktion <0.002 mm.

Kalkkia, vaihtokykyisiä emäksiä ja fosforihappoa on ryhmässä 1 runsaimmin profiilin pintaosissa, mutta ryhmässä 2 niiden jakaantuminen on jokseenkin samanlainen kuin Etelä-Suomen maissa. Elektrolyyttien määrä vähentyy, kuten humuksen, syvyyden mukana.

pH kasvaa syvyyden mukana verraten heikosti.

Niin piihapon, aluminin ja raudan kuin kalkin kokonaismäärät ovat huomattavasti pienemmät kuin tutkituissa suomalaisissa maissa.

Kuten aikaisemmin niin nytkin saatujen tulosten mukaan ulkolaisten maiden emäsmineraali-indeksi on pienempi kuin suomalaisten maiden. Kokonaisanalyysien tulosten mukaan vanhan maan piihappopitoisuus kasvaa ja alumini-, rauta- sekä kalkkipitoisuus vähentyy tutkimusalueittain seuraavassa järjestyksessä: Lappi, Pohjois-Suomi, Etelä-Suomi, ulkomaat ja Suomessa verrattaessa vanhaa maata nuoreen.

Ruskomaan paikka maannossystematiikassa on verraten epävarma; toiset tutkijat pitävät ruskomaata tai ruskeaa metsämaata yhtenä maapallon päämaannostyypeistä, toiset taas jonkinlaisena välimuotona, ja useat tutkijat vievät sen podsolimaiden ryhmään. Jos ruskomaa käsitetään sellaisena kuin Ramann sen ensinnä kuvasi ja erotti, on kuitenkin ainakin ruskomaan ja podsolin välistä rajaa pidettävä verraten selvänä. Otettaessa huomioon esim. systemaattisesti tärkeä raudan jakaantuminen profiilissa ruskomaan ja podsolin välillä on selvä ero. Edelleen kalkin ja vaihtokykyisten emästen rikastumista maan pintaosiin on todettavissa vain ruskomaassa ja humusmuodoista on ruskomaassa vallitsevana multa, podsolissa kangashumus. Vaikeampaa kuin rajan vetäminen ruskomaan ja podsolin välille, voi olla ruskomaan erottaminen puna- ja keltamaista, kastanjanruskeista maista ym.

III. Loppuhuomautuksia.

Edellä selostettujen Suomen lehtometsiä koskeneiden tutkimusten tulosten mukaan niissä tavattava maannos eräissä tapauksissa pääpiirtein vastaa keskieuroop-palaista ruskomaata. Lehtometsiä on kuitenkin vähän ja kun niidenkään maa ei aina ole ruskea, on ruskomaata niukasti ja pääasiallisesti vain Etelä-Suomessa.

Suomen lehtometsien maa on usein harmaata ja silloin kun on näin, sitä on pidettävä omana maannostyyppinään, jota voidaan nimittää harmaamaaksi.

Toiselta puolen on meillä Etelä-Suomen kangasmetsissä maa usein ruskeaa ilman selvää A-horisonttia (tyyppi, jota olen aikaisemmin nimittänyt ruskopodsoliksi) tai sitten maa on harmaata, enemmän tai vähemmän muuttumatonta.

Käyttämällä pääluokitusperusteena humusmuotoa saadaan tällä tavalla kaksi ruskomaa- ja kaksi harmaamaatyyppiä:

multa-ruskomaa,
kangashumus-ruskomaa,
multa-ruskomaa ja
kangashumus-harmaamaa.

Tyyppi multa-ruskomaa vastaa siis sitä maannostyyppiä, jota ruskomaalla *(Braun erde, brown earth, brunjord)* tavallisesti Keski-Euroopassa ym. tarkoitetaan ja se on meillä harvinainen. Tyyppi kangashumus-ruskomaa on yleinen Etelä-Suomessa (maannostumisalue 4, Aaltonen 1941 b); savimaat ovat yleensä joko multa- tai kangashumus-harmaamaita.

Tässä yhteydessä ei ole otettu yksityiskohtaisemmin selvitettäväksi, mitkä tekijät kulloinkin vaikuttavat kysymyksessä olevien maannostyyppien syntyyn ja esiintymiseen. Yhtenä tekijänä on joka tapauksessa maan raekokoomus varsinkin sikäli, että siitä riippuvat maan kosteussuhteet, ja myöskin sikäli, että raekokoomuksen ja mineralogisen kokoomuksen välillä on määrätty suhde. Kuten esim. eräät analyysitulokset kosteiden kangasmetsien hiekkamaista (taul. 11, kuva 15) osoittavat, jo verraten pienetkin erot maan raekokoomuksessa voivat aiheuttaa selviä ja merkityksellisiä eroja profiilin kemiallisessa differentioitumisessa. Näistä havainnoista on tässä mainittu pääasiallisesti siksi, että maannostumista ja erityisesti ruskomaita koskeneissa tutkimuksissa on yleensä liian vähän kiinnitetty huomiota raekokoomuksen merkitykseen.

ANALYSENERGEBNISSE

ANALYYSITULOKSET

S-Finnland, junger Boden — *Etelä-Suomi, nuori maa.*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus*					Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in n KCl	in 0.01 n Na_2SO_4
815	0— 2.5	—	—	—	—	—	—	1.29	—	0.20	0.53	—	15.50	0.17	12.6	920	5.01	4.28	4.93
	2.5— 5.0	12.5	9.0	47.1	17.7	13.7	26.0	1.35	0.06	0.25	0.59	5.72	14.85	0.13	12.2	895	4.89	4.04	4.93
	5.0— 7.5	—	—	—	—	—	—	1.33	—	0.28	0.59	—	13.70	0.12	11.4	690	4.83	4.09	4.77
	7.5—10.0	20.0	10.3	40.8	18.7	10.2	20.5	1.24	0.06	0.25	0.55	4.11	12.95	0.10	11.1	1020	5.29	4.47	5.40
	10.0—12.5	—	—	—	—	—	—	1.19	—	0.14	0.53	—	11.80	0.07	12.1	938	5.51	4.73	5.60
	12.5—15.0	22.4	9.3	41.5	17.8	9.0	16.0	1.07	0.06	0.13	0.49	2.52	11.70	0.07	10.3	768	5.79	4.97	5.72
	15.0—17.5	—	—	—	—	—	—	1.01	—	0.13	0.44	—	10.20	0.06	8.8	818	5.89	4.95	5.89
	17.5—20.0	27.5	8.1	39.5	17.4	7.5	12.3	0.84	0.07	0.08	0.39	1.41	8.05	0.06	7.8	778	6.25	5.48	6.00
	20.0—22.5	—	—	—	—	—	—	0.76	—	0.05	0.35	—	9.55	0.05	7.7	738	6.11	5.29	6.07
	22.5—25.0	23.5	9.1	44.2	17.1	6.1	10.9	0.70	0.06	0.06	0.31	0.85	8.50	0.06	6.6	748	6.52	5.62	6.16
	25.0—27.5	—	—	—	—	—	—	0.65	—	0.03	0.33	—	8.30	0.06	5.7	543	6.49	5.51	6.22
	27.5—30.0	19.8	10.3	48.4	15.8	5.7	10.7	0.58	0.06	0.05	0.30	0.45	7.80	0.02	5.2	503	7.05	6.12	6.21
	30.0—32.5	—	—	—	—	—	—	0.63	—	0.07	0.31	—	—	0.02	—	478	6.89	5.82	6.22
	32.5—35.0	16.9	9.1	55.0	13.8	5.2	9.2	0.52	0.04	0.03	0.26	0.22	—	0.06	4.5	401	6.91	6.12	6.30
	35.0—37.5	18.8	9.1	54.3	12.5	5.3	—	0.59	0.05	0.02	0.29	—	—	0.05	—	460	6.69	5.79	6.25
	37.5—40.0	18.3	8.1	54.9	13.4	5.3	8.8	0.68	0.04	0.05	0.38	0.14	—	0.02	4.5	515	6.90	6.00	6.29
	40.0—42.5	—	—	—	—	—	13.5	1.03	—	0.11	0.58	—	—	0.03	—	658	6.58	5.65	6.24
	42.5—45.0	11.8	6.0	24.9	31.6	25.7	21.2	2.28	0.13	0.27	1.42	—	—	0.05	10.7	1530	6.54	5.73	6.13
817	0— 2.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9.70	0.13	—	715	5.15	4.33	4.98
	2.5— 5.0	9.0	21.1	60.4	3.7	5.8	13.6	0.69	0.03	0.15	0.35	4.99	9.45	0.16	8.2	795	5.10	4.21	5.01
	5.0— 7.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.35	0.15	—	673	5.08	4.16	5.05
	7.5—10.0	10.5	21.5	57.8	4.3	5.9	14.3	0.68	0.03	0.14	0.34	2.96	7.15	0.12	7.7	715	5.23	4.25	5.19
	10.0—12.5	—	—	—	—	—	10.8	—	—	—	—	—	6.60	0.09	—	623	5.35	4.41	5.37
	12.5—15.0	18.0	19.5	50.3	4.2	8.0	11.0	0.81	0.04	0.19	0.45	1.79	6.70	0.08	5.5	578	5.61	4.57	5.39
	15.0—17.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.40	0.09	—	558	5.27	4.32	5.21
	17.5—20.0	12.0	14.4	41.5	10.1	22.0	22.4	1.63	0.09	0.43	0.89	2.04	8.40	0.08	7.2	720	5.30	4.31	5.26
	20.0—22.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.85	0.07	—	723	5.14	4.19	5.00
	22.5—25.0	4.7	8.1	26.8	18.9	41.5	44.5	2.87	0.22	0.87	1.55	2.47	7.80	0.07	10.0	1060	5.15	4.19	5.23
	25.0—27.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	7.70	0.06	—	793	5.15	4.16	5.13
	27.5—30.0	8.3	11.7	27.0	20.0	33.0	34.4	2.68	0.24	0.70	1.52	1.65	7.70	0.05	11.1	1060	5.38	4.40	5.35
	30.0—32.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11.40	0.04	—	560	5.67	4.63	5.57
	32.5—35.0	19.1	25.6	39.7	6.1	9.5	9.3	1.26	0.09	0.29	0.75	0.44	11.90	0.04	5.0	845	6.32	5.21	5.66
	35.0—37.5	31.2	26.7	32.3	4.2	5.6	—	1.04	0.07	0.17	0.65	—	14.05	0.01	—	490	6.35	5.34	5.63
	37.5—40.0	25.8	18.6	41.7	9.0	4.9	6.9	1.06	0.07	0.19	0.67	0.30	11.55	0.03	2.8	513	6.49	5.55	5.69
	40.0—42.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8.95	0.02	—	525	6.14	5.28	5.81
	42.5—45.0	26.8	19.4	36.3	12.5	5.0	7.6	0.82	0.06	0.18	0.46	—	8.85	0.01	3.7	470	6.56	5.57	5.81

	0— 5	0.3	0.8	68.6	14.9	8.5	6.9	27.0	0.81	0.05	0.42	0.22	5.48	5.30	0.35	4.7	765	4.31	3.48	4.58
	5—10	0.3	0.8	64.8	16.8	9.4	7.9	21.1	1.01	0.06	0.54	0.29	4.56	4.14	0.21	3.0	518	4.17	3.48	4.30
	10—15	0.3	1.0	60.5	16.1	14.2	7.9	22.7	1.29	0.07	0.65	0.39	4.68	4.98	0.15	2.6	463	4.23	3.52	4.29
	15—20	0.1	0.4	52.5	19.4	16.2	11.4	25.0	1.45	0.09	0.79	0.42	2.82	6.26	0.12	2.4	458	4.36	3.63	4.50
979	20—25	0.1	0.5	70.4	14.7	8.5	5.8	14.0	1.78	0.05	0.39	0.21	1.23	6.24	0.11	1.7	255	4.56	3.89	4.71
	25—30	0.0	1.2	85.1	7.3	4.0	2.4	7.6	0.45	0.03	0.15	0.11	0.52	6.56	0.11	1.4	228	5.06	4.22	5.31
	30—35	0.0	0.9	87.1	6.6	2.4	3.0	7.5	0.45	0.04	0.14	0.12	0.29	7.89	0.13	0.9	163	5.07	4.29	5.20
	35—40	0.1	0.7	87.0	9.2	1.5	1.5	8.4	—	—	—	—	—	7.16	0.07	1.0	210	5.04	4.31	5.39
	40—45	0.2	0.7	77.9	12.8	5.0	3.4	8.2	0.58	0.05	0.23	0.16	0.34	8.52	0.12	1.1	206	5.16	4.30	5.19
	45—50	0.1	0.7	83.8	11.5	1.8	2.1	7.3	—	—	—	—	—	7.59	0.09	1.1	192	5.33	4.39	5.46
	0— 5	10.9	13.1	46.6	17.0	8.0	4.4	20.7	0.64	0.04	0.24	0.19	5.28	7.65	0.43	7.1	635	4.77	3.83	4.49
	5—10	14.6	14.9	41.2	15.1	9.8	4.4	14.7	0.58	0.04	0.23	0.17	3.24	5.85	0.38	3.4	403	4.78	3.82	4.61
	10—15	20.3	16.5	38.8	12.2	9.2	3.0	12.6	0.54	0.04	0.26	0.14	2.54	4.75	0.24	3.7	368	4.77	3.81	4.18
	15—20	17.6	16.2	38.6	15.0	11.1	1.5	7.5	0.31	0.03	0.07	0.07	0.81	2.95	0.23	2.4	343	4.82	3.88	5.34
984	20—25	6.5	10.6	43.9	24.0	12.6	2.4	7.9	0.40	0.03	0.08	0.10	0.58	3.90	0.32	1.6	165	4.91	3.92	5.01
	25—30	4.8	7.1	39.9	30.9	15.3	2.0	9.9	0.61	0.05	0.29	0.16	0.77	5.50	0.45	2.4	283	5.06	3.99	5.31
	30—35	4.6	5.7	33.7	36.0	18.3	1.7	10.0	0.67	0.03	0.22	0.14	0.68	5.70	0.26	2.7	220	5.16	4.11	5.19
	35—40	—	—	—	—	—	—	8.1	—	—	—	—	—	4.65	0.18	3.2	313	5.06	4.29	5.42
	40—45	2.6	6.8	53.6	23.3	10.8	2.9	8.0	0.62	0.06	0.22	0.15	0.41	4.50	0.19	2.8	197	5.44	4.33	5.40
	45—50	—	—	—	—	—	—	6.2	—	—	—	—	—	5.20	0.21	2.5	280	5.27	4.35	5.32
	0— 5	5.8	28.5	30.3	5.5	15.2	14.7	22.2	1.15	0.08	0.42	0.45	4.86	14.10	0.36	10.7	580	5.36	4.48	5.16
	5—10	10.5	32.6	24.3	4.0	18.0	10.6	17.2	1.13	0.08	0.41	0.45	2.94	11.75	0.26	6.5	395	5.28	4.20	5.03
	10—15	4.9	24.6	30.5	8.7	17.9	13.4	15.9	1.24	0.10	0.45	0.51	1.76	9.40	0.25	5.3	310	5.37	4.19	5.03
	15—20	5.7	24.3	35.2	5.4	15.1	14.3	13.1	0.99	0.10	0.35	0.39	0.98	10.40	0.25	4.1	235	5.58	4.21	5.22
988	20—25	7.7	16.3	45.6	7.0	12.0	11.4	11.5	0.80	0.08	0.30	0.30	0.61	8.85	0.23	3.2	186	5.70	4.37	5.31
	25—30	7.3	23.3	46.5	6.1	8.7	8.1	9.7	0.72	0.08	0.23	0.26	0.50	8.15	0.22	2.9	216	5.76	4.42	5.41
	30—35	6.0	21.2	51.8	6.6	7.0	7.4	9.4	0.72	0.08	0.28	0.28	0.41	8.70	0.22	2.1	161	5.77	4.37	5.32
	35—40	7.7	17.3	59.8	5.5	6.7	3.0	7.8	0.63	0.07	0.26	0.22	—	6.70	0.22	2.8	190	5.76	4.47	5.37
	40—45	5.2	23.0	55.8	6.2	5.2	4.6	6.5	0.54	0.06	0.24	0.22	0.20	6.95	0.24	2.2	166	5.95	4.60	5.63
	45—50	8.1	21.0	47.4	8.3	7.7	7.5	8.0	0.48	0.05	0.17	0.20	—	8.90	0.25	2.1	175	—	4.48	5.77
	0— 5	15.6	39.1	23.0	5.6	6.3	10.4	25.4	2.08	0.10	0.82	1.03	6.25	12.20	0.22	9.7	470	4.79	3.71	5.42
	5—10	16.9	27.7	30.7	2.7	2.0	20.0	17.4	1.82	0.10	0.66	0.98	2.92	9.20	0.14	2.8	403	4.91	3.80	5.62
	10—15	22.4	43.3	17.1	3.5	4.0	9.7	13.6	1.40	0.07	0.51	0.72	1.22	8.09	0.11	3.6	285	5.12	3.95	4.81
	15—20	37.0	32.9	19.9	2.2	0.6	7.4	7.0	0.62	0.04	0.19	0.33	0.40	6.86	0.09	3.3	226	5.38	4.17	5.16
989	20—25	43.1	36.7	13.6	1.9	1.4	3.3	5.4	0.38	0.03	0.13	0.20	0.22	6.94	0.09	2.4	184	5.77	4.48	5.66
	25—30	27.2	28.4	36.8	2.6	0.8	4.2	5.8	0.29	0.01	0.09	0.14	0.19	7.72	0.10	2.6	165	5.97	4.46	5.91
	30—35	13.4	18.1	53.5	9.7	2.6	2.7	7.4	0.31	0.03	0.11	0.14	0.17	9.18	0.10	2.2	111	5.47	4.19	5.55
	35—40	1.2	1.7	74.8	12.3	7.0	3.0	8.1	0.47	0.04	0.16	0.21	—	9.61	0.10	2.2	173	5.47	4.16	5.36
	40—45	0.2	2.1	66.2	13.6	8.0	9.9	11.7	0.76	0.05	0.23	0.44	0.41	10.22	0.09	1.9	195	5.24	4.14	5.91
	45—50	1.4	3.6	78.7	7.5	4.2	4.6	9.4	0.42	0.03	0.14	0.23	—	8.73	0.10	2.4	154	5.51	4.29	5.26

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus*						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1061	0— 5	5.4	12.6	17.0	13.1	38.8	13.1	36.4	2.22	0.10	1.27	0.75	9.48	7.10	0.30	7.8	538	4.87	3.83	4.55
	5—10	9.3	11.4	15.5	14.1	37.9	11.8	24.9	1.78	0.12	0.93	0.60	5.38	5.65	0.12	3.4	318	5.02	3.87	4.42
	10—15	14.1	16.7	17.9	10.7	34.4	6.2	21.8	1.56	0.11	0.71	0.45	3.68	5.40	0.07	2.8	288	4.98	3.91	4.59
	15—20	14.0	18.7	19.7	9.4	27.1	11.1	19.6	1.34	0.10	0.73	0.35	2.01	5.25	0.06	2.4	248	4.95	3.98	4.51
	20—25	20.0	24.5	24.0	8.2	18.3	5.0	16.3	1.04	0.09	0.47	0.33	1.83	16.70	0.05	2.2	265	4.90	4.07	4.72
	25—30	16.2	25.2	30.5	8.9	15.1	4.1	12.3	0.92	0.09	0.39	0.22	1.13	6.00	0.05	2.7	213	5.02	4.25	4.70
	30—35	12.7	19.4	35.9	10.4	16.9	4.7	11.3	1.04	0.11	0.61	0.26	0.92	7.10	0.05	2.7	360	5.17	4.36	5.14
	35—40	9.8	17.3	36.4	15.5	16.4	4.6	11.7	1.24	0.15	0.72	0.25	0.80	7.20	0.04	1.1	268	5.19	4.40	4.85
	40—45	9.6	15.9	37.1	13.8	19.3	4.3	9.1	1.18	0.14	0.64	0.32	0.56	9.55	0.04	2.1	348	5.11	4.41	5.21
	45—50	9.9	16.0	35.2	14.7	19.1	5.1	9.9	1.28	0.16	0.57	0.48	0.43	8.90	0.04	1.5	290	5.28	4.40	4.91
1170	0— 5	3.2	3.7	36.8	8.8	38.9	8.6	36.5	2.45	0.15	0.68	1.35	7.25	19.55	0.17	10.2	435	5.59	4.42	5.08
	5—10	5.8	4.7	32.2	8.9	17.5	30.9	30.2	2.45	0.15	0.68	1.40	4.75	13.58	0.10	6.0	263	5.17	3.94	4.72
	10—15	8.6	4.8	31.0	9.6	17.5	28.5	26.0	2.31	0.12	0.67	1.36	3.53	10.88	0.08	4.6	227	5.10	3.88	4.69
	15—20	10.6	4.5	28.0	10.4	18.8	27.7	25.2	2.09	0.12	0.57	1.28	2.46	9.87	0.06	3.6	182	5.16	3.90	4.70
	20—25	7.1	3.4	25.6	13.3	23.4	27.2	21.9	2.05	0.12	0.42	1.38	1.57	10.33	0.03	3.7	169	5.13	3.90	4.93
	25—30	2.7	2.5	25.2	14.3	25.9	29.4	18.2	2.24	0.13	0.48	1.52	0.90	10.82	0.02	2.8	119	5.22	3.90	4.81
	30—35	2.0	1.7	20.4	11.1	22.0	42.8	26.5	2.85	0.23	0.55	1.87	0.74	12.00	0.02	4.0	99	5.19	3.80	4.70
	35—40	0.4	1.3	8.6	7.2	29.1	53.4	35.4	3.57	0.35	0.37	2.09	—	16.12	0.03	4.7	95	5.51	3.81	4.90
	40—45	0.5	0.7	9.4	3.5	18.2	67.7	35.8	3.89	0.41	0.81	2.27	0.78	20.84	0.03	4.5	155	5.91	4.02	5.47
	45—50	0.0	0.0	8.5	1.0	12.0	78.5	44.4	4.12	0.42	0.84	2.33	—	22.88	0.03	8.3	170	6.21	4.39	6.00
1172	0— 5	6.3	12.8	64.2	6.2	6.2	4.3	16.9	0.75	0.05	0.31	0.26	5.80	5.55	0.15	3.9	330	5.52	4.37	4.95
	5—10	7.3	12.7	62.5	7.4	5.8	4.3	15.5	0.78	0.06	0.29	0.29	3.42	3.90	0.08	2.8	195	5.30	4.08	4.76
	10—15	9.6	12.9	61.5	7.8	5.3	2.9	10.4	0.84	0.07	0.35	0.27	1.61	3.70	0.03	1.8	103	5.22	4.05	4.62
	15—20	12.1	14.4	57.2	8.4	5.3	2.6	7.7	0.58	0.04	0.16	0.20	1.13	3.50	0.03	1.2	83	5.20	4.13	4.62
	20—25	15.8	17.4	53.2	7.6	4.3	1.7	7.9	0.43	0.03	0.13	0.13	0.58	3.95	0.03	2.3	132	5.28	4.20	5.45
	25—30	12.0	18.4	58.4	6.2	3.6	1.4	6.7	0.34	0.03	0.08	0.09	0.51	3.85	0.03	1.4	77	5.44	4.24	5.35
	30—35	8.6	16.3	62.2	6.3	4.6	2.0	7.3	0.32	0.04	0.12	0.09	0.42	4.10	0.03	1.7	81	5.43	4.24	5.31
	35—40	—	—	—	—	—	—	8.4	0.40	0.04	0.13	0.14	—	4.35	0.04	1.3	73	5.44	4.23	5.02
	40—45	15.9	18.8	45.4	8.7	8.9	2.3	6.5	0.44	0.04	0.14	0.14	0.29	4.75	0.04	2.2	121	5.45	4.31	5.75
	45—50	—	—	—	—	—	—	6.1	0.38	0.03	0.13	0.12	—	4.90	0.04	1.6	83	5.57	4.32	5.65

	0— 5	0.3	1.0	39.7	1.9	16.9	40.2	39.7	3.20	0.21	1.09	1.46	7.32	9.65	0.21	9.8	338	5.48	4.29	4.91
	5—10	0.6	1.4	31.6	5.6	17.3	43.5	33.2	3.26	0.20	1.09	1.66	4.90	9.30	0.09	6.9	227	5.46	4.07	4.78
	10—15	1.1	1.6	28.1	6.3	18.0	44.9	31.9	3.10	0.18	0.97	1.75	3.34	8.50	0.05	6.6	190	5.36	4.03	4.80
	15—20	2.1	2.2	26.7	7.7	18.7	42.6	28.9	3.08	0.16	0.88	1.88	2.28	8.40	0.04	5.7	130	5.42	4.04	4.81
1173	20—25	1.7	1.7	24.1	7.9	20.8	43.8	30.9	3.08	0.16	1.02	1.74	1.35	9.15	0.03	4.6	125	5.45	4.05	4.95
	25—30	0.7	0.8	16.0	9.1	25.2	48.2	28.9	3.43	0.21	0.73	2.32	0.94	8.20	0.02	4.1	116	5.43	4.04	5.01
	30—35	0.7	0.8	12.9	7.8	23.8	54.0	28.9	3.99	0.29	0.81	2.44	0.87	9.35	0.01	5.1	110	5.70	4.04	5.01
	35—40	—	—	—	—	—	—	29.8	3.38	0.32	0.77	2.00	—	9.60	0.02	4.8	133	6.06	4.20	5.38
	40—45	0.4	0.7	8.9	8.0	23.7	58.3	33.6	3.74	0.42	0.90	2.08	0.63	11.20	0.02	7.4	152	6.12	4.35	5.96
	45—50	0.0	0.0	8.4	5.6	24.5	61.5	37.7	3.71	0.46	0.85	1.97	—	13.50	0.02	7.5	136	6.68	4.51	6.13
	0— 5	3.1	3.2	44.3	10.0	11.9	27.5	36.9	2.72	0.15	1.08	1.24	9.24	14.05	0.15	11.6	408	5.03	3.99	4.45
	5—10	1.7	1.9	38.3	12.8	13.0	32.3	35.8	2.76	0.17	1.18	1.15	6.96	10.55	0.08	6.4	283	4.89	3.84	4.27
	10—15	0.9	0.8	34.5	13.0	13.5	37.3	36.0	2.96	0.18	1.36	1.07	5.86	8.75	0.05	5.5	268	4.94	3.86	4.32
	15—20	1.9	1.5	39.4	17.2	11.1	28.9	28.5	2.74	0.20	1.16	0.96	5.65	8.70	0.06	3.9	245	4.96	3.85	4.32
1175	20—25	2.9	2.2	37.3	19.3	12.1	26.2	28.5	2.60	0.18	1.07	1.00	4.19	8.65	0.06	4.4	227	5.03	3.88	4.52
	25—30	3.2	2.7	35.4	19.8	12.1	26.8	26.5	2.26	0.16	0.90	0.86	3.47	10.50	0.05	3.4	162	5.15	3.92	4.51
	30—35	9.5	4.4	31.1	12.3	11.7	31.0	21.7	2.01	0.15	0.72	0.86	1.88	10.10	0.04	3.6	151	5.14	3.98	4.67
	35—40	12.1	6.3	18.3	9.1	20.2	34.0	24.0	2.77	0.20	0.73	1.47	—	11.20	0.04	4.4	140	5.33	3.96	4.64
	40—45	5.7	2.3	14.5	4.8	18.0	54.7	29.7	3.65	0.27	1.01	2.39	1.30	13.05	0.04	6.9	216	5.33	3.94	4.90
	45—50	3.1	3.3	12.8	2.8	21.0	57.0	33.6	4.03	0.24	0.99	2.11	—	15.60	0.05	8.3	293	5.38	3.95	—
	0— 5	5.9	39.9	49.1	3.1	1.0	1.0	7.7	0.44	0.04	0.05	0.27	—	2.90	0.01	1.2	118	5.81	4.26	5.29
	5—10	6.3	47.6	42.7	1.5	1.3	0.6	7.8	0.29	0.03	+	0.26	—	3.25	+	0.7	66	5.94	4.45	5.53
	10—15	6.1	43.5	45.4	2.6	1.3	1.1	7.8	0.29	0.03	+	0.23	—	3.70	0.01	0.9	51	5.81	4.30	5.34
	15—20	9.3	40.8	44.7	2.2	1.7	1.3	6.8	0.23	0.03	+	0.19	—	4.20	0.01	0.6	41	5.94	4.22	5.19
	20—25	4.9	54.3	38.9	0.6	0.6	0.7	7.2	0.16	0.01	+	0.10	—	3.45	0.01	0.8	54	5.90	4.27	5.70
	25—30	2.6	60.8	35.4	0.5	0.1	0.6	4.7	0.17	0.02	0.01	0.09	—	2.90	0.02	0.6	47	6.18	4.46	5.91
	30—35	8.2	63.0	27.3	0.6	0.3	0.6	4.6	0.19	0.02	+	0.13	—	3.30	0.02	0.5	39	6.10	4.52	5.80
	35—40	6.6	53.3	39.0	0.4	0.2	0.5	4.1	—	—	—	—	—	4.40	0.02	0.5	33	6.34	4.63	5.71
1194	40—45	7.0	29.1	56.8	4.1	2.4	0.6	6.5	0.31	0.04	+	0.19	—	4.55	0.01	1.2	68	6.38	4.63	5.85
	45—50	1.2	3.9	71.7	13.1	7.8	2.3	5.9	—	—	—	—	—	6.50	0.02	1.8	167	5.79	4.46	5.79
	50—55	0.1	2.0	82.6	8.5	5.0	1.8	8.5	—	—	—	—	—	6.40	0.02	1.3	82	6.37	4.53	5.80
	55—60	0.1	0.4	26.5	26.1	37.1	9.8	14.8	—	—	—	—	—	12.75	0.04	4.6	83	5.81	4.25	5.23
	60—70	3.2	6.8	36.0	13.8	30.9	9.3	—	—	—	—	—	—	12.30	0.04	3.8	153	—	—	6.36
	70—80	9.3	12.9	26.1	6.4	21.6	23.7	—	—	—	—	—	—	17.95	0.03	6.4	207	—	—	6.25
	80—90	0.2	1.0	8.8	4.7	35.0	50.3	—	—	—	—	—	—	—	0.02	9.3	242	—	—	6.36
	90—100	0.3	0.9	6.7	5.1	44.4	42.6	—	—	—	—	—	—	—	0.06	9.0	265	—	—	6.49
	100—110	0.2	0.6	5.1	6.2	66.1	21.8	—	—	—	—	—	—	—	0.13	6.9	203	—	—	6.61
	110—120	0.1	0.5	3.4	10.6	71.4	14.0	—	—	—	—	—	—	17.00	0.15	5.7	191	—	—	6.55
	120—130	0.1	0.3	1.1	20.7	71.8	6.0	—	—	—	—	—	—	16.20	0.14	4.6	214	—	—	6.46

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1294	0— 5	12.8	35.3	19.4	9.1	12.5	10.9	24.9	1.08	0.06	0.69	0.26	4.98	6.00	0.10	3.0	270	5.08	4.00	4.71
	5—10	14.9	36.9	20.2	8.2	10.1	9.7	12.7	1.02	0.05	0.30	0.24	1.39	6.30	+	1.6	110	5.29	4.07	4.80
	10—15	28.8	32.9	28.1	5.1	2.6	2.5	7.1	0.30	0.03	0.11	0.06	0.55	6.60	+	1.2	63	5.57	4.30	5.03
	15—20	20.8	56.6	15.6	3.7	1.4	1.9	4.7	0.26	0.03	0.10	0.02	0.58	7.70	+	0.9	52	5.80	4.38	5.18
	20—25	3.0	27.6	5.2	3.2	25.2	35.8	25.1	2.91	0.20	0.51	2.03	0.73	11.30	0.02	5.4	150	5.90	4.25	5.30
	25—30	0.1	0.7	2.3	4.4	48.1	44.4	35.9	2.56	0.23	0.56	1.50	0.70	14.80	0.05	7.9	185	6.19	4.40	5.67
	30—35	0.9	2.4	3.7	4.4	42.2	46.4	35.9	2.61	0.23	0.65	1.50	0.71	14.10	0.03	7.3	175	6.05	4.27	5.40
	35—40	0.2	0.4	3.1	3.7	50.2	42.4	35.6	2.40	0.28	0.61	1.32	0.57	16.20	0.02	8.4	159	6.45	4.52	5.80
	40—45	0.3	0.8	3.5	7.1	50.1	38.2	31.5	2.07	0.33	0.54	0.91	0.42	18.60	0.02	7.2	189	6.52	4.56	6.21
	45—50	0.4	1.1	3.8	5.1	42.7	46.9	33.4	2.23	0.35	0.62	0.93	0.49	18.40	0.03	6.6	169	6.49	4.54	6.10
1295	0— 5	1.0	4.1	90.4	1.7	1.4	1.4	9.5	0.34	0.03	0.12	0.06	1.58	7.90	0.04	3.7	171	5.97	4.64	5.79
	5—10	3.2	13.9	79.6	2.1	0.2	1.0	9.4	0.15	0.02	0.04	0.02	0.42	6.50	0.03	1.6	81	6.37	4.99	6.41
	10—15	6.9	36.7	54.9	0.6	0.3	0.6	3.6	0.11	0.01	0.05	0.01	0.20	5.40	0.04	0.9	35	6.62	5.04	6.33
	15—20	11.0	41.0	47.0	0.2	0.3	0.5	3.1	0.10	0.01	0.04	+	0.12	5.20	0.04	1.0	35	6.76	5.18	6.40
	20—25	6.5	30.6	61.8	0.4	0.2	0.5	4.1	0.09	0.02	0.04	0.01	0.06	5.10	0.04	1.0	49	6.93	5.41	6.53
	25—30	21.9	53.4	23.9	0.2	0.2	0.4	3.3	0.09	0.02	0.01	0.05	0.03	4.90	0.04	0.9	43	6.97	5.34	6.58
	30—35	13.8	60.0	25.3	0.3	0.3	0.3	3.0	0.08	0.01	0.03	0.03	0.07	4.25	0.03	1.0	39	7.03	5.39	6.60
	35—40	23.7	54.9	19.3	1.0	0.6	0.5	3.2	0.17	0.02	0.07	0.04	0.15	5.90	0.03	1.3	43	6.83	5.29	6.51
	40—45	39.1	37.4	15.5	2.6	3.0	2.4	7.2	1.25	0.17	0.38	0.57	0.25	11.25	0.03	2.4	93	6.57	5.00	6.51
	45—50	3.9	2.5	8.4	26.4	39.3	19.5	22.6	0.34	0.03	0.15	0.11	0.46	16.80	0.05	8.0	167	6.69	5.14	6.49
1305	0— 5	2.6	11.4	20.4	12.5	28.6	24.5	36.7	2.38	0.16	0.98	1.11	7.57	38.70	0.16	10.8	443	5.44	4.56	4.90
	5—10	3.7	12.5	18.0	10.7	26.6	28.5	30.2	2.68	0.20	0.95	1.28	5.08	13.80	0.11	9.1	288	5.27	4.15	4.71
	10—15	5.8	13.1	17.6	7.9	26.5	29.1	25.4	2.48	0.18	0.85	1.26	3.93	21.45	0.09	6.9	263	5.29	4.05	4.66
	15—20	11.2	14.3	18.8	8.9	23.5	23.3	19.9	1.94	0.13	0.61	1.08	1.81	11.50	0.07	4.8	174	5.37	4.14	4.75
	20—25	8.0	10.6	16.7	10.1	24.0	30.6	22.5	2.12	0.16	0.61	1.22	0.97	8.80	0.02	5.6	194	5.49	4.14	4.90
	25—30	2.3	5.0	12.3	13.6	36.2	30.6	25.4	2.50	0.21	0.70	1.42	0.69	9.50	0.02	7.3	178	5.62	4.11	4.93
	30—35	1.3	3.2	8.3	15.0	49.2	23.0	23.8	1.96	0.21	0.57	1.06	0.56	12.40	0.02	6.1	198	5.78	4.17	5.01
	35—40	1.4	3.0	7.3	16.7	47.5	24.1	24.9	2.05	0.23	0.56	1.11	0.56	12.90	0.02	7.1	153	5.79	4.11	5.00
	40—45	0.3	1.5	3.6	12.9	52.9	28.8	27.2	1.86	0.24	0.54	0.90	0.56	14.95	0.02	8.7	213	5.92	4.07	5.42
	45—50	0.3	0.6	4.1	12.8	56.8	25.4	25.5	1.81	0.24	0.47	0.93	0.32	14.20	0.02	7.8	139	5.96	4.14	5.32
	50—55	0.1	0.4	5.5	14.0	56.0	24.0	25.9	2.00	0.27	0.57	1.01	0.43	14.30	0.02	9.6	179	5.90	4.11	5.13
	55—60	0.4	1.7	33.1	25.8	30.9	8.1	—	1.16	0.15	0.33	0.56	0.33	11.40	0.02	5.2	111	5.90	4.28	5.12

	0— 5	5.9	8.8	44.2	11.4	15.1	14.6	23.6	1.89	0.11	0.61	1.03	4.83	7.74	0.08	3.0	360	4.59	3.71	4.23
	5—10	8.5	16.9	38.7	6.9	15.2	13.8	21.6	1.77	0.11	0.50	0.90	2.38	7.82	0.05	1.8	273	4.63	3.82	4.21
	10—15	9.6	10.1	47.0	5.8	12.6	14.9	17.4	1.27	0.09	0.37	0.64	1.91	8.10	0.05	1.3	233	4.73	3.92	4.31
	15—20	10.6	18.2	43.9	7.7	9.9	9.7	14.5	0.81	0.04	0.21	0.41	1.30	7.80	0.05	1.3	177	4.77	3.97	4.33
1332	20—25	8.8	11.1	57.9	5.8	2.4	14.0	11.1	0.53	0.03	0.10	0.23	0.79	8.51	0.05	1.3	150	4.98	4.02	4.66
	25—30	6.6	17.9	57.8	5.1	8.2	4.4	11.0	0.51	0.05	0.09	0.31	0.25	8.48	0.03	1.8	110	5.39	4.16	5.00
	30—35	6.9	9.4	65.2	7.1	7.0	4.4	11.3	0.54	0.06	0.12	0.31	0.08	10.56	0.03	3.0	125	5.88	4.36	5.35
	35—40	4.6	6.5	52.5	14.7	14.9	6.8	14.4	1.07	0.12	0.12	0.60	0.15	12.80	0.04	4.4	174	6.23	4.55	5.49
	40—45	0.4	0.3	28.0	14.5	28.5	28.3	29.1	2.31	0.31	0.50	1.23	0.37	18.48	0.03	8.8	253	6.33	4.62	5.76
	45—50	0.1	0.5	18.6	13.9	28.6	38.3	29.8	3.25	0.50	0.64	1.81	0.45	21.40	0.03	8.9	242	6.60	4.87	5.88
	0— 5	0.2	0.3	73.3	20.2	4.2	1.8	7.4	0.43	0.08	0.24	0.40	0.53	4.10	0.04	3.1	403	5.28	4.36	5.29
	5—10	—	—	—	—	—	—	9.0	1.01	0.11	0.23	0.54	0.41	4.70	0.03	1.5	168	6.28	4.51	5.63
	10—15	0.1	0.2	70.9	23.7	3.8	1.3	9.0	0.89	0.11	0.23	0.45	0.18	5.15	0.04	2.3	237	6.47	4.77	6.12
	15—20	—	—	—	—	—	—	8.7	1.12	0.17	0.25	0.64	0.81	5.80	0.03	2.4	166	7.02	5.12	6.29
	20—25	0.3	0.3	69.5	23.1	5.3	1.5	10.1	1.23	0.20	0.21	0.73	0.40	5.75	0.03	3.6	478	6.39	5.07	6.11
	25—30	—	—	—	—	—	—	10.9	1.48	0.21	0.25	0.95	0.54	5.65	0.04	3.3	385	6.69	5.20	6.17
1370	30—35	0.3	0.7	64.2	21.3	10.7	2.8	18.5	2.50	0.37	0.38	1.65	0.89	5.75	0.04	5.3	368	6.71	5.10	6.30
	35—40	—	—	—	—	—	—	15.1	1.68	0.24	0.37	0.99	0.93	6.25	0.04	3.9	460	6.65	5.12	6.25
	40—45	0.6	0.8	66.8	19.0	9.8	3.0	17.1	1.55	0.19	0.36	0.87	1.51	5.85	0.04	4.0	505	6.20	4.71	5.69
	45—50	—	—	—	—	—	—	21.6	1.95	0.21	0.75	1.13	1.59	6.60	0.04	5.7	1550	4.94	4.27	4.51
	50—55	0.6	0.7	56.0	26.0	13.9	2.8	13.0	2.12	0.25	0.41	1.28	0.60	7.45	0.01	5.8	1200	5.12	4.42	4.77
	55—60	—	—	—	—	—	—	10.6	1.52	0.17	0.30	0.74	2.12	8.50	0.01	7.7	1610	5.26	4.60	4.68

S-Finnland, alter Boden — *Etelä-Suomi, vanha maa*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
977	0— 5	8.7	17.2	36.7	10.8	24.1	2.5	38.1	5.01	0.14	1.59	2.56	13.30	13.8	0.27	9.9	995	4.78	3.93	4.78
	5—10	10.3	19.4	34.7	8.7	21.2	5.7	31.5	6.52	0.15	2.28	3.24	4.48	10.5	0.08	4.9	623	4.94	4.01	4.90
	10—15	13.5	21.9	36.2	7.7	17.2	3.5	26.9	8.18	0.28	4.27	3.15	5.13	11.3	0.04	3.1	583	5.20	4.35	5.07
	15—20	18.0	19.9	37.6	10.4	12.0	2.1	24.5	9.28	0.55	5.08	2.92	4.59	10.6	0.03	4.8	1060	5.34	4.51	5.34
	20—25	21.4	18.0	37.8	12.2	9.3	1.3	21.8	9.04	0.73	5.22	2.50	4.41	13.2	0.03	4.3	1030	5.44	4.55	5.23
	25—30	22.7	18.8	38.2	9.7	9.6	1.0	19.5	7.72	0.75	4.51	1.81	.336	13.7	0.03	5.0	1210	5.45	4.58	5.39
	30—35	23.9	18.5	34.3	10.6	10.0	2.7	17.9	7.71	0.74	4.18	1.92	3.22	14.2	0.03	4.3	1070	5.43	4.60	5.33
	35—40	18.6	19.9	33.0	5.4	15.8	7.3	17.5	—	—	—	—	2.17	—	0.03	2.9	668	5.56	4.61	5.44
	40—45	18.3	18.7	35.9	8.1	15.0	4.0	18.3	5.55	0.78	3.16	1.02	2.24	12.7	0.03	2.9	650	5.57	4.63	5.36
	45—50	17.3	18.1	31.3	7.9	17.4	8.0	17.5	—	—	—	—	—	—	0.02	1.9	370	5.57	4.63	5.25
978	0— 5	0.7	1.8	44.0	16.0	19.5	18.0	33.0	2.20	0.21	0.92	0.69	7.35	19.2	0.14	14.5	605	5.23	4.30	4.95
	5—10	0.5	1.5	40.5	16.9	19.2	21.4	27.8	2.12	0.22	0.90	0.68	5.18	18.9	0.09	13.0	478	5.25	4.19	4.93
	10—15	0.3	1.4	39.5	17.3	17.0	24.5	24.6	2.42	0.22	1.05	0.85	4.40	18.6	0.03	12.6	378	5.32	4.14	4.93
	15—20	0.5	1.5	40.0	21.0	14.9	22.1	22.7	1.98	0.19	0.85	0.67	2.64	16.8	0.03	12.2	370	5.56	4.41	5.31
	20—25	1.4	2.7	37.6	17.8	17.1	23.4	19.7	1.36	0.18	0.54	0.43	0.89	16.2	0.01	9.0	263	5.97	4.53	5.74
	25—30	0.4	1.3	35.8	7.5	26.0	29.0	25.2	1.97	0.27	0.72	0.71	0.56	20.0	0.06	11.2	543	6.14	4.41	6.23
	30—35	0.1	0.4	21.0	3.5	31.3	43.7	30.8	2.28	0.31	0.83	0.81	0.30	26.0	0.02	12.2	608	6.14	4.48	6.30
	35—40	0.1	0.5	8.0	11.2	43.6	36.6	35.3	—	—	—	—	0.41	—	0.05	12.4	608	6.33	4.53	6.32
	40—45	0.1	0.2	11.9	2.0	29.7	56.1	35.6	2.15	0.33	0.77	0.67	0.38	25.3	0.03	12.8	605	6.69	4.66	6.40
987	0— 5	7.4	11.8	38.6	5.5	21.6	15.1	—	1.54	0.06	0.57	0.66	19.70	25.2	0.66	21.2	1520	4.64	3.92	4.80
	5—10	10.0	12.2	31.8	9.3	23.4	13.3	—	1.66	0.08	0.56	0.74	11.84	16.0	0.49	18.5	—	4.41	3.62	—
	10—15	10.9	19.0	28.1	12.2	18.8	11.0	—	2.05	0.08	0.79	0.91	9.35	11.9	0.28	11.8	1330	4.36	3.56	4.85
	15—20	14.9	30.4	37.1	5.8	10.0	1.8	—	1.81	0.06	0.63	0.86	5.59	9.4	—	10.5	1350	4.65	3.72	—
	20—25	17.8	34.9	28.0	5.1	9.0	5.2	12.6	1.69	0.09	0.49	0.81	3.32	9.2	0.07	5.0	438	4.87	3.80	5.21
	25—30	23.2	36.8	25.2	4.6	5.1	5.1	10.7	1.69	0.10	0.49	0.85	2.57	9.1	0.06	3.6	430	4.91	3.82	5.01
	30—35	34.9	40.3	10.4	3.6	5.8	5.0	7.1	1.36	0.09	0.40	0.65	2.20	10.2	0.05	2.7	315	5.16	4.01	5.01
	35—40	14.1	27.9	25.1	9.5	13.5	9.9	15.9	—	—	—	—	1.91	—	0.04	2.7	280	5.04	3.90	4.84
	40—45	10.0	15.7	19.1	12.9	27.8	14.5	21.0	1.47	0.14	0.43	0.67	0.96	12.0	0.08	6.2	410	5.06	3.89	5.45
	45—50	8.9	10.8	14.9	11.5	40.6	13.3	19.9	—	—	—	—	0.42	—	0.35	7.0	373	5.23	3.90	5.86

	0— 5	—	—	—	—	—	—	65.4	4.88	0.76	3.5	0.40	12.17	5.6	0.16	6.9	798	4.76	3.91	4.61
	5—10	3.4	3.2	29.5	4.9	22.7	36.3	78.3	7.09	1.49	5.0	0.38	8.96	3.4	0.13	5.6	985	5.13	4.22	4.94
	10—15	—	—	—	—	—	—	80.5	8.61	1.84	6.2	0.30	10.08	3.1	0.10	4.7	708	5.25	4.31	4.90
	15—20	0.8	1.6	27.1	4.5	21.3	44.7	82.6	7.23	1.10	5.7	0.28	17.40	3.3	0.09	7.5	1290	5.33	4.30	5.05
994	20—25	—	—	—	—	—	—	93.7	4.13	0.54	3.2	0.18	13.67	4.7	0.10	5.9	928	5.45	4.40	5.10
	25—30	4.3	5.5	33.8	8.8	23.0	24.6	50.6	2.45	0.39	1.8	0.12	7.38	5.6	0.08	4.8	718	5.44	4.49	5.19
	30—35	—	—	—	—	—	—	23.9	1.38	0.16	0.91	0.12	3.50	6.8	0.08	3.2	430	5.52	4.42	5.27
	35—40	17.7	16.8	39.7	10.5	12.0	3.3	11.9	—	—	—	—	—	—	0.10	2.5	229	5.66	4.35	5.64
	40—45	—	—	—	—	—	—	9.7	0.52	0.06	0.15	0.12	0.43	7.4	0.09	3.1	202	5.91	4.46	5.86
	45—50	14.6	15.2	38.4	13.3	15.6	2.9	9.5	—	—	—	—	—	—	0.11	3.3	237	6.57	4.68	6.37
	0— 5	—	—	—	—	—	—	—	4.11	0.06	3.1	0.54	33.20	—	0.26	14.0	1660	4.54	3.52	4.65
	5—10	0.0	0.0	26.7	0.0	37.4	35.9	—	4.00	0.04	3.0	0.36	31.40	1.70	0.18	12.5	1760	4.76	3.64	4.82
	10—15	—	—	—	—	—	—	—	2.87	0.03	2.3	0.24	21.40	1.30	0.10	10.0	1570	4.55	3.82	4.99
	15—20	1.2	1.3	23.1	15.7	24.6	34.1	—	2.14	0.04	1.5	0.24	13.20	2.80	0.10	5.6	968	4.93	3.95	4.70
995	20—25	—	—	—	—	—	—	52.5	1.45	0.10	0.94	0.26	6.50	4.50	0.07	2.7	533	4.82	3.97	4.54
	25—30	0.4	0.5	29.6	13.2	29.0	27.3	44.1	1.69	0.10	0.86	0.56	5.62	8.85	0.22	2.7	553	4.90	3.95	4.60
	30—35	—	—	—	—	—	—	27.1	1.75	0.19	0.42	0.96	0.97	18.18	0.04	2.4	241	5.11	3.80	4.63
	35—40	1.7	1.5	14.3	10.8	39.1	32.6	23.1	—	—	—	—	—	18.01	0.03	3.9	213	5.32	3.71	5.00
	40—45	—	—	—	—	—	—	22.1	1.77	0.21	0.44	0.68	0.15	20.19	0.36	6.5	185	5.42	3.80	5.08
	45—50	0.2	0.5	11.3	11.7	44.8	31.5	21.4	—	—	—	—	—	19.86	0.55	6.0	298	5.54	3.92	5.51
	0— 5	3.0	5.7	26.9	23.2	34.0	7.2	28.4	1.5[illegible]	0.04	0.43	0.76	6.36	5.86	0.23	4.[illegible]	620	4.79	3.66	4.78
	5—10	3.0	2.9	32.0	20.7	33.3	7.5	24.[illegible]	1.92	0.13	0.71	0.84	2.96	5.00	0.12	3.[illegible]	525	5.12	4.01	5.21
	10—15	4.0	5.1	24.8	21.8	34.0	10.3	21.7	2.76	0.35	1.61	0.75	1.88	4.21	0.10	2.5	413	5.41	4.28	5.20
	15—20	4.9	2.9	31.5	20.7	28.4	11.6	19.3	2.60	0.32	1.34	0.78	1.19	3.39	0.10	2.5	378	5.48	4.23	5.41
	20—25	5.1	4.5	31.4	23.4	25.6	10.0	20.9	3.01	0.46	2.02	0.75	1.13	2.59	0.05	2.4	368	5.49	4.32	5.22
1052	25—30	3.1	2.1	41.4	22.8	20.0	10.6	17.9	2.51	0.35	1.36	0.68	0.86	3.25	0.07	2.6	395	5.46	4.33	5.43
	30—35	1.7	2.1	45.9	26.7	14.9	8.7	16.1	2.24	0.30	1.34	0.48	0.53	3.36	0.08	1.5	278	5.64	4.35	5.30
	35—40	1.2	0.9	50.8	25.7	11.9	9.5	16.2	2.14	0.28	1.09	0.62	—	2.08	0.07	2.2	315	5.57	4.55	5.62
	40—45	0.8	1.0	50.1	29.1	12.3	6.7	14.4	1.80	0.21	0.76	0.60	0.40	2.72	0.12	1.7	360	5.66	4.33	5.35
	45—50	0.8	0.3	54.6	29.2	9.8	5.3	12.0	1.54	0.21	0.70	0.42	—	3.61	0.14	2.1	270	5.73	4.62	5.61
	50—60							13.6	1.78	0.22	0.55	0.44	—	3.82	0.12	2.4	355	5.70	4.68	5.61
	0— 5	3.0	9.4	16.7	11.5	48.5	10.9	41.8	1.74	0.14	0.56	0.69	5.88	27.3	0.35	20.7	860	6.55	5.75	6.37
	5—10	4.1	5.2	17.7	11.2	43.2	18.6	36.9	1.73	0.13	0.64	0.68	4.78	21.5	0.33	19.3	715	6.36	5.47	6.23
	10—15	5.5	9.8	16.1	11.4	46.7	10.5	34.0	1.76	0.14	0.60	0.73	3.56	16.9	0.30	13.8	673	6.14	5.16	6.28
	15—20	5.8	5.5	18.4	11.9	44.5	13.9	28.1	1.63	0.14	0.53	0.67	2.29	12.9	0.22	8.3	395	6.04	4.85	6.01
1053	20—25	7.0	9.8	17.8	9.4	45.9	10.1	23.4	1.45	0.13	0.54	0.61	1.20	9.7	0.20	5.3	395	6.03	4.61	6.18
	25—30	5.7	6.1	17.0	16.7	42.6	11.9	20.4	1.33	0.11	0.43	0.57	0.62	8.3	0.20	3.9	365	6.07	4.39	6.01
	30—35	9.2	9.4	15.6	13.4	43.2	9.2	19.7	1.25	0.10	0.42	0.53	0.57	8.1	0.18	4.6	545	6.01	4.37	6.17
	35—40	9.5	6.3	20.5	13.9	38.9	10.9	18.3	—	—	—	—	—	—	0.13	3.2	358	5.81	4.45	5.94
	40—45	12.8	9.6	15.4	11.3	39.4	11.5	17.4	1.33	0.11	0.41	0.63	0.28	7.4	0.49	3.5	395	5.92	4.22	6.01
	45—50	8.9	4.8	16.8	12.1	43.4	14.0	17.9	—	—	—	—	—	—	0.20	2.4	313	5.57	4.24	5.66

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	< 0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1054	0— 5	19.0	36.9	34.9	3.2	4.0	2.0	14.3	0.84	0.03	0.32	0.39	4.49	6.15	0.25	4.5	480	4.04	3.29	4.48
	5—10	19.4	24.5	48.1	2.6	3.2	2.2	11.2	1.07	0.05	0.42	0.47	2.45	4.55	0.12	3.1	343	4.65	3.71	5.12
	10—15	16.1	36.4	39.0	2.9	3.4	2.2	8.3	1.12	0.04	0.44	0.56	1.04	5.85	0.15	2.2	303	5.08	4.08	5.40
	15—20	13.7	18.0	60.8	2.6	2.1	2.8	9.1	1.87	0.09	0.86	0.82	1.39	5.65	0.14	2.6	423	5.29	4.29	5.61
	20—25	6.0	16.4	66.7	5.1	3.4	2.4	10.0	2.46	0.26	1.2	0.77	0.98	4.70	0.17	2.0	318	5.53	4.44	5.49
	25—30	4.9	4.9	80.1	5.0	3.3	1.8	9.8	2.28	0.30	1.2	0.60	0.84	5.70	0.13	2.2	453	5.65	4.55	5.70
	30—35	4.3	9.7	73.6	6.2	4.0	2.2	7.6	2.10	0.32	1.2	0.46	0.72	5.60	0.11	1.6	405	5.69	4.70	5.70
	35—40	7.3	9.8	71.5	5.7	3.2	2.5	11.5	—	—	—	—	—	5.05	0.15	1.7	388	6.31	5.05	5.89
	40—45	8.9	26.8	51.3	5.9	4.1	3.0	9.0	1.74	0.32	0.98	0.29	0.40	5.20	0.13	1.5	360	5.83	4.77	5.68
	45—50	9.6	14.8	63.4	5.2	4.1	2.9	7.4	—	—	—	—	—	5.55	0.15	1.3	358	5.95	4.91	5.68
1058	0— 5	3.0	10.9	29.5	15.6	33.8	7.2	32.2	2.31	0.10	1.10	1.04	6.41	9.35	0.22	5.7	668	4.85	3.74	4.86
	5—10	2.1	4.4	37.4	14.4	31.6	10.1	26.8	2.87	0.15	1.30	1.16	2.15	9.65	0.11	2.5	390	5.33	4.11	5.00
	10—15	1.1	7.7	28.1	16.1	37.7	9.3	27.0	2.85	0.20	1.31	1.15	1.39	8.95	0.10	3.1	515	5.56	4.29	5.40
	15—20	1.5	3.0	29.8	14.5	39.5	11.7	33.3	3.28	0.35	1.52	1.05	1.18	9.15	0.29	2.6	463	5.63	4.44	5.33
	20—25	1.4	5.1	20.7	17.2	45.2	10.4	31.7	2.74	0.31	1.54	0.69	0.90	10.45	0.11	2.5	433	5.75	4.44	5.43
	25—30	0.9	2.7	26.1	14.8	43.1	12.4	30.2	2.39	0.26	1.23	0.67	0.66	10.05	0.11	2.9	308	5.75	4.41	5.32
	30—35	0.9	3.8	19.3	14.3	47.7	14.0	29.6	2.10	0.24	1.14	0.56	0.64	12.00	0.12	2.9	400	5.90	4.38	5.53
	35—40	1.3	2.5	21.6	12.4	47.2	15.0	23.3	1.43	0.15	0.45	0.48	—	13.65	0.12	4.8	293	5.71	4.33	5.49
	40—45	1.3	4.9	19.3	15.0	47.0	12.5	19.6	1.38	0.10	0.45	0.54	0.32	14.90	0.14	7.6	388	5.98	4.15	6.02
	45—50	0.2	2.2	22.1	12.1	44.8	18.6	20.3	1.39	0.12	0.49	0.54	—	16.08	0.13	7.8	245	5.62	4.14	5.58
1116	0— 5	9.6	13.6	31.2	15.9	25.5	4.2	29.6	3.02	0.20	1.2	1.25	7.18	5.6	0.24	3.6	488	4.40	3.58	4.29
	5—10	11.9	6.5	34.0	16.0	22.7	8.9	23.1	3.11	0.18	1.1	1.30	5.04	6.1	0.19	2.4	388	4.42	3.69	4.34
	10—15	10.7	12.2	30.1	16.1	27.0	3.9	25.3	2.89	0.19	1.0	1.19	3.26	6.0	0.18	3.3	418	4.70	3.82	4.74
	15—20	15.8	6.0	30.4	16.4	24.4	7.0	20.0	2.79	0.24	0.90	1.06	1.88	6.0	0.15	1.4	268	4.83	4.04	4.71
	20—25	14.2	9.4	24.3	21.6	25.5	5.0	18.7	2.41	0.22	1.0	0.94	1.06	5.7	0.13	2.7	385	5.12	4.24	5.37
	25—30	13.1	4.7	22.5	23.1	31.6	5.0	18.6	2.64	0.28	1.1	0.94	1.03	6.3	0.14	1.4	290	5.24	4.34	5.21
	30—35	7.6	6.1	19.3	22.7	37.9	6.4	22.0	2.79	0.36	1.2	0.83	1.04	5.9	0.12	1.1	285	5.25	4.41	5.15
	35—40	3.9	1.8	22.3	25.0	41.9	5.1	27.6	—	—	—	—	—	—	0.11	0.8	233	5.27	4.41	5.18
	40—45	1.7	1.9	12.1	26.7	51.4	6.2	34.3	2.77	0.41	1.4	0.74	1.12	5.9	0.11	1.1	270	5.17	4.41	5.19
	45—50	1.0	0.6	16.2	30.0	47.2	5.0	35.3	—	—	—	—	—	—	0.14	1.0	231	5.35	4.44	5.18

	0— 5	—	—	—	—	—	26.8	1.48	0.10	0.67	0.49	5.05	7.1	0.05	4.5	378	5.03	4.05	4.77
	5—10	1.0	1.8	50.9	16.3	17.6	12.4	20.4	0.92	0.08	0.29	0.45	2.28	7.3	0.03	4.0	227	5.70	4.42	5.33
	10—15	—	—	—	—	—	—	15.6	0.96	0.05	0.19	0.37	0.58	8.4	0.02	3.4	150	6.24	4.61	5.79
	15—20	2.3	1.9	44.5	17.3	22.7	11.3	17.1	0.79	0.09	0.19	0.42	0.28	9.4	0.03	3.9	150	6.54	4.59	6.12
1163	20—25	—	—	—	—	—	—	16.7	0.80	0.08	0.16	0.41	0.23	11.0	0.03	4.6	158	6.49	4.64	6.18
	25—30	1.7	1.9	57.4	21.6	6.9	10.5	11.9	0.58	0.06	0.10	0.26	0.06	12.8	0.03	4.0	200	6.74	4.64	6.55
	30—35	—	—	—	—	—	—	23.8	1.29	0.16	0.29	0.68	0.17	15.0	0.03	6.9	290	6.68	4.78	6.32
	35—40	1.2	1.4	29.3	29.9	22.4	15.8	25.0	1.20	0.17	0.27	0.62	—	—	0.03	6.6	258	6.81	4.80	6.49
	40—45	—	—	—	—	—	—	10.9	0.50	0.09	0.13	0.21	0.07	12.6	0.03	4.6	205	6.93	5.05	6.98
	45—50	2.4	7.1	58.8	15.3	7.6	8.8	11.4	0.60	0.08	0.16	0.27	—	—	0.04	4.8	285	7.00	5.11	6.92
	0— 5	2.0	4.7	14.1	16.2	35.2	27.8	42.7	3.66	0.14	2.03	1.25	10.84	7.76	0.11	9.8	365	5.06	3.90	4.66
	5—10	2.0	5.8	9.9	13.2	34.6	34.5	36.2	3.70	0.13	1.86	1.42	8.56	41.05	0.11	7.8	345	5.32	4.00	4.75
	10—15	0.9	3.3	10.3	16.2	38.0	31.3	36.0	4.09	0.18	1.96	1.62	9.06	32.45	0.11	10.8	353	5.48	4.08	4.88
	15—20	1.9	5.1	15.6	15.4	34.1	27.9	35.0	4.56	0.20	1.82	2.19	6.90	37.40	0.10	7.7	242	5.40	4.05	4.80
	20—25	0.4	1.2	9.6	14.1	37.0	37.7	29.5	4.30	0.18	1.06	2.87	2.41	43.40	0.04	5.7	144	5.51	3.96	4.90
1321	25—30	0.4	1.3	11.4	18.1	43.9	24.9	27.6	3.37	0.22	0.72	2.18	0.75	49.25	0.04	7.0	80	5.79	3.82	5.00
	30—35	0.5	1.5	8.2	17.1	43.9	28.8	27.4	3.44	0.24	0.70	2.18	0.43	10.20	0.05	10.5	95	6.11	4.02	5.43
	35—40	0.4	0.9	6.7	15.6	42.3	34.1	27.9	3.39	0.24	0.70	2.09	0.51	17.90	0.06	9.3	93	6.27	4.19	5.66
	40—45	0.3	0.9	5.4	10.5	39.6	43.3	30.3	3.49	0.27	0.59	2.21	0.44	50.45	0.05	8.7	103	6.55	4.31	5.95
	45—50	0.4	0.8	5.2	8.3	38.8	46.5	31.6	3.82	0.37	0.57	2.42	0.48	42.86	0.05	10.5	88	6.65	4.35	5.93
	0— 5	2.8	11.1	26.8	14.3	32.9	12.1	30.3	2.49	0.12	0.84	1.24	8.18	12.3	0.13	7.9	270	5.20	3.96	4.70
	5—10	—	—	—	—	—	—	28.4	2.70	0.11	0.87	1.37	4.60	10.0	0.07	4.9	132	5.25	3.88	4.62
	10—15	2.7	9.2	30.2	13.6	31.6	12.7	25.1	2.60	0.08	0.87	1.32	2.84	9.9	0.06	2.6	110	5.50	3.91	4.72
	15—20	—	—	—	—	—	—	24.1	2.49	0.06	0.91	1.27	2.51	11.1	0.05	2.2	92	5.42	3.98	4.76
1322	20—25	2.9	7.5	29.5	14.3	28.3	17.5	22.4	2.55	0.08	0.82	1.37	2.04	11.9	0.06	3.5	107	5.68	4.05	5.00
	25—30	—	—	—	—	—	—	21.9	2.49	0.09	0.77	1.38	1.49	12.4	0.06	3.3	92	5.74	4.16	5.08
	30—35	1.7	3.6	31.7	12.7	24.6	25.7	21.6	2.32	0.11	0.70	1.35	1.34	13.1	0.06	4.0	89	5.98	4.12	5.25
	35—40	—	—	—	—	—	—	24.7	2.56	0.15	0.67	1.56	1.20	—	0.06	5.0	78	6.01	4.14	5.29
	40—45	1.3	2.1	29.6	14.5	28.9	23.6	24.0	2.18	0.14	0.54	1.35	1.21	15.1	0.06	5.2	89	6.16	4.17	5.74
	45—50	—	—	—	—	—	—	23.5	2.27	0.17	0.50	1.38	0.90	—	0.06	5.6	69	6.31	4.19	5.64
	0— 5	6.4	14.7	19.1	6.9	32.3	20.6	32.8	2.26	0.15	1.03	0.89	6.48	10.55	0.12	4.4	232	4.56	3.57	4.20
	5—10	7.2	15.6	19.3	6.3	32.9	18.7	28.5	2.28	0.17	0.90	0.97	4.70	9.25	0.08	2.2	175	4.52	3.55	4.16
	10—15	9.8	16.2	19.2	5.7	30.3	18.8	24.5	2.39	0.19	0.87	1.04	3.16	8.50	0.07	1.8	121	4.78	3.72	4.32
	15—20	11.2	15.4	16.7	7.2	30.4	19.1	22.3	2.24	0.16	0.77	1.00	1.67	9.00	0.06	1.8	119	5.07	3.90	4.59
	20—25	9.5	12.7	16.1	4.7	32.4	24.6	22.9	2.32	0.20	0.65	1.13	0.77	9.36	0.06	2.4	93	5.27	3.98	4.78
1380	25—30	3.7	6.1	10.7	6.8	39.9	32.8	27.5	2.78	0.23	0.71	1.50	0.69	12.48	0.04	4.9	128	5.43	3.90	4.81
	30—35	0.7	2.8	7.7	7.6	42.8	38.4	29.2	3.10	0.29	0.87	1.67	0.60	13.80	0.06	5.7	136	5.53	3.90	4.85
	35—40	0.3	1.6	8.4	6.9	49.2	33.6	30.3	3.20	0.31	0.76	1.82	0.62	14.44	0.05	6.8	124	5.55	3.87	4.90
	40—45	0.5	1.5	6.0	6.1	41.1	44.8	31.2	2.78	0.29	0.71	1.50	0.56	16.25	0.06	5.9	134	5.61	3.86	4.94
	45—50	0.3	0.5	6.4	6.5	45.8	40.5	33.8	2.83	0.33	0.79	1.44	0.51	19.30	0.05	7.1	123	5.50	3.88	5.00
	50—55	1.0	2.0	6.0	4.8	44.4	41.8	34.7	2.78	0.33	0.79	1.31	0.47	19.60	0.04	6.1	116	5.49	3.92	5.11
	55—60	0.1	0.2	3.3	8.7	49.6	38.1	34.0	2.60	0.30	0.72	1.13	0.38	19.85	0.05	8.0	123	5.66	4.03	5.20

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyytejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	< 0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1434	0— 5	1.5	19.1	49.4	14.9	12.0	3.1	19.7	1.85	0.06	0.68	0.88	5.34	3.01	0.11	1.3	150	3.99	3.50	3.90
	5—10	8.0	19.2	45.7	13.7	11.3	2.1	16.6	1.84	0.05	0.69	0.86	4.88	3.60	0.09	0.7	109	4.45	3.74	4.20
	10—15	8.9	19.6	45.1	13.3	10.6	2.5	23.7	2.22	0.09	0.98	0.89	3.08	4.01	0.05	0.7	85	4.68	4.10	4.60
	15—20	7.3	22.0	44.5	13.4	10.8	2.0	16.2	2.74	0.16	1.42	0.89	2.60	5.35	0.06	0.7	76	4.79	4.29	4.90
	20—25	7.2	20.3	47.5	12.5	9.5	3.0	10.5	2.84	0.18	1.47	0.88	1.82	5.89	0.06	0.9	67	4.97	4.47	5.00
	25—30	7.7	16.0	50.8	13.3	9.0	3.2	13.6	2.42	0.17	1.12	0.89	1.88	5.40	0.06	0.4	57	5.21	4.53	5.23
	30—35	6.3	16.4	53.2	13.3	8.6	2.2	14.7	2.60	0.18	1.27	0.93	1.08	4.45	0.06	0.4	52	5.17	4.58	5.28
	35—40	7.1	14.0	53.9	13.2	10.0	1.8	11.9	2.74	0.23	1.33	0.92	1.14	2.32	0.06	0.4	51	5.28	4.61	5.40
	40—45	7.0	15.3	53.3	13.5	9.2	1.7	13.7	2.82	0.28	1.42	0.79	1.11	3.30	0.05	0.3	47	5.35	4.61	5.35
	45—50	7.5	14.6	53.2	13.8	9.4	1.5	13.1	2.94	0.34	1.54	0.79	1.04	3.41	0.05	0.4	40	5.36	4.65	5.55
	50—55	5.7	15.3	53.7	15.2	8.4	1.7	17.0	2.99	0.41	1.48	0.78	0.97	3.82	0.05	0.3	41	5.36	4.69	5.58
	55—60	7.0	13.9	55.1	13.4	8.6	2.0	12.3	2.79	0.37	1.49	0.74	0.97	2.61	0.05	0.3	41	5.31	4.73	5.60
1436	0— 5	2.0	10.8	41.2	18.4	23.7	3.9	36.4	2.72	0.15	1.14	1.12	4.84	11.60	0.05	4.0	183	4.54	3.95	4.55
	5—10	3.8	10.5	35.6	19.0	24.4	6.7	28.9	2.73	0.15	0.99	1.23	3.53	11.05	0.04	3.0	109	4.59	3.88	4.49
	10—15	6.1	12.5	38.3	18.3	21.5	3.3	26.2	2.74	0.15	1.06	1.24	2.54	9.75	0.03	2.7	91	4.78	3.96	4.52
	15—20	5.5	10.3	36.5	17.5	22.1	7.3	24.3	2.83	0.13	1.02	1.37	2.28	9.45	0.03	2.1	82	4.87	3.98	4.67
	20—25	5.5	9.3	38.2	16.7	24.3	6.0	23.8	2.97	0.18	1.27	1.29	2.01	9.35	0.03	2.3	71	4.99	4.09	4.73
	25—30	6.1	11.1	34.0	19.2	22.9	6.7	22.0	3.12	0.23	1.43	1.21	1.64	9.05	0.02	1.5	69	4.92	4.17	4.79
	30—35	5.6	9.6	36.5	18.5	24.2	5.6	21.4	3.00	0.28	1.51	1.12	1.32	12.80	0.02	1.3	59	5.02	4.22	4.89
	35—40	5.4	8.5	34.2	19.7	24.4	7.8	21.2	3.02	0.34	1.52	0.99	1.17	8.40	0.02	1.1	69	5.06	4.27	5.00
	40—45	4.6	8.0	33.8	20.7	26.2	6.7	21.5	3.21	0.38	1.54	0.89	1.12	8.04	0.02	0.8	47	5.10	4.32	5.06
	45—50	4.6	6.7	29.2	22.4	29.2	7.9	23.6	3.09	0.44	1.59	0.83	1.10	7.68	0.02	0.8	41	5.08	4.32	5.13
	50—55	—	—	—	—	—	—	26.8	2.92	0.47	1.60	0.77	0.93	8.26	0.03	0.8	44	5.20	4.33	5.14
	55—60	2.6	5.1	26.1	22.6	34.3	9.3	32.5	2.63	0.49	1.53	0.71	0.87	8.30	0.03	0.9	37	5.27	4.38	5.17
1437	0— 5	28.0	28.2	22.3	7.8	8.9	4.8	25.7	2.23	0.11	0.83	1.01	5.14	10.01	0.11	7.8	235	5.04	4.45	4.97
	5—10	29.3	28.2	21.4	13.0	4.4	3.7	15.0	2.22	0.09	0.74	1.03	3.50	7.80	0.08	4.3	118	5.11	4.21	4.98
	10—15	32.3	29.1	20.6	6.7	8.0	3.3	13.8	2.27	0.10	0.81	1.04	3.44	5.48	0.08	2.8	79	5.11	4.10	4.90
	15—20	28.9	26.0	19.4	8.8	11.7	5.2	27.3	2.84	0.20	0.99	1.30	5.28	8.98	0.07	5.9	109	5.01	4.12	4.83
	20—25	29.2	23.6	20.1	7.4	15.0	4.7	23.0	2.91	0.14	1.03	1.35	4.59	16.75	0.07	9.3	109	5.20	4.17	4.91
	25—30	30.9	22.3	20.0	8.8	13.5	4.5	18.4	2.67	0.14	0.98	1.23	2.90	8.70	0.06	4.4	97	5.34	4.33	5.09
	30—35	28.7	21.9	20.9	8.6	14.9	5.0	16.6	2.61	0.19	1.04	1.12	2.31	7.72	0.06	3.4	90	5.38	4.38	5.21
	35—40	28.5	21.0	21.5	8.1	17.1	3.8	15.8	2.84	0.26	1.32	1.05	2.22	7.10	0.03	1.6	76	5.48	4.45	5.29
	40—45	28.3	17.3	20.3	9.2	17.2	7.7	15.2	2.74	0.28	1.34	0.96	1.49	6.21	0.02	2.1	85	5.66	4.50	5.44
	45—50	22.1	16.1	22.4	9.4	21.1	8.9	16.8	2.93	0.35	1.44	0.95	1.23	5.65	0.01	1.5	78	5.47	4.45	5.32
	50—55	24.8	19.0	22.0	9.2	17.7	7.3	16.4	2.72	0.33	1.29	0.89	1.00	5.00	0.02	—	160	5.19	4.42	5.15
	55—60	34.7	29.7	18.6	5.4	7.7	3.9	8.6	1.87	0.23	0.84	0.62	0.77	4.05	0.02	—	155	5.18	4.48	5.20

	0— 5	12.7	18.9	44.6	7.5	10.3	6.0	12.1	1.01	0.08	0.39	0.41	1.68	5.10	0.04	1.4	127	4.90	3.97	4.71
	5—10	10.5	17.3	45.5	7.1	13.3	6.3	11.6	0.98	0.08	0.40	0.40	1.10	5.05	0.10	1.2	189	4.87	4.02	4.71
	10—15	8.3	13.6	46.1	6.2	16.7	9.1	12.9	0.97	0.07	0.40	0.40	0.63	5.10	0.02	0.7	48	5.15	4.02	4.74
	15—20	6.9	11.6	42.9	8.3	20.0	10.3	13.6	0.97	0.07	0.39	0.43	0.53	5.60	0.01	0.5	51	5.09	3.97	4.71
	20—25	5.9	8.0	42.5	7.3	24.0	12.3	15.6	0.94	0.12	0.31	0.42	0.27	6.45	0.07	0.8	38	5.25	3.88	4.75
	25—30	5.1	6.2	32.3	7.8	33.0	15.6	17.8	1.56	0.13	0.40	0.88	0.34	7.20	0.01	1.6	40	5.30	3.74	4.68
1440	30—35	4.1	3.4	20.9	7.6	44.2	19.8	19.9	1.82	0.14	0.50	1.11	0.33	7.40	0.01	2.0	44	5.25	3.66	4.73
	35—40	1.3	1.5	10.1	6.5	52.4	28.2	24.0	2.21	0.19	0.55	1.41	0.33	7.20	0.02	3.5	46	5.37	3.59	4.70
	40—45	0.8	1.0	6.7	8.7	53.9	28.9	25.0	2.11	0.20	0.57	0.78	0.32	10.40	0.03	5.1	48	5.45	3.53	4.73
	45—50	0.4	0.4	2.7	10.5	56.8	29.2	25.8	1.86	0.20	0.58	1.05	0.30	12.30	0.04	5.4	50	5.43	3.50	4.74
	50—55	0.5	1.3	5.9	9.5	57.2	25.6	28.0	1.80	0.20	0.55	0.71	0.27	13.40	0.06	7.4	158	5.09	3.50	4.77
	55—60	0.2	0.4	5.3	9.8	53.4	30.9	26.3	1.72	0.20	0.54	0.66	0.24	14.20	0.27	7.6	53	5.56	3.57	4.84
	0— 5	1.8	4.5	13.6	7.5	35.3	37.3	40.6	3.53	0.23	1.30	1.67	5.90	12.10	0.03	7.2	179	4.96	4.22	4.97
	5—10	1.2	2.7	14.3	6.5	37.9	37.4	34.3	3.69	0.21	1.16	1.87	3.42	13.70	0.02	4.4	145	5.07	4.10	4.92
	10—15	1.4	3.0	11.0	6.3	35.7	42.6	30.5	3.62	0.21	1.16	1.87	2.40	11.50	0.01	3.4	94	5.16	4.10	4.93
	15—20	1.1	2.7	11.3	6.8	36.5	41.6	30.3	3.58	0.20	1.15	1.88	2.30	11.50	0.01	3.7	103	5.15	4.10	4.92
	20—25	1.7	3.4	15.0	7.2	31.1	41.6	29.1	4.08	0.21	1.10	2.30	1.11	11.30	0.01	3.6	77	5.29	4.14	5.00
1441	25—30	0.7	2.3	9.8	10.9	31.9	44.4	28.9	4.43	0.25	1.23	2.57	0.93	10.50	0.01	3.3	66	5.33	4.13	5.00
	30—35	1.1	3.1	11.2	9.2	28.1	47.3	29.4	4.25	0.21	1.07	2.57	0.73	9.55	0.01	4.0	52	5.45	4.13	5.07
	35—40	0.4	2.0	5.4	7.9	40.1	44.2	30.8	3.64	0.25	1.07	1.93	0.58	10.90	0.02	7.2	48	5.58	4.07	5.09
	40—45	0.5	0.8	5.9	7.6	47.9	37.3	30.5	3.00	0.26	1.45	1.53	0.50	16.80	0.01	9.7	57	5.76	4.08	5.22
	45—50	0.1	0.2	3.5	5.4	50.0	40.8	32.0	2.71	0.26	0.65	1.69	0.46	21.40	0.02	9.6	62	6.00	4.20	5.45
	50—55	0.1	0.3	2.7	7.2	46.8	42.9	32.7	2.41	0.33	0.42	1.10	0.39	24.60	0.04	12.4	77	6.18	4.36	5.74
	55—60	0.0	0.1	2.4	6.2	54.1	37.2	31.7	2.01	0.31	0.25	1.05	0.43	26.30	0.09	11.3	72	6.28	4.45	5.86
	0— 5	8.8	25.6	48.5	8.1	6.9	2.1	19.6	1.13	0.04	0.37	0.45	6.04	4.90	0.09	2.3	226	4.02	3.44	3.80
	5—10	6.6	24.1	50.1	8.8	6.9	3.5	13.7	1.14	0.04	0.30	0.59	2.46	3.70	0.02	1.6	79	4.40	3.79	4.18
	10—15	8.9	20.9	53.4	7.9	6.0	2.9	13.4	2.02	0.06	0.72	0.97	2.16	3.35	0.01	1.9	173	4.48	4.01	4.50
	15—20	9.5	23.0	48.2	8.7	6.3	4.3	14.4	2.53	0.11	1.11	1.10	2.10	3.55	+	1.2	66	4.72	4.18	4.73
1442	20—25	11.8	24.2	49.4	5.4	5.9	3.3	12.6	3.34	0.38	1.61	1.01	1.62	4.60	0.01	1.5	58	4.89	4.41	5.03
	25—30	13.2	27.9	42.8	5.1	7.5	3.5	13.5	3.11	0.39	1.65	0.76	1.53	4.90	0.01	1.6	73	4.88	4.47	5.10
	30—35	9.4	24.6	48.0	4.9	7.5	5.6	12.5	2.96	0.40	1.60	0.57	1.27	4.75	0.01	0.7	45	4.98	4.48	5.12
	35—40	5.6	28.0	40.0	4.5	15.3	6.6	14.3	3.06	0.41	1.80	0.59	1.20	5.80	0.01	0.5	58	4.96	4.46	5.14
	40—45	5.2	18.6	35.5	8.3	21.7	10.7	20.0	3.53	0.53	2.14	0.57	1.31	7.90	0.01	0.5	48	4.97	4.44	5.15
	45—50	8.3	13.6	23.9	12.8	27.5	13.9	21.1	3.39	0.46	2.03	0.57	1.05	11.80	0.01	0.6	127	4.80	4.43	5.12
	50—55	—	—	—	—	—	—	27.4	4.24	0.68	2.64	0.77	1.08	11.20	0.01	0.5	89	4.88	4.40	5.13
	55—60	0.9	3.5	11.0	9.7	51.0	23.9	24.7	3.95	0.69	2.33	0.73	0.99	24.60	0.01	0.5	51	5.00	4.39	5.12

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyytejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	< 0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1448	0— 5	2.0	2.7	12.0	9.8	24.6	48.9	40.6	2.70	0.16	0.96	1.26	7.18	9.41	0.07	9.6	193	5.19	4.18	4.94
	5—10	2.3	3.2	11.8	9.7	24.2	48.8	37.5	2.56	0.17	0.87	1.25	3.88	6.29	0.03	4.1	109	4.88	3.76	4.54
	10—15	4.0	3.4	12.0	9.4	21.9	49.3	34.2	2.49	0.17	0.82	1.22	3.06	7.05	0.02	2.9	93	4.87	3.73	4.54
	15—20	28.8	10.8	21.4	6.1	8.0	24.9	18.9	1.50	0.10	0.35	0.88	1.43	6.75	0.01	1.9	56	4.99	3.88	4.65
	20—25	13.5	13.2	27.7	7.7	13.0	24.9	21.2	1.63	0.14	0.40	0.90	0.91	6.78	0.01	1.7	59	5.04	3.88	4.65
	25—30	5.9	14.0	32.0	10.7	10.6	26.8	20.0	1.51	0.13	0.35	0.86	0.97	6.65	0.01	1.7	57	5.02	3.86	4.65
	30—35	0.7	2.0	10.6	7.5	24.4	54.8	37.3	3.18	0.25	0.72	1.97	1.09	7.66	0.02	3.1	68	5.03	3.68	4.65
	35—40	0.3	0.6	6.7	7.0	26.5	58.9	38.3	3.31	0.28	0.64	2.09	1.02	7.11	0.03	3.8	77	5.14	3.68	4.73
	40—45	0.1	0.3	4.6	8.2	26.0	60.8	41.4	3.23	0.30	0.76	1.84	0.87	10.29	0.04	4.4	86	5.25	3.74	4.93
	45—50	0.1	0.2	3.9	8.7	30.7	56.4	38.7	2.92	0.31	0.68	1.61	1.01	11.71	0.04	6.4	91	5.45	3.93	5.12
	50—55	0.1	0.2	4.9	9.4	32.1	53.3	38.8	3.28	0.42	0.74	1.60	0.99	14.06	0.03	7.8	115	5.81	4.16	5.49
	55—60	0.1	0.3	4.5	7.1	24.6	63.4	37.7	2.95	0.39	0.72	1.46	0.91	13.40	0.03	10.0	130	5.95	4.30	5.66
1449	0— 5	2.0	10.9	36.4	14.2	22.3	14.2	28.2	2.24	0.17	0.61	1.21	5.26	9.29	0.09	5.4	117	4.71	3.80	4.56
	5—10	1.5	8.0	37.2	15.7	21.9	15.7	22.6	2.37	0.19	0.56	1.37	3.28	8.90	0.04	3.5	99	4.79	3.70	4.53
	10—15	0.9	7.4	42.7	14.4	20.0	14.6	20.2	2.20	0.18	0.59	1.21	2.47	8.22	0.03	2.7	78	4.98	3.78	4.65
	15—20	1.0	9.5	44.6	14.0	16.5	14.4	15.7	1.79	0.14	0.47	1.04	1.85	8.00	0.03	2.8	60	5.19	3.88	4.79
	20—25	3.2	16.0	41.7	12.8	14.4	11.9	13.3	1.64	0.12	0.38	1.00	1.38	7.55	0.01	2.9	58	5.31	3.98	4.96
	25—30	8.7	19.2	38.1	10.1	11.9	12.0	11.4	1.75	0.12	0.37	1.12	0.98	5.94	0.01	2.4	47	5.54	4.08	5.09
	30—35	2.4	22.7	39.4	9.8	12.5	13.2	14.0	1.79	0.16	0.38	1.12	0.71	7.80	0.01	1.9	48	5.64	4.08	5.16
	35—40	1.8	19.2	38.6	12.1	13.5	14.8	13.7	2.27	0.20	0.44	1.47	0.67	12.35	0.01	2.4	57	5.55	4.02	5.14
	40—45	1.3	17.6	38.2	11.0	16.4	15.5	15.7	2.66	0.24	0.51	1.72	0.53	8.44	0.01	2.1	49	5.65	4.02	5.15
	45—50	0.7	25.3	33.3	7.5	13.3	19.9	15.3	2.86	0.25	0.44	1.94	0.53	8.30	0.02	2.8	52	5.63	4.05	5.17
	50—55	1.4	23.0	30.9	6.7	15.2	22.8	16.9	3.34	0.30	0.54	2.24	0.55	7.96	0.02	3.2	59	5.66	4.03	5.20
	55—60	3.6	19.5	27.4	7.6	18.7	23.2	18.3	3.69	0.33	0.49	2.58	0.71	8.62	0.01	3.3	60	5.68	4.02	5.17
1452	0— 5	9.0	31.3	36.6	7.4	11.6	4.1	16.3	1.98	0.17	0.84	0.85	2.38	9.98	0.05	3.8	94	5.28	4.25	5.05
	5—10	9.2	31.2	33.6	6.8	14.4	4.8	14.0	1.88	0.18	0.86	0.77	2.00	9.32	0.03	2.1	68	5.25	4.22	5.01
	10—15	8.9	29.8	35.9	7.4	13.2	4.8	17.5	1.91	0.12	0.84	0.84	1.95	8.95	0.03	2.1	66	5.24	4.20	5.00
	15—20	8.7	31.3	33.9	7.7	13.9	4.5	17.2	1.79	0.11	0.78	0.80	2.03	9.34	0.03	2.2	56	5.30	4.25	5.05
	20—25	8.1	32.5	37.0	6.8	11.5	4.1	14.5	1.94	0.11	0.79	0.89	1.49	8.24	0.03	2.2	52	5.34	4.28	5.08
	25—30	7.5	31.7	36.1	7.7	12.5	4.5	12.0	2.07	0.18	1.03	0.81	1.06	7.71	0.03	1.7	56	5.40	4.38	5.21
	30—35	10.2	34.3	37.5	5.9	9.2	2.9	11.8	2.33	0.23	1.16	0.85	0.79	7.09	0.02	0.8	51	5.38	4.42	5.25
	35—40	8.8	30.9	35.6	7.1	13.2	4.4	13.8	2.23	0.28	1.15	0.75	0.67	7.44	+	0.8	49	5.42	4.48	5.32
	40—45	6.5	26.3	36.9	8.3	16.9	5.1	11.9	2.02	0.30	1.05	0.64	0.47	9.58	+	0.7	48	5.55	4.57	5.47
	45—50	2.9	14.2	32.4	14.6	28.8	7.1	19.2	1.89	0.29	1.01	0.58	0.41	11.67	0.01	0.6	49	5.58	4.54	5.46
	50—55	2.1	9.0	30.2	16.3	32.5	9.9	19.4	1.74	0.21	0.76	0.64	0.29	12.48	0.01	1.2	46	5.70	4.45	5.43
	55—60	0.6	4.4	26.7	15.4	39.1	13.8	20.7	1.76	0.18	0.61	0.86	0.26	13.00	0.02	2.7	48	5.78	4.28	5.36

N-Finnland, junger Boden — *Pohjois-Suomi, nuori maa*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
999	0— 5	16.0	35.2	38.2	6.1	3.3	1.2	17.3	0.66	0.03	0.17	0.37	3.68	4.25	0.15	3.5	503	4.91	3.78	4.67
	5—10	22.5	45.2	24.6	2.9	3.6	1.2	8.7	0.67	0.03	0.15	0.41	1.53	2.80	0.07	1.7	325	4.86	3.72	4.78
	10—15	28.8	43.6	25.3	1.1	0.8	0.4	5.7	0.56	0.03	0.11	0.39	0.3(	3.10	0.03	0.4	154	5.23	4.00	5.07
	15—20	32.2	40.8	25.0	0.7	0.8	0.5	3.6	0.59	0.03	0.13	0.41	0.15	3.25	0.03	0.4	133	5.32	4.02	5.29
	20—25	10.7	49.9	38.0	0.6	0.4	0.4	3.2	1.03	0.04	0.14	0.82	0.22	4.60	0.02	2.2	157	5.44	4.11	5.27
	25—30	2.4	12.4	63.5	13.1	7.3	1.3	11.8	1.33	0.07	0.26	0.94	1.56	6.90	0.04	2.8	255	5.61	3.61	4.42
	30—35	11.8	24.8	49.2	8.6	4.6	1.0	7.0	0.71	0.05	0.17	0.45	0.36	5.80	0.03	1.0	161	5.41	4.06	5.03
	35—40	19.0	40.5	35.7	3.0	1.3	0.5	6.1	0.68	0.05	0.14	0.44	—	4.70	0.02	0.6	105	5.41	4.21	5.30
	40—45	42.6	24.9	24.9	4.4	2.3	0.9	4.3	1.05	0.08	0.12	0.82	0.13	4.50	0.02	0.6	113	5.34	4.11	5.21
	45—50	52.9	39.7	6.4	0.4	0.3	0.3	3.2	0.53	0.04	0.07	0.41	—	3.60	0.03	0.3	76	6.01	5.51	5.51
1000	0— 5	7.5	20.1	54.1	8.5	7.5	2.3	14.1	0.79	0.05	0.18	0.49	2.64	11.75	0.05	6.2	503	5.52	4.67	5.33
	5—10	13.0	19.1	49.7	8.6	7.4	2.2	12.5	0.79	0.05	0.16	0.51	1.82	12.00	0.03	6.2	318	5.51	4.58	5.28
	10—15	15.0	21.7	46.3	8.4	6.6	2.0	7.9	0.80	0.05	0.14	0.55	0.84	8.95	0.02	4.7	335	6.14	5.29	5.80
	15—20	16.6	21.3	44.4	8.7	7.1	1.9	8.5	0.84	0.05	0.16	0.56	0.69	9.40	0.02	4.1	290	6.16	5.22	5.90
	20—25	10.9	19.0	51.0	9.8	7.4	1.9	13.9	0.87	0.06	0.17	0.55	1.74	14.60	0.02	8.7	358	6.00	5.24	5.68
	25—30	6.1	16.5	55.3	11.5	8.5	2.1	17.7	0.88	0.05	0.18	0.56	3.69	20.40	0.04	11.0	510	6.04	5.34	5.65
	30—35	3.2	18.0	57.0	11.1	8.5	2.2	15.3	0.81	0.07	0.18	0.50	2.39	19.30	0.03	10.9	378	6.30	5.53	5.79
	35—40	1.0	12.7	65.0	11.1	8.3	1.9	9.8	0.81	0.07	0.16	0.54	—	13.50	0.02	6.9	378	6.76	5.81	6.24
	40—45	0.3	7.9	72.3	10.9	6.7	1.9	8.5	0.77	0.07	0.14	0.51	0.53	12.30	0.02	4.6	270	7.01	6.10	6.42
	45—50	0.9	13.1	70.0	9.3	4.4	2.3	6.7	0.48	0.04	0.10	0.28	—	9.00	0.03	3.0	250	7.25	6.31	6.56
1029	0— 5	34.6	59.0	2.9	0.8	1.7	1.0	9.2	0.25	0.02	0.08	0.07	1.40	2.50	0.13	1.9	340	5.92	4.37	5.42
	5—10	33.2	61.5	2.7	0.9	1.0	0.7	4.7	0.30	0.02	0.08	0.14	0.25	2.75	0.05	1.0	162	6.00	4.33	5.65
	10—15	20.1	73.9	2.7	1.4	1.3	0.6	3.5	0.58	0.03	0.16	0.36	0.24	3.45	0.05	1.5	176	5.50	4.12	5.62
	15—20	31.5	62.6	3.1	1.1	1.4	0.3	3.9	0.39	0.02	0.10	0.22	0.24	3.45	0.03	1.3	201	5.53	4.19	5.68
	20—25	42.0	50.8	3.3	1.5	1.7	0.7	3.8	0.48	0.03	0.12	0.25	0.26	3.15	0.02	1.1	189	5.52	4.21	5.58
	25—30	33.3	44.8	12.8	4.2	3.8	1.1	5.0	0.63	0.03	0.15	0.35	0.38	5.40	0.02	2.1	295	5.41	4.21	5.51
	30—35	23.5	30.7	32.1	7.9	4.6	1.2	6.6	0.69	0.04	0.17	0.38	0.45	6.90	0.01	1.6	197	5.51	4.02	5.14
	35—40	32.8	52.9	9.3	2.5	1.9	0.6	3.7	0.60	0.03	0.13	0.35	—	4.90	0.01	0.9	195	5.90	4.42	5.63
	40—45	19.5	46.6	24.8	6.0	2.1	1.0	4.9	0.52	0.03	0.12	0.29	0.20	6.65	0.01	1.6	213	5.94	4.57	5.62
	45—50	19.6	43.6	27.4	4.7	3.5	1.2	5.6	2.63	0.06	0.22	2.28	—	7.00	0.01	2.2	236	6.13	4.69	5.83
	50—55	—	—	—	—	—	—	8.8	1.70	0.08	0.21	1.33	—	11.55	0.01	3.1	157	6.32	4.60	6.01
	55—60	12.9	23.0	29.4	16.3	16.2	2.2	8.1	1.30	0.09	0.18	0.98	—	10.80	0.01	3.4	210	6.45	4.70	6.18

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyytejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	< 0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1030	0— 5	—	—	—	—	—	—	37.9	5.14	0.10	1.2	3.24	9.48	12.50	0.12	14.0	1850	5.24	4.57	5.18
	5—10	6.0	6.5	48.5	16.8	12.8	9.4	23.9	4.04	0.14	0.98	2.60	3.92	13.60	0.02	8.8	733	5.84	4.69	5.41
	10—15	—	—	—	—	—	—	11.3	2.06	0.12	0.50	1.25	0.80	11.15	0.01	4.4	483	5.86	4.71	5.40
	15—20	10.6	10.0	36.5	22.8	15.6	4.5	11.1	2.12	0.14	0.37	1.46	0.34	12.60	0.01	5.1	310	6.20	4.69	5.88
	20—25	—	—	—	—	—	—	11.6	1.40	0.12	0.29	0.84	0.23	12.25	0.01	4.8	285	6.26	4.65	5.92
	25—30	19.9	15.0	29.8	17.1	13.9	4.3	9.6	1.39	0.11	0.24	0.89	0.19	11.10	0.02	4.1	330	6.45	4.88	6.21
	30—35	—	—	—	—	—	—	9.0	1.35	0.10	0.23	0.89	0.14	11.00	0.03	4.1	275	6.40	4.79	6.20
	35—40	21.8	18.5	34.5	10.1	11.0	4.1	7.1	1.45	0.09	0.26	0.98	—	10.20	0.04	3.3	255	6.48	4.82	6.22
	40—45	—	—	—	—	—	—	7.1	1.37	0.09	0.13	0.95	0.04	10.25	0.07	3.6	209	6.82	5.34	6.54
	45—50	13.1	17.1	39.0	11.8	14.6	4.4	7.1	1.38	0.09	0.12	0.95	—	11.15	0.10	3.5	253	7.28	6.04	6.74
1208	0— 5	2.1	5.5	71.3	9.1	9.2	2.8	32.9	2.40	0.06	0.63	1.49	9.96	9.80	0.23	9.2	573	5.96	4.38	5.44
	5—10	3.5	7.8	67.0	10.0	9.8	1.9	12.5	1.14	0.05	0.16	0.70	2.32	7.80	0.33	2.4	190	6.33	4.45	5.64
	10—15	3.5	8.2	66.4	10.0	10.4	1.5	11.4	0.95	0.05	0.35	0.43	1.04	7.15	0.30	1.7	103	6.29	4.42	5.43
	15—20	3.1	7.4	70.4	7.5	10.4	1.2	8.9	0.52	0.04	0.07	0.32	0.90	9.00	0.11	1.1	480	6.25	4.41	5.31
	20—25	2.8	7.7	74.7	6.3	6.9	1.6	6.1	0.36	0.03	+	0.28	0.48	7.60	0.06	0.7	683	6.15	4.51	5.95
	25—30	4.4	8.5	66.4	8.5	9.8	2.4	11.0	0.81	0.05	0.25	0.43	0.47	9.30	0.16	1.3	101	6.10	4.40	5.47
	30—35	1.3	5.2	83.3	3.8	5.4	1.0	5.5	0.47	0.04	0.09	0.32	0.48	8.10	0.06	0.7	54	6.45	4.73	6.11
	35—40	—	—	—	—	—	—	6.1	1.00	0.06	0.01	0.89	0.18	5.50	0.08	0.4	48	6.20	4.71	5.74
	40—45	0.1	4.4	92.9	1.0	0.7	0.9	4.8	1.58	0.10	0.13	1.35	0.22	5.10	0.18	0.9	117	6.01	4.67	6.19
	45—50	—	—	—	—	—	—	5.8	1.76	0.12	0.18	1.43	0.31	5.05	0.23	0.9	117	6.25	4.66	6.15
	50—55	—	—	—	—	—	—	4.6	1.54	0.10	0.15	1.25	0.21	4.55	0.22	0.7	75	6.18	4.66	6.00
	55—60	—	—	—	—	—	—	5.7	1.53	0.11	0.14	1.25	0.20	2.55	0.22	0.6	64	6.06	4.57	5.75
1266	0— 5	9.1	13.6	29.0	18.9	14.1	15.3	20.2	0.35	0.03	0.06	0.21	2.21	5.95	0.11	3.2	328	4.69	3.57	5.15
	5—10	14.9	22.9	34.6	6.7	14.3	6.6	14.0	1.53	0.06	0.50	0.86	2.69	9.55	0.05	3.0	290	5.01	3.93	4.90
	10—15	13.9	19.9	38.5	3.0	14.1	10.6	12.8	1.64	0.08	0.47	1.03	1.67	10.10	0.04	3.2	300	5.33	4.13	5.43
	15—20	7.2	10.8	24.1	4.5	28.1	25.3	17.2	2.14	0.15	0.53	1.38	1.40	14.40	0.05	2.3	204	5.46	4.15	5.00
	20—25	2.3	6.3	14.1	9.0	37.0	31.3	20.5	2.11	0.16	0.54	1.32	1.17	17.90	0.07	4.7	250	5.38	4.11	5.33
	25—30	9.5	20.5	28.6	13.9	22.0	5.5	23.2	1.02	0.07	0.24	0.77	0.37	13.90	0.08	3.7	148	5.84	4.32	6.40
	30—35	13.6	23.1	29.5	12.4	18.7	2.7	8.9	1.27	0.07	0.17	1.00	0.35	10.85	0.09	3.5	146	6.17	4.55	6.64
	35—40	14.1	21.9	29.1	12.6	19.7	2.6	7.2	1.34	0.07	0.16	1.09	0.22	11.90	0.09	3.3	130	6.18	4.51	6.75
	40—45	16.1	20.6	28.3	12.5	19.9	2.6	7.8	1.30	0.07	0.17	1.03	0.33	11.10	0.16	4.4	135	6.21	4.52	6.88
	45—50	14.6	21.1	29.1	11.9	19.6	3.7	7.6	1.31	0.08	0.16	1.01	0.36	12.80	0.13	3.8	140	6.33	4.56	7.06

N-Finnland, alter Boden — *Pohjois-Suomi, vanha maa*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1009	0— 5	—	—	—	—	—	—	—	11.72	0.41	1.9	7.4	3.00	18.75	0.04	11.0	645	6.42	5.53	6.56
	5—10	25.3	15.1	33.8	10.4	11.5	3.9	25.6	9.78	0.35	1.8	6.3	2.02	18.00	0.04	9.3	1050	6.38	5.75	6.49
	10—15	—	—	—	—	—	—	20.0	6.72	0.28	1.1	4.7	1.72	20.65	0.04	10.3	953	6.86	5.76	6.71
	15—20	32.8	18.3	32.8	7.0	8.8	0.3	17.2	5.15	0.25	0.5	4.2	0.72	10.75	0.04	5.2	768	6.99	5.99	6.88
	20—25	—	—	—	—	—	—	8.9	3.58	0.15	0.3	3.1	0.34	9.60	0.04	4.3	500	7.14	6.08	6.65
	25—30	34.6	18.9	28.4	4.9	12.4	0.8	8.9	2.93	0.14	0.3	2.4	0.30	9.30	0.05	5.3	570	7.00	6.03	6.57
	30—35	—	—	—	—	—	—	7.1	2.71	0.14	0.24	2.29	0.30	9.20	0.04	5.7	563	7.18	6.10	6.89
	35—40	27.1	33.4	23.7	4.5	10.2	1.1	8.3	1.83	0.12	0.20	1.52	—	9.40	0.04	5.2	485	7.08	5.69	6.71
	40—45	—	—	—	—	—	—	5.7	2.01	0.14	0.20	1.67	0.28	9.50	0.05	3.3	610	7.19	5.92	7.02
	45—50	31.3	24.6	28.7	5.3	9.1	1.0	5.8	2.03	0.14	0.22	1.67	—	10.20	0.04	5.2	673	7.22	5.81	7.07
1031	0— 5	4.0	22.9	40.3	16.3	12.3	4.2	14.1	3.90	0.09	0.6	2.80	1.28	12.50	0.01	6.	398	6.72	5.54	5.89
	5—10	3.1	21.9	40.9	17.7	11.2	5.2	13.0	3.17	0.10	0.5	2.34	0.44	7.40	0.01	4.2	340	6.35	5.03	5.94
	10—15	1.6	17.0	41.4	19.9	15.1	5.0	12.8	2.73	0.10	0.4	2.04	0.39	7.30	0.01	4.1	473	6.18	4.99	5.79
	15—20	0.7	16.2	42.3	23.1	12.7	5.0	11.1	2.44	0.07	0.4	1.78	0.24	10.35	0.01	4.2	385	6.25	4.72	5.72
	20—25	0.6	15.1	39.8	26.7	12.9	4.9	12.7	2.12	0.07	0.4	1.57	0.29	8.95	0.01	4.1	335	6.18	4.61	5.55
	25—30	0.8	15.4	41.6	23.8	13.2	5.2	11.7	1.52	0.07	0.3	1.04	0.19	10.45	0.02	3.6	308	6.01	4.40	5.51
	30—35	0.4	11.1	43.1	25.3	15.0	5.1	12.4	1.34	0.07	0.3	0.86	0.19	7.95	0.03	3.4	263	5.80	4.22	5.27
	35—40	—	—	—	—	—	—	13.3	—	—	—	—	—	13.95	0.06	3.3	260	5.80	4.17	5.30
	40—45	0.5	14.5	46.6	21.3	11.9	5.2	12.3	1.62	0.05	0.3	1.10	0.26	7.30	0.07	2.9	247	5.61	3.94	5.01
1073	0— 5	—	—	—	—	—	—	16.1	0.85	0.07	0.20	0.46	0.56	11.90	0.05	6.7	283	5.79	4.01	5.60
	5—10	10.6	8.5	37.7	18.5	21.4	3.3	11.2	0.82	0.05	0.18	0.35	0.19	10.25	0.04	4.5	178	5.70	4.04	5.29
	10—15	—	—	—	—	—	—	11.4	0.64	0.05	0.19	0.34	0.13	9.80	0.04	4.6	478	5.16	4.23	5.26
	15—20	9.6	8.4	37.0	20.7	22.5	1.8	15.3	0.60	0.05	0.18	0.33	0.13	8.55	0.04	3.5	380	5.18	4.27	5.12
	20—25	—	—	—	—	—	—	11.4	0.54	0.04	0.15	0.30	0.07	9.65	0.04	4.0	393	5.27	4.20	5.56
	25—30	10.0	7.3	31.5	19.0	28.6	3.6	12.2	0.62	0.06	0.16	0.36	0.07	13.10	0.06	4.6	470	5.15	4.10	5.22
	30—35	—	—	—	—	—	—	13.8	0.61	0.05	0.13	0.36	0.07	11.60	0.06	5.3	1010	4.95	4.16	5.68
	35—40	11.9	8.3	29.8	19.6	28.7	1.7	12.5	0.50	0.05	0.07	0.30	—	10.90	0.04	4.9	710	5.08	4.15	5.58
	40—45	—	—	—	—	—	—	12.2	0.51	0.04	0.07	0.32	0.12	11.10	0.04	5.0	523	5.30	4.15	6.04
	45—50	10.2	8.3	29.3	20.1	28.9	3.2	10.2	0.52	0.05	0.12	0.28	—	10.70	0.05	4.9	510	5.58	4.38	5.85

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1232	0— 5	—	—	—	—	—	—	11.2	2.17	0.08	0.30	1.70	2.86	6.55	0.06	6.0	—	5.7	3.9	4.88
	5—10	0.1	2.9	57.8	20.9	14.4	3.9	14.6	5.01	0.13	0.78	3.83	1.54	6.25	0.05	3.4	—	5.7	4.1	4.99
	10—15	—	—	—	—	—	—	12.2	5.28	0.16	0.88	3.77	0.85	6.50	0.02	2.4	—	5.9	4.3	5.16
	15—20	0.1	2.7	59.5	19.1	15.4	3.2	13.8	5.11	0.18	0.76	3.70	0.63	7.35	0.02	2.4	—	6.4	4.6	5.21
	20—25	—	—	—	—	—	—	11.9	4.68	0.20	0.72	3.31	0.60	6.55	0.02	3.4	—	6.4	4.7	5.48
	25—30	0.1	4.3	69.9	14.0	9.3	2.4	12.7	4.43	0.18	0.74	3.10	0.47	8.10	0.02	3.9	—	6.5	4.7	5.50
	30—35	—	—	—	—	—	—	12.1	4.88	0.20	0.77	3.46	1.12	6.70	0.02	4.4	—	6.0	4.6	5.50
	35—40	0.0	3.6	61.5	18.5	12.6	3.8	16.5	8.46	0.34	2.85	4.27	1.16	6.55	0.02	4.7	—	6.8	5.1	5.68
	40—45	—	—	—	—	—	—	17.7	7.80	0.33	1.08	5.43	1.04	7.55	0.02	2.9	—	6.9	5.0	5.76
	45—50	0.1	5.2	70.8	12.9	8.6	2.4	13.3	4.92	0.22	0.69	3.51	1.16	7.30	0.03	3.1	—	6.9	4.9	5.76
	50—55	—	—	—	—	—	—	8.4	2.36	0.11	0.40	1.72	0.45	6.45	0.04	3.3	—	6.4	4.3	5.51
	55—60	0.2	15.9	67.5	9.3	5.6	1.5	8.1	2.23	0.12	0.38	1.60	0.53	7.05	0.03	3.1	—	6.1	4.2	5.43

Lappland, alter Boden — *Lappi, vanha maa*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
842	0— 5	0.0	0.2	37.5	30.5	22.1	9.7	23.3	2.22	0.20	0.71	1.11	1.05	12.78	0.03	4.5	479	5.18	3.93	5.23
	5—10	0.0	0.0	37.5	32.2	21.5	8.8	23.2	2.46	0.18	0.78	1.31	0.76	24.75	0.02	3.7	535	5.29	4.14	5.23
	10—15	0.0	0.0	35.9	33.2	22.2	8.7	21.8	2.52	0.18	0.84	1.34	0.71	14.32	0.01	5.0	550	5.38	4.31	5.38
	15—20	0.0	0.0	36.2	32.5	22.1	9.2	21.4	2.50	0.18	0.76	1.26	0.75	17.30	0.02	6.0	663	5.23	4.41	5.39
	20—25	0.0	0.0	38.7	29.3	22.9	9.1	23.7	2.37	0.17	0.88	1.18	0.79	17.30	0.02	4.6	585	5.84	4.62	5.44
	25—30	0.0	0.0	33.1	32.4	24.9	9.6	23.4	2.41	0.20	0.93	1.12	0.98	16.45	0.03	3.4	623	5.75	4.54	5.40
	30—35	0.0	0.0	29.1	34.1	27.1	9.7	31.3	2.21	0.18	0.85	1.04	0.77	17.95	0.03	3.9	560	5.59	4.51	5.50
	35—40	0.0	0.0	19.1	37.9	32.4	10.6	27.4	1.95	0.17	0.65	0.97	0.37	17.90	0.03	5.8	490	5.93	4.60	5.68
845	0— 5	7.5	13.3	45.8	17.4	13.7	2.3	14.7	0.68	0.04	0.25	0.33	0.92	9.08	0.04	2.8	593	6.52	5.72	6.00
	5—10	7.1	8.3	41.1	21.9	19.0	2.6	14.6	1.47	0.05	0.48	0.86	0.77	10.69	0.02	5.1	598	6.35	5.45	5.88
	10—15	7.6	9.7	44.6	18.9	17.3	1.9	13.6	2.06	0.06	0.60	1.26	0.94	10.97	0.02	5.2	645	6.65	5.59	5.84
	15—20	8.6	10.1	44.8	18.7	16.6	1.2	12.7	2.03	0.11	0.82	1.00	0.92	11.05	0.02	3.3	639	6.77	5.60	5.73
	20—25	9.2	11.6	43.5	17.3	16.6	1.8	9.9	1.87	0.11	0.64	0.97	0.62	11.15	0.02	3.0	615	6.68	5.60	5.68
	25—30	8.7	10.6	43.5	18.1	17.5	1.6	—	1.79	0.13	0.78	0.93	0.39	13.25	0.03	2.6	540	6.64	5.60	5.70
	30—35	9.5	11.1	42.9	18.8	16.6	1.1	10.4	1.59	0.13	0.49	0.88	0.24	17.35	0.03	2.1	438	6.75	5.75	5.79

	0— 5	0.1	0.3	13.4	41.9	37.0	7.3	45.2	3.93	0.26	0.72	2.70	2.80	12.40	0.02	4.8	1015	4.79	3.82	4.56
	5—10	0.0	0.2	22.7	49.0	21.8	6.3	33.3	3.61	0.22	0.70	2.46	1.26	26.05	0.03	4.2	955	4.84	4.00	4.78
	10—15	0.1	0.9	44.4	38.8	12.6	3.2	29.3	2.75	0.20	0.61	1.79	0.61	9.95	0.02	1.7	293	5.43	4.09	4.91
	15—20	0.2	2.0	62.3	25.5	6.7	3.3	14.8	2.29	0.16	0.50	1.48	0.47	12.05	0.03	3.2	343	5.42	4.09	5.16
	20—25	0.1	1.8	58.3	28.7	7.3	3.8	16.1	2.44	0.18	0.52	1.56	0.44	14.60	0.02	4.3	915	4.94	4.08	4.88
1033	25—30	0.2	0.6	73.8	17.0	5.9	2.5	12.9	1.87	0.14	0.43	1.16	0.36	7.42	0.03	2.2	288	5.38	4.00	5.00
	30—35	0.1	1.2	82.4	10.7	3.6	2.0	8.2	1.52	0.12	0.41	0.89	0.30	8.50	0.04	2.2	338	5.23	4.09	4.88
	35—40	0.1	0.5	87.2	7.8	3.0	1.4	7.0	1.48	0.11	0.37	0.89	—	8.30	0.02	1.9	248	5.41	4.11	4.97
	40—45	0.1	1.1	85.9	7.9	3.0	2.0	10.5	1.34	0.11	0.35	0.81	0.22	8.10	0.03	1.4	227	5.54	4.12	4.92
	45—50	0.1	0.6	91.8	4.2	1.9	1.4	7.7	1.26	0.10	0.32	0.73	—	7.52	0.03	2.8	408	5.31	4.16	5.05
	50—55	—	—	—	—	—	—	7.2	1.28	0.09	0.34	0.73	—	8.83	0.01	2.8	513	5.14	4.09	4.96
	55—60	—	—	—	—	—	—	7.2	—	—	—	—	—	8.88	0.01	4.0	825	5.15	4.26	5.15
	0— 5	14.7	14.2	29.5	18.6	21.3	1.7	—	2.52	0.38	0.91	0.96	1.37	12.35	0.02	2.9	283	5.13	3.30	4.51
	5—10	18.0	11.9	35.1	16.1	17.5	1.4	16.4	3.24	0.48	1.10	1.32	0.72	11.60	0.01	2.0	213	5.22	3.08	4.43
	10—15	15.5	12.8	29.2	19.8	20.8	1.9	12.7	3.10	0.41	0.98	1.39	0.61	9.28	+	1.8	237	5.08	3.14	4.46
	15—20	21.8	12.4	34.3	14.7	15.7	1.1	10.5	2.67	0.29	0.61	1.29	0.60	11.50	+	2.4	323	5.22	3.32	4.54
1038	20—25	19.7	32.4	27.8	8.8	9.2	2.1	11.0	1.98	0.18	0.57	1.07	0.43	7.95	+	2.2	268	5.41	3.62	4.73
	25—30	20.9	20.8	35.7	10.7	10.8	1.1	8.0	2.09	0.17	0.61	1.13	0.62	7.65	+	2.0	273	5.22	3.68	4.66
	30—35	23.8	17.9	25.7	14.5	15.8	2.3	8.9	1.97	0.15	0.67	0.97	0.69	11.90	+	3.2	310	5.22	3.79	4.97
	35—40	20.7	19.0	35.3	11.0	11.3	2.7	11.8	1.90	0.14	0.71	0.91	—	13.05	+	2.3	295	5.34	3.99	4.87
	40—45	22.5	33.4	22.8	9.6	10.0	1.7	11.5	1.54	0.13	0.59	0.69	0.53	13.45	0.01	2.3	320	5.63	4.24	5.08
	45—50	33.5	34.9	23.8	3.5	2.8	1.5	7.2	1.50	0.14	0.50	0.70	—	15.90	0.01	1.7	232	5.60	4.41	5.14
	0— 5	3.5	3.8	8.8		71.8	12.1	36.4	4.51	0.21	1.5	2.32	3.09	8.6	0.02	7.8	963	4.44	3.88	4.91
	5—10	3.9	4.7	8.9		70.8	11.7	35.1	4.62	0.27	1.5	2.34	3.17	13.2	0.03	8.1	823	5.07	3.77	4.91
	10—15	4.1	4.2	10.8		72.2	8.7	—	4.28	0.26	1.3	2.23	2.29	12.2	0.02	7.2	1120	5.31	3.89	5.23
	15—20	3.0	3.7	11.5		73.3	8.5	33.7	4.11	0.19	1.4	2.11	1.98	13.8	0.03	4.6	490	5.31	3.89	4.83
1041	20—25	2.5	3.3	16.9		65.9	11.4	—	4.07	0.23	1.5	1.99	1.94	12.8	0.03	5.2	1030	5.28	3.99	5.30
	25—30	2.6	3.4	18.2		50.6	25.2	37.2	4.22	0.22	1.8	1.97	1.96	11.0	0.03	5.1	663	5.40	4.10	5.03
	30—35	7.5	7.5	4.6	8.1	46.6	25.7	32.4	3.50	0.21	1.3	1.63	1.08	10.6	0.02	3.8	435	5.59	4.17	5.03
	35—40	2.0	2.8	6.7	10.3	48.4	29.8	30.6	—	—	—	—	—	—	0.01	4.7	300	5.64	4.18	5.10
	40—45	1.6	2.2	5.4	8.8	50.8	31.2	28.5	3.23	0.24	0.91	1.70	0.41	12.6	0.03	7.3	443	6.02	4.33	5.75
	0— 5	0.4	1.0	10.1	9.6	64.4	14.5	33.0	4.13	0.28	1.2	2.23	2.58	10.85	0.01	5.5	403	5.24	3.79	4.88
	5—10	0.4	1.2	7.1	9.4	69.6	12.3	34.7	3.90	0.23	1.2	2.17	2.10	11.45	0.01	6.1	495	5.31	3.90	5.02
	10—15	0.7	1.8	9.1	13.6	47.6	27.2	33.6	3.23	0.16	1.0	1.77	1.61	12.50	0.01	3.4	328	5.42	3.99	4.89
	15—20	0.6	1.9	17.1	15.2	45.7	19.5	26.0	2.16	0.16	0.68	1.16	0.59	14.90	0.02	4.2	265	5.74	4.10	5.16
1042	20—25	0.5	2.1	13.5	14.9	45.3	23.7	22.3	2.28	0.20	0.60	1.26	0.35	17.40	0.01	4.0	320	6.14	4.31	5.91
	25—30	0.1	0.8	9.5	11.3	48.3	30.0	26.3	2.77	0.32	0.74	1.42	0.35	22.75	0.05	7.2	380	6.63	4.67	6.34
	30—35	0.6	2.0	13.5	5.9	46.3	31.7	30.1	2.90	0.38	0.78	1.36	0.36	20.45	0.06	6.1	448	7.03	5.06	6.40
	35—40	0.1	0.3	6.4	9.2	36.8	47.2	29.3	3.18	0.44	0.88	1.48	—	26.15	0.07	7.2	518	7.18	5.31	6.83
	40—45	0.4	2.5	11.9	9.2	46.8	29.2	28.0	3.03	0.42	0.77	1.37	0.33	23.60	0.11	9.0	585	7.25	5.49	6.80
	45—50	0.1	0.2	2.7	9.0	38.6	49.4	30.1	3.21	0.44	0.84	1.51	—	23.00	0.13	6.7	528	—	—	6.65

Ausland, alter Boden — *Ulkomaat, vanha maa*

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus*						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyyttejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
735	0—10	7.3	17.9	61.4	10.2	3.2	20.4	1.44	0.03	0.34	0.87	3.17	3.82	0.06	2.1	475	5.40	4.41	4.87
	10—20	9.8	18.8	59.9	9.0	2.5	—	2.13	0.03	1.2	0.65	1.95	3.68	0.01	2.0	568	5.35	4.49	4.83
	20—30	9.6	18.0	61.9	8.7	1.8	17.8	2.89	0.17	1.3	1.04	1.74	3.22	0.01	1.3	660	5.21	4.52	4.71
	30—40	7.9	18.0	63.8	8.2	2.1	—	3.29	0.25	1.7	1.01	0.54	4.58	0.01	1.4	695	5.02	4.50	4.72
	40—50	8.5	19.9	61.4	8.1	2.1	8.9	2.72	0.20	1.3	0.90	0.21	3.30	0.01	1.6	665	5.49	4.63	4.80
	50—60	9.0	20.6	60.4	7.9	2.1	9.0	2.46	0.15	1.2	0.87	0.26	3.05	0.01	1.9	670	5.64	4.63	4.80
744	0— 5	6.0	7.9	64.2	16.9	5.0	26.3	1.36	0.04	0.40	0.56	3.58	7.71	0.16	2.9	588	5.06	4.39	4.98
	5—10	6.7	9.2	63.2	15.9	5.0	22.5	1.41	0.04	0.45	0.65	2.41	5.09	0.05	1.7	548	4.95	4.17	4.93
	10—15	6.0	8.3	64.3	16.1	5.3	19.0	1.48	0.04	0.41	0.70	1.71	4.55	0.03	2.0	460	5.31	4.30	4.99
	15—20	5.7	8.5	64.3	16.6	4.9	20.6	1.52	0.04	0.53	0.65	1.31	4.50	0.03	1.5	405	4.91	4.18	4.85
	20—30	6.2	8.5	64.1	16.8	4.4	19.4	1.50	0.06	0.44	0.58	1.13	5.05	0.02	1.7	465	5.09	4.34	4.91
	30—40	5.8	7.7	64.8	17.5	4.2	10.5	1.40	0.08	0.56	0.54	0.93	5.05	0.02	1.4	415	5.03	4.29	4.90
	40—50	4.4	5.9	68.7	17.4	3.6	—	1.89	0.13	0.65	0.91	0.74	—	0.04	1.2	433	5.20	4.43	—
	50—60	0.8	1.1	79.3	15.7	3.1	—	1.79	0.18	0.48	0.77	0.35	7.85	0.05	1.1	410	5.31	4.66	4.99
746	0— 5	3.3	12.2	62.8	13.3	8.4	—	0.93	0.04	0.19	0.46	6.04	6.90	0.10	4.6	798	4.19	3.41	4.08
	5—10	3.8	13.5	60.1	14.2	8.4	—	1.05	0.05	0.37	0.53	3.02	4.55	0.05	1.5	375	4.20	3.40	3.99
	10—15	4.4	13.9	59.8	13.8	8.1	—	1.09	0.04	0.36	0.54	2.73	2.40	0.05	2.9	480	4.53	3.70	4.46
	15—20	4.2	13.7	59.9	13.8	8.4	—	1.22	0.05	0.48	0.58	2.47	2.45	0.03	2.4	448	4.53	3.80	4.47
	20—30	4.4	13.4	59.4	13.6	9.2	—	1.45	0.06	0.58	0.64	1.98	1.95	0.05	2.4	763	4.56	3.91	4.51
	30—40	3.8	13.0	59.7	12.3	11.2	—	1.56	0.05	0.61	0.66	1.81	1.70	0.06	2.9	530	4.69	4.00	4.66
	40—50	5.0	12.9	55.2	12.5	14.4	—	1.59	0.09	0.56	0.66	0.67	2.05	0.05	2.5	485	4.74	4.05	4.66
753	0—10	13.7	42.9	35.9	5.8	1.7	8.3	0.36	0.01	0.06	0.12	1.31	2.75	0.08	1.4	345	5.94	5.10	5.28
	10—20	12.4	44.5	36.0	5.0	2.1	5.8	0.45	0.01	0.05	0.22	0.56	2.70	0.03	1.3	265	5.87	4.75	5.26
	20—30	10.9	45.8	36.3	4.7	2.3	5.6	0.58	0.02	0.15	0.26	0.60	3.80	0.04	1.6	283	5.21	4.29	5.08
	30—40	13.0	12.8	68.2	4.2	1.8	5.5	0.53	0.02	0.11	0.23	0.58	2.70	0.09	1.0	300	5.30	4.40	5.08
	40—50	11.8	50.7	31.5	4.3	1.7	5.6	0.48	0.03	0.07	0.16	0.40	3.20	0.14	1.1	265	5.60	4.56	5.14
	50—60	11.0	51.7	31.7	4.4	1.2	4.2	0.47	0.03	0.05	0.14	0.26	2.30	0.12	0.7	258	5.71	4.68	5.15
763	0—10	3.4	15.4	59.3	12.8	9.1	13.6	1.09	0.03	0.32	0.46	2.13	2.50	0.13	2.3	515	4.57	3.86	4.50
	10—20	2.7	14.8	60.0	13.2	9.3	13.2	1.11	0.03	0.35	0.48	1.10	2.50	0.09	2.4	463	4.88	4.07	4.80
	20—30	2.6	15.1	61.0	12.7	8.6	13.4	1.04	0.04	0.26	0.46	0.86	2.40	0.06	1.9	440	4.98	4.18	4.84
	30—40	3.1	15.0	62.3	12.1	7.5	11.6	1.02	0.06	0.20	0.45	0.58	2.00	0.10	1.8	390	4.95	4.17	4.92
	40—50	3.4	16.4	62.1	11.6	6.5	8.5	0.69	0.05	0.18	0.31	0.22	2.35	0.11	1.3	370	5.41	4.38	5.29

781	0—10	3.7	20.1	63.2		9.4	3.6	10.5	0.57	0.02	0.09	0.21	1.65	1.90	0.14	1.9	335	5.17	4.08	4.85
	10—20	4.0	20.9	61.8		9.6	3.7	8.6	0.60	0.02	0.10	0.20	0.70	1.20	0.16	1.0	278	5.35	4.29	5.00
	20—30	4.1	21.5	62.0		8.8	3.6	8.0	0.53	0.02	0.08	0.19	0.54	2.10	0.09	1.4	265	5.77	4.73	5.33
	30—40	4.6	20.6	62.4		9.8	2.6	7.2	0.48	0.02	0.04	0.17	0.34	2.50	0.12	1.6	247	5.85	4.86	5.57
	40—50	4.3	20.9	63.3		8.9	2.6	5.4	0.39	0.03	0.07	0.16	0.23	2.00	0.15	1.1	200	5.76	4.66	5.60
789	0— 5	4.2	11.2	57.9		17.4	9.3	—	1.08	0.03	0.19	0.54	4.38	—	0.17	2.9	653	4.16	3.31	4.00
	5—10	4.3	11.8	57.0		17.6	9.3	—	1.07	0.03	0.23	0.55	1.87	1.65	0.07	1.8	358	4.28	3.70	4.30
	10—20	4.2	11.7	56.3		17.8	10.0	13.9	1.09	0.04	0.29	0.53	1.36	1.65	0.07	1.8	460	4.44	3.81	4.37
	20—30	4.2	10.8	56.1		16.9	12.0	—	1.23	0.05	0.30	0.57	1.14	1.60	0.07	2.4	423	4.61	3.90	4.58
	30—40	4.1	10.9	53.5		16.4	15.1	—	1.22	0.04	0.28	0.61	0.66	1.30	0.06	2.4	410	4.45	3.95	4.51
	40—50	3.6	10.3	56.6		15.9	13.6	—	1.09	0.05	0.25	0.54	0.69	1.20	0.04	2.2	445	4.45	3.93	4.57
813	0—10	3.9	16.0	57.8		13.5	8.8	—	0.97	0.05	0.24	0.46	3.84	—	—	8.0	1180	5.93	5.12	—
	10—20	6.7	15.3	56.9		13.1	8.0	—	0.96	0.05	0.17	0.49	2.96	4.90	0.20	8.0	970	5.64	4.94	5.91
	20—30	5.5	15.3	56.6		14.4	8.2	—	1.06	0.05	0.28	0.54	1.26	2.90	0.11	4.4	695	5.63	4.63	5.59
	30—40	5.6	15.7	56.7		13.3	8.7	—	1.06	0.06	0.30	0.53	0.90	2.45	0.08	4.6	590	5.92	4.75	5.56
	40—50	6.4	15.7	51.6		14.3	12.0	—	1.17	0.09	0.28	0.54	0.25	3.10	0.09	5.5	610	5.98	4.74	5.60
1090	0— 5	4.8	32.9	46.0	2.7	4.3	9.3	—	0.79	0.03	0.16	0.36	1.35	5.70	0.16	6.8	788	6.16	5.79	6.18
	5—10	—	—	—	—	—	—	11.9	0.81	0.03	0.19	0.40	1.15	3.50	0.09	5.2	510	5.22	4.65	5.85
	10—15	4.3	32.8	46.1	2.8	4.9	9.1	10.1	0.79	0.04	0.16	0.41	1.12	3.10	0.08	5.5	510	5.43	5.02	6.00
	15—20	—	—	—	—	—	—	9.6	0.80	0.03	0.17	0.42	0.84	3.40	0.04	5.3	470	5.49	4.75	5.93
	20—25	4.6	32.5	45.8	3.2	4.7	9.2	10.1	0.82	0.04	0.15	0.44	0.66	3.25	0.03	5.3	515	5.62	5.04	6.11
	25—30	—	—	—	—	—	—	10.5	0.81	0.05	0.18	0.42	0.82	3.55	0.02	6.4	490	5.57	5.09	6.08
	30—35	4.3	32.0	44.4	2.8	4.6	11.9	9.8	0.81	0.04	0.13	0.49	0.56	11.50	0.02	6.9	660	5.73	5.12	6.27
	35—40	—	—	—	—	—	—	9.7	0.84	0.05	0.19	0.46	—	6.50	0.01	7.3	560	5.41	4.75	6.17
	40—45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.46	—	0.01	9.8	1420	6.19	6.01	—
	45—50	—	—	—	—	—	—	11.4	1.20	0.08	0.25	0.65	—	4.40	0.25	12.2	880	6.80	6.76	6.95
	50—55	4.1	30.4	49.4	1.3	2.4	12.4	10.0	0.57	0.04	0.13	0.25	0.28	4.20	0.07	9.8	888	6.71	6.03	7.01
	55—60	—	—	—	—	—	—	12.6	0.47	0.04	0.09	0.18	—	8.15	0.05	10.6	835	5.58	5.03	6.66
1091	0— 5	1.7	1.2	15.2	32.4	36.1	13.4	20.8	1.31	0.05	0.13	1.03	2.04	0.60	0.01	5.0	553	4.63	3.60	5.09
	5—10	0.9	1.4	13.5	34.0	33.1	17.1	21.5	1.70	0.06	0.35	1.19	1.25	0.65	0.01	4.2	585	4.52	3.66	4.97
	10—15	2.1	1.0	14.8	30.5	35.8	15.8	21.8	1.75	0.05	0.37	1.14	0.92	0.70	0.01	4.1	610	4.61	3.84	4.87
	15—20	0.8	1.9	12.0	28.2	32.7	24.4	—	1.99	0.06	0.43	1.28	0.71	0.60	0.01	4.7	828	4.62	3.81	5.00
	20—25	1.9	1.0	14.5	29.3	33.1	20.2	19.9	1.83	0.06	0.37	1.20	0.38	0.55	0.01	4.4	670	4.45	3.88	4.85
	25—30	0.7	1.7	15.3	30.7	33.9	17.7	26.3	1.74	0.06	0.39	1.11	0.27	1.90	0.01	4.0	888	4.33	3.87	4.90
	30—35	1.4	1.0	13.2	30.1	31.6	22.7	23.9	1.82	0.06	0.44	1.14	0.32	1.50	0.01	4.2	725	4.52	3.90	4.92
	35—40	0.7	1.2	12.8	29.8	33.7	21.8	24.8	1.74	0.07	0.39	1.11	0.23	1.55	0.01	2.8	550	4.35	3.86	4.70
	40—45	1.0	0.9	14.2	29.9	32.5	21.5	25.5	1.75	0.07	0.41	1.11	0.29	1.45	0.01	3.1	550	4.55	3.89	4.68
	45—50	0.7	1.6	10.8	27.7	32.4	26.8	25.8	1.73	0.08	0.43	0.98	0.31	0.95	0.01	3.7	603	4.52	3.79	4.60
	50—55	0.9	0.6	8.8	22.9	26.4	40.4	30.4	2.44	0.11	0.79	1.31	0.38	1.00	0.01	2.9	500	4.53	3.73	4.35
	55—60	0.6	0.7	14.2	17.8	28.9	37.8	24.0	2.35	0.12	0.74	1.26	0.31	0.95	0.01	4.9	545	4.71	3.75	4.50

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus* mm						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyytejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
	0—10	—	—	—	—	—	—	—	6.71	0.19	2.8	3.07	8.44	5.65	0.22	8.6	1270	4.77	3.97	4.87
	10—20	—	—	—	—	—	—	—	8.07	0.58	3.7	2.99	3.55	—	0.01	6.5	1170	4.99	4.28	5.12
	20—30	—	—	—	—	—	—	—	6.78	0.80	3.2	1.92	1.90	10.90	0.01	5.0	863	5.26	4.49	5.20
	30—40	15.5	18.6	27.0	10.6	17.5	10.8	—	5.07	0.61	2.0	1.84	0.37	9.40	0.02	4.3	805	5.40	4.38	5.37
	40—50	9.4	16.4	25.2	11.6	23.1	14.3	13.8	4.32	0.37	1.3	2.18	0.13	8.00	0.10	7.7	508	5.36	4.07	5.24
1097	50—60	7.2	16.0	27.1	11.5	24.4	13.8	14.8	4.17	0.35	1.1	2.13	0.17	7.70	0.04	9.6	473	5.27	3.98	5.16
	60—70	10.1	16.5	25.3	11.4	21.9	14.8	14.4	3.65	0.36	0.96	1.89	0.13	17.80	0.06	10.9	645	5.29	4.06	5.70
	70—80	7.9	19.1	28.7	12.1	21.3	10.9	15.2	4.24	0.45	1.3	1.96	0.29	11.75	0.04	11.8	633	5.66	4.21	5.55
	80—90	10.2	17.5	32.2	6.9	22.1	11.1	15.1	4.20	0.45	1.4	1.73	0.23	9.50	0.05	9.8	563	5.69	4.16	5.36
	90—100	10.0	18.5	27.9	11.7	20.4	11.5	14.8	3.66	0.47	1.4	1.32	0.14	9.55	0.05	6.0	550	5.70	4.22	5.28
	100—110	2.3	11.2	30.2	24.6	26.6	5.1	18.3	1.65	0.23	0.65	0.45	0.11	11.85	0.01	7.5	433	5.79	4.23	5.38
	110—120	1.7	10.5	36.7	24.7	22.7	3.7	15.4	1.40	0.23	0.64	0.30	0.10	8.10	0.01	8.2	583	6.28	4.47	6.07
	0— 10	7.1	26.4	32.3	10.3	17.7	6.2	—	1.28	0.05	0.63	0.46	1.68	3.25	0.17	7.1	745	4.68	3.85	5.19
	10— 20	6.6	21.1	36.1	12.5	18.7	5.0	13.3	0.91	0.05	0.30	0.46	0.24	3.75	0.01	4.5	405	4.98	4.01	5.20
	20— 30	6.8	16.2	30.1	13.5	22.2	11.2	14.9	1.53	0.08	0.32	0.95	0.15	4.90	0.02	6.6	608	5.26	3.87	5.93
	30— 40	7.6	16.0	31.4	11.2	22.3	11.5	17.7	1.28	0.11	0.30	0.58	0.07	8.50	0.01	8.1	803	6.49	5.45	6.56
	40— 50	6.5	16.5	28.0	14.3	22.7	12.0	16.4	1.23	0.11	0.30	0.57	0.05	10.90	0.01	8.4	1130	7.06	5.75	6.94
1100	50— 60	6.1	14.9	29.4	12.0	21.4	16.2	17.0	1.05	0.09	0.21	0.46	0.08	10.25	0.07	9.0	1190	—	—	6.90
	60— 70	7.4	14.6	28.9	11.0	22.9	15.2	16.8	—	—	—	—	0.07	—	0.08	9.8	1160	7.36	6.94	7.02
	70— 80	6.1	13.1	28.5	14.2	21.2	16.9	16.5	0.99	0.10	0.23	0.39	0.07	11.40	0.18	11.4	860	6.86	6.15	6.95
	80— 90	6.4	11.9	31.3	12.2	24.0	14.2	16.7	0.96	0.10	0.25	0.37	—	11.75	0.21	9.4	908	7.58	6.50	7.02
	90—100	6.0	13.1	30.7	11.7	23.6	14.9	16.6	0.94	0.09	0.25	0.35	—	11.85	0.28	9.2	960	7.15	6.75	7.01
	100—110	5.6	11.5	28.8	13.7	25.5	14.9	18.1	—	—	—	—	—	11.65	0.44	10.6	843	7.52	7.28	7.17
	110—120	0.1	0.4	22.8	21.5	36.3	18.9	—	—	—	—	—	—	14.90	0.65	12.2	1190	7.93	7.58	6.95
	0— 5	0.1	0.4	16.6	49.8	27.2	5.9	20.7	1.08	0.05	0.40	0.48	1.29	1.75	0.02	3.7	398	4.67	3.87	4.95
	5—10	0.1	0.6	18.4	45.1	28.7	7.1	27.9	1.16	0.07	0.44	0.52	1.46	1.95	0.02	5.6	603	4.82	3.96	5.44
	10—15	0.1	1.0	15.3	46.3	29.3	8.0	21.0	1.37	0.05	0.51	0.61	1.60	2.00	0.02	3.4	475	4.76	3.95	5.02
	15—20	0.1	0.6	14.4	47.4	29.3	8.2	26.2	1.42	0.06	0.56	0.62	1.54	2.00	0.02	3.9	630	4.76	4.04	5.37
	20—25	0.2	0.7	13.8	46.7	28.2	10.4	20.4	1.44	0.06	0.57	0.60	1.36	1.90	0.02	3.0	525	4.84	4.09	5.18
1110	25—30	0.2	1.4	14.1	46.5	30.1	7.7	19.0	1.42	0.08	0.56	0.60	0.85	1.60	0.02	3.9	675	4.75	4.14	5.49
	30—35	0.3	1.8	16.5	45.9	29.6	5.9	19.9	1.33	0.06	0.53	0.57	0.60	2.10	0.02	2.5	518	4.85	4.13	5.19
	35—40	0.1	0.6	12.2	47.1	29.1	10.9	18.4	1.34	0.06	0.51	0.59	0.40	1.75	0.01	2.9	538	4.84	4.09	5.23
	40—45	0.1	1.0	12.6	47.9	29.5	8.9	17.3	1.41	0.10	0.44	0.57	0.34	1.45	0.02	2.3	418	4.79	4.12	5.01
	45—50	0.1	1.0	12.6	49.6	30.7	6.0	17.4	1.34	0.07	0.48	0.60	0.28	1.25	0.01	3.3	593	4.79	4.07	5.35
	50—55	0.2	2.1	20.0	39.8	29.7	8.2	17.3	1.41	0.07	0.56	0.55	0.47	1.50	0.02	2.3	388	4.75	4.01	4.90
	55—60	0.2	1.8	14.8	46.6	28.5	8.1	18.9	1.29	0.06	0.48	0.57	0.30	1.65	0.02	4.1	708	4.79	4.05	5.49

	0— 5	3.2	14.7	33.1	14.6	23.4	11.0	17.4	0.95	0.04	0.30	0.42	2.82	7.60	0.20	7.7	733	5.46	4.62	5.58
	5—10	2.9	12.9	29.3	14.2	25.5	15.2	15.0	0.96	0.03	0.31	0.50	1.50	2.20	0.04	4.1	455	4.53	3.60	4.90
	10—15	3.4	11.9	28.7	12.5	24.7	18.8	18.5	1.04	0.04	0.31	0.50	0.89	2.15	0.02	2.4	293	4.88	3.80	4.76
	15—20	3.4	10.8	28.7	13.4	26.6	17.1	14.3	1.04	0.04	0.17	0.69	0.47	2.55	0.01	3.9	323	5.05	3.96	5.48
1120	20—25	2.9	9.2	20.6	12.3	26.0	29.0	16.2	1.13	0.06	0.30	0.66	0.32	5.50	0.01	5.2	258	5.13	3.78	4.92
	25—30	2.5	7.5	20.8	9.6	23.6	36.0	20.5	1.23	0.09	0.30	0.71	0.24	6.80	0.01	6.9	285	5.13	3.72	4.81
	30—35	2.5	7.8	18.4	11.1	24.4	35.8	20.4	1.24	0.09	0.34	0.64	0.29	7.40	0.01	6.6	290	5.15	3.73	4.80
	35—40	2.2	7.2	15.4	10.0	23.8	41.4	24.0	1.28	0.09	0.33	0.65	—	8.50	0.01	9.3	355	5.24	3.83	5.12
	40—45	2.5	6.8	18.0	8.5	24.5	39.7	20.5	1.19	0.09	0.32	0.58	0.31	8.80	0.01	9.1	283	5.51	4.12	5.29
	45—50	2.1	7.0	17.7	8.6	22.2	42.4	23.3	1.16	0.11	0.38	0.40	—	11.25	0.07	11.2	408	6.03	4.67	6.14
	50—60	2.3	8.6	20.7	6.6	20.2	41.6	24.2	1.17	0.15	0.32	0.41	—	17.60	0.50	9.8	535	7.30	6.40	6.82
	0— 5	0.1	0.4	14.1	53.4	27.8	4.2	25.8	0.61	0.03	0.18	0.26	1.24	3.10	0.25	3.7	—	5.37	4.29	5.26
	5—10	0.2	2.1	9.6	57.9	26.9	3.3	26.4	0.62	0.03	0.16	0.27	1.20	2.50	0.11	4.2	—	5.05	4.11	5.11
	10—15	0.1	0.2	16.9	50.9	28.0	3.9	14.3	0.63	0.03	0.21	0.26	0.50	2.55	0.10	3.9	—	5.30	4.25	5.11
	15—20	0.4	1.4	13.1	49.1	30.7	5.3	21.2	0.64	0.03	0.17	0.27	1.44	2.95	0.10	2.6	—	5.53	4.44	5.56
1129	20—25	0.1	0.2	10.2	54.7	31.1	3.7	19.7	0.53	0.02	0.18	0.21	0.18	2.55	0.04	2.7	—	5.73	4.50	5.40
	25—30	0.1	0.6	9.9	53.5	32.8	3.1	15.8	0.45	0.01	0.12	0.20	2.22	2.85	0.02	3.5	—	5.68	4.30	5.77
	30—35	0.2	0.6	11.6	50.7	29.9	7.0	19.6	0.65	0.02	0.17	0.27	0.11	3.45	0.06	3.4	—	5.63	4.30	5.42
	35—40	0.2	0.8	14.0	49.6	28.2	7.2	19.4	0.77	0.03	0.24	0.32	—	3.80	0.12	4.8	—	5.53	4.29	5.58
	40—45	0.3	1.1	14.9	46.1	29.8	7.8	21.1	0.75	0.04	0.28	0.36	0.07	3.40	0.12	3.8	—	5.61	4.31	5.40
	45—50	0.1	0.8	15.6	42.0	29.9	11.6	24.5	0.90	0.06	0.39	0.34	—	4.85	0.21	7.2	—	5.33	4.12	5.63
	50—60	0.3	1.3	9.7	46.9	29.4	12.4	27.6	1.12	0.08	0.49	0.42	—	6.50	0.24	8.1	—	5.16	4.06	5.14
	0— 5	0.1	0.5	25.3	30.9	28.5	14.7	31.3	1.44	0.06	0.42	0.64	2.97	17.20	0.20	9.3	—	6.87	6.10	6.58
	5—10	0.1	0.6	25.8	29.6	31.3	12.6	33.5	1.44	0.05	0.38	0.66	2.52	16.85	0.14	11.5	—	6.97	6.05	6.62
	10—15	0.1	0.3	26.8	28.9	24.6	19.3	32.2	1.41	0.06	0.44	0.63	1.94	15.25	0.12	11.2	—	7.05	6.08	6.58
	15—20	0.1	0.2	25.2	32.0	20.6	21.9	22.5	1.33	0.05	0.48	0.59	1.31	12.45	0.09	9.4	—	7.00	6.02	6.71
	20—25	0.1	0.2	24.5	34.7	23.0	17.5	20.6	1.18	0.05	0.31	0.57	0.85	9.50	0.05	10.8	—	7.06	5.97	6.65
1137	25—30	0.1	0.5	27.5	30.9	23.6	17.4	21.7	1.20	0.06	0.31	0.65	0.34	6.95	0.02	7.5	—	7.12	5.74	6.74
	30—35	0.1	0.3	25.2	32.2	27.1	15.1	22.9	1.23	0.07	0.37	0.67	0.31	7.40	0.02	8.2	—	7.05	5.50	6.40
	35—40	0.1	0.3	25.1	33.9	26.8	13.8	25.6	1.41	0.07	0.34	0.84	—	8.15	0.04	10.1	—	6.83	5.31	6.49
	40—45	0.1	0.1	27.5	31.4	26.6	14.3	25.2	1.68	0.09	0.49	0.94	0.32	9.20	0.06	10.5	—	6.73	5.25	6.20
	45—50	0.1	1.2	27.8	31.5	25.5	13.9	27.1	1.76	0.09	0.47	1.00	—	9.60	0.08	10.2	—	6.66	5.23	6.33
	50—60	0.1	0.6	22.3	34.6	30.3	12.1	27.7	1.69	0.10	0.44	0.91	—	11.15	0.11	9.8	—	6.55	5.19	6.02
	60—70	0.1	0.5	22.0	33.4	29.3	14.7	26.8	1.88	0.11	0.49	1.04	—	10.90	0.13	8.7	—	6.60	5.12	6.36
	0—10	9.5	48.2	33.3	4.5	3.0	1.5	9.2	0.54	0.01	0.16	0.25	1.29	1.25	0.20	1.4	—	4.80	3.90	4.77
	10—20	9.2	51.0	32.6	3.9	2.1	1.2	5.8	0.64	0.02	0.25	0.25	0.54	0.95	0.33	1.2	—	5.01	4.17	5.09
1150	20—30	9.3	46.3	36.2	3.8	2.3	2.1	4.6	0.80	0.02	0.31	0.31	0.35	0.80	0.49	0.9	—	5.01	4.21	4.92
	30—40	9.6	45.2	39.0	2.4	2.2	1.6	4.5	0.85	0.02	0.41	0.30	0.25	0.75	0.42	1.0	—	5.32	4.26	5.08
	40—50	8.3	39.9	46.7	2.5	1.4	1.2	3.7	0.73	0.02	0.27	0.27	0.17	0.75	0.48	1.4	—	5.47	4.34	5.40

Nr.	Tiefe *syvyys* cm	Kornverteilung — *raekokoomus*						Wk. %	anorgan. Kolloidkomplex *epäorgaan. kolloidikompleksi*				Org. C %	Ca	P_2O_5	S	Elektrolyte *elektrolyytejä* mg/kg	pH		
		2—0.5 %	0.5—0.2 %	0.2—0.05 %	0.05—0.02 %	0.02—0.002 %	<0.002 %		Σ %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %		mval/100 g				in H_2O	in nKCl	in 0.01 n Na_2SO_4
1152	0— 5	3.9	13.8	34.0	21.9	20.8	5.6	22.0	1.10	0.02	0.47	0.49	4.57	3.50	0.08	4.2	—	4.94	3.93	4.59
	5—10	3.4	12.6	36.7	20.8	20.4	6.1	17.2	1.13	0.03	0.45	0.48	2.38	1.50	0.03	2.2	—	4.99	4.06	4.65
	10—15	2.7	13.1	35.7	19.8	21.2	7.5	16.1	1.20	0.04	0.57	0.48	1.81	1.00	0.02	1.4	—	5.04	4.18	4.71
	15—20	1.9	13.0	33.5	23.6	18.5	9.5	14.8	1.27	0.07	0.60	0.46	0.86	1.00	0.01	1.6	—	5.21	4.33	4.93
	20—25	3.1	14.4	39.2	19.6	18.8	4.9	14.6	1.28	0.10	0.67	0.47	0.63	1.15	0.01	1.5	—	5.24	4.40	4.96
	25—30	2.8	12.2	37.3	23.2	19.8	4.7	12.9	1.89	0.07	0.46	0.55	0.51	1.20	0.01	1.7	—	5.24	4.36	5.00
	30—50	2.9	13.4	37.1	21.5	19.3	5.8	12.8	1.24	0.07	0.44	0.63	0.36	1.15	0.01	1.4	—	5.32	4.39	5.00
	35—40	4.6	12.4	36.9	19.4	19.5	7.2	14.0	1.01	0.04	0.28	0.55	—	1.25	0.01	1.7	—	5.39	4.30	5.08
	40—45	3.8	13.6	38.2	15.4	18.6	10.4	11.7	1.09	0.06	0.27	0.66	0.20	1.55	0.01	1.6	—	5.22	4.13	4.90
	45—50	4.2	13.7	38.1	13.1	17.9	13.0	13.2	1.20	0.07	0.30	0.71	—	1.65	0.01	1.9	—	5.11	4.04	4.80
	50—60	4.6	12.8	36.7	12.7	17.6	15.6	17.0	1.33	0.08	0.33	0.83	—	2.05	0.02	2.0	—	5.18	3.95	4.66
	60—70	3.5	14.6	37.8	10.1	17.9	16.1	18.3	1.22	0.08	0.34	0.71	—	2.70	0.04	2.9	—	5.10	3.90	4.67

METSÄMAAN RAEKOKOOMUS JA VILJAVUUS

VARSINKIN MAAN KIVISYYTTÄ SILMÄLLÄ PITÄEN

P. J. VIRO

THE MECHANICAL COMPOSITION AND FERTILITY OF FOREST SOIL TAKING INTO CONSIDERATION ESPECIALLY THE STONINESS OF THE SOIL

SUMMARY

HELSINKI 1947

Helsinki 1947. Valtioneuvoston kirjapaino

Alkusanat.

Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen maantutkimusosaston työohjelmaan on jo kauan kuulunut sen vaikutuksen selvittäminen, mikä kivisyydellä on metsämaan viljavuuteen. Keväällä v. 1939 tämän tutkimuksen suorittaminen uskottiin allekirjoittaneen tehtäväksi.

Tutkimuksen ulkotyöt aloitettiin kesällä 1939 ja niihin on sen lisäksi käytetty kesät 1945 ja 1946 kokonaan sekä syyskesä 1940 ja kevät 1941. Koko viime sodan ajan kenttätyöt olivat keskeytyksissä.

Sopivien koealojen löytäminen tutkimusta varten osoittautui alusta lähtien erittäin vaikeaksi. Vielä vaikeammaksi se tuli, kun sotien aikana ja jälkeen metsien hakkuut keskittyivät etupäässä asumusten läheisyyteen ja teiden varsille, jonne myös koealat pyrittiin sijoittamaan. Ilman sotia aineisto todennäköisesti olisi tullut samalla työmäärällä sekä yhtenäisemmäksi että laajemmaksi.

Taloudellisesti tutkimustyön on tehnyt mahdolliseksi se, että Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen hallitus on sallinut minun käyttää virka-aikaa sen suorittamiseen ja niukoista määrärahoistaan antanut minulle varoja aputyövoiman palkkaamiseen. Kun Tutkimuslaitoksen määrärahat eivät ole aina tähän riittäneet, sen hallitus on myöntänyt minulle Kansallis-Osake-Pankin lahjoitusvaroista v. 1939 28 000 mk:n ja v. 1945 30 000 mk:n suuruisen apurahan. Apurahoja olen lisäksi saanut Rockefeller-säätiöltä v. 1940 25 000 mk ja Emil Aaltosen säätiöltä v. 1946 40 000 mk. Lisäksi Nuorten tieteenharjoittajain tutkimusapurahojen jakolautakunta myönsi minulle v. 1941 50 000 mk:n suuruisen apurahan, jota en kuitenkaan muuttuneiden olosuhteiden vuoksi voinut käyttää. Saamistani avustuksista esitän suuren kiitollisuuteni.

Esimiehelleni professori V. T. Aaltoselle, joka asiallisilla neuvoillaan ja ohjeillaan on suuresti vaikuttanut työni edistymiseen varsinkin sen alku- ja loppuvaiheessa, lausun kunnioittavimmat kiitokseni. Suuressa kiitollisuuden velassa olen myös professori Yrjö Ilvessalolle hänen antamistaan arvokkaista neuvoista, jotka ovat kohdistuneet tutkimuksen metsänarvioimista koskeviin osiin. Arvokkaita neuvoja olen niinikään saanut prof. Erkki Kiviseltä, tohtori Erkki K. Kalelalta ja tohtori Risto Sarvaalta. Kand., metsänhoitaja Leevi

Miettinen oli mukanani parilla ensimmäisellä koealalla ja perehdytti minut Metsänarvioimisen tutkimusosaston käyttämään koealojen ottotapaan. Myöhemminkin olen saanut käyttää hyväkseni hänen asiantuntemustaan, mistä lausun parhaat kiitokseni.

Maanäytteiden esikäsittelyn, seulonnan ja mekaanisen maa-analyysin ovat Maantutkimusosaston laboratoriossa suorittaneet neiti Liisa Koski ja rouva Alice Vilander. Laajat laskutyöt sekä konekirjoitukset on suorittanut rouva Raili Puolanne. Piirrokset ovat neiti Katri Kallion käsialaa. Julkaisun kieliasun on tarkastanut maisteri Hannes Teppo. Kaikille heille esitän parhaat kiitokset hyvin suoritetusta työstä.

Monista kenttätöissä avustaneista mainitsen ainoastaan metsätiet. ylioppilas Hille Kaislan (kaatui Turkinsaaressa 2. 3. 40), joka oli apunani kesän 1939. Myös kaikille muille, jotka ovat joko työllään tai neuvoillaan minua avustaneet, lausun parhaat kiitokseni.

Koska painatustyöt nykyään tulevat erittäin kalliiksi, tutkimuksen tulokset on pyritty esittämään mahdollisimman lyhyessä muodossa. Niinikään suuri osa alkuperäistä aineistoa on jätetty julkaisematta. Tähän aineistoon voivat halukkaat tutustua Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen maantutkimusosastolla.

Helsingissä, huhtikuussa 1947.

P. J. Viro.

Sisällysluettelo.

Sivu

Johdanto

Kasvupaikan viljavuudesta 7
Kasvupaikkojen luokituksesta 7
Yleistä 7
Raekokoomuksen vaikutus maan viljavuuteen 8
Yleistä 8
Hienomaan vaikutus metsämaan viljavuuteen 9
Ulkomaisia tutkimuksia 9
Kotimaisia tutkimuksia 12
Kivisyyden vaikutus maan viljavuuteen 14
Kivisyyden vaikutus viljelysmailla 14
Kivisyyden vaikutus metsämailla 16
Käsillä olevan tutkimuksen aihe 17

Suoritetut tutkimukset

Tutkimusalue 19
Tutkimusmenetelmät 21
Koealan otto 21
Maan tutkiminen 21
Yleistä 21
Käytetty maarakeiden luokitustapa 22
Kivisyyden määrittäminen 24
Aikaisemmin käytettyjä kivisyyden määrittämistapoja 24
Kivisyyden määrittäminen mekaanisella maa-analyysilla 26
Kivisyyden määrittäminen rassilla 29
Yhdistelmä kivisyyden määrittämistavoista 34
Maan 20 mm:iä hienomman osan raekokoomuksen määrittäminen 35
Maan vedenpidätyskyvyn määrittäminen 36
Aineiston jakaantuminen maalajin mukaan 39
Puuston tutkiminen 40
Käytetty työtapa 40
Aineiston jakaantuminen metsiköiden iän mukaan 41
Koealakuvauksen laatiminen 42
Yleistä 42
Aluskasvillisuus 42
Maannostuminen 43
Aineiston tilastomatemaattinen käsittely 45

Tutkimuksen tulokset

Maan raekokoomus 47
Moreenimaa 47
Lajittuneet maalajit 52

Moreenimaan viljavuus 55
Kivisyyden vaikutus viljavuuteen 55
Kivisyys ja koealan koko puusto 55
Kivisyys ja valtapuu 56
Kivisyys ja valtapuun juokseva kasvu 56
Kivisyys ja valtapuun keskimääräinen kasvu 58
Moreenimaan kivisyys ja viljavuus. Yhdistelmä 68
Maan hienon osan vaikutus viljavuuteen 72
Miten raekokoomus vaikuttaa moreenimaan viljavuuteen 73
Muita metsämaan kivisyyttä koskevia havaintoja 75
Kivisyyden vaikutus aluskasvillisuuteen 75
Kivisyyden vaikutus maannostumiseen 76
Kivisyyden vaikutus puiden juuriston syvyyteen 77
Käytännöllisiä päätelmiä 78
Maiden luokittelu metsäverotusta varten 78
Kiertoaika 78
Lajittuneiden maalajien viljavuus 79
Maalajin vaikutus metsämaan viljavuuteen 81
Yhdistelmä tutkimuksen tuloksista 85
Kirjallisuusluettelo 102
Summary 109

Johdanto.

Kasvupaikan viljavuudesta.

Viljavuudella tarkoitetaan kasvupaikan kykyä tuottaa kasviainetta. Viljavuus riippuu ilmaston ja maan laadusta, kasvupaikan tuottokyvyn määräävät siis ilmasto ja maan viljavuus. Pienemmillä alueilla, joilla ilmasto on samanlainen, kasvupaikkojen erilainen tuottokyky johtuu miltei kokonaan maan erilaisesta viljavuudesta.

Kasvupaikan viljavuuteen vaikuttavat maan ominaisuudet voidaan jakaa seuraavasti:

1. maan yleiset kemialliset ominaisuudet
2. maan biokemialliset ominaisuudet
3. maan fysikaalis-kemialliset ominaisuudet
4. maan fysikaaliset ominaisuudet.

Maan yleisistä kemiallisista ominaisuuksista ovat tärkeimpiä maan kemiallinen kokoomus ja eri kasvinravintoaineiden liukeneminen. Biokemiallisiin ominaisuuksiin kuuluu mikrobien toimesta tapahtuva orgaanisten kasvijätteiden hajaantuminen ja kasvinravintoaineiden valmistuminen. Fysikaalis-kemiallinen ominaisuus on esim. maan happamuus. Fysikaalisista ominaisuuksista ovat tärkeimpiä maan suhde veteen, ilmaan ja lämpöön.

Kasvupaikan viljavuuteen vaikuttavia tekijöitä nimitetään kasvutekijöiksi. Yleensä maan viljavuus riippuu yht'aikaa useasta kasvutekijästä. Useilla kasvutekijöillä on tietty vaikutus toisiin, ja tämä tekee erittäin vaikeaksi päästä selville, mikä kasvutekijä milloinkin ensi sijassa määrää maan viljavuuden. Eri kasvutekijäin vaikutuksesta esitti kuuluisa maanviljelyskemisti Liebig (1862) aikoinaan ns. minimilain, joka Valmarin (1938) lausumassa muodossa kuuluu: »Sadon suuruuden määrää ensi sijassa kulloinkin suhteellisesti vähimmän suotuisa kasvutekijä.»

Kasvupaikkojen luokituksesta.

Yleistä.

Metsätaloudessa pyritään kasvupaikat ryhmittelemään hyvyysluokkiin. Tärkeimpiä ryhmittelyperusteita ovat:

1. kasvillisuus
2. maan kemialliset ominaisuudet
3. maan fysikaaliset ominaisuudet.

Yleisimmin kasvupaikkojen hyvyysluokitus suoritetaan kasvillisuuden perusteella. Hyvyysluokat määritetään tällöin joko kasvupaikan puuston tai aluskasvillisuuden perusteella. Maan kemiallisten ominaisuuksien, tavallisesti jonkin tai joidenkin ravintoaineiden määrän vaikutusta metsämaan viljavuuteen ja mahdollisuutta siten muodostaa kasvupaikkojen hyvyysluokitus, on tutkittu varsin paljon. Eri tutkijain mielipiteet kasvupaikan viljavuutta parhaiten kuvaavasta maan kemiallisesta ominaisuudesta vaihtelevat kuitenkin suuresti. Mielipiteiden eroavuus johtuu Rindellin (1907) mukaan siitä, että usein on käytetty väärää työtapaa. Tärkeintä on valita oikea liuotin, jolla maata käsitellään. Ramann (1911) sanoo, että huolimatta metodisista virheistä kemiallinen analyysi antaa kuitenkin kuvan maan ravintoainevarastosta. Koska maan kemiallisten ominaisuuksien tutkiminen yleensä on suoritettava laboratoriossa, ei kasvupaikkojen hyvyysluokitusta voida käytännössä suorittaa maan kemiallisten ominaisuuksien perusteella.

Raekokoomuksen vaikutus maan viljavuuteen.

Yleistä.

Tärkeimpiä maan fysikaalisista ominaisuuksista on sen raekokoomus. Se vaikuttaa useihin maan ominaisuuksiin. Esim. veden kapillaarinen nousu maassa, maan vedenpidätyskyky, ilmanvaihdunta ja lämpö sekä veden haihtumisnopeus maasta riippuvat maan raesuuruudesta. Hienossa maassa veden kapillaarinen nousukorkeus ja maan vedenpidätyskyky ovat suurempia kuin karkeassa, mutta veden liikkeet hienossa maassa ovat hitaammat. Mitä karkeampaa maa on, sitä parempi siinä on tuuletus. Hienon maan haihduttama vesimäärä on suurempi kuin karkean maan haihduttama. Mainitut, samoin kuin useat muutkin maan fysikaaliset ominaisuudet voivat vaikuttaa kasvupaikan viljavuuteen sekä edullisesti että haitallisesti, riippuen toisista samalla vaikuttavista tekijöistä. Niinpä hiekkamaat ovat lämpimiä ja niissä on hyvä ilmanvaihdunta, mutta veden kapillaarinen nousu ja vedenpidätyskyky ovat pienet. Savimaat taas ovat kylmiä ja niissä on tavallisesti huono ilmanvaihdunta. Veden kapillaarinen nousu ja vedenpidätyskyky ovat suuret. Tavallisesti hiekkamaita pidetään laihoina ja savimaita rehevinä peltomaina (Mitscherlich 1920).

Yleisesti vallitsevan käsityksen mukaan kasvit ottavat ravintonsa yksinomaan 0.02 mm:iä pienemmistä maarakeista. Wittichin (1942) mukaan kasvit voivat ottaa suuren osan ravinnostaan soralajitteestakin.

Jos maa on kerroksellista, on sekä alas- että ylöspäin liikkuvan veden siirtyminen kerroksesta toiseen sitä vaikeampaa, mitä enemmän kerrokset

maan hienouden ja rakenteen puolesta poikkeavat toisistaan (Wollny 1885 b).

Wollnyn (1897/98) mukaan kivinen maa jäähtyy ja lämpiää nopeammin kuin kivetön, mutta lämpimänä vuodenaikana kivisen maan keskilämpötila on korkeampi kuin kivettömän. Kivisyys vähentää maan vedenpidätyskykyä (Wollny 1885 a), mutta vesimäärä hienomaan suhteen on kivisessä maassa suurempi, kun sadevesi tulee yksin hienomaan osalle. Kivisen maan vedenpidätyskyky on pienempi kuin kivettömän (Wollny 1888). Kivisyys vähentää myös haihtumista katkaisemalla kapillaarisen yhteyden ylöspäin (Eser 1884). Kivisyys siis vaikuttaa maan vesivaroihin sekä lisäävästi että vähentävästi. Toiselta puolen taas kivisyys vähentää sitä tilaa maassa, josta kasvit voivat saada ravintonsa.

Maan tilavuuspaino on sitä suurempi, mitä karkeampaa maa samcissa olosuhteissa on. Myös kivisyys lisää maan tilavuuspainoa (Wollny 1885 c):

maan laatu	tilavuuspaino
kivetön	1.128
kiviä 5 tilavuus-%	1.168
» 10 »	1.214
» 20 »	1.303
» 30 »	1.425

Myös maan ilmakapasiteetti pienenee kivimäärän lisääntyessä (Wollny 1885 c):

maalaji	maan laatu		maan tilavuus	ilman tilavuus
humus-	kivetön		468.83	531.17
pitoinen	kiviä	62.5 g/l	482.15	517.85
kalkki-	»	125.0 »	497.98	502.02
hiekka	»	250.0 »	528.37	471.63
	»	375.0 »	572.48	427.52

Tammin (1940) mukaan hyvin kivisessä mcreenimaassa voi syntyä jonkinlainen vesisuonisto, jolloin vesi liikkuu kivien pintoja pitkin.

Hienomaan vaikutus metsämaan viljavuuteen.

Ulkomaisia tutkimuksia.

Hienomaan vaikutusta metsämaan viljavuuteen on tutkittu etupäässä lajittuneilla maalajeilla. Heyerin (1856) mukaan paras massa- ja varsinkin paras pituuskasvu tavataan tulvamailla, jotka syntytavastaan johtuen ovat hyvin hienojakoisia. Albertin (1924, 1925) Pohjois-Saksan hiekkakankailla suorittamien tutkimusten mukaan maan raekokcomuksella on ratkaiseva vaikutus metsämaiden viljavuuteen. Hän jakaa maat niiden hienomaapitoisuuden (< 0.2 mm) mukaan viiteen luokkaan. Kun hienomaata on alle 10 %, maat ovat luonnostaan miltei täysin joutomaita, eikä

niille ole keinollisestikaan voitu saada sulkeutunutta metsikköä. Kun hienomaata on 10 %, saadaan alhaisimman boniteetin mäntymaita. 10 % hienomaata on siis hiekkamaassa männyn olemassaolon minimi. Pyökin olemassaolon minimi on 20 % hienomaata. Myös Wiedemannin (1925) Bärenthorenissa suorittamien tutkimusten mukaan maan hienomaapitoisuus määrää boniteetin. Varsinkin pintamaan hienomaapitoisuus vaikuttaa suuresti männyn nuorentumiseen. Eberswaldessa suoritettujen tutkimusten mukaan boniteetti on parempi sellaisilla hiekkamailla, joissa on 1—3 m:n syvyydessä hieta- tai savikerros tai joissa pohjavesi on korkealla. Myös myöhäisemmissä tutkimuksissa (Wiedemann 1942) havaittiin, että hieta- ja hiekkamailla boniteetti on keskimäärin sitä parempi, mitä lähempänä maan pintaa pohjavesi on. Syväpohjaisilla hiekkamailla ei havaittu selvää suhdetta maan karkeuden ja boniteetin välillä. Hartmannin (1926) mukaan seuraavat maan ominaisuudet vaikuttavat boniteettia parantavasti:

1. suuri hienomaapitoisuus yhdessä savi- tai kalkkipitoisen pohjamaan kanssa tai yksinään,
2. vettä läpäisemätön kerros syvyydessä, jonka optimi on 1—2 m, ja
3. pohjavesi samassa syvyydessä.

Eri raelajitteet vaikuttavat Hartmannin (1928) mukaan seuraavasti: Hiekkamailla, jotka sisältävät äärimmäisiä raesuuruuksia (soraa, karkeata hiekkaa — hiesua, kolloideja), tavataan parhaita mäntyboniteetteja, vaikka hienoimpia maahiukkasia olisi vain muutamia sadanneksia. Hiekkamailla, joissa on suuri hietapitoisuus, mutta hyvin vähän tai ei ollenkaan hiesua ja savea, voi olla vain keskinkertaisia boniteetteja. Hiesu- ja kolloidipitoisuus parantaa boniteettia. Hieta yksin ei voi »loihtia keidasta erämaahan». Hartmann jakoi männiköt metsikkötyyppeihin maan raekokoomuksen ja kerroksellisuuden mukaan seuraavasti:

männyn kevytsavimaatyypit, 4 alatyyppiä
» hiekkamaatyypit, 5 alatyyppiä.

Kruedener (1926, 1927) muodosti etupäässä Venäjän oloihin sovelletun hyvin monimutkaisen metsätyyppijaoituksen, joka perustuu maalajiin ja maan kerroksellisuuteen. Kukin näin muodostettu tyyppi jakautuu edelleen maan eri ominaisuuksien, kuten kosteuden, orgaanisen aineksen laadun ym. mukaan.

Haig (1929) sai boniteetin ja savi-hiesulajitteen (< 0.05 mm) määrän väliseksi korrelaatiokertoimeksi 0.58 ± 0.07 ja boniteetin ja saven (< 0.005 mm) määrän väliseksi korrelaatiokertoimeksi 0.52 ± 0.07. Jos savi-hiesulajitteen määrä nousi yli 40—45 %:n tai saven määrä yli 17—20 %:n, boniteetti huononi. Corsonin, Allisonin ja Cheyneyn (1929) mukaan maat voidaan *paikallisesti* bonitoida mekaanisen maa-analyysin perusteella. Hicock, Morgan, Lutz, Bull ja Lunt (1931)

totesivat A-horisontin hiesu-savilajitteen määrän olevan tietyssä suhteessa boniteettiin, jos määrä oli alle 25 %. Savipitoisuuden ja boniteetin välillä ei havaittu selvää yhteyttä, paitsi että boniteetti keskimäärin oli huonompi savipitoisuuden ollessa alle 15 %. A-horisontin kosteusekvivalentin ja boniteetin väliseksi korrelaatiokertoimeksi saatiin 0.54 ± 0.03. Ganssenin, Mitscherlichin ja Reierin (1933) mukaan tavataan hiekkamaalla paras boniteetti sellaisella paikalla, jossa on pohjamaassa kalkkipitoisia savi- tai hietakerroksia ja pohjavesi on 1—2 m:n syvyydessä. Heimburger (1934) totesi, että savipitoisuuden ja metsätyypin välinen korrelaatio on ilmeinen, vaikka vaihtelu samalla onkin usein hyvin suuri. Selvin korrelaatio on parhailla ja huonoimmilla tyypeillä.

Kittredge (1938) on tutkinut haavan *(Populus tremuloides)* kasvun suhdetta eräisiin maan ominaisuuksiin. Maalajin määritys perustui maan 20 cm vahvaan pintakerrokseen. Maalajin ja boniteetin väliseksi korrelaatiosuhteeksi saatiin 0.573. Käytettäessä maan luokituksessa geologisia maalajeja saatiin korrelaatiosuhteeksi 0.640 ja käytettäessä molempia edellä mainittuja yhdessä 0.699. Suurin korrelaatiosuhde, 0.795, saatiin käytettäessä yhdistettyä maalaji- ja maannostumisluokitusta. (Korrelaatiosuhde ei ole sama kuin korrelaatiokerroin.)

Mitscherlichin (1942) Itä-Saksassa suorittamien tutkimusten mukaan maan hienous vaikuttaa ratkaisevasti boniteettiin. Hietamaalla kasvu on paljon parempi kuin hiekkamaalla. Korkealla oleva pohjavesi edistää jonkin verran kasvua, mutta kun se on 3—4 m:n syvyydessä, ei sillä ole enää sanottavaa vaikutusta kasvuun.

Edellä mainittujen tutkimuksien mukaan maalaji ja maan raekokoomus vaikuttavat maan viljavuuteen. Monet tutkijat ovat kuitenkin myös toista mieltä. Weis (1929, 1932) myöntää, että hienomaankin määrä vaikuttaa boniteettiin, mutta pitää kuitenkin orgaanisten ja epäorgaanisten kolloidien määrää ratkaisevampana. Ganssenin (1932) mukaan ei useimmissa tapauksissa ole mitään sitovaa suhdetta maan raekokoomuksen ja männyn kasvun välillä. Yleensä kuitenkin maat, joissa on paljon hietaa ja vähän soraa ja hiesua, ovat erikoisen huonokasvuisia. Myös kun hiesun ja saven määrä on ollut yli 10 %, boniteetit ovat olleet parempia. Hiekkamaalla ei voi määrittää maan viljavuutta yksinomaan maalajin tai maan raekokoomuksen mukaan (Ganssen 1936). Coile (1935) ei myöskään havainnut selvää korrelaatiota boniteetin ja maan jonkin fysikaalisen ominaisuuden välillä. Varuton-männylle *(Pinus echinata)* hän kuitenkin sai lasketuksi boniteettia vastaavan indeksin jakamalla B 1-horisontin hiesu-savi- tai kolloidipitoisuuden tämän horisontin etäisyydellä maan pinnasta.

Hennecke (1935) ei todennut mitään suhdetta hienomaan määrän (0.2—0.02 ja < 0.02 mm) ja maan tuottokyvyn välillä. Myöskään Gas-

sertin (1936) mukaan ei maan mekaaninen kokoomus yksin määrää metsätyyppiä, mutta kylläkin melkoisen varmasti yhdessä vedenpidätyskyvyn, huokoisuuden ja ilmakapasiteetin kanssa. Toole (1939) ei havainnut mitään yhteyttä *Pinus Taedan* taimien pituuskasvun ja maan hieta- ja savipitoisuuden tai hienosavipitoisuuden välillä. Wittichin (1942) mukaan hienomaapitoisuudella on kyllä tietty suotuisa vaikutus maahan, mutta se ei ole välttämätön runsaan tuoton aiheuttajana. Tärkeämpi on maan kyky tuottaa (rapautumalla) liukenevia silikaattimineraaleja.

Moreenimaalla on hienomaan vaikutusta viljavuuteen tutkittu varsin vähän. Wretlindin (1934, 1935) mukaan maan raekokoomus ei määrää aluskasvillisuuden laatua. Metsätyypin määrääjänä on ilmastolla ja kuloilla paljon suurempi merkitys kuin maan hienoudella. Granlundin ja Wennerholmin (1935) mukaan karkeampaa maalajia vastaa huonompi metsätyyppi. Selvimpänä tämä suhde havaittiin graniittimoreenialueella, vähemmän selvänä vaihtelevalla moreenipohjalla (fylliitti, migmatiitti ym.). Seuraavat luvut esittävät havaittuja savimääriä:

	savea	
	graniitti-moreeni	vaihteleva moreeni
jäkälätyyppi	3.2 %	3.8 %
kuiva puolukkatyyppi	4.0 »	5.1 »
mustikkatyyppi	6.7 »	4.8 »
*dryopteris*tyyppi	8.0 »	6.6 »

Tamm ja Wadman (1945) totesivat, että moreenimaan hienomaapitoisuuden (< 0.06 mm, osuus laskettu 20 mm:iä hienommasta maasta) ja tuoton välillä on hyvin selvä suhde. Myös savipitoisuuden ja boniteetin välillä todettiin olevan yhteyttä, mutta se oli paljon huonompi.

Kotimaisia tutkimuksia.

Suomessa on valtakunnan metsien kummankin arvioinnin yhteydessä tutkittu myös maata. Arvioinneissa käytettiin seuraavia maalajiluokituksia:

I arviointi (Ilvessalo 1933):	II arviointi (Ilvessalo 1936):	
harjusora	harjusora	(h)
moreenisora	moreenisora	
hiekkamaa	a. hietainen	(mh)
hiesumaa	b. hiesuinen ja savinen	(ms)
savimaa	hiekkamaa	(hk)
	hietamaa	(ht)
	hiesu- ja savimaa	(s)

II arvioinnissa erotettiin lisäksi huonokasvuisilla mailla joissakin tapauksissa kivikko- ja somerikkomaa, jonka pääaines on kooltaan 20—2 cm, ja louhikkomaa, jonka pääaines on yli 20 cm:n suuruisia järkäleitä.

Tässä tutkimuksessa käytetään moreenisorasta nimitystä moreenimaa ja harjusorasta nimitystä somermaa.

Kova kasvullinen metsämaa jakautui eri arviointien mukaan seuraavasti (I arviointi Ilvessalo 1933, II arviointi Aaltonen 1941 a):

	I arviointi	II arviointi	
	koko Suomi	koko Suomi [1]	maannostumisalue 4 [2]
harjusora	4.7 %	2.0 %	3.1 %
moreenisora hietainen	80.2 »	71.7 »	74.3 »
moreenisora hiesuinen ja savinen		5.6 »	6.8 »
hiekkamaa	11.2 »	12.3 »	9.0 »
hietamaa		4.4 »	2.6 »
hiesumaa	1.3 »	4.0 »	4.2 »
savimaa	2.6 »		

Verrattaessa eri arviointien lukuja huomataan, että moreenimaan sekä hiesu- ja savimaan luvut ovat melko hyvin yhtäpitävät. Harjusoran osuus sitävastoin on II arvioinnissa huomattavasti vähentynyt hiekka- ja hietamaan osuuden samalla kasvaessa. Syynä tähän on varmaan se, ettei I arvioinnissa ole kiinnitetty tarpeeksi suurta huomiota maahan ja että kummassakaan arvioinnissa ei maantutkimus ole ollut tutkimuksen pääkohteena. Joka tapauksessa voitaneen II arvioinnin tuloksia pitää verraten luotettavina.

II arvioinnissa havaittu metsätyyppien jakaantuminen eri maalajeille ja maalajien jakaantuminen eri metsätyypeille on esitetty taulukoissa 1 ja 2 (Aaltonen 1941 a). Huomataan, että kaikki metsätyypit esiintyvät useilla maalajeilla. Kuitenkin huomataan parempien metsätyyppien esiintyvän runsaimmin hienoilla, huonompien taas karkeilla maalajeilla. Suhde tulee vielä selvemmäksi, kun maalajit ryhmitellään kolmeen luokkaan, karkea (= harjusora + hiekkamaa), keskikarkea (= hietainen moreeni + hietamaa) ja hieno (= savinen moreeni + savimaa). Samaan tulokseen tultiin myös valtakunnan metsien I arvioinnissa (Ilvessalo 1933). Niinikään Lukkalan (1919) tulokset ovat saman suuntaisia.

Eri maalajien viljavuuden vertailemiseksi saatiin II arvioinnissa tarpeeksi aineistoa vain maannostumisalueelta 4. Valtapuun pituuden todettiin *VT*:n mäntyvaltaisissa metsissä olevan hienolla maalla (= s + ht + ms + mh) vähän suurempi kuin karkealla (= h + hk). Muissa tapauksissa valtapuu oli karkealla maalla pitempi. Havaitut pituuserot olivat verraten pienet, tavallisesti alle 1 m:n (Aaltonen 1941 a).

[1] Laskettu Aaltosen taulukoiden 1 ja 2 perusteella.
[2] Aaltonen 1941 a.

Taulukko 1. Metsätyyppien jakaantuminen eri maalajeille.
Table 1. Distribution of the forest types among the different superficial deposits.

Alue — *Region*	Maalaji — *Superficial deposit* [1]	Metsätyyppi — *Forest type* [2]										
		ClT	*Er-ClT*	*CT*	*VT*	*EVT*	*MT*	*EMT*	*HMT*	*OMT*	*PyT*	*Lh*
		%										
Koko Suomi [3] — *Entire Finland* [3]	h — *g.*	—	3.8	5.8	3.7	0.5	0.5	0.5	—	1.5	—	1.1
	mh — *lm.*	13.8	72.0	39.5	69.7	75.8	77.4	75.3	76.4	69.3	14.3	57.0
	ms — *cm.*	—	0.3	0.8	1.9	3.5	7.9	1.6	5.8	11.0	21.4	10.7
	hk — *s.*	82.8	19.7	44.0	19.6	12.1	6.6	13.7	12.0	4.2	—	4.3
	ht — *l.*	3.4	3.2	8.8	3.4	6.1	4.5	5.6	2.2	2.3	—	9.7
	s — *c.*	—	1.0	1.1	1.7	2.0	3.1	3.3	3.6	11.7	64.3	17.2
	karkea — *coarse*	82.8	23.5	49.8	23.3	12.6	7.1	14.2	12.0	5.7	—	5.4
	keskikarkea — *middle coarse*	17.2	75.2	48.3	73.1	81.9	81.9	80.9	78.6	71.6	14.3	66.7
	hieno — *fine*	—	1.3	1.9	3.6	5.5	11.0	4.9	9.4	22.7	85.7	27.9
Maannostumisalue 4 — *Podsolization region 4*	h — *g.*	—	—	5.1	6.0	—	0.3	—	—	1.9	—	1.8
	mh — *lm.*	—	—	41.9	72.0	—	83.1	—	—	71.0	15.4	51.8
	ms — *cm.*	—	—	—	1.7	—	7.1	—	—	11.5	23.1	14.3
	hk — *s.*	—	—	48.7	18.6	—	4.8	—	—	2.6	—	3.6
	ht — *l.*	—	—	4.3	1.4	—	2.9	—	—	2.1	—	10.7
	s — *c.*	—	—	—	0.3	—	1.8	—	—	10.9	61.5	17.8
	karkea — *coarse*	—	—	53.8	24.6	—	5.1	—	—	4.5	—	5.4
	keskikarkea — *middle coarse*	—	—	46.2	73.4	—	86.0	—	—	73.1	15.4	62.5
	hieno — *fine*	—	—	—	2.0	—	8.9	—	—	22.4	84.6	32.1

Kivisyyden vaikutus maan viljavuuteen.

Kivisyyden vaikutus viljelysmailla.

Maataloudessa kivisyystutkimukset ovat yleensä rajoittuneet vain kysymykseen, mitä kivisyys vaikuttaa maan muokkaukseen. Kivisyyden vaikutusta maan viljavuuteen on selvitetty varsin vähän. Post (1877) sanoo, että kivien vaikutuksesta peltomaan viljavuuteen on useita mielipiteitä, mutta hänen mielestään kivet ovat aina haitaksi ja ne pitäisi poistaa, koska ne vähentävät ravintotilaa maassa. Wollny (1897/98) on astiakokeilla tutkinut kivisyyden vaikutusta useiden viljelyskasvien kasvuun ja tuottoon. Kokeissa käytetty maa oli diluviaalihiekkaa, josta oli ensin seulottu kaikki hernettä suuremmat kivet pois ja sen jälkeen sekoitettu siihen vaihtelevia määriä kiviä, joiden suuruus vaihteli pähkinän

[1] *Coarse = g. (gravelly soil) + s. (sand), middle coarse = lm. (loamy moraine) + l. (loam), fine = cm. (clayey moraine) + c. (clay).*
[2] *According to Cajander (1926): ClT = Cladina type, ErClT = Ericaceae-Cladina type CT = Calluna type, VT = Vaccinium type, EVT = Empetrum—Vaccinium type, MT = Myrtillus type, EMT = Empetrum-Myrtillus type, HMT = Hylocomium-Myrtillus type, OMT = Oxalis-Myrtillus type, PyT = Pyrola type, Lh = grass-herb forest type.*
[3] Laskettu Aaltosen taulukoiden 1 ja 4 perusteella. — [3] *Calculated from tables 1 and 4 of* Aaltonen.

Taulukko 2. Maalajien jakaantuminen metsätyyppien kesken.
Table 2. Distribution of the superficial deposits among different forest types.

Alue — *Region*	Maalaji — *Superficial deposit*	Metsätyyppi — *Forest type*										
		ClT	*Er-ClT*	*CT*	*VT*	*EVT*	*MT*	*EMT*	*HMT*	*OMT*	*PyT*	*Lh*
		%										
Koko Suomi [1] — *Entire Finland* [1]	h — *g.*	—	9.0	16.4	47.8	1.5	11.2	2.2	—	11.2	—	0.7
	mh — *lm.*	0.1	4.0	2.6	21.3	5.3	42.3	8.3	3.0	12.2	0.0	0.9
	ms — *cm.*	—	0.2	0.7	7.6	3.1	55.5	2.2	2.9	24.9	0.7	2.2
	hk — *s.*	2.4	6.1	16.5	34.0	4.8	20.4	8.5	2.7	4.2	—	0.4
	ht — *l.*	0.3	2.9	9.7	17.6	7.0	41.4	10.3	1.5	6.7	—	2.6
	s — *c.*	—	1.0	1.3	9.2	2.5	31.2	6.7	2.5	37.6	2.9	5.1
	karkea — *coarse*	2.1	6.5	16.5	35.6	4.4	19.3	7.8	2.4	5.0	—	0.4
	keskikarkea — *middle coarse*	0.1	3.9	3.0	21.2	5.4	42.2	8.4	2.9	11.9	0.0	1.0
	hieno — *fine*	—	0.5	0.9	8.3	2.9	45.5	4.1	2.7	30.1	1.6	3.4
Maannostumisalue 4 — *Podsolization region 4*	h — *g.*	—	—	5.1	35.6	—	45.8	—	—	12.7	—	0.8
	mh — *lm.*	—	—	2.2	22.4	—	52.6	—	—	21.4	0.1	1.3
	ms — *cm.*	—	—	—	5.8	—	48.6	—	—	40.4	1.4	3.8
	hk — *s.*	—	—	20.9	47.6	—	25.3	—	—	5.5	—	0.7
	ht — *l.*	—	—	6.4	12.8	—	53.9	—	—	19.2	—	7.7
	s — *c.*	—	—	—	1.6	—	19.8	—	—	64.3	6.4	7.9
	karkea — *coarse*	—	—	16.1	44.0	—	31.4	—	—	7.7	—	0.8
	keskikarkea — *middle coarse*	—	—	2.3	22.1	—	52.6	—	—	21.4	0.1	1.5
	hieno — *fine*	—	—	—	4.2	—	37.7	—	—	49.4	3.3	5.4

kokoisesta kyyhkysenmunan kokoiseen. Mitscherlich (1920) on laskenut Wollnyn tulokset uudelleen vertaamalla kussakin koesarjassa jokaisen kokeen antamaa tulosta sarjan keskiarvoon ja saanut seuraavan lukusarjan:

kiviä tilavuus-%	0	10	20	30	40	50
suhteellinen sato	115.4±3.03	113.7±1.50	105.4±1.48	97.8±1.30	90.0±1.77	77.7±2.20

Kivisyyden lisääntyessä sato siis väheni aluksi hitaasti, mutta kivisyyden noustessa 20 %:iin ja yli sen verraten nopeasti. Tämä johtuu Mitscherlichin mukaan siitä, että kivisyys vähentää maan absoluuttista vesimäärää ja että kasvit siis joutuvat kivisessä maassa käyttämään enemmän energiaa veden ottoon. Pfeiffer, Simmermacher ja Friske (1919), Pfeiffer, Rippel ja Pfotenhauer (1919) sekä Blanck, Keese ja Klander (1930) ovat kuitenkin astiakokeilla todenneet,

[1]) Laskettu Aaltosen taulukoiden 1 ja 5 perusteella. — [1]) *Calculated from tables 1 and 5 of Aaltonen.*

että kivisyys vaikuttaa tuottoon vain, jos sen vuoksi maan vesitalous muuttuu. Tämä kivisyyden tuottoa alentava vaikutus ilmenee vasta kun kivipitoisuus on hyvin suuri. Kasvien ravinnonottoenergiaan kivisyys sitävastoin ei vaikuta.

Hazardin (1904) mukaan kivet aluksi lisäävät maan viljelysarvoa. Kun kivien määrä moreenimaassa ylittää 25 %, alkaa viljelysarvo vähentyä. Someromaan viljelysarvo alkaa vähentyä kivien määrän maassa ylittäessä 12.5 %.

Kivisyyden vaikutus metsämailla.

Heyer (1856) mainitsee, että kalliot ja kivet kyllä vaikeuttavat metsän viljelyä, mutta edistävät samalla kasvua estämällä maata kuivumasta. Ramannin (1911) mukaan kivisyys voi vaikuttaa sekä edullisesti että vahingollisesti. Edullisesti kivisyys vaikuttaa estämällä vuoristoissa hienomaata huuhtoutumasta pois, edistämällä viileissä paikoissa maan lämpiämistä ja tekemällä maan erilaisten lämpölaajenemisien avulla huokoisemmaksi. Vahingollisesti kivisyys vaikuttaa helposti lämpiävillä maalajeilla, varsinkin hiekkamaalla ja matalapohjaisella kalkkimaalla, joilla lisääntynyt lämpiäminen lisää myös haihtumista. Yleensä kivisyys vaikuttaa vahingollisesti tasangolla ja edullisesti vuoristossa. Cajanderin (1916) mukaan kivisyys on metsänkasvulle yleensä eduksi, kunhan kiviä ei ole liiaksi, koska kivet hyvän lämmönjohtokykynsä ansiosta tasoittavat maan lämpösuhteita.

Krafftin (1927) mukaan kivimaat (hienomaata < 20 %) ovat sopivimpia metsämaiksi. Paras taloudellinen tulos niillä saavutetaan käytettäessä lyhyttä kiertoaikaa. Schucht (1930) pitää kivimaita maa- ja metsätaloudellisesti vähäarvoisina. Mitä enemmän ne sisältävät hienoja aineksia, sitä viljavampia ne ovat. Aaltonen (1941 b) toteaa, että kivisyys pienentää kasvutilaa pinta-alayksikköä kohti, ja päättelee siitä, että kivisyyden lisääntyessä täytyy metsämaan tuottokyvyn jostakin tietystä kivisyysasteesta lähtien heikentyä.

Kaikki tässä esitetyt maininnat perustuvat teoreettiseen päättelyyn. Seuraavat tutkimukset perustuvat metsässä suoritettuihin havantoihin.

Tamm ja Wadman (1945) määrittivät moreenimaiden viljavuustutkimuksessaan kivisyyden silmävaraisesti käyttäen seuraavaa asteikkoa:

1. Vähälohkareinen ja -kivinen: maassa on niin vähän lohkareita ja kiviä, että sitä voidaan pitää viljelyskelpoisena.
2. Normaalilohkareinen ja -kivinen: tavallisin, tyypillinen tapaus, jossa on melkoiset vaihtelurajat.
3. Runsaslohkareinen ja -kivinen: lohkare- ja kivipitoisuus on niin suuri, että se vaikeuttaa tientekoa ja ojittamista.

Tutkimuksessa ei todettu mitään selvää yhteyttä maan lohkare- ja kivipitoisuuden ja viljavuuden välillä. Alhaisia boniteetteja tavattiin sekä

mailla, joissa oli suuri, että mailla, joissa oli pieni lohkare- ja kivipitoisuus.

Suomessa kiinnitettiin valtakunnan metsien arvioinneissa huomiota myös metsämaan kivisyyteen. I arvioinnissa erotettiin moreenimaalla 3 kivisyysastetta. Moreenimaat jakaantuivat kivisyyden mukaan seuraavasti (Ilvessalo 1933):

vähäkivinen moreenisora	33.3 %
kivikkoinen moreenisora	62.5 »
kalliokkoinen moreenisora	4.2 »

Valtakunnan metsien II arvioinnissa erotettiin kaikilla maalajeilla seuraavat kivisyysasteet (Ilvessalo 1936):

1. kivetön ja vähäkivinen
2. hyvin kivinen — kiviperäinen
3. kalliokkoinen.

Kasvullisen kovan metsämaan jakaantuminen kivisyysasteisiin on esitetty taulukossa 3 (Aaltonen 1941 a).

Taulukko 3. Kasvullisen kovan metsämaan jakaantuminen kivisyysasteisiin.

Table 3. Distribution of the productive firm forest land among the stoniness classes.

Alue — *Region*	Kivisyysaste — *Stoniness class*	Metsätyyppi — *Forest type*											
		ClT	*Er-ClT*	*CT*	*VT*	*EVT*	*MT*	*EMT*	*HMT*	*OMT*	*PyT*	*Lh*	Yht. — *Total*
		%											
Koko Suomi [1]) — *Entire Finland* [1])	1	91.3	79.4	81.6	63.4	83.5	72.0	82.6	87.6	68.4	100	80.1	72.4
	2	8.7	19.0	14.7	28.8	15.0	25.0	16.1	12.4	29.5	—	17.7	24.0
	3	—	1.6	3.7	7.8	1.5	3.0	1.3	—	2.1	—	2.2	3.6
Maannostumisalue 4 — *Podsolization region 4*	1	—	100	83.9	56.9	—	63.8	—	—	67.8	100	83.9	64.5
	2	—	—	9.3	31.3	—	31.4	—	—	29.9	—	12.5	29.7
	3	—	—	6.8	11.8	—	4.8	—	—	2.3	—	3.6	5.8

Kivisyyden vaikutusta metsämaan viljavuuteen voitiin tutkia vain maannostumisalueessa 4. Aaltosen (1941 a) mukaan oli valtapuun pituus kivisellä maalla (kivisyysluokat 2 ja 3) pienempi kuin kivettömällä. Havaitut erot olivat kuitenkin varsin pienet, tavallisesti alle 1 m:n.

Käsillä olevan tutkimuksen aihe.

Kivisyydellä tarkoitetaan yleensä lohkareiden ja kivien paljoutta maassa. Niinkuin edellä olevista luvuista kävi ilmi, ei lohkareiden ja kivien

[1]) Laskettu Aaltosen taulukoiden 1 ja 19 perusteella. — [1]) *Calculated from tables 1 and 19 of Aaltonen.*

vaikutusta metsämaan viljavuuteen ole ennemmin tutkittu siten, että olisi jollakin objektiivisella menetelmällä määritetty lohkareiden ja kivien paljous, vaan määritys on tapahtunut silmävaraisesti. Hienomaan vaikutusta metsämaan viljavuuteen on tutkittu enemmän, mutta monessa kysymyksessä tulokset ovat ristiriitaisia. Suomessa ei ole suoritettu laajaa kojetutkimusta, joka käsittelisi hienomaan vaikutusta metsämaan viljavuuteen. Maan laadun ja ilmaston erilaisuuden vuoksi ei meillä voida käyttää hyväksi keskieurooppalaisten tutkimusten tuloksia sellaisenaan.

Käytännössä ovat metsäalan ammattimiehet havainneet, että varsinkin kivisyydellä on metsän kasvuun huomattava vaikutus. Tämän vaikutuksen tarkempi tunteminen on välttämätöntä ennen kaikkea kivisien metsämaiden suhteellisen arvon määrittämiseksi ja sen vuoksi, että kivisiä metsämaita on ehkä käsiteltävä eri tavalla kuin kivettömiä. Metsämaan suhteellisen arvon määrittäminen tulee kysymykseen esim. tilusvaihtojen, pakkolunastusten ja metsäverotuksen yhteydessä.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää maan raekokoomuksen vaikutusta metsämaan viljavuuteen. Tutkimus jakaantuu kahteen osaan:

1. kivien ja lohkareiden vaikutus viljavuuteen,
2. hienomaan vaikutus viljavuuteen,

päähuomio kuitenkin kiinnitettynä kivien ja lohkareiden vaikutukseen. Tutkimus käsittelee pääpuulajiamme mäntyä kolmella maan eteläpuoliskon tärkeimmällä mäntymetsätyypillä, *MT*:llä, *VT*:llä ja *CT*:llä. Maalajeista käsitellään moreeni-, somero- ja hiekkamaita.

Maan raekokoomuksen ja viljavuuden välisiä suhteita selvitellään seuraavassa etupäässä korrelaatiolaskun avulla. Keskiarvolaskua ja eri keskiarvojen toisiinsa vertaamista käytetään varsin vähän, koska tutkimuksen päätarkoituksena on selvittää maan raekokoomuksen vaikutuksen *laatua*. Erilaisten maiden kasvu- ja tuottotaulukoiden laatiminen, joka täysin selvittäisi myös raekokoomuksen vaikutuksen *määrän*, vaatisi huomattavasti suuremman aineiston. Tällaisen aineiston kerääminen osoittautui jo yli 20 vuotta sitten verraten vaikeaksi (Ilvessalo 1920 a). Nykyään olisi tähän tarvittavien koealametsiköiden löytäminen miltei mahdotonta, koska likipitäen kaikki keski-ikäiset ja vanhat metsiköt on hakkuin käsitelty.

Maan viljavuuden mittana käytetään koealan koko puustoa ja metsikön valtapuun kasvua tietyn ajan kuluessa kuvaavia lukuja. Pintamaan ja pohjamaan vaikutusta käsitellään erikseen. Moreenimaa ja lajittuneet maalajit ovat fysikaalisilta ominaisuuksiltaan niin erilaisia, että myös ne käsitellään erikseen.

Suoritetut tutkimukset.

Tutkimusalue.

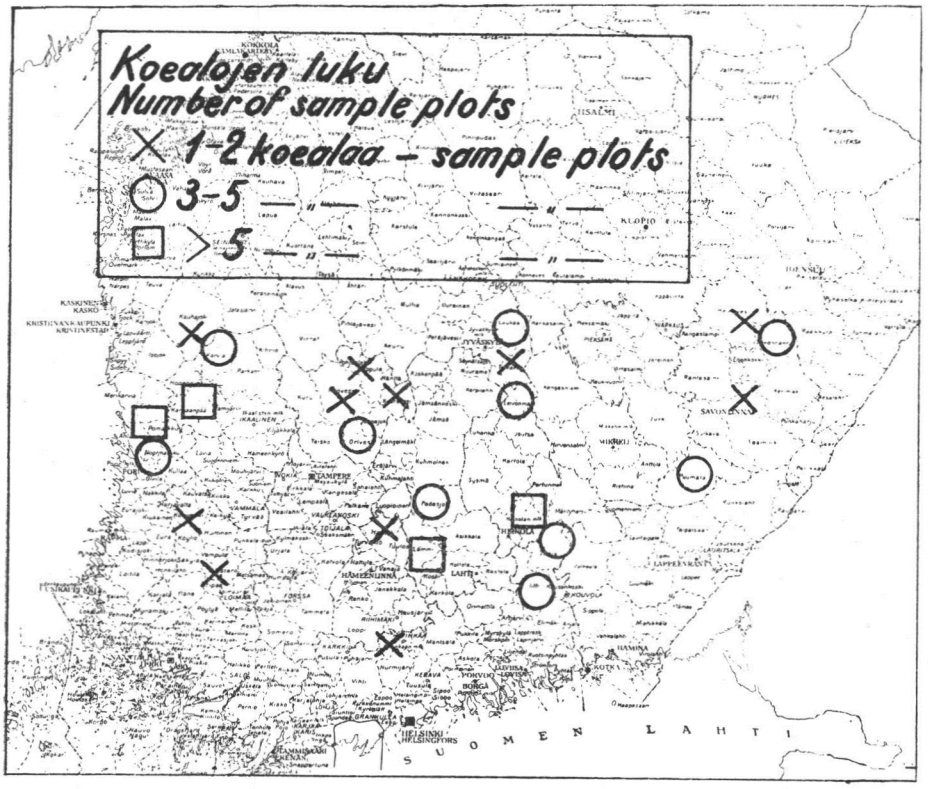
Jotta olisi saatu mahdollisimman yhtenäinen aineisto, tutkimus rajoitettiin käsittämään ainoastaan Etelä-Suomen eteläosa, jolla alueella metsien kasvu useiden tutkimuksien mukaan on verraten yhtenäistä. Eteläisin koeala sijaitsee 60°17′, pohjoisin 62°15′ pohjoista leveyttä, läntisin 22°40′ ja itäisin 29°15′ itäistä pituutta. Alue käsittää maannostumisalueen 4 miltei kokonaan ja alueesta 3 pienen osan (A a l t o n e n 1941 a).

Alueellisesti tutkimusaineisto jakaantuu seuraavasti:

	MT	*VT*	*CT*	
Uudenmaan lääni				
Hyvinkää	—	1	—	
Iitti	2	3	—	
Jaala	3	—	—	
	5	4	—	= 9
Turun ja Porin lääni				
Alastaro	2	—	—	
Kokemäki	—	1	1	
Noormarkku	1	4	—	
Pomarkku	5	1	—	
Kankaanpää	—	2	5	
Karvia	—	—	3	
	8	8	9	= 25
Hämeen lääni				
Hauho	2	—	—	
Lammi	1	5	—	
Padasjoki	1	3	—	
Orivesi	—	1	3	
Ruovesi	—	1	—	
Kuorevesi	—	—	1	
Vilppula	—	—	1	
	4	10	5	= 19

Mikkelin lääni				
Puumala	3	—	—	
Heinolan mlk.	3	3	—	
Sääminki	1	—	—	
Savonranta	1	2	—	
Leivonmäki	—	5	—	
Heinävesi	2	—	—	
	10	10	—	= 20
Vaasan lääni				
Kauhajoki	—	1	1	
Laukaa	2	1	—	
Toivakka	1	1	—	
	3	3	1	= 7
kaikkiaan	30	35	15	= 80

Koealojen sijaintia osoittaa kuva 1.



Kuva 1. Koealojen sijainti. — *Fig 1. Location of sample plots.*

Ilvessalon (1942) mukaan eri metsätyyppien mäntyvaltaisten metsien osuus kovien kasvullisten metsämaiden pinta-alasta on Etelä-

Suomessa seuraava (laskettu Ilvessalon taulukoiden 18 ja 25 perusteella):

MT 15.1 % *VT* 23.5 % *CT—ClT* 4.8 %

Koska *MT*:llä puuston kuutiomäärä on jonkin verran suurempi kuin *VT*:llä, voidaan katsoa, että koealojen jakautuminen eri metsätyypeille vastaa näiden tyyppien edustamia puumääriä. *CT*:n koealoja on enemmän kuin *CT*:n osuus Etelä-Suomen metsämaista edellyttäisi, mutta pienempi koealamäärä olisi ollut mitään sanomaton.

Tutkimusmenetelmät.

Koealan otto.

Koealojen paikkaa valittaessa kiinnitettiin huomio ensi sijassa puustoon. Koealat pyrittiin saamaan sellaisiksi, että ne metsätyypiltään olisivat mahdollisimman yhtenäisiä ja että puusto olisi mahdollisimman täysitiheä. Sekapuuta sai olla enintään 10 % kuutiomäärästä. Tällaisten koealojen löytäminen osoittautui erittäin vaikeaksi, ja niinpä koealojen etsimiseen onkin täytynyt uhrata hyvin paljon aikaa. Muutamat koealat on sijoitettu 1—5 v. sitten lievästi harventaen hakattuihin metsikköihin. Sellaisilla paikoilla luettiin myös kannot ja tutkittiin vertailevilla mittauksilla, minkä kokoisia puita ne edustavat. Hakkuuaika arvioitiin kantojen ja hakkuutähteiden perusteella sekä kyselemällä paikkakuntalaisilta. Koealat olivat enimmäkseen valtion mailla. Hoitoalueen kartanselityskirjojen ja paikkakuntalaisten antamien tietojen mukaan pyrittiin välttämään koealan asettamista sellaiseen metsikköön, joka oli yli 5 v. aikaisemmin hakkuin käsitelty. Siitä huolimatta jouduttiin aineiston käsittelyssä hylkäämään 2 koealaa sen vuoksi, että niillä olevaa metsää ilmeisesti oli hakattu. Mahdotonta ei ole, ettei aineistoon vieläkin kuuluisi sellaisia koealoja.

Koealat rajoitettiin neliön tai suorakaiteen muotoisiksi. Kulmat määritettiin kulmaprismalla ja sivut mitattiin 20 m:n teräsmittanauhalla. Koealan kulmiin asetettiin kulmapaalut, joihin merkittiin koealan numero. Tavallisin koealan koko oli 0.25 ha, joskin 0.20 ha oli myös verraten yleinen koko. Yksi koealoista oli 1/6 ha ja samoin yksi 1/7 ha. Koealoilla suoritettiin seuraavat työt:

maan tutkiminen
puuston tutkiminen
yleisen koealakuvauksen laatiminen.

Maan tutkiminen.

Yleistä.

Maalajin määritys suoritetaan tavallisesti silmävaraisesti. Useissa tapauksissa tämä kuitenkin on varsin vaikeata. Frosteruksen (1922)

mukaan tavataan moreenityyppejä, jotka hiekkaisuutensa vuoksi ovat hyvin löyhiä. Halden (1923) mainitsee, että moreenimaasta voi usein tavata kauniita kerroksia. Myös Sauramo (1926) kuvaa moreenia, jonka aines on löyhää, toisinaan lajittunutta ja kerroksellistakin. Ekström in (1927) mukaan epätäydellisesti lajittuneet maalajit ovat raekokoomukseltaan lähellä moreenia, vaikka ne usein ulkonäöltään ja ominaisuuksiltaan lähenevätkin lajittuneita maalajeja. Tälläiset moreenimaat ovat syntyneet rantatyrskyjen vaikutuksesta maan kohotessa vedestä jääkauden jälkeen. Sellaisia maita ei oikeastaan olisi nimitettävä moreenimaiksi, vaan oikeampi nimitys olisi hyökysora, rantasora tai väärä moreeni.

Someromaasta Halden (1923) sanoo, ettei ole harvinaista, että varsinkin pienehköissä harjuissa karkea aines on huonosti pyöristynyttä ja että lajittuminen on hyvin epätäydellistä, joten syntyy selvä samanlaisuus moreenin kanssa. Lundquistin (1940) mukaan kerrostuneisuus voi jostakin paikasta maaleikkauksesta puuttua kokonaan ja aivan vierestä voidaan tavata hyvin kaunis kerrostuneisuus.

Myös tässä tutkimuksessa havaittiin, että maalajin määritys silmävaraisesti on usein varsin vaikeata. Esim. koealoilla 28, 56 ja 63, joilla maa on huuhtoutunutta moreenia, oli vaikea ratkaista, onko maalaji moreenia vai someroa. Koealalla 65 havaittiin kuopassa c selvä hiekkalinssi moreenissa. Yleensä havaittiin, että silmävaraisesti maalaji helposti määritetään liian hienoksi, niin että hietainen moreeni voi tulla luokitelluksi hiesuiseksi ja hiekkamaa hietamaaksi, silloin kun ne sisältävät verraten runsaasti hienoa ainesta. Maalajin tarkka silmävarainen määrittäminen vaatii melko paljon harjaantumista.

Varsinkin usein esiintyvien epäselvien tapausten vuoksi on hyvä, jos silmävarainen maalajin määritys voidaan varmistaa kojeellisesti. Tieteellisessä tutkimuksessa tämä on aivan välttämätöntä. Tässä tutkimuksessa on maan 60 cm paksun pintakerroksen raekokoomus määritetty mekaanisella maa-analyysilla ja maan kerroksellisuutta tutkittu 1 m:n syvyyteen asti määrittämällä maan vedenpidätyskyky.

Käytetty maarakeiden luokitustapa.

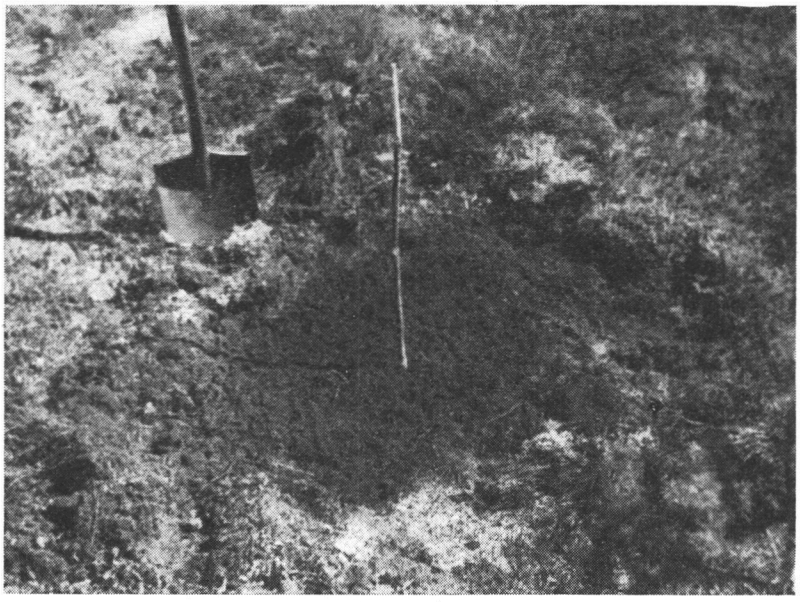
Maarakeet on tässä tutkimuksessa jaettu seuraaviin lajiteluokkiin (Atterberg 1903, 1908, Aaltonen 1935):

lohkareet — *blocks*		> 20	cm
kivet — *stones*	20	— 2	cm
sora — *gravel*	20	— 2	mm
hiekka — *sand*	2	— 0.2	mm
karkea hiekka — *coarse sand*	2	— 0.5	mm
hieno hiekka — *fine sand*	0.5	— 0.2	mm

hieta — *loam*	0.2 — 0.02 mm
karkea hieta — *coarse loam*	0.2 — 0.05 mm
hieno hieta — *fine loam*	0.05 — 0.02 mm
hiesu — *silt*	0.02 — 0.002 mm
savi — *clay*	< 0.002 mm

Maan 2 cm:iä karkeampien osasten määrät selvitettiin koealalla, sitä hienompien osasten määrät laboratoriossa.

Maan raekokoomuksen tutkimiseksi koeala jaettiin neljään yhtä suureen osaan (ks. kuvaa 7 s. 29). Kulmaprismaa ja mittanauhaa käyttäen



Kuva 2. Humuskerros on poistettu kuopan paikalta. Valok. E. Jalkanen.
Fig. 2. The place of the hole is made free of humus layer. Foto E. Jalkanen.

merkittiin kunkin osan keskipiste. Kun maanpinnasta oli poistettu humuskerros (kuva 2), kaivettiin tämä piste keskipisteenä 50 × 50 cm²:n laajuinen kuoppa ensin 30 cm ja sitten 60 cm syväksi mitattuna humuskerroksen ja A-horisontin rajasta. Ylempää kerrosta (0—30 cm) nimitettiin pintamaaksi, alempaa (30—60 cm) pohjamaaksi. Kuopat merkittiin kirjaimilla a—d, pintamaa alaindeksillä 1 ja pohjamaa alaindeksillä 2. Kussakin kuopassa oli pintamaanäytteen tilavuus 50 × 50 × 30 cm³, samoin pohjamaanäytteen. Kullakin koealalla siis sekä pinta- että pohjamaata edusti 1 m²:n laajuinen kuoppa, ja kummankin kerroksen tilavuus oli 300 dm³. Luonnossa kuoppa ei tietenkään aina tule aivan määrämuotoinen. Jos oletetaan jollakin koealalla *jokaisen* kuopan *kaikkien* mittojen *samalla* tul-

leen *samaan* suuntaan 1 cm virheellisiksi, syntyy yhteistilavuudessa noin 7.5 %:n suuruinen virhe. Tätä voidaan täydellä syyllä pitää eri maalajitteiden määrissä syntyneiden virheiden summan ylärajana. Todellisuudessa virhe melkoisen varmasti on aina ollut hyvinkin huomattavasti pienempi. Koska tulokset kuitenkaan eivät voi olla aivan tarkkoja, esitetään lohkareiden, kivien ja soran sadannesosuudet maasta kokonaislukuina. Maan raekokoomus eri koealoilla on esitetty taulukossa 18 (s. 88).



Kuva 3. Kuoppa viimeistellään näytteenottolapiolla.
Valok. E. Jalkanen.
Fig. 3. The hole is finished with sample spade.
Foto E. Jalkanen.

Maan pinnalla näkyvien lohkareiden määrän perusteella erotettiin silmävaraisesti kivisyysluokat kivetön, kivinen ja erittäin kivinen.

Kivisyyden määrittäminen.

Aikaisemmin käytettyjä kivisyyden määrittämistapoja.

Maan kivisyyden määrittämiseksi on käytetty erilaisia menetelmiä. De Geer (1922) ehdottaa, että yli 50 cm:n läpimittaiset lohkareet mää-

ritettäisiin arvioimalla kunkin lohkareen poikkileikkauspinta-ala ja laskemalla yhteenlasketun pinta-alan sadannesosuus tutkitun alueen alasta. Pienemmät kivet määritettäisiin samalla tavalla pienemmältä alalta joko välittömästi tai valokuvista. Tätä menetelmää on edelleen kehittänyt Lundquist (1940), joka käyttää seuraavaa kivisyyden määritystapaa: Maan pinnalla rajoitetaan langalla 5 m²:n laajuinen alue, josta poistetaan ruoho- ja sammalpeite. Sen jälkeen poimitaan kivet ja mitataan niiden suuruus. Hän erottaa seuraavat suuruusluokat: > 100 cm, 100—40 cm, 40—20 cm, 20—10 cm, 10—5 cm. 5 cm pienempiä kiviä ei tällä menetelmällä voi määrittää. Kun kivet on lajiteltu, lasketaan kussakin suuruusluokassa niiden lukumäärä. Kivien koon ja lukumäärän perusteella erotetaan seuraavat kivisyysluokat: suurilohkareinen, runsaslohkareinen, normaalilohkareinen ja vähälohkareinen.

Pohjois-Ruotsin (Statens .... 1937) viljelyskelpoisen maan inventoinnissa on käytetty kivisyyden määrittämiseksi seuraavaa menettelytapaa: Kivisyys määritetään silmävaraisella arviolla käyttäen seuraavia kivisyysluokkia: runsaslohkareinen, kohtalaisen lohkareinen, vähälohkareinen taikka: runsaskivinen, kohtalaisen kivinen, vähäkivinen. Kivisyyttä koetellaan lapiolla. Kivisessä moreenimaassa kivet estävät kaikkialla lapion painumisen, vähäkivisessä moreenimaassa lapio painuu tavallisesti kivien estämättä. Jotta kivisyys voitaisiin silmävaraisesti arvioida, täytyy arvioijan olla perehtynyt työhönsä. Perehtyminen voi tapahtua seuraavasti: Tarkastellaan moreenimaiden viljelyksiä, joilta lohkareet ja kivet on poistettu. Mitataan lohkareiden ja kivien tilavuus irtomittana sekä ala, jolta ne on poistettu, ja lasketaan kuutiomäärä hehtaaria kohti. Viljelemättömällä maalla kaivetaan 1 m²:n laajuinen ja 30 cm:n syvyinen kuoppa. Lohkareet ja kivet erotetaan maasta ja kuutioidaan irtomittana. Jos lohkareita ja kiviä on alle 250 m³/ha, maata sanotaan vähälohkareiseksi ja -kiviseksi. Viljelyskelpoisena voidaan pitää maata, jossa lohkareita ja kiviä on 500 m³:iin asti ha:lla muiden viljelysolosuhteiden ollessa suotuisat.

Suomessa käytetään moreenimaan viljelyskelpoisuuden tutkimisessa seuraavaa kivisyysasteikkoa, jossa ilmaistaan noin 50 cm:n läpimittaisten lohkareiden keskimääräinen lukumäärä ja peittävyys-% aarin alalla kyntökerroksessa (Maatalousministeriön ... 1946):

K 0	kivetön				kivien peittävyys			0.0	%
K 0—1	kiviä	0—	2	kpl/a	»	»	<	0.5	»
K 1	»	2—	8	»	»	»	0.5—	2.0	»
K 1—2	»	8—	20	»	»	»	2.0—	5.0	»
K 2	»	20—	100	»	»	»	5.0—	25.0	»
K 2—3	»	>	100	»	»	»	>	25.0	»
K 3	»	n.	400	»	»	»	n.	100.0	»

Luokkiin K 0—K 1 kuuluvia maita pidetään viljelyskelpoisina, jos maan muu rakenne ja vallitseva metsätyyppi osoittavat sen myös muissa suhteissa olevan viljelyskelpoista. Muutamissa erikoistapauksissa voidaan vielä luokkaa K 1—2 pitää viljelyskelpoisena, kun taas sitä kivisempi maa on aina viljelyskelvotonta. Kokonaan maanpinnan alapuolella olevien kivien määrä selvitetään rassilla koettelemalla. Jos kivi on suurempi kuin 1/4 m², arvioidaan, montako 1/4 m²:n kokoista kiveä se vastaa.



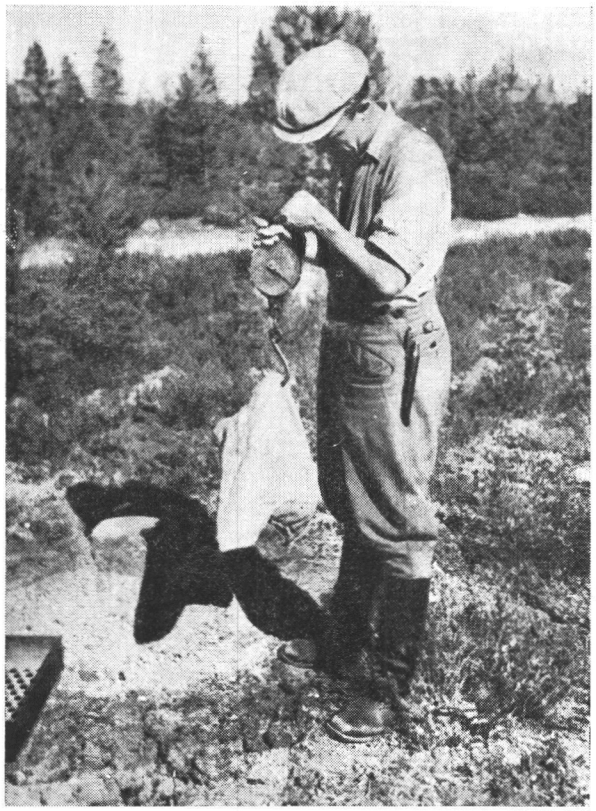
Kuva 4. Kivien määritys upotusmittarilla *(xylometrilla).*
Fig. 4. Determining of the stones with a sinking measurer (xylometer).

Kivisyyden määrittäminen mekaanisella maa-analyysilla.

Tässä tutkimuksessa tarkoitetaan kivisyydellä maassa olevien lohkareiden ja kivien yhteistä sadannesosuutta maasta. Maanpinnan yläpuolella oleva lohkareen tai kiven osa ei sisälly ilmoitettuihin lukuihin. Maataloudessa on syytä erottaa toisistaan lohkareet ja kivet arvosteltaessa maan sopivuutta viljelysmaaksi, sillä varsinkin maan muokkauksen vaikeuttajina niillä on suuri ero. Metsätaloudessa ne sitävastoin voidaan käsitellä yhtenä ryhmänä. Maan kivisyys on tässä tutkimuksessa määritetty sekä mekaanisella maa-analyysilla että rassilla koettelemalla.

Mekaanisella maa-analyysilla maan kivisyys määritettiin koealalla, koska käytännössä on mahdotonta kuljettaa laboratorioon kyllin suurta maanäytettä lohkareiden ja kivien määrittämiseksi. Lohkareet ja kivet erotettiin hienommasta maasta seulalla, jonka reikien läpimitta oli 2 cm. Toisistaan ne erotettiin mittaamalla niiden pisin lävistäjä.

Lohkareiden määrä saatiin kuutioimalla ne kiintomittana senttimetrimitalla. Myös kuopan seiniin jäävistä lohkareista mitattiin kuoppaan kuuluva osa. Seulalla olevien 2—20 cm:n suuruisten kivien määrä mitattiin tutkimuksen alkuvaiheessa upotusmittarilla *(xylometrilla)*, siis upottamalla kivet vedellä täytettyyn astiaan ja mittaamalla poistunut vesimäärä (kuva 4). Kuljetusmahdollisuuksien huononemisen vuoksi ei työn myöhemmässä



Kuva 5. Kivien määritys punnitsemalla.
Valok. E. Jalkanen.
Fig. 5. Determining of the stones by weighing.
Foto E. Jalkanen.

vaiheessa voitu kuljettaa mukana tähän tarpeellisia välineitä, ja siksi on koealasta 39 lähtien kivet määritetty punnitsemalla (kuva 5). Jakamalla kivien paino luvulla 2.65, joka voidaan ottaa kivien keskimääräiseksi ominaispainoksi, saatiin niiden tilavuus.

Seulan läpi mennyt maa sekoitettiin mahdollisimman huolellisesti ja siitä otettiin useasta paikasta yhteensä 1—3 kilon suuruinen näyte kangaspussiin, johon oli merkitty koealan, kuopan ja maakerroksen numero, esim.

53 a 1. Kultakin koealalta otettiin näin 4 näytettä sekä pinta- että pohjamaan tutkimiseksi, yhteensä siis koealalta 8 näytettä maan raekokoomuksen tutkimiseksi. Mikäli kuopan kohdalle sattui sellainen kivi, että se kankien avulla voitiin poistaa, se poisetttiin. Jos kivi oli niin iso pintakivi, ettei sitä voitu poistaa, kaivettiin sen viereen kuoppa ja sen jälkeen maan tutkimiseksi kuoppa kiven alle määrätylle paikalle sivulta päin. Mikäli kivi havaittiin hyvin isoksi ja syvälle ulottuvaksi, tutkimuspaikka merkittiin kokonaan lohkareeksi, jolloin siitä myös jätettiin ottamatta maanäyte.

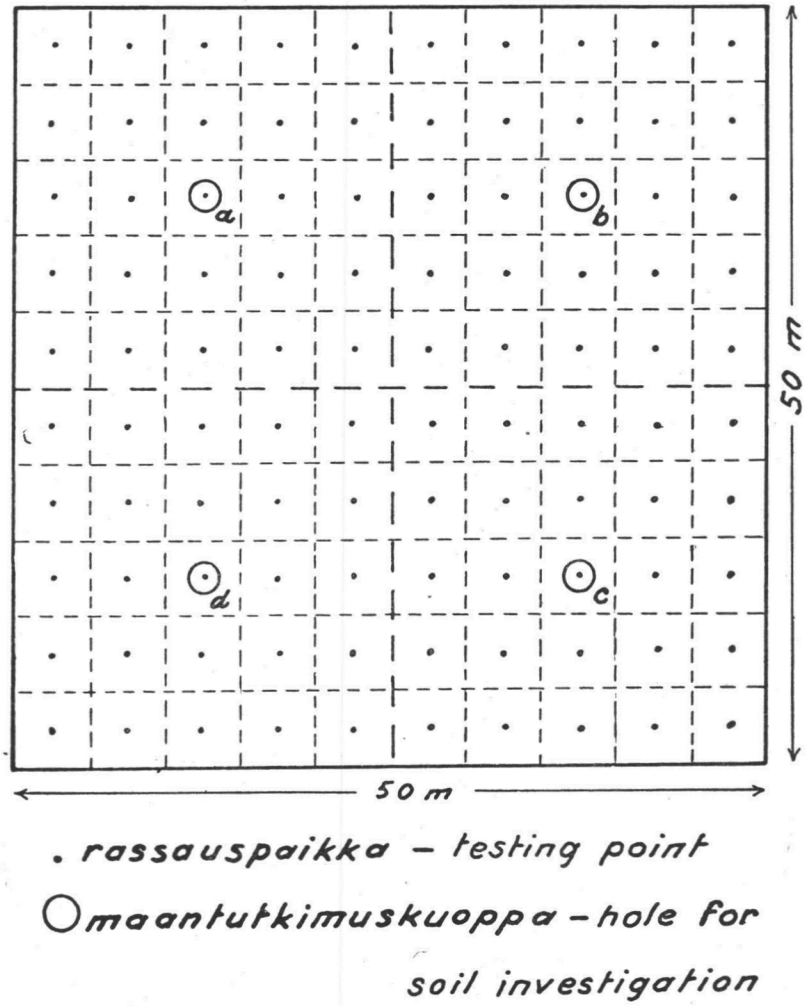


Kuva 6. Rassaus suoritettiin linjoittain mitaten välimatkat teräsmittanauhalla. Valok. E. Jalkanen.

Fig. 6. The testing was carried out in lines. The distances were measured with a steel measuring tape. Foto E. Jalkanen.

Kun otetaan pintamaan tilavuuspainoksi 1.0 (Aaltonen 1932) ja pohjamaan tilavuuspainoksi 1.6 (Wollny 1885 c), jotka luvut karkealla moreeni- ja someromaalla varmaan ovat liian pienet (vrt. Wollny 1885 c), saadaan, että pintamaan raekokoomus on määritetty ainakin 300 kg:n ja pohjamaan ainakin 480 kg:n suuruisesta maanäytteestä. Kivien määrittämiseksi näytteet ovat todennäköisesti olleet riittävän suuret, useimmissa tapauksissa luultavasti myös lohkareiden määrittämiseksi. Muutamissa tapauksissa vaikuttaa siltä kuin saatu tulos ei antaisi täysin oikeata kuvaa maan lohkarepitoisuudesta. Esim. koealalla 67 olisi odottanut sen olevan suurempi. Mahdollista kuitenkin on, että maan *pinnan* lohkarepitoisuuden perusteella saatu kuva on väärä ja että esim. mainitussa tapauksessa lohkareet ovat olleet aivan pinnallisia. Esim. Lundquistin (1940) ja

Tammin (1940) mukaan tavataan usein maita, jotka ovat pinnalta aivan kokonaan lohkareiden peittämiä, mutta joissa lohkareiden alla on kivetön hienojakoinen maa. Tällaiset lohkarekentät ovat syntyneet siten, että routa on nostanut kivet maan sisästä pinnalle.



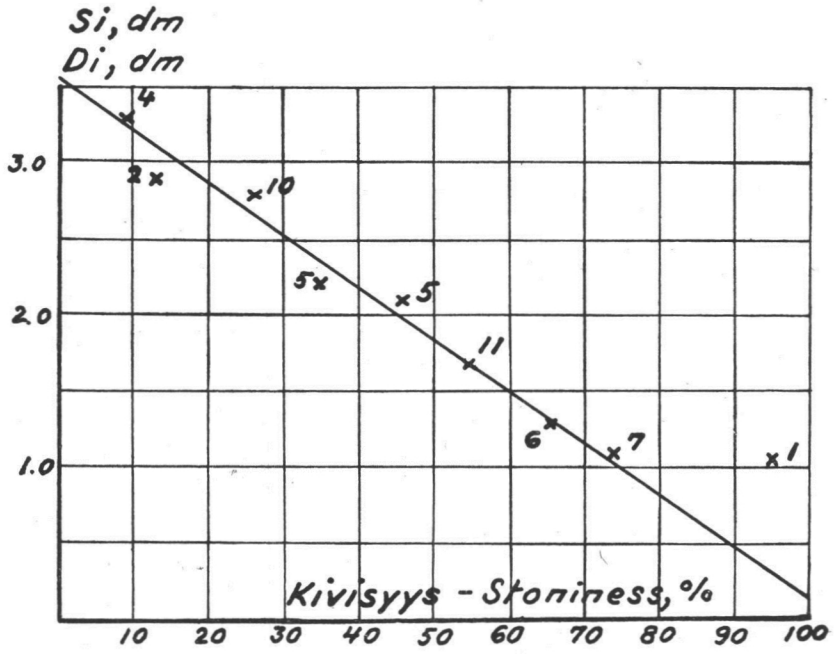
Kuva 7. Maantutkimuskuopat ja rassauspaikat koealalla.
Fig. 7. Holes for soil investigation and testing points on the sample plot.

Kivisyyden määrittäminen rassilla.

Maan kivisyyden määrittäminen mekaanisella maa-analyysilla on varsin suuritöistä, ja käytännön oloissa ei tämä menetelmä siksi voi tulla kysymykseen. Sen vuoksi mitattiin jokaisella koealalla, kuinka syvälle 1 cm:n

vahvuinen pyöreä teräsrassi painuu. Sitä varten koeala jaettiin 5 × 5 m²:n suuruisiin ruutuihin ja suoritettiin mittaus näiden keskipisteessä 5 cm:n tarkkuudella (kuva 6). Hehtaaria kohti suoritettiin siis 400 havaintoa. Lukua, joka ilmaisee, kuinka syvälle rassi koealalla keskimäärin painui, nimitetään koealan syvyysindeksiksi (Si). Syvyysindeksit on esitetty taulukossa 18 (s. 88).

Kuva 7 esittää rassauspaikkoja koealalla.



Kuva 8. Kivisyys ja syvyysindeksi. Numero ristin vieressä ilmaisee kuinka useaa havaintoa tämä edustaa.

Fig. 8. Stoniness and depth index. The figure at the cross gives the number of observations.

Moreenimaalla saatiin syvyysindeksin ja pintamaan lohkare- ja kivipitoisuuden väliseksi korrelaatiokertoimeksi -0.80 ± 0.05 ja syvyysindeksin ja lohkare-, kivi- ja sorapitoisuuden väliseksi korrelaatiokertoimeksi -0.82 ± 0.05. (Laskuissa käytetyt kaavat on esitetty sivuilla 45—46.) Taulukossa 4 koealat on ryhmitetty syvyysindeksin suuruuden mukaan ja laskettu kussakin ryhmässä kivisyyden keskiarvo keskivirheineen. Taulukossa 5 koealat on ryhmitetty kivisyyden mukaan ja laskettu vastaavat syvyysindeksien keskiarvot keskivirheineen.

Kuva 8 esittää syvyysindeksin riippuvaisuutta kivisyydestä.

Kivisyyden määrän ja syvyysindeksin välinen korrelaatio on verraten suuri. Se on negatiivinen, siis kivisyyden kasvaessa syvyysindeksi pienenee. Taulukoista 4 ja 5 havaitaan, että kaikissa ryhmityksissä kahden viereisen luokan keskiarvojen erotuksen suhde erotuksen keskivirheeseen on suurempi kuin 3. Suhdeluvut eivät kylläkään ole erikoisen suuret, mutta kuitenkin riittävän suuret osoittamaan, että havaitut riippuvaisuussuhteet eivät ole satunnaisia.

Taulukko 4. Syvyysindeksi ja kivisyys moreenimaalla.
Table 4. Depth index and stoniness on morainic soil.

Si — *Di*, dm								
— 1.5			1.6 — 2.4			2.5 +		
Koealan numero — *No. of sample plot*	Si—*Di*, dm	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %	Koealan numero — *No. of sample plot*	Si—*Di*, dm	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %	Koealan numero — *No. of sample plot*	Si—*Di*, dm	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %
8	1.3	52	5	2.4	43	3	2.6	49
9	1.1	63	6	1.8	30	19	2.8	10
10	0.9	74	7	2.2	52	27	3.2	9
39	0.8	63	11	2.4	27	28	2.9	9
40	1.2	74	12	2.4	43	30	3.0	8
41	1.0	68	32	2.3	27	31	3.0	16
42	1.3	79	33	2.3	28	34	4.2	9
43	1.2	74	46	1.8	50	35	2.5	27
44	1.4	72	48	1.7	54	63	3.9	34
45	1.3	65	58	1.8	60	64	3.0	30
47	1.5	46	59	1.8	40	65	2.6	42
49	1.4	60	60	1.8	51	66	2.8	36
56	0.4	67	67	1.9	21	68	4.2	26
57	1.2	55	73	1.8	60	69	2.5	21
61	1.1	95	74	1.8	67	70	3.2	22
62	1.4	77	75	1.8	53	71	2.8	35
72	1.3	54	76	2.0	37	—	—	—
—	—	—	77	1.6	64	—	—	—
N = 17	19.8 M=1.16	1 138 M = 66.9 σ = 11.50 ε = 2.80	N = 18	35.6 M = 1.98	807 M = 44.8 σ = 13.71 ε = 3.26	N = 16	49.2 M = 3.08	383 M = 23.9 σ = 11.64 ε = 2.91

$$\frac{66.9—44.8}{\sqrt{2.80^2 + 3.26^2}} = 5.1 \qquad \frac{44.8—23.9}{\sqrt{3.26^2 + 2.91^2}} = 4.8$$

Syvyysindeksin ja maan 2 mm:iä karkeamman osan määrän välinen korrelaatio on hieman suurempi kuin vastaava syvyysindeksin ja maan 20 mm:iä karkeamman osan määrän välinen korrelaatio. Myös tässä tapauk-

Taulukko 5. Kivisyys ja syvyysindeksi moreenimaalla.
Table 5. Stoniness and depth index on morainic soil.

Kivisyys — *Stoniness*, %								
— 30.0			30.1 — 60.0			60.1 +		
Koealan numero — *No. of sample plot*	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %	Si—*Di*, dm	Koealan numero — *No. of sample plot*	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %	Si—*Di*, dm	Koealan numero — *No. of sample plot*	Kiviä — *Stones* > 20 mm, %	Si—*Di*, dm
6	30	1.8	3	49	2.6	9	63	1.1
11	27	2.4	5	43	2.4	10	74	0.9
19	10	2.8	7	52	2.2	39	63	0.8
27	9	3.2	8	52	1.3	40	74	1.2
28	9	2.9	12	43	2.4	41	68	1.0
30	8	3.0	46	50	1.8	42	79	1.3
31	16	3.0	47	46	1.5	43	74	1.2
32	27	2.3	48	54	1.7	44	72	1.4
33	28	2.3	57	55	1.2	45	65	1.3
34	9	4.2	59	40	1.8	49	60	1.4
35	27	2.5	60	51	1.8	56	67	0.4
64	30	3.0	63	34	3.9	58	60	1.8
67	21	1.9	65	42	2.6	61	95	1.1
68	26	4.2	66	36	2.8	62	77	1.4
69	21	2.5	71	35	2.8	73	60	1.8
70	22	3.2	72	54	1.3	74	67	1.8
—	—	—	75	53	1.8	77	64	1.6
—	—	—	76	37	2.0	—	—	—
N = 16	320 M = 20.0	45.2 M = 2.83 σ = 0.66 ε = 0.17	N = 18	826 M = 45.9	37.9 M = 2.11 σ = 0.66 ε = 0.16	N = 17	1 182 M = 69.5	21.5 M = 1.26 σ = 0.42 ε = 0.10

$$\frac{2.83—2.11}{\sqrt{0.17^2 + 0.16^2}} = 3.1 \qquad \frac{2.11—1.26}{\sqrt{0.16^2 + 0.10^2}} = 4.5$$

sessa on laadittu samanlaiset ryhmitykset kuin kivisyydenkin suhteen, mutta lyhyyden vuoksi niistä esitetään vain lopputulokset:

Si, dm	— 1.5	1.6 — 2.5	2.6 +
Maata > 2 mm, %	79.6 ± 2.27	56.3 ± 3.14	38.7 ± 3.60

$$\frac{79.6 — 56.3}{\sqrt{2.27^2 + 3.14^2}} = 6.0 \qquad \frac{56.3 — 38.7}{\sqrt{3.14^2 + 3.60^2}} = 3.7$$

Maata > 2 mm, %	— 50.0	50.1 — 70.0	70.1 +
Si, dm	3.0 ± 0.16	2.0 ± 0.10	1.2 ± 0.09

$$\frac{3.0—2.0}{\sqrt{0.16^2 + 0.10^2}} = 5.3 \qquad \frac{2.0—1.2}{\sqrt{0.10^2 + 0.09^2}} = 6.2$$

Ylläolevasta asetelmasta ja taulukoista 4 ja 5 nähdään, että kun ryhmitellään maat syvyysindeksin tai maan karkean osan määrien mukaan, eri luokkien keskiarvojen erotusten suhde erotusten keskivirheisiin on yleensä suurempi tarkasteltaessa 2 mm:iä karkeampaa maata kuin sitä maan osaa, jonka karkeus on suurempi kuin 20 mm. Syvyysindeksi antaa siis hieman tarkemman kuvan siitä osasta maata, jonka karkeus on yli 2 mm, kuin siitä, jonka karkeus on yli 20 mm. Molemmat kuvat ovat silti riittävän luotettavia.

S o m e r o m a a l t a on vain 14 koealaa, eikä maan karkean osan ja syvyysindeksin välistä suhdetta havaintojen vähälukuisuuden vuoksi katsottu voitavan tutkia korrelaatiolaskun avulla. Ryhmiteltäessä aineistoa havaittiin, että syvyysindeksin ja maan karkean osan määrän välinen suhde on samantapainen kuin moreenimaallakin, mutta luvut vaihtelevat suuresti. Ilmeisesti ei syvyysindeksillä ole someromaalla samaa merkitystä maan karkeuden ilmaisijana kuin moreenimaalla, johtuen someromaan löyhyydestä, jonka vuoksi kivi voi siirtyä syrjään rassilla painettaessa. Hiekkamaalla ja muilla tasarakeisilla maalajeilla ei syvyysindeksillä ole mitään merkitystä maan karkeuden kuvaajana.

Jotta voitaisiin tarkastella, montako syvyysmittausta ha:ia kohti kivisyystutkimuksessa on suoritettava riittävän tarkan tuloksen saavuttamiseksi, otettiin kullakin koealalla ha:ia kohti saaduista 400 havainnosta tietyllä tavalla 4—360 havaintoa ja laskettiin näiden keskiarvo, sekä paljonko näin saatu keskiarvo poikkeaa 400 havaintoa edustavasta keskiarvosta, jota pidettiin oikeana. Aineisto käsitti 77 koealaa. Poikkeamien itseisarvojen summat ja itseisarvojen hajonnat 0:sta olivat seuraavat:

	havaintoja, kpl.							
	4	12	24	36	80	160	240	320
poikkeamien itseisarvojen summa, dm	73.3	50.5	36.2	28.6	15.7	10.6	7.3	4.6
hajonta (σ), $\pm$ dm	1.25	0.87	0.60	0.51	0.32	0.17	0.14	0.09

Jaettaessa maat karkeusluokkiin niinkuin edellä taulukossa 5 on tehty saadaan eri kivisyysluokkien syvyysindeksien keskiarvojen erotuksiksi 0.82—0.85 dm. Jos asetetaan seuraava vaatimus:

$$\left.\begin{array}{ll} \text{tieteellisessä työssä} & \pm 4\ \sigma \\ \text{käytännön} \quad \text{»} & \pm 2\ \sigma \end{array}\right\} \leqq \text{luokkakeskiarvojen erotus,}$$

saadaan tulokseksi, että t i e t e e l l i s e s s ä t u t k i m u s t y ö s s ä o n o t e t t a v a h a : i a k o h t i v ä h i n t ä ä n 1 4 0 h a v a i n t o a j a k ä y t ä n n ö n t u t k i m u s t y ö s s ä v ä h i n t ä ä n 6 0 h a v a i n t o a, j o t t a k i v i s y y s t u l i s i m ä ä r i t e t y k s i r i i t t ä v ä n t a r k a s t i. Havainnot on ehdottomasti otettava tiettyä järjestelmää

käyttäen, sillä muutoin tulos tulee täysin subjektiiviseksi. Tällä menetelmällä saadaan kuva vain maan pintakerroksen kivisyydestä, mutta myöhemmin osoitetaan, että juuri pintakerros on metsän kasvulle merkitsevin. Jos kivet ovat maassa aivan pinnalla, syvyysindeksi voi antaa jossakin määrin harhaanjohtavan kuvan maan kivisyydestä, mutta yleensä sen antama kuva on varsin luotettava.

Yhdistelmä kivisyyden määrittämistavoista.

Lohkareiden ja kivien määrään maassa on metsätaloudessa kiinnitetty varsin vähän huomiota. Tamm ja Wadman (1945) määrittivät moreenimaiden viljavuustutkimuksessaan kivisyyden silmävaraisesti. Valtakunnan metsien II arvioinnissa erotettiin kivisellä maalla metsätyypistä alatyyppi merkinnällä »kivinen», esim.: *VT* kivinen. Metsätyyppi luokiteltiin kiviseksi, jos maa oli siinä määrin kiviperäistä, että sen tuottokyky oli vähintään 25 % normaalia pienempi (Ilvessalo 1936). Tässä luokittelussa voi joissakin tapauksissa verraten vähäkivinen maa, jossa kaikki kivet ovat selvssti näkyvissä ja jonka tuotto jonkin muun tekijän kuin kivisyyden vaikutuksesta on jäänyt pieneksi, tulla luokitelluksi kiviseksi. Maiden kivisyysluokittelu näkyvien lohkareiden perusteella on verraten epätarkkaa ja usein varmaan subjektiivistakin. Tarkasteltaessa esim. tämän tutkimuksen aineistoa huomataan, että moni koeala, jonka maa silmävaraisesti on luokiteltu kiviseksi tai erittäin kiviseksi, onkin lähemmin tarkasteltaessa osoittautunut vähäkiviseksi tai päinvastoin. Silmävaraisesti vähäkivisiksi, kivisiksi ja erittäin kivisiksi luokitellut moreenimaat kuuluivat seuraaviin kivisyysluokkiin (s. 47):

silmävaraisesti määritetty kivisyysluokka	todellinen kivisyysluokka		
	I	II	III
	koealoja, kpl.		
vähäkivinen	12	11	1
kivinen	3	6	8
erittäin kivinen	1	1	8

Usein kivet ovat yksinomaan maan pinnalla ja maa näyttää aivan louhikolta, ja kaivettaessa huomataankin sen olevan varsin vähäkivistä. Joskus taas ei silmävaraisesti havaita kiviä juuri ollenkaan, ja kaivettaessa todetaankin maan sisältävän runsaasti kiviä. Edellisestä tapauksesta mainittakoon esimerkkinä koeala 67, jälkimmäisestä koeala 44.

Kivisyyden eri määritystavoista voi sanoa, että mekaaninen analyysi on hyvin suuritöinen, mutta yleensä se antaa kivisyydestä luotettavimman kuvan. Muutamissa tapauksissa, esim. koealalla 61, vaikuttaa siltä kuin rassauksen maan kivisyydestä antama kuva olisi oikeampi kuin mekaanisen maa-analyysin antama. Kuvasta 8 nähdään nimittäin, että koealan 61

syvyysindeksiä 1.1 dm vastaa 74 %:n kivisyys. Kuvista 18 a—c vuorostaan nähdään, että jos koealan 61 kivisyys olisi 74 %, havaittu valtapuun pituus ja kuutiomäärä vastaisivat likipitäen tasoitettujen käyrien ilmoittamia ja myös havaittu rinnankorkeusläpimitta vastaisi tasoitettua käyrää huomattavasti paremmin kuin nyt. Lundquistin kivisyyden määritysmenetelmä antanee myös verraten hyviä tuloksia, mutta on samoin suuritöinen. Sekä Pohjois-Ruotsissa että meillä maan viljelyskelpoisuuden määrittämiseksi käytetyt menetelmät ovat varsin karkeita ja antanevat yleensä liian pieniä arvoja. Maan syvyysindeksin määrittäminen on ainoa käytännössä mahdollinen kojeellinen tapa kivisyyden määrittämiseksi.

Maan 20 mm:iä hienomman osan raekokoomuksen määrittäminen.

Koealalta otettujen maanäytteiden tutkiminen suoritettiin laboratoriossa. Ensin näytteet saivat kuivua ilmakuiviksi. Sen jälkeen määritettiin soralajitteen määrä seulomalla maa 2 mm:n seulalla. Jos maa oli kuivunut paakkuihin, ne hienonnettiin huhmaressa hyvin kevyesti hieromalla. Soran osuus maasta määritettiin painosadanneksina.

Koettgenin (1917) mukaan yli 5 mm:n suuruiset maarakeet voidaan määrittää luotettavasti vain yli 1 kg:n suuruisista maanäytteistä. Tässä tutkimuksessa on laboratorioon, jossa on määritetty maan 20 mm:iä hienomman osan raekokoomus, vietyjen maanäytteiden paino maan karkeudesta riippuen ollut vaihdellen 1—3.5 kg, keskipainon ollessa pintamaanäytteissä noin 2 kg ja pohjamaanäytteissä noin 2.5 kg. Soran ja sitä hienompien lajitteiden osuuden määrittämiseksi näyte on siis ollut riittävän suuri.

Maan 2 mm:iä hienomman osan raekokoomus tutkittiin mekaanisella maa-analyysilla. Koska tämä on erittäin suuritöinen, tehtiin kultakin koealalta vain 2 analyysia, toinen pintanäytteistä, toinen pohjanäytteistä. Sitä varten punnittiin kullakin koealalla toisiaan vastaavista näytteistä yhtä paljon maata, niin että yhteensä saatiin 25 g. Jos vastaavia näytteitä oli 4, unpnittiin siis kustakin näytteestä 6.25 g. maata. Maan esikäsittely mekaanista analyysia varten suoritettiin Tammin (1934) menetelmällä:

> Punnittu maa pantiin keitinlasiin ja päälle kaadettiin 50 ml 15 %:ista vetyperoksidia ja lasi asetettiin vesihauteelle. Kuohuminen estettiin lasisauvalla sekoittamalla tai, jos se ei auttanut, nostamalla keitinlasi vähäksi ajaksi kylmään veteen. Kun vetyperoksidi oli haihtunut kuiviin, lisättiin sitä uudestaan 10 ml ja haihdutettiin jälleen kuiviin. Tämän jälkeen humus oli miltei täysin hajonnut, vain isoimmat juuren- tai hiilenkappaleet jäivät hajoamatta. Ne poistettiin poimimalla. Maa kuivattiin kuivauskaapissa (110°) ja siitä punnittiin analyysia varten 20 g.

Varsinainen mekaaninen maa-analyysi suoritettiin seulomalla ja liettämällä (Aaltonen 1941 b). Maa seulottiin 0.2 mm:n seulalla veden kanssa, kuivattiin seulalla ja seulottiin jäännös kuivana. Seulalle jäänyt osa, joka käsittää maan hiekkalajitteen, jaettiin kuivaseulonnalla karkeaan hiekkaan, 2—0.5 mm, ja hienoon hiekkaan, 0.5—0.2 mm, joiden määrät punnittiin Maan 0.2 mm:iä hienomman osan raekokoomus tutkittiin lieteanalyysilla. Näytettä sekoitettiin ensin »*Protos Drink Mixerissä*» 10 min. aika, lisäten dispergointiaineeksi 50 ml 10 %:ista ammoniakkia. Sen jälkeen liete kaadettiin sedimentoimissylinteriin, joka täytettiin merkkiin asti. Sekoitetusta lietteestä otettiin tiettynä aikana ja tietyltä syvyydeltä 10 ml:n suuruinen näyte taarattuun posliiniupokkaaseen. Upokkaasta haihdutettiin vesi pois ja jäänyt maa punnittiin. Savilajitteelle käytettiin 5 cm:n, muille lajitteille 10 cm:n laskeutumiskorkeutta. Veden lämpötila otettiin huomioon ½ asteen tarkkuudella.

Käytettiin seuraavia laskeutumisaikoja:

raesuuruus	lämpötila 15°	16°	17°	18°	19°
	laskeutumisaika				
< 0.05 mm	51.5″	50″	48.5″	47″	46″
< 0.02 mm	5′18″	5′10″	5′2″	4′55″	4′47″
< 0.002 mm	4 t. 25′	4 t. 18′30″	4 t. 12′	4 t. 5′30″	3 t. 59′30″

Lajitteen 0.2—0.05 mm määrä saadaan käytetyn maamäärän ja eri lajitteiden yhteismäärän erotuksena.

Maan 2 mm:iä hienomman osan raekokoomuksen määrittämiseksi on näytettä otettu 20 g, mitä määrää on yleisesti käytetty (vrt. esim. Aaltonen 1941 b) vähäsavisilla mailla. Tammin (1934) mukaan saadaan mekaanisessa maa-analyysissa vähäsavisilla mailla riittävän tarkkoja tuloksia, kun esikäsittely suoritetaan vetyperoksidilla, ja lisäksi menetelmä on yleisesti käytettyä menetelmää huomattavasti nopeampi. Ennen mekaanisten analyysien tekoa tehtiin vertaileva koesarja sekä Tammin menetelmällä että suorittaen täydellinen esikäsittely ammoniumoksalaatilla (Aaltonen 1941 b). Kokeiden tulokset on esitetty taulukossa 6. Tammin menetelmällä saatiin hiesu- ja savilajitteille keskimäärin hieman liian pienet ja hienohietalajitteelle hieman liian suuret arvot. Lajitteelle < 0.05 mm saatiin eri menetelmillä miltei samat arvot. Kuitenkin kaikki erot ovat varsin pieniä, joten Tammin menetelmää voidaan hyvin käyttää maan raekokoomuksen määrittämiseksi.

Maan vedenpidätyskyvyn määrittäminen.

Kun koealalla oli määritetty maan lohkare- ja kivipitoisuus, kaivettiin kaksi maantutkimuskuoppaa, tavallisesti a ja c tai b ja d, 1 m:n syvyisiksi. Kummankin kuopan seinästä otettiin noin ½ kg:n suuruinen maanäyte 10 cm:n välein maanpinnasta 1 m:n syvyyteen asti. Näytteet numeroitiin toisessa kuopassa 1—10, toisessa 11—20. Laboratoriossa määritettiin

Taulukko 6. Mekaaninen maa-analyysi.
Table 6. Mechanical soil analysis.

Tehty Tammin mukaan — *Analysed according to Tamm.*

Näytteen numero — *No. of sample*	Raesuuruus — *Grain size*, mm					
	2—0.5	0.5—0.2	0.2—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	< 0.002
	%					
32 a 2	29.3	21.0	29.5	11.1	8.0	1.1
5 a 2	17.5	21.1	38.3	13.6	8.3	1.2
30 a 1	14.6	13.0	40.1	21.9	9.0	1.4
33 a 1	17.0	27.9	34.2	9.8	9.1	2.0
7 a 2	11.7	18.0	39.9	13.4	13.8	3.2
	18.0	20.2	36.4	14.0	9.6	1.8
					25.4	

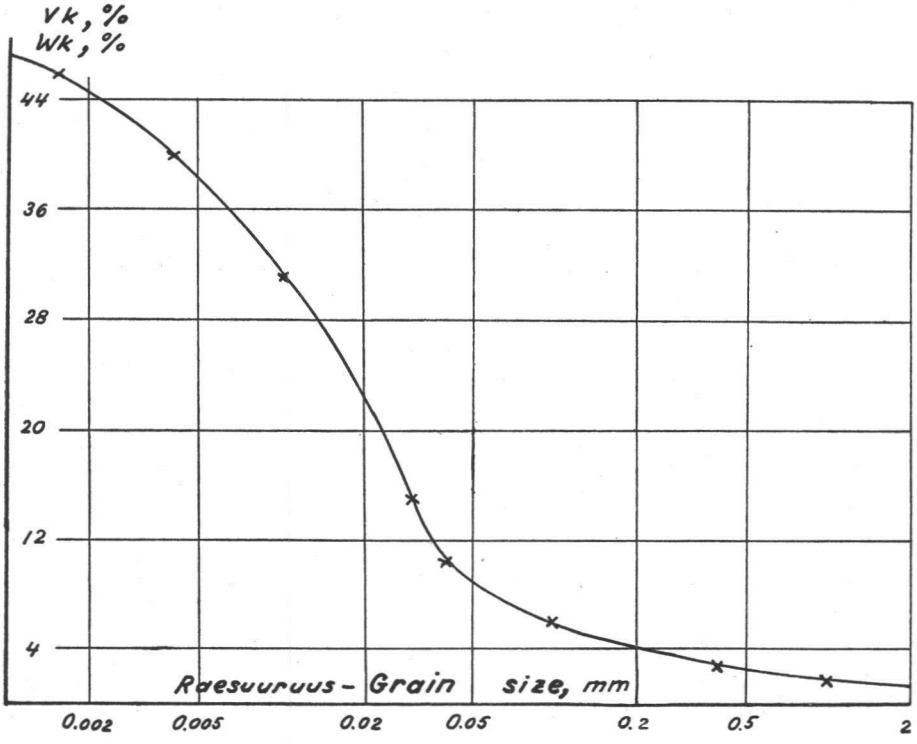
Tehty Aaltosen mukaan — *Analysed according to Aaltonen.*

32 a 2	29.7	22.5	29.2	9.6	8.0	1.0
5 a 2	19.3	19.0	38.3	12.8	9.4	1.2
30 a 1	14.1	10.8	41.9	20.6	10.9	1.7
33 a 1	17.6	26.4	32.8	11.5	9.7	2.0
7 a 2	11.8	17.9	39.7	13.1	13.9	3.6
	18.5	19.3	36.4	13.5	10.4	1.9
					25.8	

näiden näytteiden vedenpidätyskyky maan kerroksellisuuden tutkimiseksi ja maalajin määrityksen varmistamiseksi. Vedenpidätyskyky (Vk) määritettiin Bouyoucosin (1929, 1935) menetelmällä:

Kuivunut maa seulottiin ensin 2 mm:n seulalla. Noin 5 cm:n läpimittaiseen *büchner*suppiloon, jonka pohjalle oli asetettu kaksi kostutettua suodatinpaperia *(S & S N:o 575)* hyvin tiiviisti pohjaa vasten painettuna, punnittiin tavallisesti 25 g maata. Suppilo täytettiin vedellä ja annettiin veden hitaasti imeytyä siinä olevaan maahan. Kun maa oli täysin kastunut, sitä sekoitettiin lasisauvalla ilmakuplien poistamiseksi, varoen erittäin huolellisesti, ettei samalla liikutettu suppilon pohjalla olevia papereja. Kun maa oli ollut suppilossa märkänä noin ½ tuntia, poistettiin vapaa vesi siitä vakuumi-imupumpulla. Jotta maa painuisi tasaisesti suppilon pohjaan, koputettiin suppiloa varovasti pöytää vastaan ja poistettiin jälleen vapaa vesi, ja tämä uusittiin, kunnes ei enää ollut näkyvissä vapaata vettä, mutta näytteen pinta oli rasvakiiltoinen. Sen jälkeen suppilo peitettiin kostutetulla kaksinkertaisella liinakankaalla, jonka reunat kiinnitettiin suppiloon kuminauhalla, ja annettiin vesi-imupumpun imeä 10 min. Elohopeamanometrillä tarkastettiin, että vakuumi todella syntyi. Jos sitä ei syntynyt, oli suppilon pohjalla olevien paperien väliin päässyt tunkeutumaan hiekkajyväsiä. Tällaisessa tapauksessa oli määritys uusittava. Samasta näytteestä tehtiin aina kaksi määritystä, asettaen rinnakkaismääritykset yhtä aikaa imuun. 10 min. kuluttua suppilot otettiin imusta, kuivattiin pyyheliinalla ja punnittiin. Vedenpidätyskyky laskettiin %:eina kuivan maan painosta.

Bouyoucosin menetelmän antamat tulokset riippuvat suuresti pienistä eroavuuksista työtavassa sekä myös käytetyn imupumpun tehosta. Siitä johtuen voivat eri tekijäin saamat tulokset vaihdella huomattavasti. Tämän vuoksi on määritetty kokeellisesti eri maalajitteiden vedenpidätyskyky. Määritysten tuloksia esittää kuva 9. Kukin piste edustaa vähintään 4 koetta. On toivottavaa, että aina kun esitetään vedenpidätyskyvyn



Kuva 9. Raesuuruus ja vedenpidätyskyky (Vk).
Fig. 9. Grain size and moisture equivalent (Wk).

määritysten tuloksia, samalla esitettäisiin myös niiden tekijän eri maalajitteille saamat arvot, jotta eri tutkijain tuloksia paremmin voitaisiin verrata keskenään.

Vedenpidätyskyvyn määritysten tuloksista esitetään vain syvyyden 60—100 cm vedenpidätyskykyjen keskiarvo (taulukko 18).

Maan vedenpidätyskyky riippuu pääasiassa 0.02 mm:iä hienomman raelajitteen määrästä (Aaltonen 1940), mutta huomattavasti siihen vaikuttavat myös maan humus- ja kolloidimäärät (Bouyoucos 1929, 1939). Wittichin (1938) mukaan täten määritettyä vedenpidätyskykyä voidaan nimittää luonnolliseksi vedenpidätyskyvyksi, koska maan vesimäärä pyrkii asettumaan sen suuruiseksi. Syväpohjaisilla hiekkamailla

eivät maan vedenpidätyskykyä Wittichin mukaan määrää kapillaarisuuslait, vaan maahiukkasten sähköiset kenttävoimat.

Kun halutaan vedenpidätyskyvyn määrityksillä varmentaa maalajin määritys, on siihen tarvittava maanäyte A- ja B- horisonttien humus- ja kolloidipitoisuuden vuoksi otettava C-horisontista. Koska vedenpidätyskyky Bouyoucosin menetelmällä määritetään maan 2 mm:iä hienommasta osasta, ei sen avulla aina voi erottaa hienoa someromaata ja karkeata hiekkamaata, vaan on käytettävä avuksi myös muita maasta tehtyjä havaintoja. Varsinkin huuhtoutuneen moreenimaan ja someromaan toisistaan erottamiseen sekä lajittuneen maan karkeuden määrittämiseen voidaan Bouyoucosin menetelmää hyvin käyttää. Seuraavassa asetelmassa on esitetty eräiden maalajien vedenpidätyskyvyn raja-arvot (osittain Aaltosen (1940) mukaan):

maalaji — *superficial deposit*	vedenpidätyskyky *moisture equivalent*
moreenimaa — *morainic soil*	> 6 %
huuhtoutunut moreenimaa — *water-sortered morainic soil*	3 — 6 »
someromaa — *gravelly soil*	< 3 »
hiekkamaa — *sand*	2 — 7.5 »
hietamaa — *loam*	7.5 — 17.5 »
hiesumaa — *silt*	17.5 — 27.5 »
savimaa — *clay*	> 27.5 »

Aineiston jakaantuminen maalajin mukaan.

Koealat jakaantuivat eri maalajeille seuraavasti:

metsätyyppi	maalaji: moreenimaa (m)	hiekkamaa (h)	someromaa (s)
	koealoja, kpl.		
MT	27	2	1
VT	24	6	5
CT	—	7	8
yhteensä	51	15	14

Tutkimukseen sisältyvistä maalajeista moreenimaa on hienoin, someromaa karkein. Ylläolevasta asetelmasta huomataan, että *MT*:llä on hienoimman maalajin osuus suurin, *CT*:llä taas karkeimman maalajin. *CT*:n koealoista ei yksikään ole moreenimaalla. Metsätyyppien jakaantuminen eri maalajeille on siis samansuuntainen kuin valtakunnan metsien arvioinneissa havaittu jakaantuminen.

Silmävaraisen arvioinnin mukaan moreenimaan koealat jakaantuivat kivisyysluokkiin seuraavasti:

metsätyyppi	vähäkivinen	kivinen	erittäin kivinen
MT	15	10	2
VT	9	7	8
yhteensä	24	17	10

MT:n koealoista on luokassa kivinen noin 37 %, luokassa erittäin kivinen vain noin 7 %. *VT*:n koealat jakautuivat eri kivisyysluokkiin miltei tasan.

Valtakunnan metsien I arvioinnin mukaan suurin osa moreenimaista kuuluu toiseen kivisyysluokkaan, tämän tutkimuksen moreenimaista suurin osa on vähäkivisten luokassa. II arvioinnissa kivisyys on ilmoitettu kaikilta maalajeilta yhdessä. Kun tässä tutkimuksessa luokitellaan hiekka- ja someromaat vähäkivisiksi, jakaantuu koko aineisto kivisyysluokkiin seuraavasti:

metsätyyppi	vähäkivinen	kivinen	erittäin kivinen
MT	60 %	33 %	7 %
VT	56 »	20 »	24 »
CT	100 »	—	—

Jakaantuminen kivisyyden mukaan on siis verraten karkeasti ottaen samansuuntainen kuin II arvioinnissa havaittu.

Puuston tutkiminen.

Käytetty työtapa.

Puut mitattiin 1.3 m:n korkeudelta maanpinnasta (D 1.3) tasaavalla kaulaimella käyttäen parittomia 2 cm:n läpimittaluokkia. Pituus (H) mitattiin noin 25 puusta Lönnrothin hypsometrilla 0.5 m:n tarkkuudella käyttäen 5 m:n aputankoa. Näiden havaintojen mukaan piirrettiin koealan puille pituuskäyrä. Samoista puista mitattiin kapenemisen tutkimiseksi läpimitta myös 6 m:n korkeudelta (D 6.0), 8 m:iä lyhemmistä puista 3.5 m:n korkeudelta, Töyryn latvakaulaimella 1 cm:n tarkkuudella. Kasvun tutkimiseksi mitattiin kultakin koealalta noin 10 puusta rinnankorkeudelta 5 vuoden sädekasvu kasvukairalla ja kuoren vahvuus Mattsonin kuorimittarilla (Petrini 1921). Puun 5 vuoden pituuskasvu mitattiin hypsometrillä. Metsikön ikä määritettiin kairaamalla noin 5 puusta juurenniskan kohdalta ja lukemalla lustot. Ha:ia kohti laskettuna 100 vahvimman puun keskipuusta, siis puusta, jonka läpimitta on 100 vahvimman puun läpimitan keskiarvo ja pituus sama kuin koealan puiden pituuskäyrän tämänvahvuiselle puulle ilmoittama keskipituus, tehtiin täydellinen runkoanalyysi (Ilvessalo 1920 a). Puu kaadettiin aivan

juuren niskasta ja sen pituus mitattiin 5 cm:n tarkkuudella. Puusta otettiin noin 2 cm:n vahvuinen kiekko 0.5, 1.3, 2, 4, 6 jne. metrin korkeudelta. Viimeisen parittoman metrin yli jäävästä latvakappaleesta otettiin kiekko keskeltä. Tyvileikkauksesta laskettiin puun ikä. Kiekoista mitattiin paksuuskasvu 10-vuotiskausittain kahden toisiaan vastaan kohtisuoran suunnan keskiarvona 1 mm:n tarkkuudella. Kiekkojen sahaaminen ja mittaaminen suoritettiin samana päivänä. Tämän puun katsottiin edustavan valtapuita.

Talven aikana suoritettiin vastaavat laskutyöt. Koealojen puusto kuutioitiin käyttäen Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa laadittuja kuutioimistaulukoita (Ilvessalo 1947), joissa puun kuutiomäärä perustuu D 1.3:n, D 1.3:n ja D 6.0:n erotukseen sekä pituuden mittaamiseen. Puuston kasvu laskettiin tavalliseen tapaan (Ilvessalo 1939) koepuiden mittauksen perusteella. Koealan puustolle laskettiin keskipituus, keskiläpimitta ja keskikuutiomäärä kaavalla

$$M = \frac{\Sigma\, x \cdot n}{N},$$

jossa x on läpimittaluokan puiden keskimääräinen pituus, läpimitta tai kuutiomäärä, n vastaavan luokan puiden lukumäärä ja N koko koealan puiden lukumäärä. Koealojen puusto on kuvattu taulukossa 19 s. 98.

Valtapuut kuutioitiin kappaleittain kertomalla kunkin pölkyn keskivälin poikkileikkauspinta-ala pölkyn pituudella. Valtapuun pituus-, läpimitta- ja kuutiokasvu laskettiin 10-vuotiskausittain. Taulukossa 19 on esitetty vain valtapuun koko pituus, läpimitta ja kuutiomäärä. 10-vuosittainen kasvu on kustannusten säästämiseksi jätetty esittämättä.

Aineiston jakaantuminen metsiköiden iän mukaan.

Koealat sijoitettiin keski-ikäisiin ja vanhanpuoleisiin metsikköihin. Metsiköiden ikä oli yleensä vaihdellen 50—100 v. 2 koealametsikön ikä oli yli 100 v.

Ikäluokkiin koealametsiköt jakautuivat seuraavasti:

metsätyyppi	ikäluokka 51—60 v.	61—70 v.	71—80 v.	81 + v.	yhteensä
	koealoja, kpl.				
MT	7	6	8	9	30
VT	2	8	7	18	35
CT	1	5	5	4	15
yhteensä	10	19	20	31	80

Lisäksi on 7 koealalta, jotka ovat Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen kestokoealoja, käytettävissä kahden tai kolmen aikaisemmin suoritetun mittauksen tulokset. Näistä koealoista on 3 *VT*:llä ja 4 *CT*:llä.

Koealakuvauksen laatiminen.

Yleistä.

Koealakuvauksen laadinnassa otettiin huomioon puuston tiheys, puulajisuhteet ja ikä, maanpinnan kaltevuus, aluskasvillisuus ja maannostuminen. Maanpinnan kaltevuus määritettiin samoin kuin valtakunnan metsien II arvioinnissa (Ilvessalo 1936):

1. tasainen tai heikosti viettävä (< 5°)
2. viettävä (5—20°)
3. jyrkkä (> 20°).

Samalla merkittiin myös kaltevuuden suunta. Maanpinnan kaltevuus eri koealoilla on esitetty taulukossa 18.

Aluskasvillisuus.

Aluskasvillisuudesta laadittiin luettelo käyttäen Norrlinin (Cajander 1916) asteikkoa, jonka mukaan kasvien esiintymisrunsaus lausutaan arvoilla 1—10. Putkilokasvit nimettiin Hiitosen (1933), sammalet Brotheruksen (1923) ja jäkälät Magnussonin (1929) mukaan. *Cladina-*, *Cladonia-* ja *Dicranum*-suvuissa ei erotettu yksityisiä lajeja.

Taulukossa 7 on esitetty sanikkaisten, ruohojen ja heinien, varpujen, sekä pensaiden ja puiden keskimääräiset lajilukumäärät eri maalajeilla

Taulukko 7. Kasvilajien keskimääräinen lukumäärä eri maalajeilla.

Table 7. Mean number of the species of plants on the different superficial deposits.

Metsätyyppi — *Forest type*	Maalaji — *Superficial deposit*	Koealojen luku — *Number of sample plots*	Sanikkaisia, ruohoja ja heiniä — *Ferns, herbs and grasses*	Varpuja — *Undershrubs*	Pensaita ja puita — *Shrubs and trees*	Yhteensä — *Total*
			Lajien lukumäärä — *Number of species*			
MT	Moreenimaa — *Morainic soil*	27	16.0	3.3	6.3	25.6
	Hiekkamaa + someromaa — *Sand + gravelly soil*	3	13.3	4.3	5.7	23.3
VT	Moreenimaa — *Morainic soil*	24	7.7	3.8	5.9	17.4
	Hiekkamaa — *Sand*	6	6.3	4.0	3.8	14.1
	Someromaa — *Gravelly soil*	5	6.6	3.8	4.2	14.6
CT	Hiekkamaa — *Sand*	7	2.3	3.9	3.0	9.2
	Someromaa — *Gravelly soil*	8	0.7	3.1	2.4	6.2

metsätyypeittäin. Lajilukumäärä on paremmalla metsätyypillä selvästi suurempi. Moreenimaalla lajilukumäärä on hieman suurempi kuin lajittuneilla maalajeilla. *VT*:llä ei hiekka- ja someromaan välillä ole juuri mitään eroa, *CT*:llä lajiluku on hiekkamaalla selvästi suurempi.

Ilvessalon (1922) mukaan korkeampien kasvien lajiluku eri metsätyypeillä oli keski-ikäisissä metsiköissä seuraava:

MT 28.7 *VT* 18.4 *CT* 7.6

Tässä tutkimuksessa havaitut lukumäärät ovat näiden kanssa verraten hyvin yhtäpitäviä. Eniten mainituista luvuista poikkeavat *MT*:n ja *VT*:n hiekka- ja someromaiden luvut.

Yksityiskohtaiset aluskasvillisuuden kuvaukset on kustannusten säästämiseksi jätetty esittämättä.

Kasvipeitekuvauksen perusteella määritettiin koealan metsätyyppi Cajanderin (1909, 1926, Cajander ja Ilvessalo 1921) mukaan. Metsätyypin määrittämisessä otettiin huomioon, kasvavatko huonoon tyyppiin viittaavat kasvit kivien väleissä vai päällä. Niinpä esim. koeala 61 on luokiteltu *MT*:ksi, vaikka jäkälän runsaudeksi on merkitty 6, koska jäkälä kasvaa pääasiassa kivillä, kun taas kivien väleissä kasvaa *MT*:lle ominaisia kasveja. Metsätyypin määrittämisessä on pääpaino pantu vaateliaiden kasvien esiintymiseen.

Maannostuminen.

Maannostumista tutkittiin mittaamalla jokaisella koealalla humuskerroksen sekä A- ja B-horisonttien paksuudet. Humuskerroksen paksuus mitattiin jokaisella koealalla noin 20 paikasta. A- ja B-horisonttien paksuudet mitattiin kummastakin 1 m:n syvyiseksi kaivetusta kuopasta. Maannoskerrosten paksuudet eri koealoilla on esitetty taulukossa 18.

Taulukossa 8 on esitetty maannoskerrosten keskimääräiset paksuudet metsätyypeittäin ja maalajeittain. Paksuudet vaihtelivat suuresti, vaikka metsätyyppi ja maalaji olivat samat. Huomataan humuskerroksen paksuuden lisääntyvän metsätyypin parantuessa. A-horisontin paksuus moreenimaalla on *MT*:llä suurempi kuin *VT*:llä. Lajittuneilla maalajeilla ei voi havaita selvää eroa eri metsätyyppien välillä. B-horisontin paksuuden vaihtelut ovat kaikista suurimmat. *MT*:n ja *VT*:n välillä ei B-horisontin paksuudessa ole sanottavia eroja, *CT*:llä on B-horisontti selvästi ohuempi.

VT:llä humuskerros on moreenimaalla paksumpi kuin lajittuneilla maalajeilla. *MT*:llä ja *CT*:llä ei eri maalajien välillä ole eroa. *MT*:llä on A-horisontti moreenimaalla selvästi paksumpi kuin lajittuneilla maalajeilla. *VT*:llä on A-horisontti moreeni- ja hiekkamaalla yhtä paksu. Sekä *VT*:llä että *CT*:llä on A-horisontti hiekkamaalla paksumpi kuin someromaalla. *MT*:llä ja *VT*:llä on B-horisontti paksuin sillä maalajilla, jolla A-horisontti on ohuin. *CT*:llä ei eri maalajien välillä ole sanottavaa eroa.

Taulukko 8. Maannoskerrosten keskimääräiset paksuudet eri maalajeilla.
Table 8. Mean thicknesses of the podsolization horizons on the different superficial deposits.

Metsätyyppi — *Forest type*	Maalaji — *Superficial deposit*	Koealojen luku — *Number of sample plots*	Kerroksen paksuus, cm — *Thickness of horizon, cm*		
			Humus	A	B
MT	Moreenimaa — *Morainic soil*	27	2.9	8.0	51.8
	Hiekkamaa + someromaa — *Sand + gravelly soil* ..	3	2.9	4.3	63.2
VT	Moreenimaa — *Morainic soil*	24	2.7	6.5	48.4
	Hiekkamaa — *Sand*	6	2.2	6.7	43.6
	Someromaa — *Gravelly soil*	5	2.2	3.8	69.0
CT	Hiekkamaa — *Sand*	7	1.5	5.2	28.3
	Someromaa — *Gravelly soil*	8	1.7	4.0	26.3

A-horisontin paksuus osoittaa, että koealat ovat yleensä olleet varsin voimakkaasti huuhtoutuneella maalla.

Myös Granlundin ja Wennerholmin (1935) mukaan A-horisontin paksuus lisääntyy moreenimaalla metsätyypin parantuessa:

metsätyyppi	jäkälätyyppi	kuiva *VT*	*MT*	*dryopteris*-tyyppi
A-horisontin paksuus, cm	3.2	5.2	8.5	7.1

Kuivan *vaccinium*-tyypin ja *myrtillus*tyypin luvut ovat samaa suuruusluokkaa kuin tämän tutkimuksen *VT*:n ja *MT*:n luvut. Metsätyypit eivät kylläkään ole täysin rinnastettavia.

Aaltosen (1941 a) mukaan humuskerros tuoreissa kangasmetsissä tulee paksummaksi maan muuttuessa karkeammaksi, ja kuivissa kangasmetsissä suhde on päinvastainen. Maan muuttuessa karkeammaksi tulee A-horisontti yleensä paksummaksi. Taulukossa 9 on esitetty humuskerroksen ja A-horisontin paksuudet maalajeittain, maalajit ryhmiteltyinä kolmeen luokkaan (s. 13). Humuskerroksen paksuus on samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa havaittu, mutta A-horisontti on hyvin huomattavasti ohuempi.

Sarvaksen (1944) havaitsemat humuskerroksen paksuudet ovat suurempia, A-horisontin paksuudet samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa havaitut.

Humuskerroksen sekä A- ja B-horisonttien paksuudet vaihtelevat pienelläkin alueella varsin suuresti. B-horisontin alarajan määrittäminen on

Taulukko 9. Maannoskerrosten paksuudet eri maalajeilla. (A a l t o s e n mukaan).

Table 9. Thicknesses of the podsolization horizons on the different superficial deposits. (According to A a l t o n e n).

Maannoskerros — *Podsolization horizon*	Kerroksen paksuus — *Thickness of horizon*, cm	Maalaji — *Superficial deposit*		
		karkea — *coarse*	keskikarkea — *middle coarse*	hieno — *fine*
		%		
Humus — *Humus*	< 2	47.4	19.9	20.3
	2—4	32.5	51.6	40.8
	> 4	20.1	28.5	38.9
A-horisontti — *A-horizon*	—	52.4	60.8	85.7
	< 3	30.4	22.3	9.3
	3 + >	17.2	16.9	5.0

useissa tapauksissa varsin subjektiivinen tehtävä. Luotettavan kuvan saamiseksi eri maannoskerrosten vahvuudesta metsätyypeittäin, maalajeittain ja kivisyysluokittain olisi sen vuoksi kerättävä suuri aineisto erityisesti sitä varten.

Aineiston tilastomatemaattinen käsittely.

Käsiteltäessä aineistoa todennäköisyyslaskun avulla käytettiin seuraavia matemaattisia kaavoja (C h a r l i e r 1920 ja L i n d e b e r g 1927):

Aritmeettinen keskiarvo, *Arithmetical mean value*, $M = M_0 + b$

$M_0 =$ väliaikainen keskiarvo *temporary mean value*

$$b = \frac{\Sigma (x_k - M_0)}{N}$$

$x_k =$ koealalla k havaittu arvo *observed value on sample plot k*

$N =$ havaintojen lukumäärä *number of observations*

Hajonta, *Standard deviation*, $$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma (x_k - M_0)^2}{N} - b^2}$$

Keskiarvon keskivirhe, *Standard error of mean value*, $$\varepsilon (M) = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Korrelaatiokerroin,
Correlation coefficient,

$$r = \frac{\frac{\Sigma\,(x_k - Mx_o)\,(y_k - My_o)}{N} - b_x \cdot b_y}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Korrelaatiokertoimen keskivirhe,
Standard error of correlation coefficient,

$$\varepsilon\,(r) = \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}}$$

Erotuksen keskivirhe
Standard error of difference

$$= \sqrt{\varepsilon_1{}^2 + \varepsilon_2{}^2}$$

Tutkimuksen tulokset.

Maan raekokoomus.

Moreenimaa.

Maan pintakerroksen mekaanisesti määritetyn lohkare- ja kivipitoisuuden mukaan moreenimaat jaettiin kolmeen kivisyysluokkaan:

I luokka, kivisyys	0 — 30	%
II » »	30.1 — 60	»
III » »	> 60.1	»

Kuvat 10—13 esittävät eri kivisyysluokkiin kuuluvia metsämaita. Koealat jakaantuivat kivisyysluokkiin seuraavasti:

metsätyyppi	kivisyysluokka I	II	III
		koealoja, kpl.	
MT	10	10	7
VT	6	8	10

Taulukossa 18 on esitetty maan raekokoomus eri koealoilla. Keskimäärin moreenimaan raekokoomus oli seuraava:

maakerros	metsätyyppi	raesuuruus > 20 cm	20—2 cm	20—2 mm	< 2 mm
0—30 cm	*MT*	28.4 %	13.5 %	13.6 %	44.5 %
	VT	32.8 »	17.1 »	13.5 »	36.6 »
	MT + *VT* ...	30.5 »	15.2 »	13.6 »	40.7 »
30—60 cm	*MT*	23.2 »	14.6 »	18.2 »	44.0 »
	VT	28.8 »	16.5 »	18.8 »	35.9 »
	MT + *VT* ...	25.8 »	15.5 »	18.5 »	40.2 »

Valtakunnan metsien II arvioinnissa todettiin, että Etelä-Suomessa on *OMT*:n metsistä 4.3 %, *MT*:n metsistä 9.3 % ja *VT*:n metsistä 14.3 % kivisiä (Ilvessalo 1942). Todennäköisesti on kuitenkin saatettu antaa kiviä peittävän vaatimattoman kasvupaikan kasvillisuuden vaikuttaa metsätyypin määrittämiseen, jonka vuoksi metsätyyppi on toisinaan määritetty liian huonoksi. Osittain myös tästä syystä kivisyys on huonommalla metsätyypillä tullut suuremmaksi.



Kuva 10. Tyypillistä I kivisyysluokan maata. Koeala 30, *MT*.
Fig. 10. Typical soil of the I stoniness class. Sample plot 30, MT.

Tässä tutkimuksessa tavattiin sekä *MT*:iä että *VT*:iä kaikkiin kivisyysluokkiin kuuluvilla mailla. Mekaanisen maa-analyysin mukaan *MT*:n koealoista kuului III kivisyysluokkaan 22 %, silmävaraisen arvion mukaan luokkaan »erittäin kivinen» vain 7 %. *VT*:llä vastaavat luvut olivat 41 % ja 33 %. *VT*:llä kivet ovat siis olleet huomattavasti enemmän näkyvissä kuin *MT*:llä. Koska valtakunnan metsien II arvioinnissa kivisyys määritettiin silmävaraisesti, se on samasta syystä paremmilla metsätyypeillä mahdollisesti määritetty liian alhaiseksi.

Tässä tutkimuksessa kuului II ja III kivisyysluokkaan *MT*:n koealoista 2/3, *VT*:n koealoista 3/4. Keskimäärin oli kivisyys *VT*:llä suurempi kuin *MT*:llä. Näyttää siltä kuin kivisyys jonkin verran vaikuttaisi tietyn metsätyypin syntymiseen, mutta vaikutus on ilmeisesti verraten vähäinen. Myös Tamm ja Wadman (1945) tulivat siihen tulokseen, ettei kivisyyden ja metsätyypin välillä ole selvää suhdetta.

Aaltosen (1941 a) mukaan Suomen moreenimaista on 92.8 % hietaisia ja 7.2 % hiesuisia ja savisia. Tähän tutkimukseen sisältyvistä moreenimaista oli hiekkaisia 7, hietaisia 36 ja hiesuisia 8. Myös tämän tutkimuksen mukaan siis valtaosa moreenimaistamme on hietaisia, vaikka erot eivät olekaan yhtä suuret kuin Aaltosen mainitsemat.

Taulukossa 10 koealat on ryhmitelty metsätyypin ja kivisyysluokan mukaan ja laskettu maan keskimääräinen raekokoomus kussakin ryhmässä. Huomataan, että *MT*:llä hiesu- ja savipitoisuus on suurin II kivisyysluokassa. Hiesupitoisuus on pienin III kivisyysluokassa, savipitoisuus I kivisyysluokassa. *VT*:llä hiesun ja saven määrä lisääntyy kivisyyden lisääntyessä. I ja II kivisyysluokassa savi- ja hiesupitoisuus on *MT*:llä suurempi kuin *VT*:llä, III kivisyysluokassa taas pitoisuus on *VT*:llä suurempi.

Savipitoisuus on maan pintakerroksessa huomattavasti suurempi kuin pohjakerroksessa. Ainoastaan koealalla 40 pohjamaa sisälsi enemmän savea kuin pintamaa. Koealalla 7 näiden maakerrosten savipitoisuudet olivat yhtä suuret. Kaikilla muilla koealoilla pintamaan savipitoisuus oli suurempi.



Kuva 11. Tyypillistä II kivisyysluokan maata. Kivet ovat sammalien peitossa. Koeala 3, *MT*.
Fig. 11. Typical soil of the II stoniness class. The stones are covered with moss. Sample plot 3, MT.

Taulukko 10. Moreenimaan 2 mm:iä hienomman osan keskimääräinen raekokoomus.
Table 10. The mean mechanical composition of the 2 mm-finer portion of morainic soil.

Maakerros — *Soil layer*	Metsätyyppi — *Forest type*	Kivisyysluokka — *Stoniness class*	Koealojen luku — *Number of sample plots*	Raesuuruus — *Grain size*, mm					
				2—0.5	0.5—0.2	0.2—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002
				%					
0—30 cm	*MT*	I	10	14.6	15.3	42.5	13.9	10.8	2.9
		II	11	14.7	20.4	36.7	12.3	12.0	3.9
		III	6	21.7	26.4	29.8	8.6	10.1	3.4
		I—III ..	27	16.3	19.9	37.3	12.1	11.1	3.3
	VT	I	6	15.3	25.2	40.7	10.3	6.3	2.2
		II	8	16.8	20.0	34.9	15.2	10.3	2.8
		III	10	21.0	21.9	30.5	10.7	12.1	3.8
		I—III ..	24	18.2	22.1	34.5	12.1	10.0	3.1
	MT + VT		51	17.2	20.9	36.0	12.1	10.6	3.2
30—60 cm	*MT*	I	10	18.2	17.8	37.2	14.5	10.7	1.6
		II	11	15.2	20.2	36.5	14.0	11.7	2.4
		III	6	22.9	22.6	30.0	11.9	10.5	2.1
		I—III ..	27	18.0	19.8	35.4	13.8	11.0	2.0
	VT	I	6	16.9	23.7	39.4	12.0	6.8	1.2
		II	8	16.8	19.8	36.9	14.7	9.8	2.0
		III	10	21.8	18.9	29.7	13.0	13.9	2.7
		I—III ..	24	18.9	20.4	34.5	13.3	10.8	2.1
	MT + VT		51	18.4	20.1	34.9	13.5	11.0	2.1



Kuva 12. II kivisyysluokan maata. Kiviä näkyy vähän. Koeala 72, *MT*.
Fig. 12. Soil of the II stoniness class. A few stones are visible. Sample plot 72, MT.

Seuraavassa asetelmassa esitetään maan 0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompien ainesten osuudet metsätyypeittäin ja kivisyysluokittain:

	maakerros			
	0—30 cm		30—60 cm	
metsätyyppi ja kivisyysluokka	maalajite			
	< 0.2 mm	< 0.05 mm	< 0.2 mm	< 0.05 mm
MT I	70.1 %	27.6 %	64.0 %	26.8 %
MT II	64.9 »	28.2 »	64.6 »	28.1 »
MT III	51.9 »	22.1 »	54.5 »	24.5 »
MT I—III	63.8 »	26.5 »	62.2 »	26.8 »
VT I	59.5 »	18.8 »	59.4 »	20.0 »
VT II	63.3 »	28.4 »	63.4 »	26.5 »
VT III	57.1 »	26.6 »	59.3 »	29.6 »
VT I—III	59.7 »	25.2 »	60.7 »	26.2 »

Huomataan, että I kivisyysluokassa *MT*:n maa on hienompaa kuin *VT*:n, II kivisyysluokassa hienomaapitoisuudet ovat likipitäen samat ja III kivisyysluokassa *VT*:n maa on hienompaa. Eri kivisyysluokkien välillä samalla metsätyypillä ei hienomaapitoisuuden vaihtelussa voi havaita mitään selvää suuntaa. Ainoastaan *VT*:llä 0.05 mm:iä hienomman aineksen määrä pohjamaassa lisääntyy kivisyyden lisääntyessä. Pintamaan ja pohjamaan välillä ei myöskään ole juuri mitään eroa 0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompien lajitteiden määrissä. Tarkasteltaessa yksittäisiä näyt-



Kuva 13. Tyypillistä III kivisyysluokan maata. Kivet ovat paljaina tai jäkälien peitossa. Koeala 10, *VT*.

Fig. 13. Typical soil of the III stoniness class. The stones are uncovered or covered with lichen. Sample plot 10, VT.

teitä huomataan mainittujen lajitteiden määrien samassa kivisyysluokassa vaihtelevan melkoisesti.

Nyholmin (1902, 1903) mukaan vähenee moreenimaalla 0.2 mm:iä hienomman maan osuus syvemmälle mentäessä. Hesselmanin (1910) mukaan hienomaapitoisuus moreeniprofiilissa vaihtelee epäsäännöllisesti.

Aarnion (1938) ja Kivekkään (1946) mukaan Suomen moreenimaiden keskimääräinen raekokoomus on seuraava:

	raesuuruus, mm						
	> 2	2—0.6	0.6—0.2	0.2—0.06	0.06—0.02	0.02—0.002	< 0.002
Aarnio:	27.5 %	11.4 %	16.2 %	18.3 %	11.0 %	10.5 %	5.0 %
Kivekäs:	27.9 »	8.7 »	15.3 »	16.8 »	13.1 »	12.3 »	5.9 »

Aarnion näytteet on otettu 18—500 cm:n syvyydestä, Kivekkään taas pohjamoreenista, joten ne kumpikin lähinnä vastaavat tämän tutkimuksen pohjamaata. Maarakeiden suuruusrajat eroavat jonkin verran tässä tutkimuksessa käytetyistä. Verrattaessa Aarnion ja Kivekkään mainitsemia lukuja, jotka keskenään ovat verraten hyvin yhtäpitäviä, tämän tutkimuksen lukuihin huomataan, että tämän tutkimuksen maat ovat olleet huomattavasti karkeampia, erityisesti savipitoisuus on ollut paljon pienempi ja 2 mm:iä karkeamman osan määrä paljon suurempi.

Mm. Granlund ja Wennerholm (1935) ja Kivekäs (1946) ovat todenneet kivilajin vaikuttavan huomattavasti moreenimaan raekokoomukseen, kuten seuraava asetelma osoittaa:

Granlund ja Wennerholm:	savea	Kivekäs:	savea
graniittimoreeni	4.4 %	liuskekivimoreeni	4.0 %
fylliittimoreeni	5.4 »	graniitti- ja gneissimoreeni	5.8 »
migmatiittimoreeni	6.3 »	emäksisten kivilajien moreeni	14.5 »

Tämän tutkimuksen koealat ovat etupäässä graniitti- ja liuskekivimoreenialueella (Aaltonen 1937), mikä osittain selittää havaitun pienen savipitoisuuden. Aarnion ja Kivekkään tutkimuksissa lohkareet ja todennäköisesti suurin osa kivistä on jätetty huomioon ottamatta maan mekaanista kokoomusta määritettäessä, ja sen vuoksi heillä 2 mm:iä karkeamman osan määrä on tullut liian pieneksi.

Aarnio jakaa moreenimaat niiden savipitoisuuden mukaan kahteen luokkaan:

savea 0 — 3 % vähäsaviset moreenimaat
» > 3 % savipitoiset moreenimaat.

Tähän tutkimukseen sisältyvistä moreenimaista oli pintamaan perusteella savipitoisia 32, vähäsavisia 19. Pohjamaan perusteella oli savipitoisia maita 12, vähäsavisia 39.

Lajittuneet maalajit.

29 koealalla maa oli lajittuneita maalajeja: someromaata 14 ja hiekkamaata 15 koealalla. Maan keskimääräiset raekokoomukset lajittuneilla maalajeilla on esitetty taulukossa 11. Huomataan, että someromaalla saven määrä on kaikilla metsätyypeillä sama. Hienoa hiekkaa, hietaa ja hiesua sisältää *CT*:n maa vähemmän kuin *MT*:n ja *VT*:n maa. Hiekkamaalla hiedan, hiesun ja saven määrä lisääntyy metsätyypin parantuessa. Karkean hiekan määrä on sekä somero- että hiekkamaalla paremmalla metsätyypillä pienempi.

Keskimäärin someromaan pintakerros sisältää hieman enemmän savea kuin hiekkamaan vastaava kerros. Pohjakerroksen savipitoisuus on näillä maalajeilla miltei sama. Hienoa hiekkaa, hietaa ja hiesua sisältää hiekkamaa enemmän kuin someromaa.

Taulukko 11. Somero- ja hiekkamaiden 2 mm:iä hienomman osan keskimääräinen raekokoomus.

Table 11. The mean mechanical composition of the 2 mm-finer portion of gravelly soil and sand.

Maalaji — *Superficial deposit*	Maakerros — *Soil layer*	Metsätyyppi — *Forest type*	Koealojen luku — *Number of sample plots*	Raesuuruus — *Grain size*, mm					
				2—0.5	0.5—0.2	0.2—0.05	0.05—0.02	0.02—0.002	<0.002
				%					
Someromaa — *Gravelly soil*	0—30 cm	*MT + VT*	6	35.5	33.1	19.9	5.7	3.8	2.0
		CT	8	52.9	29.5	11.1	2.3	2.2	2.0
		Keskiarvo — *Mean value*	14	45.4	31.1	14.9	3.8	2.8	2.0
	30—60 cm	*MT + VT*	6	42.5	39.9	14.1	1.6	1.1	0.8
		CT	8	61.1	27.1	8.9	1.2	0.9	0.8
		Keskiarvo — *Mean value*	14	53.1	32.6	11.1	1.4	1.0	0.8
Hiekkamaa — *Sand*	0—30 cm	*MT*	2	10.6	35.6	40.9	4.0	6.3	2.6
		VT	6	17.1	35.2	37.8	4.7	3.4	1.8
		CT	7	24.2	36.0	32.1	3.4	3.0	1.3
		Keskiarvo — *Mean value*	15	19.6	35.6	35.5	4.0	3.6	1.7
	30—60 cm	*MT*	2	10.4	33.8	48.4	4.1	2.1	1.2
		VT	6	18.5	32.3	44.8	2.3	1.2	0.9
		CT	7	24.0	36.9	35.4	1.8	1.0	0.9
		Keskiarvo — *Mean value*	15	20.0	34.7	40.9	2.3	1.2	0.9
Someromaa + hiekkamaa — *Gravelly soil + sand*	0—30 cm	*MT*	3	18.0	34.8	34.3	4.6	6.0	2.3
		VT	11	25.7	34.3	29.6	5.1	3.4	1.9
		CT	15	39.5	32.6	20.9	2.8	2.6	1.6
		Keskiarvo — *Mean value*	29	32.0	33.4	25.7	3.9	3.2	1.8
	30—60 cm	*MT*	3	22.5	35.3	36.0	3.2	1.9	1.1
		VT	11	29.0	35.9	31.1	2.0	1.1	0.9
		CT	15	43.8	31.8	21.3	1.4	0.9	0.8
		Keskiarvo — *Mean value*	29	36.0	33.7	26.5	1.8	1.1	0.9

0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompaa ainesta lajittuneet maalajit sisälsivät keskimäärin seuraavasti:

	maakerros			
	0—30 cm		30—60 cm	
	maalajite			
maalaji	< 0.2 mm	< 0.05 mm	< 0.2 mm	< 0.05 mm
someromaa	23.5 %	8.6 %	14.3 %	3.2 %
hiekkamaa	44.8 »	9.3 »	45.3 »	4.4 »

Sekä someromaan että hiekkamaan pintakerros sisältää 0.05 mm:iä hienompaa ainesta enemmän kuin pohjakerros. Someromaan pintakerros sisältää myös 0.2 mm:iä hienompaa ainesta enemmän kuin pohjakerros. Hiekkamaalla on 0.2 mm:iä hienomman aineksen määrä pinta- ja pohjakerroksessa yhtä suuri.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty maan 0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompien ainesten keskimääräiset osuudet lajittuneilla maalajeilla metsätyypeittäin:

	maakerros			
	0—30 cm		30—60 cm	
	maalajite			
metsätyyppi	< 0.2 mm	< 0.05 mm	< 0.2 mm	< 0.05 mm
MT	47.2 %	12.9 %	42.2 %	6.2 %
VT	40.0 »	10.4 »	35.1 »	4.0 »
CT	27.9 »	7.0 »	24.4 »	3.1 »

Keskimäärin siis hienomaan osuus lisääntyy metsätyypin parantuessa. Myös Aaltosen (1937) mukaan hienomaapitoisuus lisääntyy metsätyypin parantuessa, kuten seuraava hänen esittämänsä asetelma osoittaa:

metsätyyppi	hienomaata (< 0.05 mm)
MT	28.7 %
VT	15.5 »
CT	9.0 »

Aaltosen havaitsemat hienomaamäärät ovat huomattavasti suuremmat kuin tässä tutkimuksessa havaitut. Ero johtuu siitä, että Aaltosen luvut edustavat 10 cm:n, tämän tutkimuksen luvut 30 cm:n vahvuista maan pintakerrosta. Aaltosella *VT*:n ja *CT*:n koealat ovat olleet somero- ja hiekkamailla, *MT*:n hiekka- ja moreenimailla. *MT*:n hiekkamaiden hienomaapitoisuudeksi saadaan 17.7 %, siis myös Aaltosen mukaan pintamaan hienomaapitoisuudessa on suurempi ero *VT*:n ja *CT*:n kuin *MT*:n ja *VT*:n välillä. Tässä samoinkuin Aaltosenkin tutkimuksessa havaittiin, että hienomaapitoisuus voi vaihdella suuresti samalla metsätyypillä.

Eri maalajeilla hienomaapitoisuudet (< 0.05 mm) olivat eri metsätyypeillä seuraavat:

	maakerros			
metsätyyppi	0—30 cm		30—60 cm	
	somero	hiekka	somero	hiekka
MT	(13.0 %)	12.9 %	(3.9 %)	7.4 %
VT	11.2 »	9.3 »	3.5 »	4.8 »
CT	6.5 »	7.7 »	2.9 »	3.7 »

Huomataan, että sekä somero- että hiekkamailla hienomaapitoisuus selvästi lisääntyy metsätyypin parantuessa.

Lajittuneilla maalajeilla pintamaa sisältää jokaisella koealalla enemmän hienomaata (sekä < 0.2 mm että < 0.05 mm) kuin pohjamaa. Myös Nyholmin (1903), Aarnion (1916) ja Aaltosen (1928, 1935, 1939) mukaan hiekkamaalla on pintakerroksessa eniten hienomaata. Hieta-, hiesu- ja savimailla hienomaapitoisuus kasvaa syvemmälle mentäessä (Johansson 1911, Frosterus 1914, Aarnio 1916). Tammin (1920) mukaan myös hieta-hiesumaalla on pintakerroksessa eniten hienomaata. Aaltosen (1939, 1941 c) mukaan hietamaassa on hienoja aineksia A-horisontissa enemmän kuin B-horisontissa, mutta pohjamaassa hienojen ainesten määrä taas kasvaa. Savimaassa hienojen ainesten määrä lisääntyy syvemmälle mentäessä.

Verrattaessa moreenia ja lajittuneita maalajeja huomataan moreenin sisältävän huomattavasti enemmän hienoja aineksia. Kaikilla tähän tutkimukseen sisältyneillä maalajeilla savipitoisuus väheni syvemmälle mentäessä.

Moreenimaan viljavuus.

Kivisyyden vaikutus viljavuuteen.

Kivisyys ja koealan koko puusto.

Käsiteltäessä aineistoa havaittiin, että 2 koealan metsää oli ilmeisesti hakattu ja 3 koealan viljavuus poikkesi suuresti vastaavan kivisyysasteen normaalista viljavuudesta. Aineistosta jouduttiin sen vuoksi poistamaan 5 koealaa. Viljavuustutkimuksessa käytetty aineisto käsittää näin ollen moreenimaalla 46 koealaa, joista *MT*:llä 24 ja *VT*:llä 22.

Koealan puustoa kuvaamaan laskettiin seuraavat luvut: kuutiomäärä ja runkoluku ha:ia kohti sekä rungon keskipituus, keskiläpimitta ja keski-

Taulukko 12. Kivisyyden ja koealan koko puuston ilmaiseman viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet.

Table 12. Correlation coefficients between stoniness and by whole growing stock of the sample plot expressed fertility.

Maakerros — *Soil layer*	Metsätyyppi — *Forest type*	Metsikön		Rungon		
		kuutiomäärä — *Volume*	runkoluku — *Number of stems*	keskipituus — *Mean height*	keskiläpimitta — *Mean diameter*	keskikuutio — *Mean volume*
		of the stand		*of the stem*		
		Korrelaatiokerroin — *Correlation coefficient*				
0—30 cm	*MT* + *VT*	−0.47 ±0.11	0.63 ±0.09	−0.68 ±0.08	−0.60 ±0.09	−0.59 ±0.10
	MT	−0.56 ±0.14	0.72 ±0.10	−0.77 ±0.08	−0.72 ±0.10	−0.78 ±0.08
	VT	−0.58 ±0.14	0.58 ±0.14	−0.78 ±0.08	−0.79 ±0.08	−0.72 ±0.10
30—60 cm	*MT* + *VT*	−0.37 ±0.13	0.51 ±0.11	−0.54 ±0.10	−0.51 ±0.11	−0.49 ±0.11
	MT	−0.39 ±0.17	0.58 ±0.14	−0.59 ±0.13	−0.61 ±0.13	−0.68 ±0.11
	VT	−0.52 ±0.16	0.51 ±0.16	−0.65 ±0.12	−0.61 ±0.13	−0.60 ±0.14

Taulukko 13. Kivisyyden ja valtapuun juokse-
Table 13. Correlation coefficients between stoniness

Maakerros — *Soil layer*	Kasvulaji — *Growth sort*	Metsätyyppi — *Forest type*	Kasvukausi — 0—10 v. — *y.*	Kasvukausi — 10—20 v. — *y.*	Kasvukausi — 20—30 v. — *y.*
			Korrelaatiokerroin —		
0—30 cm	Pituuskasvu — *Height growth*	*MT*+*VT*	—0.41 ± 0.12	—0.54 ± 0.10	—0.57 ± 0.10
		MT	—0.20 ± 0.20	—0.50 ± 0.15	—0.61 ± 0.13
		VT	—0.63 ± 0.13	—0.66 ± 0.12	—0.63 ± 0.13
	Läpim. kasvu — *Diameter growth*	*MT*+*VT*		—0.58 ± 0.10	—0.51 ± 0.11
		MT		—0.53 ± 0.15	—0.48 ± 0.16
		VT		—0.74 ± 0.10	—0.34 ± 0.19
	Kuutiokasvu — *Volume growth*	*MT*+*VT*		—0.46 ± 0.12	—0.62 ± 0.09
		MT		—0.51 ± 0.15	—0.69 ± 0.11
		VT		—0.69 ± 0.11	—0.71 ± 0.11
30—60 cm	Pituuskasvu — *Height growth*	*MT*+*VT*	—0.31 ± 0.13	—0.20 ± 0.14	—0.25 ± 0.14
		MT	—0.16 ± 0.20	—0.11 ± 0.20	—0.20 ± 0.19
		VT	—0.50 ± 0.16	—0.31 ± 0.20	—0.31 ± 0.20
	Läpim. kasvu — *Diameter growth*	*MT*+*VT*		—0.26 ± 0.14	—0.20 ± 0.14
		MT		—0.16 ± 0.20	—0.18 ± 0.20
		VT		—0.34 ± 0.19	—0.10 ± 0.21
	Kuutiokasvu — *Volume growth*	*MT*+*VT*		—0.20 ± 0.14	—0.25 ± 0.14
		MT		—0.14 ± 0.20	—0.25 ± 0.19
		VT		—0.30 ± 0.20	—0.29 ± 0.20

kuutiomäärä. Koska koealain metsiköt olivat eri-ikäisiä, eivät eri koealoilta saadut luvut ole sellaisinaan vertauskelpoisia keskenään. Jotta eri koealojen puustoja voitaisiin verrata keskenään, laskettiin saatujen lukujen ja kasvu- ja tuottotaulukoissa (Ilvessalo 1920 b) ilmoitettujen luonnonnormaalien *VT*:n männiköiden vastaavien lukujen suhde ja verrattiin näin saatuja suhdelukuja toisiinsa.

Taulukossa 12 on esitetty sekä pinta- että pohjamaan kivisyyden ja puustoa kuvaavien lukujen väliset korrelaatiokertoimet. Kertoimet laskettiin erikseen kaikille koealoille metsätyypistä riippumatta sekä erikseen *MT*:lle ja *VT*:lle. Kuten nähdään, korrelaatiokertoimet pintamaan kivisyyden ja maan viljavuuden välillä ovat useimmissa tapauksissa verraten suuret. Pohjamaan kivisyyden ja viljavuuden väliset kertoimet ovat kauttaaltaan pienemmät, ja korrelaatiokertoimiin liittyvät keskivirheet ovat useassa tapauksessa huomattavan suuret, mikä vähentää kertoimien varmuutta. Kun kaikki koealat käsitellään yhtenä ryhmänä, korrelaatio on yleensä huomattavasti pienempi kuin jos *VT* ja *MT* käsitellään erikseen.

van kasvun väliset korrelaatiokertoimet.
and current growth of the dominant tree.

Growth period				
30—40 v. — *y.*	40—50 v. — *y.*	50—60 v. — *y.*	60—70 v. — *y.*	70—80 v. — *y.*
Correlation coefficient				
—0.50 ± 0.11	—0.53 ± 0.11	—0.52 ± 0.11	—0.12 ± 0.16	—0.28 ± 0.17
—0.48 ± 0.16	—0.56 ± 0.14	—0.52 ± 0.15	—0.31 ± 0.22	—0.54 ± 0.19
—0.44 ± 0.17	—0.42 ± 0.17	—0.48 ± 0.16	Ei korrelaatiota—*No correlation*	
—0.21 ± 0.14	—0.13 ± 0.14	Ei korrelaatiota—*No correlation*		
—0.08 ± 0.20			—»—	—»—
—0.32 ± 0.19	—0.24 ± 0.20	—0.14 ± 0.21	—»—	—»—
—0.63 ± 0.09	—0.59 ± 0.10	—0.65 ± 0.09	—0.53 ± 0.12	—0.41 ± 0.15
—0.72 ± 0.10	—0.58 ± 0.14	—0.72 ± 0.10	—0.69 ± 0.13	—0.70 ± 0.14
—0.72 ± 0.10	—0.79 ± 0.08	—0.76 ± 0.09	—0.59 ± 0.14	—0.14 ± 0.25
—0.33 ± 0.13	—0.37 ± 0.13	—0.52 ± 0.11	—0.38 ± 0.14	—0.47 ± 0.14
—0.45 ± 0.16	—0.40 ± 0.17	—0.46 ± 0.16	—0.42 ± 0.20	—0.63 ± 0.15
—0.14 ± 0.21	—0.29 ± 0.20	—0.59 ± 0.14	—0.35 ± 0.20	—0.31 ± 0.20
—0.23 ± 0.14	—0.23 ± 0.14	—0.44 ± 0.12	—0.25 ± 0.15	—0.23 ± 0.17
—0.30 ± 0.19	—0.21 ± 0.20	—0.41 ± 0.17	—0.29 ± 0.22	—0.29 ± 0.25
+0.01 ± 0.21	—0.19 ± 0.20	—0.45 ± 0.17	—0.26 ± 0.20	—0.10 ± 0.25
—0.39 ± 0.13	—0.39 ± 0.13	—0.49 ± 0.11	—0.58 ± 0.11	—0.48 ± 0.14
—0.51 ± 0.15	—0.49 ± 0.16	—0.62 ± 0.12	—0.75 ± 0.10	—0.65 ± 0.15
—0.29 ± 0.20	—0.39 ± 0.18	—0.53 ± 0.16	—0.51 ± 0.16	—0.25 ± 0.24

Kivisyyden lisääntyessä metsikön runkoluku suurenee, kuutiomäärä ja rungon keskimitat pienenevät. Kivisyyden ja metsikön kuutiomäärän väliset korrelaatiokertoimet ovat yleensä muita kertoimia pienemmät.

Kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat *MT*:llä ja *VT*:llä tavallisesti eri suuret, vaikkakin erot yleensä ovat varsin pienet. Suurin ero on kivisyyden ja runkoluvun välisissä korrelaatiokertoimissa.

Kivisyys ja valtapuu.

Kivisyys ja valtapuun juokseva kasvu.

Valtapuun juokseva kasvu on laskettu 10-vuotiskausittain. Mikäli valtapuun ikä on ylittänyt täyden 10-vuotisluvun ainakin 5 v:lla, vastaavan 10-vuotiskauden luvut on laskettu näiden vuosien kasvun mukaan.

Taulukossa 13 on esitetty kivisyyden ja valtapuun juoksevan kasvun väliset korrelaatiokertoimet. Kuten huomataan, pintamaan kivisyyden ja

pituuskasvun väliset korrelaatiokertoimet saavuttavat maksiminsa *MT*:llä 20—30 v:n, *VT*:llä 10—20 v:n iällä. *MT*:llä kertoimet alenevat sen jälkeen verraten hitaasti ja epäsäännöllisesti. *VT*:llä on kertoimien aleneminen jonkin verran nopeampaa, ja 60—70 v:n iästä lähtien ei ole enää mitään korrelaatiota. Pintamaan kivisyyden ja läpimittakasvun väliset korrelaatiokertoimet saavuttavat maksiminsa sekä *MT*:llä että *VT*:llä 10—20 v:n iällä ja alenevat sen jälkeen hyvin nopeasti. Pintamaan kivisyyden ja kuutiokasvun väliset korrelaatiokertoimet saavuttavat maksiminsa *MT*:llä 30—40 v:n iällä ja pysyvät 50 v:n iällä esiintyvää poikkeusta lukuun ottamatta yhtä korkeina ainakin 80 v:een asti. *VT*:llä kerroin saavuttaa maksiminsa 40—50 v:n iällä ja laskee 60 v:n jälkeen verraten nopeasti.

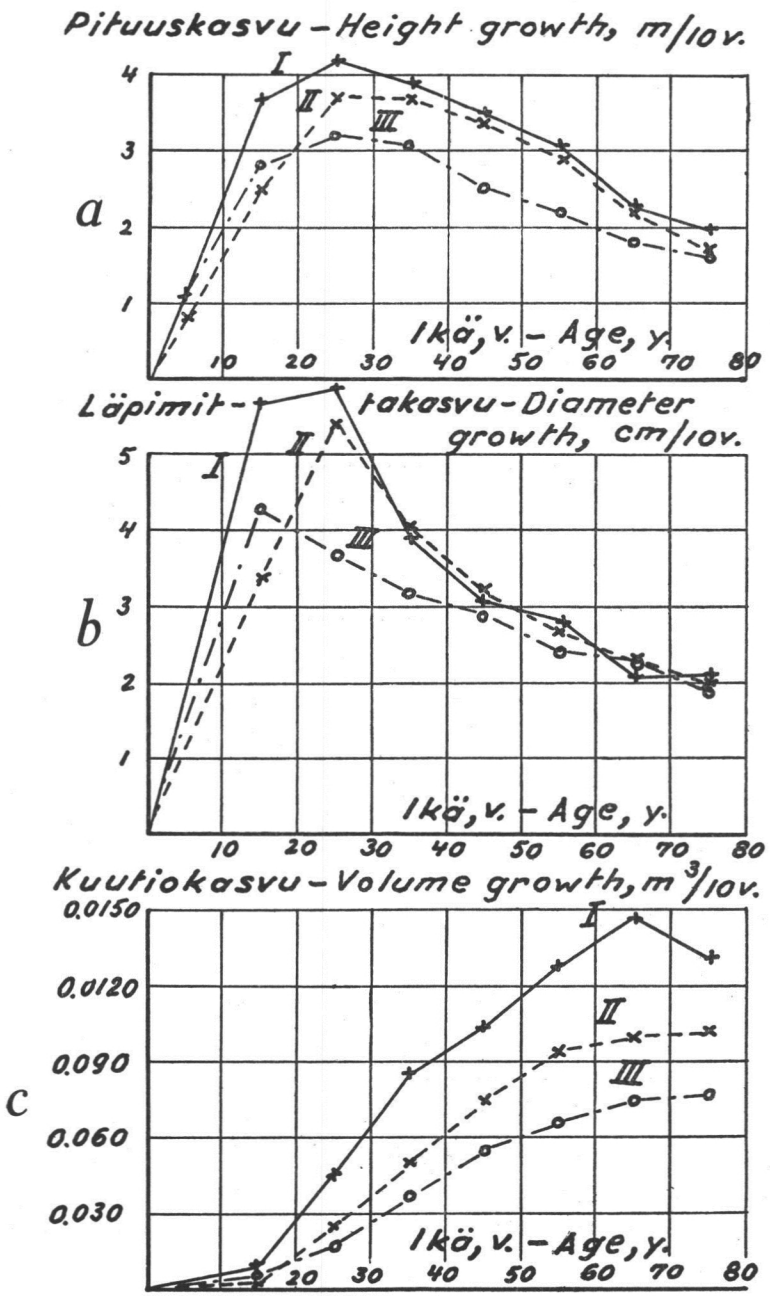
Pohjamaan kivisyyden ja juoksevan kasvun väliset korrelaatiokertoimet ovat yleensä vastaavia pintamaan kertoimia huomattavasti pienemmät ja kertoimien keskivirheet usein hyvin suuret, joten korrelaatio on monessa tapauksessa epävarma, jopa olematonkin. Ainoastaan kivisyyden ja kuutiokasvun väliset korrelaatiokertoimet ovat *MT*:llä 60—70 v:n iältä lähtien pinta- ja pohjamaassa likimain yhtä suuret. Pohjamaassa korrelaatiokertoimet saavuttavat maksiminsa vasta 60 v:n jälkeen, siis huomattavasti myöhemmin kuin vastaavat pintamaan kertoimet.

Juoksevaa kasvua havainnollistavat kuvat 14 a—c ja 15 a—c. Ne osoittavat, että pituuskasvu alkaa hidastua *MT*:llä 30 v:n, *VT*:llä 40 v:n iältä lähtien. *MT*:llä pituuskasvu on 30—40 v:n iältä lähtien I ja II kivisyysluokassa miltei yhtä suuri. 60—70 v:n iältä lähtien pituuskasvu on sekä *MT*:llä että *VT*:llä kaikissa kivisyysluokissa lähes yhtä suuri. Läpimittakasvun hidastuminen alkaa yleensä 30 v:n iältä lähtien. Sekä *MT*:llä että *VT*:llä kasvu on 30—40 v:n iällä I ja II kivisyysluokassa ja 40—50 v:n iällä kaikissa kivisyysluokissa likipitäen yhtä suuri. Juokseva kuutiokasvu suurenee kaikissa kivisyysluokissa 70 v:een asti. Koepuut ovat liian nuoria selvittämään, missä iässä puun kuutiokasvu alkaa hidastua. Todennäköisesti kuutiokasvu kuitenkin pysyy kivisemmällä maalla aina pienempänä.

Verrattaessa taulukkoa 13 sekä kuvia 14 a—c ja 15 a—c huomataan, että samaan aikaan kuin korrelaatiokerroin pienenee, vähenee kasvun ero eri kivisyysluokkien välillä. Sekä korrelaatiokertoimet että kuvat osoittavat, ettei kivisyydellä ole suurtakaan vaikutusta valtapuun juoksevaan pituus- ja läpimittakasvuun 40—50 v:n iältä lähtien.

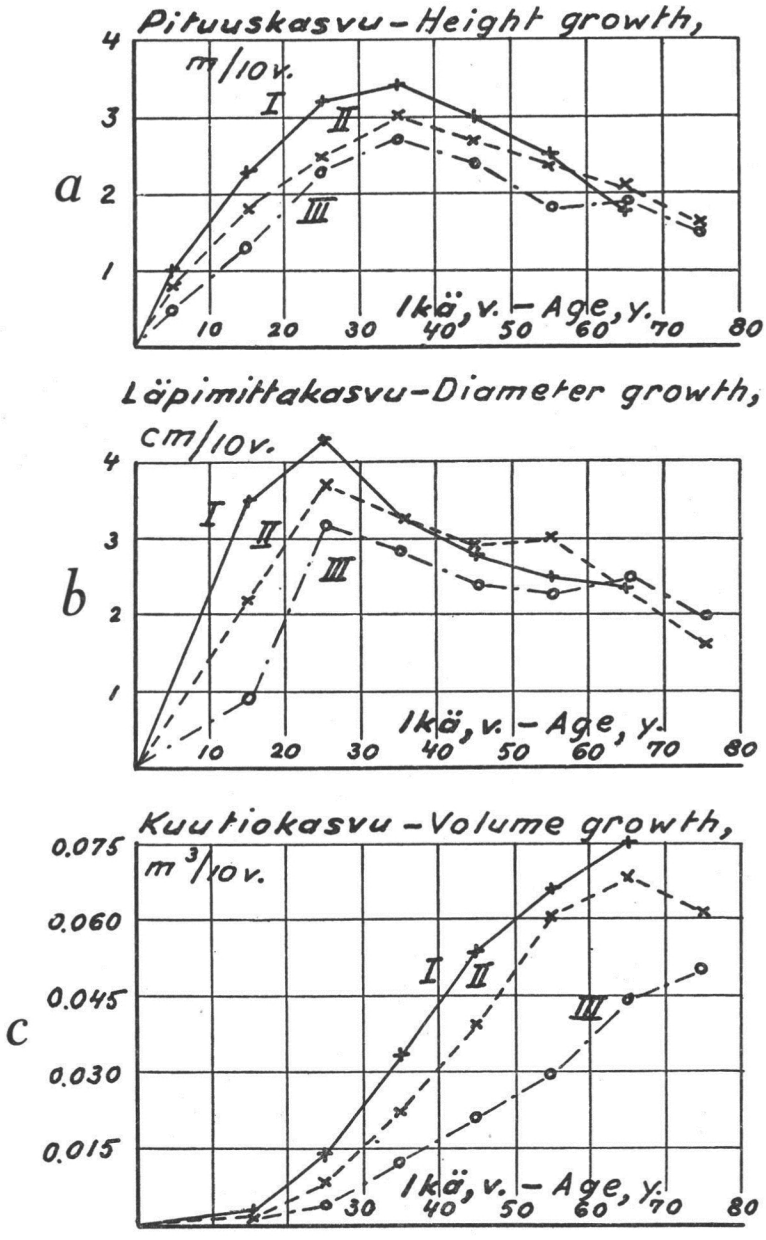
Kivisyys ja valtapuun keskimääräinen kasvu.

Valtapuun keskimääräinen kasvu on laskettu joka 10-vuotisen ikäkauden lopussa. Taulukossa 14 on esitetty kivisyyden ja valtapuun keski-



Kuvat 14 a—c. Kivisyys ja valtapuun juokseva kasvu. *MT.*
Fig. 14 a—c. Stoniness and the current growth of the dominant tree. MT.

I = kivisyys — *stoniness* 0—30 %, II = kivisyys — *stoniness* 30.1—60 %, III = kivisyys — *stoniness* > 60.1 %.



Kuvat 15 a—c. Kivisyys ja valtapuun juokseva kasvu. *VT.*
Fig. 15 a—c. Stoniness and the current growth of the dominant tree. VT.

määräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet. (On yhdentekevää, käytetäänkö laskuissa keskimääräistä kasvua vai kasvun kokonaismäärää tietyllä iällä, korrelaatiokerroin on näissä tapauksissa sama.)

Muutamia poikkeuksia lukuunottamatta kivisyyden ja keskimääräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet ovat edellä mainittuja kivisyyden ja juoksevan kasvun välisiä kertoimia suuremmat, paikoin huomattavastikin. Pintamaan kivisyyden ja keskimääräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet saavuttavat maksiminsa yleensä noin 60 v:n iällä, laskevat sen jälkeen hieman, mutta ovat yleensä vielä 80 v:n iällä, johon asti ne on laskettu, etenkin pituuskasvun suhteen huomattavan suuret. Korrelaatiokertoimien nousu ja lasku valtapuun iän muuttuessa on yleensä varsin tasaista. Paikoin sattuvat pienet kertoimien muutosten epätasaisuudet puun iän muuttuessa johtunevat siitä, että on käytetty havaittuja koepuun mittaustuloksia sellaisinaan eikä tasoitettuina, niinkuin usein on tapana (esim. Ilvessalo 1920 a). Tutkittaessa kivisyyden vaikutusta maan viljavuuteen on sen vuoksi määritettävä puun keskimääräinen kasvu, koska silloin joidenkin häiriöiden aiheuttamat poikkeukset itsestäänkin osittain tasoittuvat ja koska keskimääräinen kasvu varsinkin 30—40 v:n iältä lähtien näyttää kuvaavan kivisten maiden viljavuutta paremmin kuin juokseva kasvu.

Sen, että korrelaatiokertoimet laskevat hieman 70—80 v:n iällä, ei ehdottomasti tarvitse johtua siitä, että kivisyys silloin vaikuttaisi vähemmän haittaavasti, vaan osaltaan vaikuttanee sekin, että osa koepuista on ollut vain noin 60 v:n ikäisiä ja sen vuoksi vanhemmissa ikäluokissa aineisto on ollut vähäisempi. Esim. *MT*:n 24:stä koepuusta vain 14 saavuttaa 75 v:n iän. Sen vuoksi laskettiin valtapuun koko pituuden, läpimitan ja kuutiomäärän ja Ilvessalon (1920 b) kasvu- ja tuottotaulukoissa ilmoitettujen samanikäisen *VT*:n valtapuun vastaavien kuvaajien väliset suhteet sekä kivisyyden ja näiden suhdelukujen väliset korrelaatiokertoimet, jotka olivat seuraavat:

		maakerros	
		0—30 cm	30—60 cm
		korrelaatiokerroin	
pituus	*MT*	— 0.83 ± 0.06	— 0.56 ± 0.14
	VT	— 0.80 ± 0.08	— 0.76 ± 0.09
läpimitta	*MT*	— 0.75 ± 0.09	— 0.52 ± 0.15
	VT	— 0.63 ± 0.13	— 0.47 ± 0.17
kuutiomäärä	*MT*	— 0.74 ± 0.09	— 0.56 ± 0.14
	VT	— 0.68 ± 0.11	— 0.52 ± 0.16

Valtapuiden keski-ikä oli *MT*:llä 75.7 v. ja *VT*:llä 82.1 v. Pintamaan kivisyyden ja pituuden väliset korrelaatiokertoimet pysyivät siis 60 v:n jälkeen maksimiarvossaan, samoin kuutiokasvun kerroin *MT*:llä. Läpimittakasvun kerroin *MT*:llä nousi ja läpimitta- ja kuutiokasvun kertoimet *VT*:llä alenivat vähän 60 v:n jälkeen. Ottaen huomioon kuvat 14 a—c ja

Taulukko 14. Kivisyyden ja valtapuun keski-
Table 14. Correlation coefficients between stoniness

Maakerros — *Soil layer*	Kasvulaji — *Growth sort*	Metsätyyppi — *Forest type*	Valtapuun ikä v. — 10 v. — *y.*	20 v. — *y.*	30 v. — *y.*
			Korrelaatiokerroin —		
0—30 cm	Pituuskasvu — *Height growth*	*MT+VT*	—0.41 ± 0.12	—0.48 ± 0.11	—0.62 ± 0.09
		MT	—0.20 ± 0.20	—0.44 ± 0.17	—0.58 ± 0.14
		VT	—0.63 ± 0.13	—0.66 ± 0.12	—0.69 ± 0.11
	Läpim. kasvu — *Diameter growth*	*MT+VT*		—0.57 ± 0.10	—0.61 ± 0.09
		MT		—0.50 ± 0.15	—0.66 ± 0.11
		VT		—0.74 ± 0.10	—0.67 ± 0.12
	Kuutiokasvu — *Volume growth*	*MT+VT*		—0.48 ± 0.11	—0.58 ± 0.10
		MT		—0.49 ± 0.16	—0.65 ± 0.12
		VT ..		—0.71 ± 0.11	—0.72 ± 0.10
30—60 cm	Pituuskasvu — *Height growth*	*MT+VT*	—0.31 ± 0.13	—0.24 ± 0.14	—0.28 ± 0.14
		MT	—0.16 ± 0.20	—0.12 ± 0.20	—0.16 ± 0.20
		VT	—0.50 ± 0.16	—0.32 ± 0.19	—0.35 ± 0.19
	Läpim. kasvu — *Diameter growth*	*MT+VT*		—0.25 ± 0.14	—0.27 ± 0.14
		MT		—0.13 ± 0.20	—0.21 ± 0.20
		VT		—0.32 ± 0.20	—0.27 ± 0.20
	Kuutiokasvu — *Volume growth*	*MT+VT*		—0.20 ± 0.14	—0.24 ± 0.14
		MT		—0.14 ± 0.20	—0.24 ± 0.19
		VT		—0.29 ± 0.19	—0.29 ± 0.19

15 a—c täytyy kuitenkin pitää ilmeisenä, että kaikki korrelaatiokertoimet puun iän lisääntyessä lopulta pienenevät, koska juokseva pituus- ja läpimittakasvu tulevat vähitellen kivisyydestä riippumattomiksi.

Puun nuorena ollessa ovat kaikki korrelaatiokertoimet *VT*:llä vastaavia *MT*:n kertoimia huomattavasti suuremmat. *MT*:n korrelaatiokertoimet nousevat nopeasti ja ovat varsin pian samaa suuruusluokkaa kuin *VT*:n kertoimet, mutta niiden maksimiarvo jää aina *VT*:n vastaavan korrelaatiokertoimen maksimiarvoa pienemmäksi.

Pohjamaan kivisyyden ja keskimääräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet ovat yleensä pienemmät kuin vastaavat pintamaan kivisyyden ja valtapuuta kuvaavien lukujen väliset kertoimet. Monessa tapauksessa kertoimen keskivirhe on jopa suurempi kuin itse kerroin, joten korrelaatio useasti täysin puuttuu. Kertoimet saavuttavat maksimiarvonsa myöhemmin kuin vastaavat pintamaan kertoimet. Myös pohjamaan kivisyyden ja keskimääräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet ovat *VT*:llä

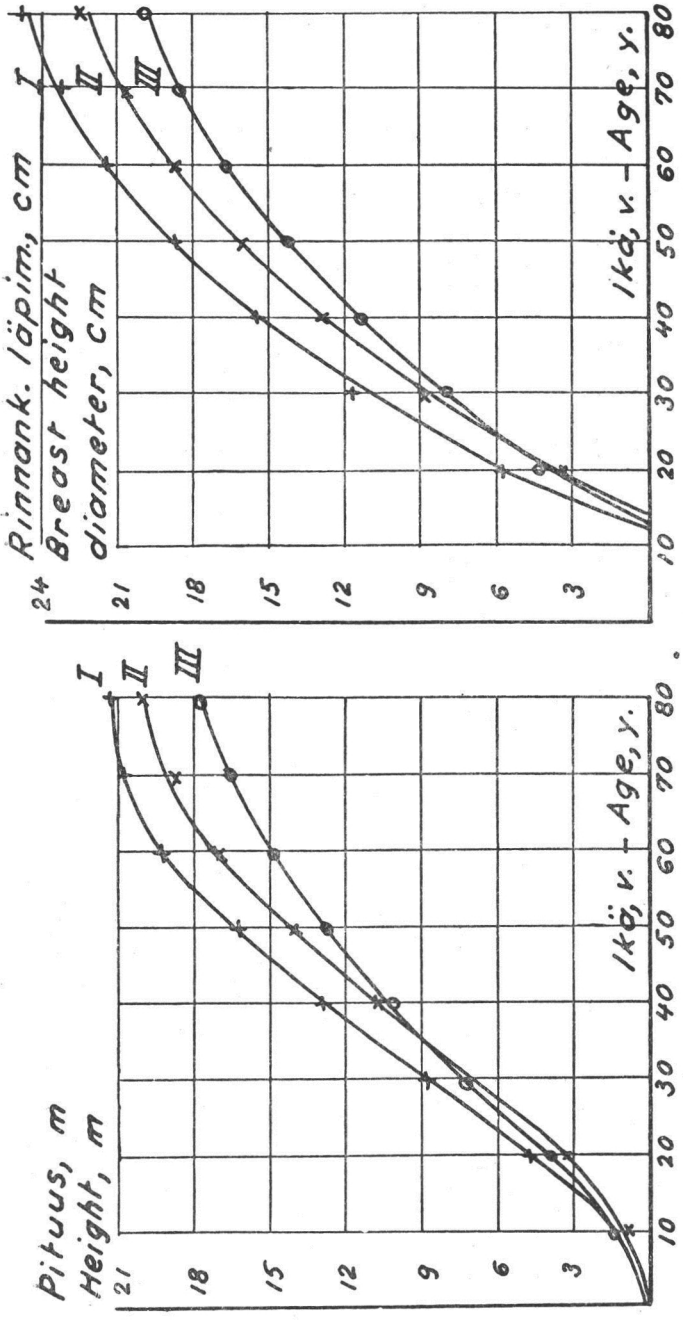
määräisen kasvun väliset korrelaatiokertoimet.
and the average growth of the dominant tree.

Age of the dominant tree y.				
40 v. — *y.*	50 v. — *y.*	60 v. — *y.*	70 v. — *y.*	80 v. — *y.*
Correlation coefficient				
—0.63 ± 0.09	—0.67 ± 0.08	—0.71 ± 0.07	—0.66 ± 0.09	—0.64 ± 0.11
—0.61 ± 0.13	—0.76 ± 0.09	—0.80 ± 0.07	—0.77 ± 0.10	—0.77 ± 0.11
—0.67 ± 0.12	—0.74 ± 0.10	—0.83 ± 0.07	—0.81 ± 0.07	—0.74 ± 0.11
—0.60 ± 0.09	—0.60 ± 0.09	—0.62 ± 0.09	—0.53 ± 0.12	—0.49 ± 0.14
—0.64 ± 0.12	—0.64 ± 0.12	—0.68 ± 0.11	—0.58 ± 0.16	—0.60 ± 0.17
—0.69 ± 0.11	—0.73 ± 0.10	—0.76 ± 0.09	—0.71 ± 0.11	—0.49 ± 0.19
—0.60 ± 0.09	—0.64 ± 0.09	—0.62 ± 0.09	—0.59 ± 0.10	—0.56 ± 0.13
—0.71 ± 0.10	—0.72 ± 0.10	—0.69 ± 0.11	—0.68 ± 0.13	—0.62 ± 0.16
—0.73 ± 0.10	—0.79 ± 0.08	—0.83 ± 0.07	—0.77 ± 0.09	—0.59 ± 0.16
—0.38 ± 0.13	—0.36 ± 0.13	—0.43 ± 0.12	—0.50 ± 0.12	—0.49 ± 0.14
—0.31 ± 0.18	—0.37 ± 0.18	—0.44 ± 0.17	—0.61 ± 0.15	—0.62 ± 0.16
—0.30 ± 0.19	—0.37 ± 0.18	—0.51 ± 0.16	—0.56 ± 0.15	—0.47 ± 0.20
—0.30 ± 0.13	—0.32 ± 0.13	—0.38 ± 0.13	—0.40 ± 0.14	—0.40 ± 0.15
—0.31 ± 0.18	—0.36 ± 0.18	—0.42 ± 0.17	—0.52 ± 0.18	—0.52 ± 0.20
—0.25 ± 0.20	—0.26 ± 0.20	—0.39 ± 0.18	—0.40 ± 0.18	—0.24 ± 0.24
—0.33 ± 0.13	—0.37 ± 0.13	—0.41 ± 0.12	—0.45 ± 0.13	—0.46 ± 0.14
—0.37 ± 0.18	—0.48 ± 0.16	—0.43 ± 0.17	—0.57 ± 0.16	—0.54 ± 0.19
—0.37 ± 0.18	—0.28 ± 0.20	—0.46 ± 0.17	—0.47 ± 0.17	—0.35 ± 0.22

aluksi suuremmat kuin *MT*:llä; 40 v:n iältä lähtien kertoimet ovat *MT*:llä yleensä suuremmat. Kivisyyden ja valtapuun suhteellisten mittojen väliset korrelaatiokertoimet tukevat sitä havaintoa, että pohjamaan kivisyyden vaikutus viljavuuteen lisääntyy puun iän kasvaessa.

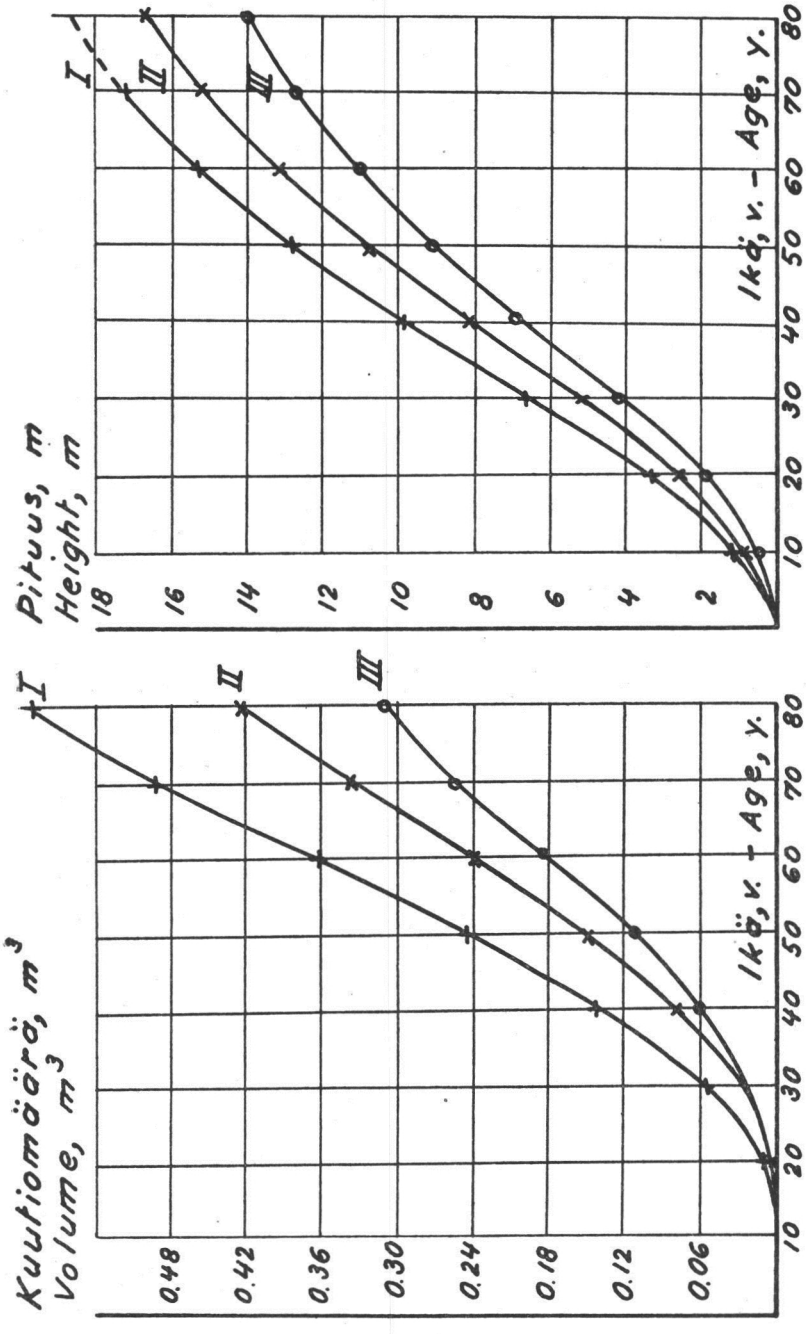
Kuvat 16 a—c ja 17 a—c esittävät graafisesti valtapuun kehitystä kivisyysluokittain. *VT*:llä valtapuun pituus, rinnankorkeusläpimitta ja kuutiomäärä pienenevät aina kivisyyden lisääntyessä. *MT*:llä vastaavat valtapuun koon kuvaajat ovat I kivisyysluokassa aina suurimmat, mutta puun nuorena ollessa kuvaajat ovat III kivisyysluokassa suuremmat kuin II:ssa. 23—35 v:n iästä lähtien kaikki valtapuun mitat ovat II kivisyysluokassa suuremmat kuin III:ssa. Kun yhdistetään II ja III kivisyysluokka, on valtapuun pituus, samoin kuin muutkin valtapuun koon kuvaajat, tässä yhdistetyssä luokassa selvästi pienempi kuin I kivisyysluokassa.

Eri kivisyysluokissa olivat valtapuun pituuden, kuutiomäärän ja rinnankorkeusläpimitan keskiarvot 60 v:n iällä seuraavat:



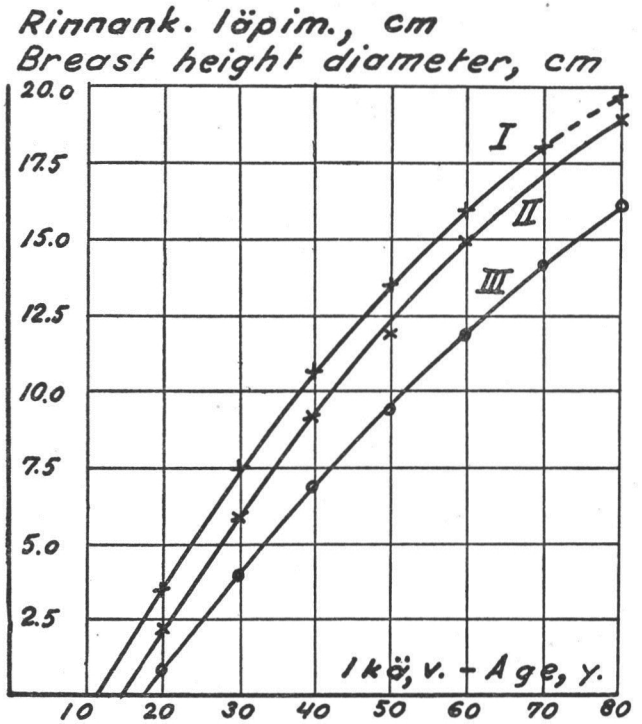
Kuva 16 a. Kivisyys ja valtapuun pituus. *MT.*
Fig. 16 a. Stoniness and the height of the dominant tree. MT.

Kuva 16 b. Kivisyys ja valtapuun rinnankorkeusläpimitta. *MT.*
Fig. 16 b. Stoniness and the breast height diameter of the dominant tree. MT.

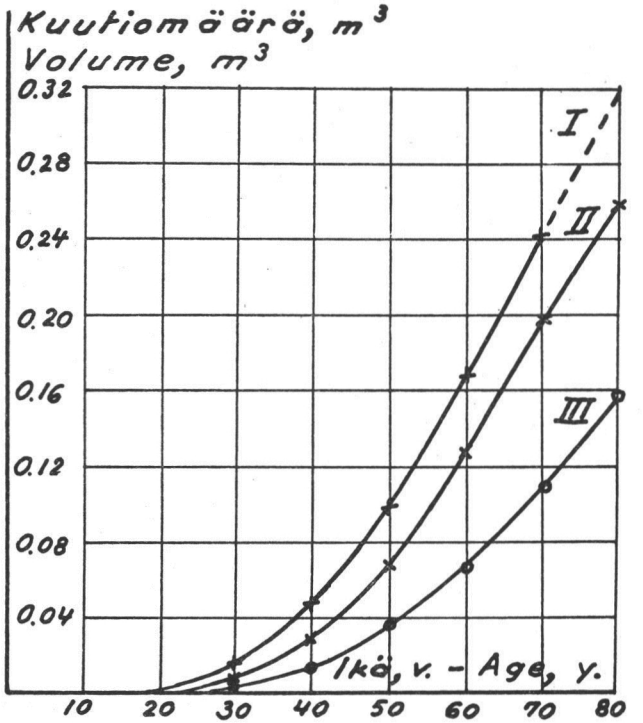


Kuva 17 a. Kivisyys ja valtapuun pituus. *VT.*
Fig. 17 a. Stoniness and the height of the dominant tree. VT.

Kuva 16 c. Kivisyys ja valtapuun kuutiomäärä. *MT.*
Fig. 16 c. Stoniness and the volume of the dominant tree. MT.



Kuva 17 b. Kivisyys ja valtapuun rinnankorkeusläpimitta. *VT.*
Fig. 17 b. Stoniness and the breast height diameter of the dominant tree. VT.



Kuva 17 c. Kivisyys ja valtapuun kuutiomäärä. *VT.*
Fig. 17 c. Stoniness and the volume of the dominant tree. VT.

		kivisyysluokka I	II	III
MT	pituus, m ...	19.3 ± 0.67	17.0 ± 0.46	14.8 ± 0.37
	läpimitta, cm	21.3 ± 0.60	18.7 ± 0.65	16.6 ± 0.89
	kuutiomäärä, m^3	0.360 ± 0.032	0.246 ± 0.021	0.182 ± 0.024
VT	pituus, m ...	15.3 ± 0.56	13.2 ± 0.68	11.0 ± 0.42
	läpimitta, cm	15.9 ± 0.64	15.0 ± 0.46	11.8 ± 0.48
	kuutiomäärä, m^3	0.172 ± 0.021	0.132 ± 0.013	0.068 ± 0.007

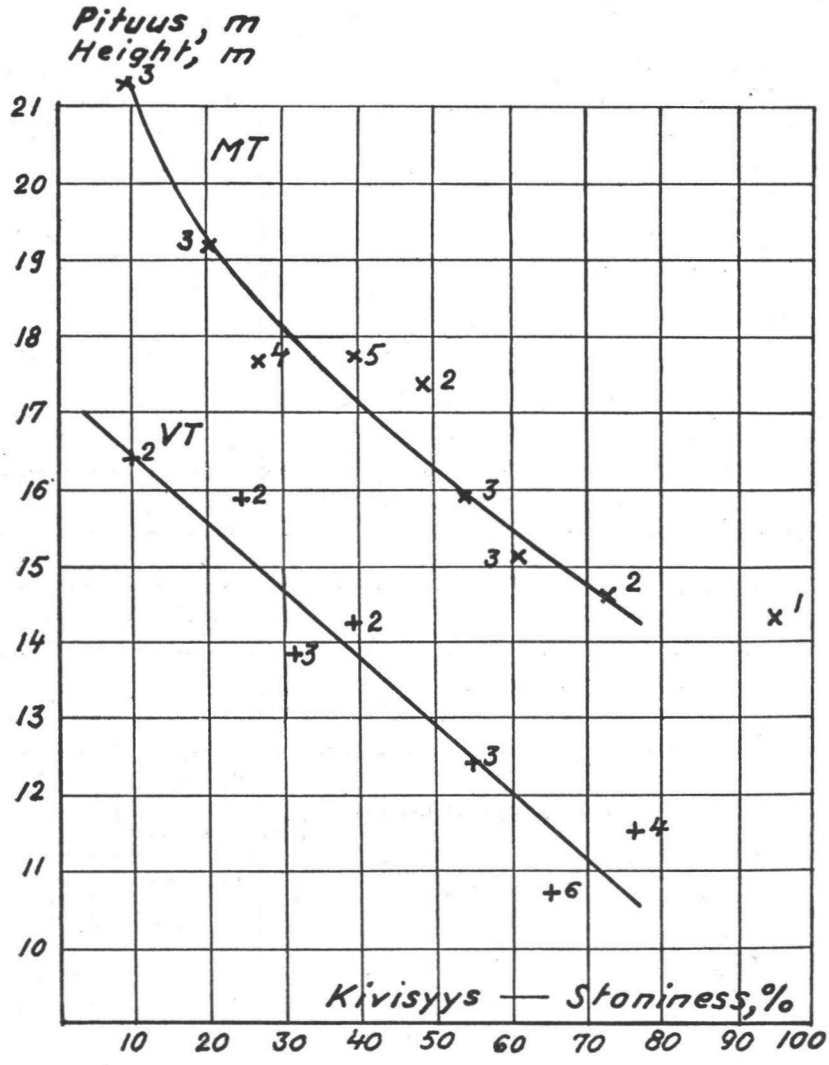
Keskiarvot osoittavat, että kivisyyden lisääntyessä valtapuun koko pienenee. Havaitut erot ovat numeerisesti yleensä verraten suuret. Kivisyysluokkien pituuksien, läpimittojen tai kuutiomäärien erotuksien suhteet erotuksien keskivirheisiin $\left(\frac{M_I - M_{II}}{\sqrt{\varepsilon_I^2 + \varepsilon_{II}^2}}\right)$ ovat kuitenkin varsin pienet, tavallisesti alle 3. Tämä ei kuitenkaan merkitse sitä, että havaitut eri kivisyysluokkien väliset erot eivät olisi todellisia, vaan keskivirheen suuruus johtunee aineiston pienuudesta. Tavallisesti edelläesitetyt keskivirheet määrää yksi ainoa paljon poikkeava koeala.

Tarkasteltaessa pituuden, läpimitan ja kuutiomäärän eroja *MT*:llä ja *VT*:llä vastaavissa kivisyysluokissa saadaan tyyppien keskiarvojen erotuksien suhteiksi erotuksien keskivirheisiin $\left(\frac{MT - VT}{\sqrt{\varepsilon_{MT}^2 + \varepsilon_{VT}^2}}\right)$:

	kivisyysluokka I	II	III
		suhde	
pituus	4.6	4.6	6.8
läpimitta	6.1	4.6	4.8
kuutiomäärä	4.9	4.6	4.6

Havaitut suhdeluvut eivät ole erikoisen suuret, mutta kuitenkin riittävän suuret osoittamaan, että *MT* ja *VT* myös kivisellä maalla ovat toisistansa viljavuudeltaan eroavia metsätyyppejä.

Kuvat 18 a—c havainnollistavat valtapuun koon riippuvaisuutta pintamaan kivisyydestä *MT*:llä ja *VT*:llä 60 v:n iällä. Huomataan, että kivisyyden lisääntyessä kasvu *MT*:llä huononee aluksi hyvin nopeasti. Vähitellen kasvun huononemisnopeus vähenee ja kivisyyden noustessa yli 50 %:n kasvun huononeminen on likipitäen suoraviivaista. *VT*:llä pituuskasvun huononeminen kivisyyden lisääntyessä on suoraviivaista. Läpimittakasvun huononemisnopeus lisääntyy kivisyyden lisään-

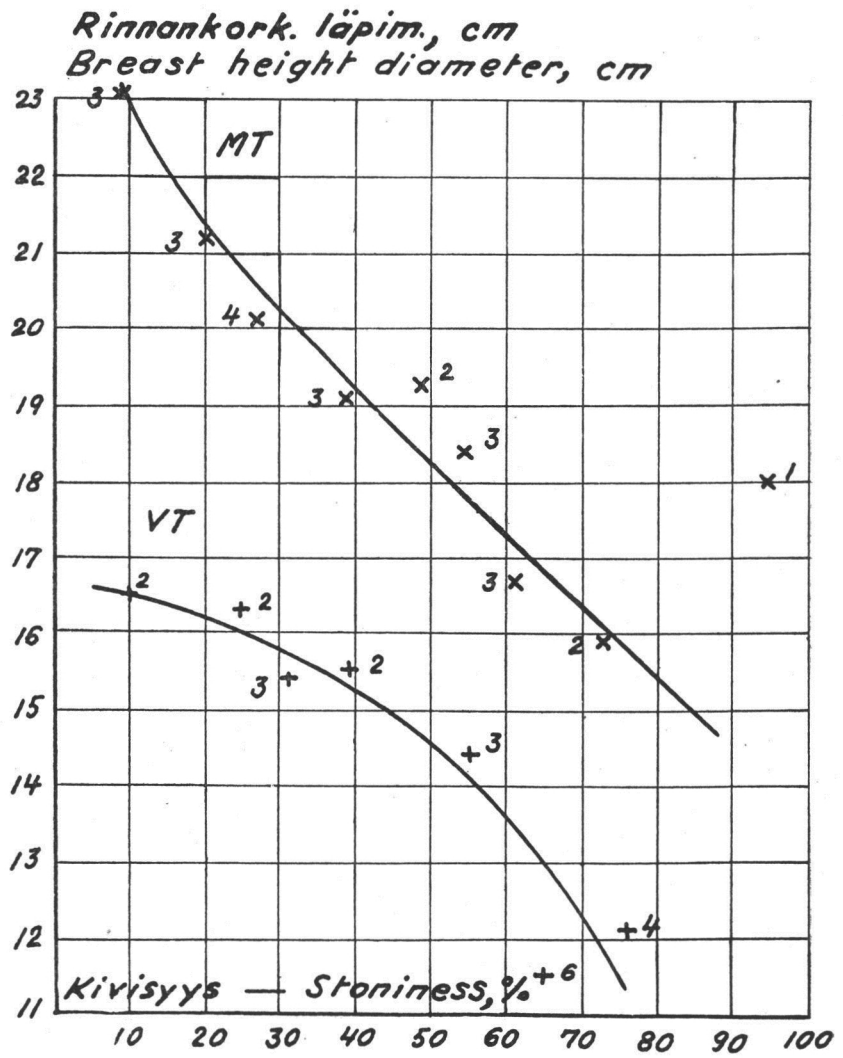


Kuva 18 a. Pintamaan kivisyys ja valtapuun pituus 60 v:n iällä.
Fig. 18 a. Stoniness of the surface soil and the height of the dominant tree when 60 years old.

tyessä. Kuutiokasvun huononeminen kivisyyden lisääntyessä on samantapaista kuin läpimittakasvunkin, mutta huononemisnopeus on huomattavasti pienempi.

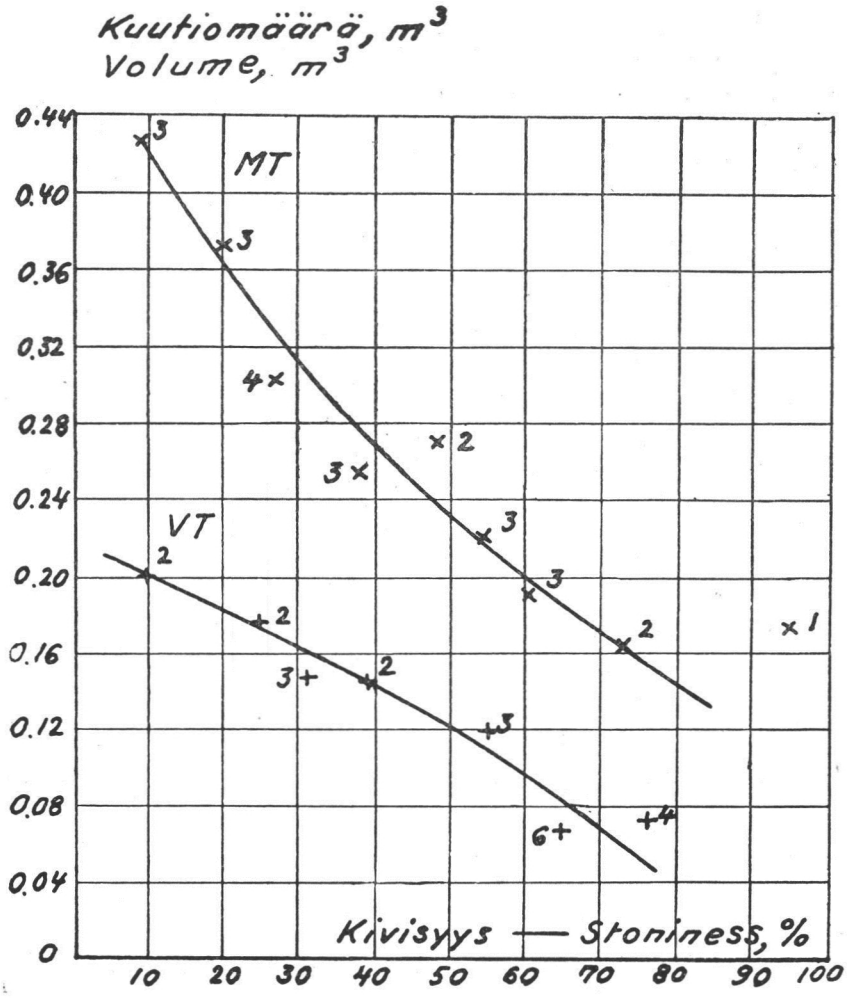
Moreenimaan kivisyys ja viljavuus. Yhdistelmä.

Edellisissä luvuissa osoitettiin, että kivisyys heikentää puiden kasvua varsin huomattavasti. Kivisyys vaikuttaa eri tavalla *MT*:llä ja *VT*:llä.



Kuva 18 b. Pintamaan kivisyys ja valtapuun rinnankorkeusläpimitta 60 v:n iällä.
Fig. 18 b. Stoniness of the surface soil and the breast height diameter of the dominant tree when 60 years old.

Korrelaatio on huomattavasti pienempi, kun kaikki moreenimaat käsitellään yhtenä luokkana. Jos aineisto olisi sellainen, että jokaista *MT*:n koealaa vastaisi *VT*:n koeala, jolla olisi sama kivisyys, korrelaatio olisi varmaan huomattavasti pienempi kuin nyt. Tässä aineistossa *MT*:n koealoista on I kivisyysluokan maalla noin 40 %, samoin *VT*:llä III kivisyysluokan maalla, mikä on omiaan kohottamaan negatiivista korrelaatiota. Nämä seikat sekä lisäksi edellä mainitut puun kokoa tietyllä iällä



Kuva 18 c. Pintamaan kivisyys ja valtapuun kuutiomäärä 60 v:n iällä.
Fig. 18 c. Stoniness of the surface soil and the volume of the dominant tree when 60 years old.

kuvaavat luvut osoittavat, että *MT* ja *VT* myös kivisellä maalla voidaan erottaa eri metsätyypeiksi samoin perustein kuin vähäkivisellä maalla. Vaikka kivisyydellä ilmeisesti onkin jonkin verran osuutta tietyn metsätyypin muodostumisessa, se on niin vähäinen, että se voidaan jättää huomioon ottamatta. Metsätyypin määrittämisessä kivisellä maalla on päähuomio kiinnitettävä vaateliaisiin kasveihin, jotka kasvavat kivien väleissä, eikä ole annettava kiviä mahdollisesti peittävän jäkälän runsauden vaikuttaa metsätyypin määrittämiseen.

Metsikön kuutiomäärä ja runkoluku sekä rungon keskipituus, keskiläpimitta ja keskikuutiomäärä ovat riippuvaisia metsikön käsittelystä (esim. Cajanus 1914), kun taas valtapuun koko riippuu siitä vähemmän (Schwappach 1893, Kunze 1894, 1899, 1905, Flury 1903). Taulukoista 13 ja 14 huomataan, että pintamaan kivisyyden ja valtapuun keskimääräisen kasvun välisten korrelaatiokertoimien maksimiarvot sekä vastaavat pintamaan kivisyyden ja koko koealan puiden keskimittojen väliset korrelaatiokertoimet ovat aivan samaa suuruusluokkaa. Pohjamaassa kivisyyden ja koko koealan puiden keskimittojen väliset korrelaatiokertoimet olivat yleensä suuremmat, muutamat huomattavastikin. Hyvällä syyllä voidaankin pitää ilmeisenä, että pyrkimyksessä sijoittaa koealat käsittelemättömiin metsikköihin on onnistuttu verraten hyvin.

Seuraavassa asetelmassa on esitetty II ja III kivisyysluokan valtapuun kuutiomäärän suhde I kivisyysluokan samanikäisen valtapuun kuutiomäärään:

		valtapuun ikä						
		20 v.	30 v.	40 v.	50 v.	60 v.	70 v.	80 v.
		kuutiomäärien suhde						
MT	II : I	0.34	0.47	0.56	0.62	0.66	0.69	0.72
	III : I	0.63	0.42	0.43	0.46	0.50	0.51	0.52
VT	II : I	0.46	0.55	0.63	0.70	0.77	0.80	0.81
	III : I	0.21	0.30	0.35	0.37	0.43	0.47	0.50

Huomataan, että sekä II että III kivisyysluokassa valtapuun kuutiomäärän suhde I kivisyysluokan valtapuun kuutiomäärään kasvaa puun vanhetessa. Suhdeluvun kasvu on aluksi voimakasta, mutta hidastuu jatkuvasti. II kivisyysluokassa suhdeluku lähenee 60 v:n iältä lähtien *MT*:llä raja-arvoa noin 0.7, *VT*:llä raja-arvoa noin 0.8. III kivisyysluokassa suhdeluvun raja-arvo on sekä *MT*:llä että *VT*:llä noin 0.5. Keskimäärin suhdeluku on siis II kivisyysluokassa 0.75 ja III kivisyysluokassa 0.50. II kivisyysluokassa suhdeluku on *VT*:llä, III kivisyysluokassa *MT*:llä hieman suurempi.

Tämän tutkimuksen aineisto on liian pieni selvittämään kysymystä, kuinka paljon kivisyys vaikuttaa metsikön kasvuun. Sitä varten pitäisi kussakin kivisyysluokassa olla suuri joukko eri-ikäisiä metsiköitä. Todettiin kuitenkin vastaavien metsikön ja valtapuun kuvaajien ja kivisyyden välisten korrelaatiokertoimien olevan likipitäen yhtä suuria. Todennäköisesti kivisyys huonontaa pienempien puiden kasvua samalla tavalla kuin valtapuidenkin kasvua, joten tuskin tehdään kovin suurta virhettä, jos otaksutaan kivisyyden vaikuttavan metsikön kasvuun samalla tavalla kuin valtapuunkin kasvuun.

Käytännön oloissa riittänee, kun metsämaat kivisyytensä puolesta luokitellaan kahteen luokkaan, normaaleihin ja kivisiin. Jos metsätyypin kivisyysluokille asetetaan sama raja kuin valtakunnan metsien II arvioinnissa, eli että kiviseksi luokitellaan metsätyyppi, jonka tuotto kivisyyden vuoksi on huonontunut vähintään 25 %, huomataan edellä esitetyistä suhdeluvuista, että raja voidaan asettaa tässä tutkimuksessa käytettyjen I ja II kivisyysluokan väliin, eli siis normaalin ja kivisen metsätyypin rajana on 30 %:n kivisyys. Jos halutaan erottaa lisäksi kivisyysluokka »erittäin kivinen», on sopiva raja 60 %:n kivisyys. Silloin on sekä *MT*:llä että *VT*:llä erittäin kivisen tyypin tuotto 50 % normaalin tyypin tuotosta.

Kivisyyden jatkuvasti lisääntyessä III kivisyysluokassa muuttuu metsämaa ensin kasvullisesta huonokasvuiseksi, kivikko-, louhikko- tai kalliomaaksi sekä lopuksi joutomaaksi, avolouhikoksi tai -kallioksi. Kivisyysaste, jossa erittäin kivinen metsätyyppi muuttuu kivikko-, louhikko- tai kalliomaaksi, vaihtelee eri kasvupaikoilla riippuen muista samalla vaikuttavista kasvupaikkatekijöistä. Esim. koealalla 61 kivisyys on 95 %, ja kuitenkin maa kuuluu kasvullisiin metsämaihin. Huonokasvuiset metsämaat ja joutomaat eivät sisälly tähän tutkimukseen.

Maan hienon osan vaikutus viljavuuteen.

Tutkittaessa maan hienon osan vaikutusta viljavuuteen on maalajitteiden osuudet yleensä laskettu 2 mm:iä hienommasta maasta. Tamm ja Wadman (1945) laskevat saven osuuden 2 mm:iä, mutta hienomaan (< 0.06 mm) osuuden 20 mm:iä hienommasta maasta. Tässä tutkimuksessa on hienon maan lajitteiden osuudet laskettu sekä maan 2 mm:iä ja 20 mm:iä hienommasta osasta että koko maasta (siis huomioon ottaen lohkareiden, kivien ym. osuudet). Sen jälkeen on laskettu kunkin maalajitteen määrän ja valtapuun pituuden väliset korrelaatiokertoimet. (Valtapuun pituus valittiin yksin kuvaamaan maan viljavuutta, koska kasvupaikkoja usein bonitoidaan valtapuun pituuden perusteella ja koska edellä saatiin suurin korrelaatio kivisyyden ja valtapuun pituuden välille.) Valtapuun pituus on otettu 50 ja 60 v:n iällä sekä myös koko valtapuun suhteellinen pituus (s. 61). Korrelaatiokertoimet on esitetty taulukossa 15. Kuten nähdään, korrelaatiokertoimet ovat pintamaassa suurimmat 2 mm:iä hienomman maalajitteen määrän, pohjamaassa 0.2 mm:iä hienomman maalajitteen määrän ja valtapuun pituuden välillä. Raesuuruuden pienentyessä pienenevät korrelaatiokertoimet. Pintamaassa ovat vastaavat korrelaatiokertoimet *MT*:llä ja *VT*:llä likipitäen samat, pohjamaassa *VT*:n kertoimet ovat yleensä huomattavasti suuremmat. Myös nämä korrelaatiokertoimet suurenevat puun iän lisääntyessä samaan tapaan kuin kivisyyden ja valtapuun pituuden väliset kertoimet. *MT*:llä pintamaan kertoimet ovat vas-

Taulukko 15. Koko maasta laskettujen maalajitteiden määrien ja valtapuun pituuden väliset korrelaatiokertoimet.

Table 15. Correlation coefficients between quantities in classes of grain size, calculated from the soil as a whole, and the height of the dominant tree.

Maakerros — *Soil layer*	Metsätyyppi — *Forest type*	Valtapuun ikä — *Age of dominant tree*	Raesuuruus — *Grain size*, mm				
			< 2	< 0.2	< 0.05	< 0.02	< 0.002
			Korrelaatiokerroin — *Correlation coefficient*				
0—30 cm	*MT*	50 v. — *y.*	0.70±0.10	0.68±0.11	0.62±0.13	0.48±0.16	0.50±0.15
		60 v. — *y.*	0.73±0.10	0.71±0.10	0.65±0.12	0.51±0.15	0.56±0.14
		Koko ikä — *Whole age*	0.78±0.08	0.74±0.09	0.64±0.12	0.52±0.15	0.56±0.14
	VT	50 v. — *y.*	0.73±0.10	0.74±0.10	0.59±0.14	0.49±0.16	0.49±0.16
		60 v. — *y.*	0.78±0.08	0.75±0.09	0.67±0.12	0.57±0.14	0.49±0.16
		Koko ikä — *Whole age*	0.81±0.07	0.77±0.09	0.61±0.14	0.58±0.14	0.60±0.14
30—60 cm	*MT*	50 v. — *y.*	0.36±0.18	0.47±0.16	0.33±0.18	0.41±0.17	0.14±0.20
		60 v. — *y.*	0.38±0.18	0.49±0.16	0.41±0.17	0.47±0.16	0.20±0.20
		Koko ikä — *Whole age*	0.46±0.16	0.56±0.14	0.48±0.16	0.51±0.15	0.30±0.19
	VT	50 v. — *y.*	0.52±0.16	0.59±0.14	0.43±0.17	0.20±0.21	—0.04±0.22
		60 v. — *y.*	0.65±0.12	0.71±0.10	0.54±0.15	0.20±0.21	—0.03±0.22
		Koko ikä — *Whole age*	0.77±0.09	0.79±0.08	0.65±0.12	0.33±0.19	+0.01±0.22

taavia pohjamaan kertoimia suuremmat, samoin *VT*:llä 60 v:een asti. 2 mm:iä, 0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompien maalajitteiden määrien ja valtapuun koko pituuden väliset korrelaatiokertoimet ovat *VT*:llä sekä pinta- että pohjamaassa likipitäen saman suuruiset.

Kun hienomaan osuus laskettiin maan 20 mm:iä hienommasta osasta, oli suurin jonkin maalajitteen määrän ja valtapuun pituuden välinen korrelaatiokerroin 0.40 ± 0.17, ja kun osuus laskettiin 2 mm:iä hienommasta maasta, oli suurin korrelaatiokerroin 0.39 ± 0.17. Korrelaatiokertoimet olivat siis huomattavasti suurempia laskettaessa hienomaan osuus koko maasta. Tarkasteltaessa hienomaan vaikutusta moreenimaan viljavuuteen on hienomaan osuus siis laskettava koko maasta.

Miten raekokoomus vaikuttaa moreenimaan viljavuuteen.

Verrattaessa toisiinsa kivisyyden ja hienomaan vaikutusta viljavuuteen huomataan, että pintamaassa sekä kivisyyden että 2 mm:iä ja 0.2 mm:iä hienompien maalajitteiden määrien ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat itseisarvoltaan samaa suuruusluokkaa. Kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat aina muita kertoimia hieman

suuremmat. (Sekä 20 mm:iä suurempien että sitä pienempien maarakeiden määrän ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat saman suuruiset, mutta vastakkaismerkkiset.) Pohjamaassa vastaavat korrelaatiokertoimet ovat *MT*:llä likipitäen yhtä suuret, mutta *VT*:llä ovat sekä 2 mm:iä että 0.2 mm:iä hienompien maalajitteiden määrien ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet huomattavasti suuremmat kuin kivisyyden ja viljavuuden väliset kertoimet.

Pintamaan sisältämien hiesun + saven tai saven määrien ja valtapuun pituuden väliset korrelaatiokertoimet olivat 0.5—0.6, ja myös ne suurenivat puun iän kasvaessa. Tämä osoittaa, että näiden lajitteiden määrillä on selvästi vaikutusta metsämaan viljavuuteen. Korrelaatiokerroin suurenee jatkuvasti siirryttäessä karkeampiin maalajitteisiin. Tämä osoittaa, ettei metsämaan viljavuutta määrää mikään maalajite yksinään, vaan että kasvit saavat ravintoaineita myös varsin karkeista maalajitteista. Se, ettei korrelaatiokerroin hiesun ja saven määrän ja viljavuuden välillä ollut havaittua suurempi, osoittaa, että moreenimaassa tavallisesti on hiesua ja savea riittävästi kasvien ravinnonottoa varten tai että puut voivat ottaa ravintonsa suurimmaksi osaksi myös karkeammista maalajitteista.

Minkään maakerroksen vedenpidätyskyvyn ja viljavuuden välillä ei havaittu mitään korrelaatiota. Maan vedenpidätyskyky on riippuvainen etupäässä 0.02 mm:iä hienomman aineksen määrästä (vrt. s. 38). Varsinkin mainitun lajitteen pohjamaassa havaitun määrän ja viljavuuden välisen korrelaation pienuus osoittaa, että moreenimaa yleensä sisältää hienoja aineksia niin paljon, että puiden vedensaanti on turvattu ja että siis vesi harvoin lienee moreenimaalla minimikasvutekijänä. Suotuisasti moreenimaiden vesitalouteen vaikuttaa myös niillä varsin yleinen kova ja tiivis pohjamoreeni, joka työläästi päästää vettä lävitseen (vrt. esim. Kivinen 1941).

Maan ja erityisesti metsämaan viljavuustutkimuksissa on usein hieman uskallettua mennä sanomaan, että havaitut viljavuuden erot johtuisivat juuri jonkin tietyn tekijän vaikutuksesta, koska samaan aikaan monet muut maan ominaisuudet voivat vaihdella ja useimmassa tapauksessa vaihtelevatkin. Tarkasteltaessa esim. kivisyyden vaikutusta viljavuuteen olisi päätelmien teko helpompaa ja varmempaa, jos muut maan ominaisuudet, esim. maan hienon osan raekokoomus ja maan kemiallinen kokoomus samalla pysyisivät muuttumattomina.

Ottaen kuitenkin huomioon, että kivisyyden ja viljavuuden välisten korrelaatiokertoimien maksimiarvot muiden tekijäin eri suuntiin aiheuttamista muutoksista huolimatta olivat noin —0.8, voidaan verraten suurella varmuudella päätyä siihen lopputulokseen, että kivisyys on moreenimaalla tärkein maan viljavuuteen vaikuttava tekijä. Se vai-

kuttaa kasvua huonontavasti siksi, että se vähentää sellaisten maalajitteiden osuutta, joista kasvit voivat saada ravintoaineita. Moreenimaan viljavuus on siis puhtaasti ravintotaloudellinen kysymys.

Tässä tutkimuksessa ei tarkastella, mistä ravintoaineesta maan viljavuus lähinnä riippuu. Maan sisältämiä kasvinravintoaineita ja niiden vaikutusta viljavuuteen käsitellään myöhemmin erikseen.

Muita metsämaan kivisyyttä koskevia havaintoja.

Kivisyyden vaikutus aluskasvillisuuteen.

Taulukossa 16 esitetään kasvilajien keskimääräinen lukumäärä moreenimaalla kivisyysluokittain. *MT*:llä sanikkaisten, ruohojen ja heinien lajiluku vähenee, varpujen, pensaiden ja puiden lajiluku lisääntyy kivisyyden lisääntyessä. Kokonaislajilukumäärä vähenee hieman kivisyyden lisään-

Taulukko 16. Kasvilajien keskimääräinen lukumäärä eri kivisyysluokissa.
Table 16. Mean number of the species of plants in the different stoniness classes.

Metsätyyppi — *Forest type*	Kivisyysluokka — *Stoniness class*	Koealojen luku — *Number of sample plots*	Sanikkaisia, ruohoja ja heiniä — *Ferns, herbs and grasses*	Varpuja — *Undershrubs*	Pensaita ja puita — *Shrubs and trees*	Yhteensä — *Total*
			Lajien lukumäärä — *Number of species*			
MT	I	10	18.0	2.9	6.1	27.0
	II	11	15.6	3.3	6.4	25.3
	III	6	13.0	3.8	6.5	23.3
VT	I	6	7.3	3.5	5.8	16.6
	II	8	5.4	4.0	6.1	15.5
	III	10	9.7	3.8	5.6	19.1

tyessä. *VT*:llä lajirunsaus vaihtelee eri ryhmissä epäsäännöllisesti kivisyydestä riippumatta. Kokonaislajilukumäärä lisääntyy hieman kivisyyden lisääntyessä.

Jäkälien esiintymisrunsaus kivisellä maalla oli selvästi suurempi kuin kivettömällä, vaikka vaihtelut olivatkin suuria. Seuraavassa asetelmassa esitetään jäkälien esiintymisrunsauden Norrlinin asteikon mukaiset vaihtelurajat metsätyypeittäin ja kivisyysluokittain:

metsätyyppi	kivisyysluokka I	II	III
	esiintymisrunsaus		
MT	0—3	1—5	3—6
VT	1—5	2—6	4—7

Jäkälät esiintyvät etupäässä kivien päällä. Varsinkin milloin kivet kohoavat maan pintaa korkeammalle, ne ovat usein jäkälien peitossa. Jäkälien esiintymisrunsauden suuri vaihtelu samassa kivisyysluokassa johtuu siitä, että toisissa vähäkivisissä maissa kaikki kivet ovat pinnalla, toisissa erittäin kivisissä taas kivet ovat maanpinnan alapuolella. *VT*:llä jäkälien esiintymisrunsaus on jonkin verran suurempi kuin *MT*:llä.

Kivisyyden vaikutus maannostumiseen.

Taulukossa 17 on esitetty maannoskerrosten paksuudet kivisyysluokittain. Humuskerros on kivisellä maalla selvästi paksumpi. Myös A-hori-

Taulukko 17. Maannoskerrosten paksuudet eri kivisyysluokissa.
Table 17. Thicknesses of the podsolization horizons in the different stoniness classes.

Maannoskerros — *Podsolization horizon*	*MT*			*VT*		
	I	II	III	I	II	III
	Kerroksen paksuus — *Thickness of the horizon*, cm					
Humus — *Humus*	2.4	2.9	3.6	2.4	2.2	3.0
A-horisontti — *A-horizon* ..	7.6	7.0	10.9	6.4	7.1	6.3
B-horisontti — *B-horizon* ..	55.9	49.3	47.2	45.9	49.6	49.1

sontti tulee kivisyyden lisääntyessä paksummaksi. Selvemmäksi tulee suhde, kun aineisto jaetaan metsätyypeittäin kahdeksi kivisyysluokaksi:

	kivisyys	A-horisontti
MT	< 40 %	7.1 cm
	> 40 »	9.1 »
VT	< 50 »	6.2 »
	> 50 »	6.8 »

B-horisontin paksuuden vaihtelut samassa kivisyysluokassa ovat vielä suuremmat kuin humuskerroksen tai A-horisontin paksuuden vaihtelut. *MT*:llä näyttäisi B-horisontin paksuus pienenevän kivisyyden lisääntyessä, *VT*:llä taas päinvastoin.

Muutamissa tapauksissa, esim. koealoilla 47 ja 75, huomattiin A-horisontin seuraavan lohkareen alareunan suuntaa jopa 30 cm:n syvyyteen asti. B-horisontin väri puolestaan oli usein kivien alla huomattavasti vahvempi, mikä osoittaa, että rautaliokset ovat valuneet pitkin kiven pintaa ja hyytyneet normaalia syvemmällä. Kivisyys alentaa maan vedenpidätyskykyä, ja kivisessä maassa valuvan veden määrä hienomaan suhteen on suurempi kuin kivettömässä. Olisi näin ollen odottanut, että sekä A- että

B-horisontit olisivat kivisessä maassa olleet selvästi paksummat kuin kivettömässä.

Aaltosen (1941 a) mukaan kivinen maa on kuivissa kangasmetsissä heikommin ja tuoreissa kangasmetsissä voimakkaammin huuhtoutunut kuin vähäkivinen.

Kivisyyden vaikutus puiden juuriston syvyyteen.

Aaltosen (1920) mukaan yli 2 mm:n paksuiset männyn juuret jakaantuivat Lapin kuivien hiekkamaiden 30 cm:n paksuisessa pintakerroksessa seuraavasti:

maakerros	juurimäärä
0—10 cm	55 %
10—20 »	35 »
20—30 »	10 »

Laitakarin (1927) mukaan männyn vaakasuoran juuriston keskisyvyys on yleensä alle 20 cm. Juuriston keskisyvyys riippuu puun koosta, metsätyypistä ja maalajista. Pienien puiden juuristo on pinnallisempi kuin suurien. Metsätyypin huonontuessa juuristo tulee pinnallisemmaksi. Pinnallisin juuristo on hiekkamaalla. Runsaskivisellä moreeni- ja somero-maalla vaakasuora juuristo ulottuu syvemmälle kuin vähäkivisellä. Polanský (1936) totesi, että männyn juurista 2/3 on maan 20 cm:n paksuisessa pintakerroksessa. Lutzin, Elyn ja Littlen (1937) mukaan suurin osa weymouth-petäjän *(Pinus strobus)* juurista on A-horisontissa. A-horisontin keskimääräinen paksuus oli 16 cm ja juuria siinä 322 kpl/j². Maa oli hiekka- ja hietamaata. Coile (1937) havaitsi, että puiden *(Pinus Taeda)* juuristot tulevat pinnallisemmiksi puiden vanhentuessa.

Tässä tutkimuksessa ei ole maastossa tehty huomioita juuriston syvyydestä. Viljavuuden todettiin kuitenkin olevan enemmän riippuvainen pintamaan kuin pohjamaan laadusta, mikä hyvin sopii yhteen edellämainittujen tutkimuksien kanssa.

Pohjamaan kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet ovat *MT*:llä ja *VT*:llä yleensä likipitäen saman suuruiset, mutta 60 v:sta lähtien kivisyyden ja valtapuun kasvun väliset kertoimet ovat *MT*:llä selvästi suuremmat kuin *VT*:llä. Kuitenkaan ei voi ratkaista, kummalla metsätyypillä pohjamaan kivisyys enemmän vaikuttaa maan viljavuuteen. *VT* on huonompi metsätyyppi ja sillä kivisyys oli suurempi. Nämä tekijät vaikuttavat Laitakarin mukaan vastakkaisesti juuriston syvyyteen. Coilen edellä mainittua havaintoa vastaan puhuu se seikka, että pohjamaan kivisyyden ja viljavuuden väliset korrelaatiokertoimet suurenevat puun iän kasvaessa.

Juuristotutkimuksen kannalta katsoen on tässä tutkimuksessa maata tutkittu liian paksuina kerroksina, joten tuloksia ei täysin voi verrata ai-

kaisempiin tutkimuksiin, varsinkin kun aikaisemmat juuristotutkimukset yleensä on suoritettu hiekkamaalla.

Käytännöllisiä päätelmiä.

Maiden luokittelu metsäverotusta varten.

Metsämaiden verotus perustuu meillä nykyään siihen, kuinka suuri puuston vuotuinen kasvu keskimäärin kunkinlaisella metsämaalla on (Ilvessalo 1937). Metsäverotusta tutkimaan asetetut komiteat (1927 : 6 ja 1942 : 6) ovat ehdottaneet, että luokituksen perusteeksi otettaisiin metsätyypit. Komiteanmietinnössä v:lta 1942 metsämaat jaetaan viiteen veroluokkaan seuraavasti:

I	lk.	Verokuutioluku	4.0	verokuutiometriä, [1])	mm. *MT*.
II	»	»	3.0	» ,	mm. *VT*.
III	»	»	2.0	» ,	mm. *CT*.
IV	»	»	1.2	» ,	mm. kasvulliset kallio- ja louhikkomaat.
V	»	»	0.6	» ,	mm. huonokasvuiset kallio-, louhikko- ja tunturimaat.

Jos metsämaa on poikkeuksellisen kivistä, niin että maan kasvukyky sen vuoksi on selvästi ja huomattavasti normaalia heikompi, maa siirretään luokkaa alemmaksi.

Edellä osoitettiin, että metsämaan kivisyyden ollessa 30—60 % sen tuotto on noin 25 % normaalia pienempi. Kivisyyden ollessa yli 60 % tuotto on 50 % normaalia pienempi. Komitean ehdottama kivisten metsämaiden luokitteleminen luokkaa huonommiksi kuin vastaava normaali metsätyyppi on ilmeisesti paikallaan. Erittäin kiviset metsämaat olisi luokiteltava kaksi luokkaa vastaavaa normaalia metsätyyppiä huonommiksi.

Kiertoaika.

Krafftin (1927) mukaan kivisillä mailla on edullisinta käyttää lyhyttä kiertoaikaa, siis kasvattaa vain pienpuutavaraa. Edellä todettiin, että puun iän kasvaessa II ja III kivisyysluokan valtapuun kuutiomäärän suhde I kivisyysluokan valtapuun kuutiomäärään tulee yhä suuremmaksi, kunnes se noin 60 v:sta lähtien pysyy likipitäen samana. Sen mukaan

[1]) Verokuutioluku Etelä- ja Keski-Suomea varten.

näyttäisi siltä, että kivisien maiden metsiä ei pitäisi hakata ennen kuin aikaisintaan 60 v:n iässä. Jos oletetaan, että metsikkö voidaan hakata silloin kun suurimpien puiden rinnankorkeusläpimitta on 15 cm, huomataan kuvista 16 b ja 17 b, että seuraavat kiertoajat ovat moreenimaalla lyhimmät mahdolliset:

metsätyyppi	kivisyysluokka I	II	III
	kiertoaika		
MT	39 v.	47 v.	53 v.
VT	56 »	61 »	74 »

Edullisimman kiertoajan tutkiminen valtapuun kasvun nojalla on vaikeata. Koska tämän tutkimuksen aineisto ei ole läheskään riittävä kiertoajan tutkimiseksi metsikkötutkimuksilla, on laskettu ylläolevat luvut, jotka kuitenkin hieman valaisevat mahdollista lyhintä kiertoaikaa. Joka tapauksessa ne viittaavat siihen, ettei kivisellä *VT*:llä kannata kasvattaa järeätä puutavaraa. Pienpuutavarankin kasvattaminen siellä vaatii suhteellisen pitkän kiertoajan.

Lajittuneiden maalajien viljavuus.

Lajittuneilla maalajeilla laskettiin samat maan raekokoomuksen ja valtapuun pituuden väliset korrelaatiokertoimet kuin moreenimaallakin. Moreenimaalla valtapuun pituus reagoi herkimmin maan raekokoomukseen. Lajittuneilla maalajeilla ei havaittu juuri mitään yhteyttä maan kivisyyden tai hienomaapitoisuuden ja valtapuun pituuden välillä. Tarkasteltaessa yksityisiä koealoja huomattiin valtapuun pituuden vaihtelevan suuresti maan laadusta riippumatta. Valtapuu voi olla karkealla maalla lyhyt ja hienolla maalla pitkä, esim. koealat 38 ja 13, tai päinvastoin karkealla maalla pitkä ja hienolla maalla lyhyt, esim. koealat 4 ja 18. Maan kivisyyden tai hienomaapitoisuuden ja valtapuun pituuden väliset korrelaatiokertoimet, joiden maksimiarvo moreenimaalla oli yli 0.8, eivät lajittuneilla maalajeilla saavuttaneet 0.4:ää.

Tämän tutkimuksen aineisto lajittuneilta maalajeilta on varsin pieni, vain 29 koealaa, mutta ottaen huomioon näiden maalajien verraten pienen esiintymisrunsauden voidaan aineistoa pitää riittävänä. Havaitut monet suuret poikkeukset ja korrelaation puuttuminen osoittavat selvästi, ettei maan viljavuus lajittuneilla maalajeilla ole suurestikaan riippuvainen maan raekokoomuksesta. Edellä (s. 54) todettiin kyllä, että paremman metsätyypin maa sisältää enemmän hienomaata kuin huonomman, mutta samalla metsätyypillä havaitut epäsäännöllisyydet ovat niin suuret, että lajittuneiden maalajien viljavuutta ei voida määrittää hienomaapitoisuuden perusteella.

Maan vedenpidätyskyvyn ja valtapuun 60 v:n iällä saavuttaman pituuden väliset korrelaatiokertoimet olivat seuraavat:

maakerros	korrelaatiokerroin
10—30 cm	0.10 ± 0.18
30—60 »	0.32 ± 0.17
60—100 »	0.63 ± 0.11

Pintamaassa siis ei ole korrelaatiota vedenpidätyskyvyn ja valtapuun pituuden välillä. Korrelaatio suurenee selvästi syvemmälle mentäessä. Korrelaatio oli samantapainen muiden valtapuun kuvaajien ja vedenpidätyskyvyn välillä. Hennecke (1935) totesi, että maakerroksen 5—15 cm vedenpidätyskyvyn ja tuoton välillä on selvä suhde, mutta se häviää syvemmälle mentäessä. Myös Hicockin ym. (1931) ja Gassertin (1936) mukaan tuotto on riippuvainen maan vedenpidätyskyvystä. Aaltosen (1937) mukaan kosteussuhteet vaikuttavat ratkaisevasti maan tuottokykyyn tavallisilla kangasmailla. Edellä (s. 10—11) mainittiin useita tutkimuksia, joiden mukaan pohjavedellä on huomattava vaikutus boniteettiin. Samaan tulokseen ovat tulleet useat muutkin tutkijat. Huolimatta muutamista eriävistä mielipiteistä (esim. Hennecke 1935 ja Tamm 1937) voidaan pohjaveden boniteettia parantavaa vaikutusta lajittuneilla maalajeilla pitää ilmeisenä. Vettä pidetään yleisesti hyvin tärkeänä kasvutekijänä, ja eräät tutkijat (esim. Wittich 1938 ja Beninde 1939) menevät niin pitkälle, että asettavat veden tärkeimmäksi kasvupaikan viljavuuteen vaikuttavista tekijöistä. Erityisesti männyn uudistumiselle pidetään riittävän veden saantia hiekkamaalla ratkaisevana tekijänä (Heinrich 1936). Edelläolevan mukaan näyttääkin siltä, että lajittuneiden maalajien viljavuus on riippuvainen maan vesitaloudesta, joka vuorostaan on riippuvainen varsinkin maan raekokoomuksesta ja kerroksellisuudesta (vrt. Wollny s. 8—9).

Verrattaessa yksityisiä koealoja huomataan, että esim. *VT*:n koealalla 13 valtapuu on suurempi kuin lajittuneilla maalajeilla olevien *MT*:n koealojen samanikäiset valtapuut. Näyttää siltä, että hiekka- ja someromaita ei aina voida bonitoida yksinomaan aluskasvillisuuden perusteella siten, että eri metsätyypit eroaisivat toisistaan myös tuottonsa puolesta. Scamoni (1937) sanookin, että kerroksellisilla maalajeilla on metsämaita bonitoitaessa otettava huomioon myös puusto. Edellä päädyttiin tulokseen, että lajittuneiden maalajien tuotto todennäköisesti riippuu lähinnä veden saannista. Puut voivat ottaa vettä jopa 6 m:n syvyydestä asti (Hartmann 1928), kun taas pintakasvien juuret eivät yleensä ulotu 1 m:iä syvemmälle (Hartmann 1926, Scamoni 1937). Sen vuoksi on ilmeistä, että aluskasvillisuuden kasvupaikan viljavuudesta antama kuva voi olla harhaanjohtava, jos maassa on vettä niin syvällä, että se on

aluskasvillisuuden ulottumattomissa, mutta puut voivat käyttää sitä hyväkseen.

Tämän tutkimuksen aineisto on riittämätön, jotta sen perusteella voitaisiin ratkaista lajittuneiden maalajien bonitoimiskysymys. Sen selvittämiseksi maa on tutkittava, mikäli mahdollista, pohjaveteen asti. Sen vuoksi maan bonitoimiskysymystä lajittuneilla maalajeilla käsitellään myöhemmin erikseen.

Maalajin vaikutus metsämaan viljavuuteen.

Tässä tutkimuksessa on moreeni-, somero- ja hiekkamaiden viljavuuksia voitu verrata toisiinsa vain *VT*:llä. *MT*:n koealoista oli lajittuneilla maalajeilla vain 3, ja *CT*:n koealoista ei yksikään ollut moreenimaalla.

VT:llä oli valtapuu hiekkamaalla hyvin vähän suurempi kuin someromaalla. Ero oli kuitenkin niin pieni, että lajittuneet maalajit on syytä käsitellä *VT*:llä yhtenä ryhmänä. Kuvissa 19 a—c on esitetty *VT*:n valtapuun pituuden, rinnankorkeusläpimitan ja kuutiomäärän kehitys lajittuneilla maalajeilla ja moreenimaalla. Huomataan valtapuun olevan selvästi isompi lajittuneilla maalajeilla.

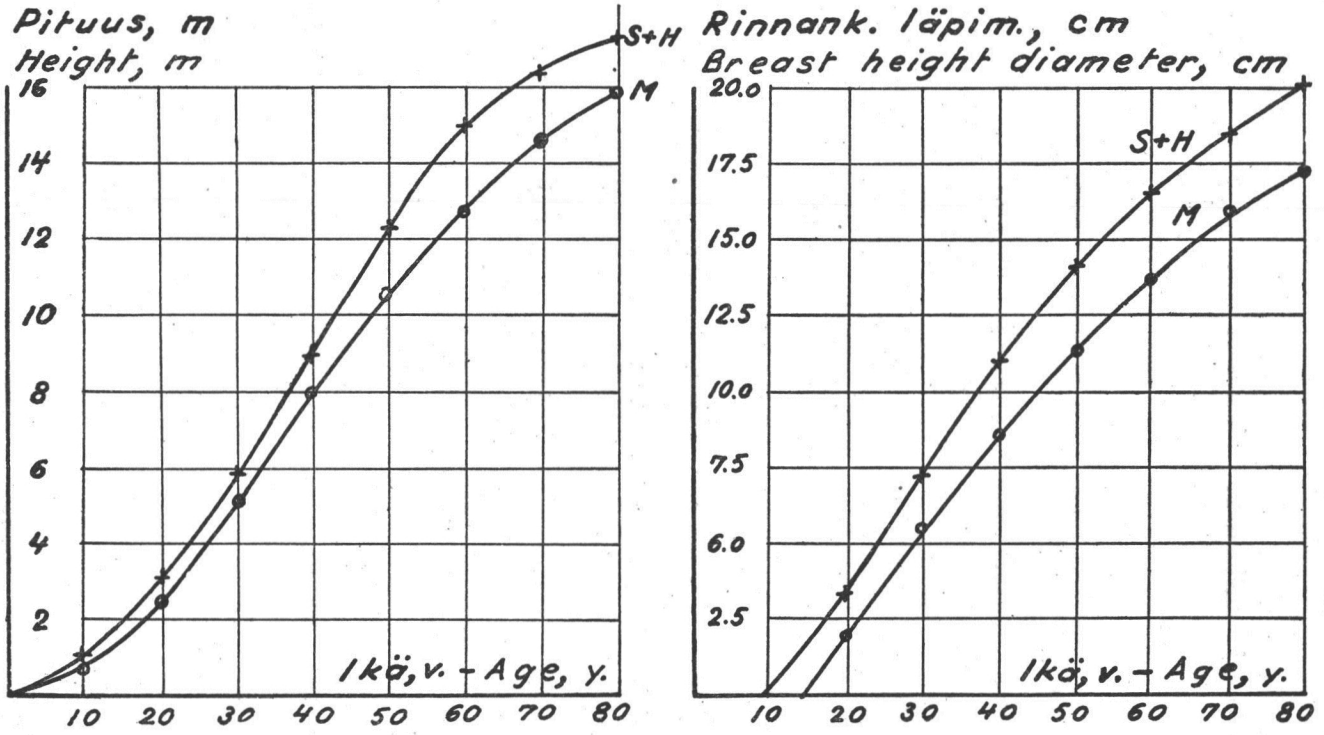
Kasvien lajirunsaus oli *VT*:n moreenimailla hieman suurempi kuin lajittuneilla maalajeilla (s. 42). Näyttää ilmeiseltä, ettei moreenimaita ja lajittuneita maalajeja ole bonitoitava samoin perustein, koska aluskasvillisuuden ja valtapuun koon maan viljavuudesta antamat kuvat ovat päinvastaiset.

Kun verrataan valtapuun kokoa lajittuneilla maalajeilla ja moreenimaan eri kivisyysluokissa, huomataan valtapuun vain I kivisyysluokassa olevan vähän suurempi kuin lajittuneilla maalajeilla. Vähäkivinen *VT*:n moreenimaa on siis hieman viljavampaa kuin hiekka- tai someromaa, nämä taas ovat viljavampia kuin kivinen *VT*:n moreenimaa, ja ero on sitä suurempi, mitä kivisempää moreenimaa on.

MT:llä ei valtapuun koossa havaittu eroa moreenimaan ja lajittuneiden maalajien välillä, mutta aineisto lajittuneilta maalajeilta on riittämätön tämän kysymyksen ratkaisemiseen. Myös *MT*:llä oli kasvien lajirunsaus moreenimaalla suurempi kuin lajittuneilla maalajeilla.

CT:llä verrattiin toisiinsa valtapuun kokoa hiekka- ja someromaalla. Kuvat 20 a—c osoittavat, että hiekkamaa on selvästi viljavampaa kuin someromaa. Samaa osoittaa myös aluskasvillisuus. Hiekka- ja someromaan erilainen viljavuus näyttää olevan sitä selvempi, mitä huonommasta metsätyypistä on kysymys.

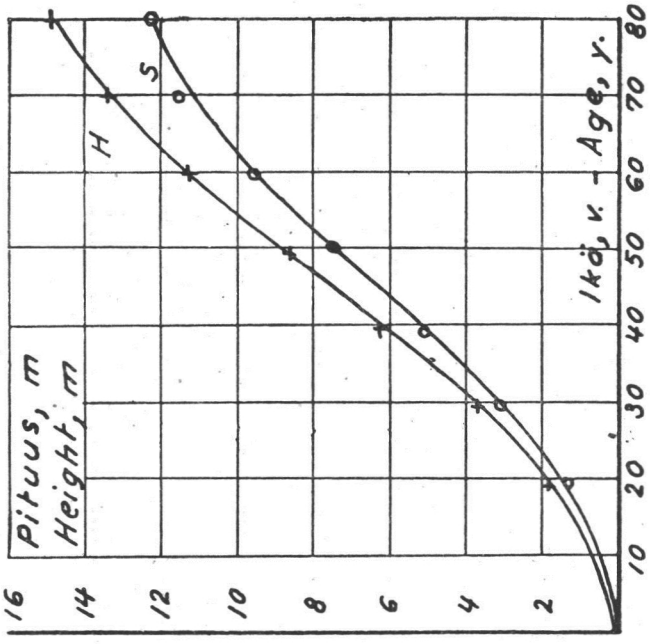
Verrattaessa toisiinsa kuvia 16 ja 19 huomataan valtapuun *VT*:n hiekka- ja someromailla olevan saman kokoinen kuin *MT*:n moreenimaalla III kivisyysluokassa. Samoin huomataan verrattaessa kuvia 17 ja 20, että valtapuu *CT*:n hiekkamaalla on saman kokoinen kuin *VT*:n moreenimaalla



Kuva 19 a. Maalaji ja valtapuun pituus. *VT.*
Fig. 19 a. Superficial deposit and the height of the dominant tree. VT.

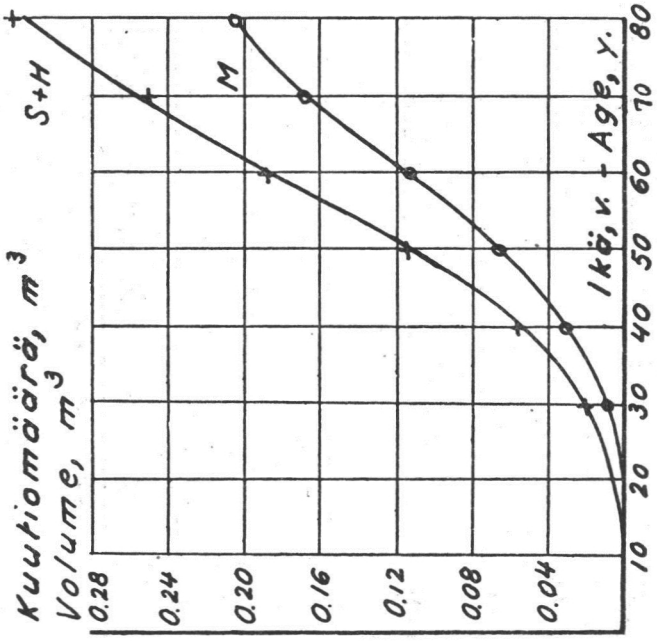
Kuva 19 b. Maalaji ja valtapuun rinnankorkeusläpimitta. *VT.*
Fig. 19 b. Superficial deposit and the breast height diameter of the dominant tree. VT.

M = moreenimaa — *morainic soil*, S = someromaa — *gravelly soil*, H = hiekkamaa — *sand*.



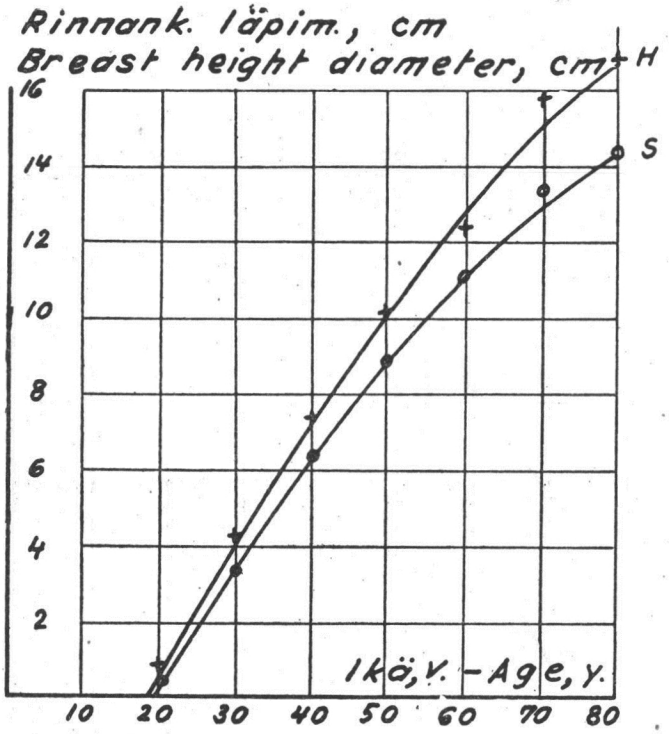
Kuva 20 a. Maalaji ja valtapuun pituus. *CT.*

Fig. 20 a. Superficial deposit and the height of the dominant tree. CT.

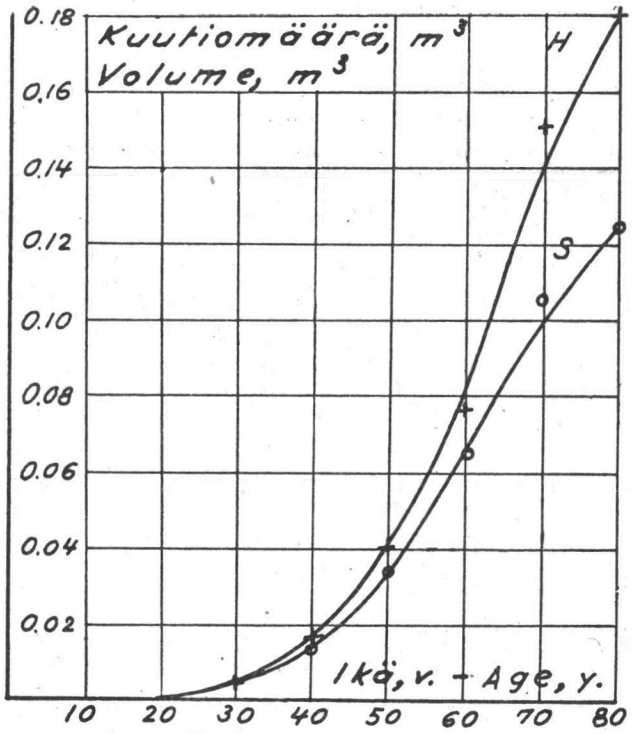


Kuva 19 c. Maalaji ja valtapuun kuutiomäärä. *VT.*

Fig. 19 c. Superficial deposit and the volume of the dominant tree. VT.



Kuva 20 b. Maalaji ja valtapuun rinnankorkeusläpimitta. *CT.*
Fig. 20 b. Superficial deposit and the breast height diameter of the dominant tree. CT.



Kuva 20 c. Maalaji ja valtapuun kuutiomäärä. *CT.*
Fig. 20 c. Superficial deposit and the volume of the dominant tree. CT.

III kivisyysluokassa. Tämä osoittaa, että maalajin ja varsinkin kivisyysasteen määrittämiseen on käytännön metsätaloudessakin kiinnitettävä entistä paljon suurempaa huomiota.

Yhdistelmä tutkimuksen tuloksista.

Maan raekokoomus:

Kivisyyden määritys voidaan moreenimaalla suorittaa koettelemalla, kuinka syvälle 1 cm:n vahvuinen teräsrassi painuu. Hehtaaria kohti on otettava halutusta tarkkuudesta riippuen 60—140 havaintoa. Havaittua keskimääräistä painumaa nimitetään maan syvyysindeksiksi. Someromaalla menetelmä ei anna yhtä hyviä tuloksia.

Kivisyyden perusteella moreenimaan metsätyypit jaettiin kolmeen kivisyysluokkaan:

kivisyysluokka	kivisyys	syvyysindeksi
I = normaali	< 30 %	> 2.5 dm
II = kivinen	30 — 60 »	1.6 — 2.4 »
III = erittäin kivinen	> 60 »	< 1.5 »

VT:n moreenimaat olivat keskimäärin kivisempiä kuin *MT*:n maat. Soran määrät *MT*:llä ja *VT*:llä olivat yhtä suuret. Pintamaa sisälsi enemmän lohkareita kuin pohjamaa.

Maan pintakerros sisälsi enemmän savea kuin pohjakerros. Moreenimaalla vaihtelivat 0.2 mm:iä ja 0.05 mm:iä hienompien lajitteiden määrät pinta- ja pohjamaassa epäsäännöllisesti. Someromaalla oli kaikkia 0.2 mm:iä ja hiekkamaalla kaikkia 0.05 mm:iä hienompia lajitteita pintamaassa enemmän kuin pohjamaassa.

I ja II kivisyysluokan *MT*:n moreenimaa sisälsi enemmän savea kuin vastaavan kivisyysluokan *VT*:n maa, III kivisyysluokassa sisälsi *VT*:n maa enemmän savea. Keskimäärin ei *MT*:n ja *VT*:n välillä ollut eroavuuksia maan 2 mm:iä hienomman osan raekokoomuksessa.

Lajittuneilla maalajeilla hienomaapitoisuus lisääntyi metsätyypin parantuessa.

Maan viljavuus:

Pintamaan kivisyyden ja viljavuuden välisten korrelaatiokertoimien maksimiarvo oli noin —0.80. Pohjamaan kivisyyden ja viljavuuden välinen korrelaatio oli huomattavasti pienempi. Pintamaan kivisyys vaikuttaa kasvua huonontavasti puun syntymästä lähtien, pohjamaan kivisyys alkaa vaikuttaa vasta puun ollessa 50—60 v:n ikäinen.

Tuotto on II kivisyysluokassa noin 25 % ja III kivisyysluokassa noin 50 % pienempi kuin I kivisyysluokassa.

Sekä kivinen *MT* ja *VT* että erittäin kivinen *MT* ja *VT* voidaan erottaa toisistaan samoin perustein kuin *MT* ja *VT*. Tyypin määrityksessä on päähuomio kiinnitettävä kivien väleissä kasvaviin vaateliaisiin kasveihin.

Kivisyys vaikuttaa moreenimaalla kasvua huonontavasti siksi, että se vähentää sellaisten maalajitteiden osuutta, joista puut voivat saada ravintonsa.

Hienomaan osuus moreenimaiden viljavuustutkimuksissa on laskettava koko maasta. Kasvit näyttävät ottavan ravintoa kaikista 20 mm:iä hienommista maarakeista.

Lajittuneilla maalajeilla ei viljavuus ole riippuvainen mistään raesuuruusluokasta. Viljavuuden näyttää määräävän maan vesitalous.

Eri maalajien viljavuuden vertailua on voitu suorittaa vain *VT*:llä ja *CT*:llä. *VT*:llä viljavuus on lajittuneilla maalajeilla suurempi kuin keskimäärin moreenimaalla. Vähäkivinen moreenimaa on viljavampaa kuin lajittuneet maalajit. Hiekkamaa on hieman someromaata viljavampaa *CT*:llä hiekkamaa on selvästi someromaata viljavampaa.

Taulukko 18. Maa
Table 18. Soil on

Koealan numero *No. of sample plot*	Maalaji — *Superficial deposit* [1])	Maanpinnan kaltevuus — *Inclination*	Si — *Di,* dm	Vk—*Wk* 60—100 cm, %	Maannoskerroksen paksuus — *Thickness of podsolization horizon* cm			Maan raekokoomus [2]) — Maa kokonaisuudessaan — *Soil as a whole*			
					Humus	A	B	> 200 mm	200—20 mm	20—2 mm	<2 mm
1	Hiekkamaa	1	5.4	3.7	2.2	5.0	39.0	— —	1 3	22 26	77 71
2	Someromaa	1	4.5	2.8	1.8	3.0	61.5	— —	8 11	24 30	68 59
3	Hietainen moreeni	1	2.6	6.2	2.2	6.0	45.0	37 31	12 17	9 14	42 38
4	Someromaa	1	4.0	2.2	2.0	5.0	65.5	— —	1 2	31 45	68 53
5	Hietainen moreeni	NE 2	2.4	6.1	2.7	6.5	50.0	26 20	17 17	15 19	42 44
6	Hietainen moreeni	1	1.8	6.3	2.5	5.5	48.5	5 10	25 14	30 29	40 47
7	Hietainen moreeni	1	2.2	10.9	4.0	9.0	53.0	43 48	9 7	10 11	38 34
8	Hietainen moreeni	SW 2	1.3	12.8	4.1	10.0	52.0	34 9	19 21	10 20	37 50
9	Hietainen moreeni	NW 2	1.1	7.5	3.0	7.0	45.0	31 8	32 26	15 25	22 41
10	Hietainen moreeni	W 1	0.9	8.1	3.8	6.0	50.0	58 51	16 15	10 15	16 19
11	Hietainen moreeni	1	2.4	8.1	3.0	8.0	52.5	11 25	16 17	15 17	58 41
12	Hietainen moreeni	W 1	2.4	9.7	3.3	8.0	52.0	34 73	9 9	8 4	49 14
13	Hiekkamaa	1	4.4	4.6	3.0	6.0	42.0	— —	— 2	12 10	88 88
14	Hiekkamaa	1	3.3	1.8	1.2	3.0	15.0	— —	5 —	15 9	80 91
15	Hiekkamaa	SW 2	4.5	2.0	1.4	3.5	29.0	— —	1 —	7 12	92 88
16	Hiekkamaa	E 2	4.6	2.5	1.4	4.5	21.5	— —	— —	7 9	93 91

[1]) Hiekkamaa = *sand*, someromaa = *gravelly soil*, hiekkainen moreeni = *sandy moraine*,
[2]) Ylempi numerorivi tarkoittaa pintamaata, alempi pohjamaata. — [2]) *The higher line of*

eri koealoilla.
different sample plots.

Mechanical composition of soil [2])

2 mm:iä hienompi maa — *Soil finer than 2 mm*						Huomautuksia — *Remarks*
2—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.05 mm	0.05—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm	
%						
30.5	40.2	19.0	4.7	4.0	1.6	
38.9	45.3	12.2	2.0	0.7	0.9	
28.9	37.9	22.9	4.7	3.7	1.9	
37.3	43.0	15.5	2.3	1.0	0.9	
19.2	21.7	35.1	12.3	8.2	3.5	
18.8	19.4	34.1	22.3	4.4	1.0	
31.6	41.0	17.2	4.4	3.8	2.0	
37.4	44.2	14.7	1.7	1.0	1.0	
18.1	20.5	35.3	13.8	10.0	2.3	
17.5	21.1	38.3	13.6	8.3	1.2	
26.3	17.1	34.3	11.9	6.6	3.8	
14.1	17.0	45.5	17.4	4.7	1.3	
12.9	18.9	37.1	12.7	14.0	4.4	
12.8	17.7	36.2	13.6	15.3	4.4	
20.3	20.3	29.3	11.6	13.5	5.0	
19.5	17.1	30.6	12.0	16.9	3.9	
27.7	14.1	41.3	6.2	7.7	3.0	Kova pohjamoreeni 55 cm syvyydessä — *Hard ground moraine from 55 cm*
26.3	15.2	37.7	9.8	8.4	2.6	
22.1	15.8	34.2	12.4	10.8	4.7	Kova pohjamoreeni 60 cm syvyydessä — *Hard ground moraine from 60 cm*
22.9	11.6	38.8	18.5	7.4	0.8	
11.1	8.7	47.5	13.4	15.0	4.3	
11.8	9.8	45.6	13.6	17.2	2.0	
11.4	10.4	47.3	12.3	13.7	4.9	
11.9	11.2	42.4	13.7	17.4	3.4	
18.4	22.1	48.4	3.7	5.2	2.2	
12.0	18.2	63.2	3.7	1.8	1.1	
22.9	22.4	46.2	4.0	3.0	1.5	70 cm:stä alkaa karkea hiekka — *Coarse sand from 70 cm*
16.2	11.4	68.2	1.9	1.3	1.0	
28.7	25.1	33.8	5.1	5.9	1.4	60 cm:stä alkaa eritt. karkea hiekka — *Very coarse sand from 60 cm*
34.1	25.8	35.3	3.2	0.6	1.0	
28.0	18.2	40.1	7.6	4.7	1.4	
26.9	28.3	39.5	3.0	1.3	1.0	

hietainen moreeni = *loamy moraine*, hiesuinen moreeni = *silty moraine*.
numbers refers to the surface soil, the lower to the subsoil.

Taulukko 18. Maa
Table 18. Soil on

Koealan numero *No. of sample plot*	Maalaji — *Superficial deposit* [1]	Maanpinnan kaltevuus — *Inclination*	Si — *Di,* dm	Vk—*Wk* 60—100 cm, %	Maannoskerroksen paksuus — *Thickness of podsolization horizon* cm			Maan raekokoomus [2] — Maa kokonaisuudessaan — *Soil as a whole*			
					Humus	A	B	> 200 mm	200—20 mm	20—2 mm	< 2 mm
17	Hiekkamaa	1	4.0	2.8	1.6	7.0	16.5	—	1	9	90
								—	—	4	96
18	Hiekkamaa	S 1	4.0	4.5	1.8	8.0	27.0	—	—	1	99
								—	—	4	96
19	Hiekkainen moreeni	S 1	2.8	5.4	2.7	6.5	14.5	—	10	10	80
								—	10	14	76
20	Someromaa	1	3.1	2.4	1.3	2.5	13.5	—	1	26	73
								—	1	32	67
21	Someromaa	E 1	2.5	2.5	2.0	4.0	26.0	—	3	22	75
								7	5	17	71
22	Someromaa	1	1.4	1.9	1.3	3.5	12.5	—	38	21	41
								—	46	24	30
23	Someromaa	1	3.2	2.0	1.6	4.0	8.0	—	5	13	82
								—	2	28	70
24	Someromaa	S 1	1.9	1.9	2.0	3.5	15.5	—	10	9	81
								—	11	15	74
25	Hiekkamaa	1	2.6	2.4	2.0	9.0	44.5	—	5	22	73
								—	2	6	92
26	Someromaa	S 1	3.4	2.4	2.1	2.0	63.0	—	—	31	69
								—	—	38	62
27	Hietainen moreeni	W 1	3.2	10.3	1.8	6.0	49.5	—	9	10	81
								—	11	8	81
28	Hiekkainen moreeni	W 2	2.9	4.0	2.1	7.5	47.5	—	9	26	65
								—	17	37	46
29	Someromaa	1	2.4	4.1	2.7	6.5	64.0	—	3	28	69
								—	3	21	76
30	Hietainen moreeni	1	3.0	5.8	1.7	6.0	58.0	—	8	21	71
								3	14	24	59
31	Hietainen moreeni	1	3.0	6.1	2.3	6.5	60.0	2	14	28	56
								—	22	40	38
32	Hiekkainen moreeni	SW 1	2.3	7.6	3.7	5.0	70.0	10	17	35	38
								2	17	39	42

[1]) Hiekkamaa = *sand*, someromaa = *gravelly soil*, hiekkainen moreeni = *sandy moraine*,
[2]) Ylempi numerorivi tarkoittaa pintamaata, alempi pohjamaata. — [2]) *The higher line of*

eri koealoilla.
different sample plots.

Mechanical composition of soil [2])						Huomautuksia — *Remarks*
2 mm:iä hienompi maa — *Soil finer than 2 mm*						
2—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.05 mm	0.05—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm	
%						
27.9	28.6	35.0	3.6	3.8	1.1	
14.2	31.5	50.1	1.8	1.4	1.0	
6.6	13.7	71.4	3.3	2.8	2.2	
10.3	14.3	69.9	2.8	1.6	1.1	
14.0	40.0	30.8	6.2	7.4	1.6	
14.4	37.2	32.0	7.1	7.9	1.4	
23.5	51.4	17.7	3.0	3.1	1.3	
26.1	52.3	18.4	1.1	1.0	1.1	
41.8	46.5	7.0	1.9	0.6	2.2	
51.4	44.9	1.9	0.7	0.2	0.9	
45.6	35.0	10.6	2.5	2.9	3.4	
54.0	35.2	8.6	1.1	0.3	0.8	
45.5	43.2	7.8	0.5	1.6	1.4	
57.9	35.7	4.0	1.0	0.6	0.8	
85.2	9.4	2.9	0.6	0.8	1.1	
89.6	7.1	2.0	0.5	0.5	0.3	
16.0	32.6	30.8	14.0	5.2	1.4	60—80 cm:stä alkaa karkea hiekka — *Coarse sand from 60—80 cm*
11.9	34.5	47.7	3.5	1.6	0.8	
36.8	35.2	13.9	9.2	3.5	1.4	
39.7	46.6	11.7	0.5	0.8	0.7	
9.7	11.8	56.7	12.5	6.2	3.1	
8.8	11.3	55.3	16.6	7.0	1.0	
27.8	24.4	20.4	14.8	10.0	2.6	
35.4	35.8	19.3	4.0	4.1	1.4	
41.5	29.2	22.5	2.9	1.6	2.3	
42.3	38.9	15.9	1.0	0.8	1.1	
15.1	11.3	39.6	21.0	11.0	2.0	90—130 cm syvyydestä alkaa hiesukerros — *Silt from 90—130 cm*
20.0	16.4	33.0	15.1	13.9	1.6	
16.7	10.2	52.9	9.1	8.8	2.3	
37.5	17.3	24.4	8.8	9.9	2.1	
31.1	18.0	32.2	11.1	5.8	1.8	
31.3	19.8	31.8	9.9	5.7	1.5	

hietainen moreeni = *loamy moraine*, hiesuinen moreeni = *silty moraine*.
numbers refers to the surface soil, the lower to the subsoil.

Taulukko 18. Maa
Table 18. Soil on

Koealan numero *No. of sample plot*	Maalaji — *Superficial deposit* [1]	Maanpinnan kaltevuus — *Inclination*	Si — *Di*, dm	Vk—*Wk* 60—100 cm, %	Maannoskerroksen paksuus — *Thickness of podsolization horizon* cm			Maan raekokoomus [2] —			
					Humus	A	B	Maa kokonaisuudessaan — *Soil as a whole*			
								> 200 mm	200—20 mm	20—2 mm	<2 mm
33	Hietainen moreeni	1	2.3	6.7	1.4	8.0	53.0	11 6	17 18	21 24	51 52
34	Hietainen moreeni	E 1	4.2	7.2	2.4	5.0	60.5	4 15	5 13	8 17	83 55
35	Hietainen moreeni	1	2.5	10.1	2.1	5.0	72.0	18 31	9 8	5 8	68 53
36	Hiekkamaa	W 1	5.3	5.4	2.0	3.0	60.0	— —	— —	3 1	97 99
37	Someromaa	1	2.5	2.3	2.8	2.0	69.5	— —	16 21	34 41	50 38
38	Someromaa	W 2	2.2	2.2	2.4	2.5	74.0	— —	27 30	38 40	35 30
39	Hiekkainen moreeni	1	0.8	10.3	3.5	4.0	58.5	33 34	30 22	23 30	14 14
40	Hiesuinen moreeni	S 1	1.2	12.7	3.5	3.5	59.0	57 36	17 19	13 20	13 25
41	Hiesuinen moreeni	NW 1	1.0	9.4	2.2	10.0	55.0	52 39	16 24	11 23	21 14
42	Hiesuinen moreeni	SW 1	1.3	13.3	3.3	10.0	57.5	51 15	28 28	11 27	10 30
43	Hiesuinen moreeni	SW 1	1.2	9.2	3.1	12.5	57.5	56 59	18 15	11 13	15 13
44	Hiesuinen moreeni	1	1.4	14.5	3.0	11.0	56.5	51 13	21 28	12 26	16 33
45	Hietainen moreeni	1	1.3	9.6	1.8	7.5	37.5	26 25	39 21	18 26	17 28
46	Hietainen moreeni	1	1.8	10.6	3.2	12.5	25.0	31 14	19 19	17 25	33 42
47	Hietainen moreeni	1	1.5	7.2	3.5	10.0	32.5	23 10	23 20	17 26	37 44
48	Hiesuinen moreeni	W 1	1.7	10.5	3.2	10.0	47.5	38 19	16 14	16 28	30 39

[1]) Hiekkamaa = *sand*, someromaa = *gravelly soil*, hiekkainen moreeni = *sandy moraine*,
[2]) Ylempi numerorivi tarkoittaa pintamaata, alempi pohjamaata. — [2]) *The higher line of*

eri koealoilla.
different sample plots.

Mechanical composition of soil [2]						Huomautuksia — *Remarks*
2 mm:iä hienompi maa — *Soil finer than 2 mm*						
2—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.05 mm	0.05—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm	
%						
18.8	25.9	35.7	9.5	7.5	2.6	
23.8	21.9	32.9	9.5	9.8	2.1	
13.0	24.2	46.2	9.4	5.3	1.9	
19.6	20.7	39.1	12.1	8.1	0.4	
7.0	13.0	54.0	14.1	8.3	3.6	
7.1	10.4	42.6	25.3	11.8	2.8	
11.6	31.1	47.6	5.3	3.6	0.8	
14.7	27.9	49.2	6.2	1.6	0.4	
32.8	33.1	21.1	5.7	5.7	1.6	
46.7	38.3	11.1	1.5	1.6	0.8	
41.3	22.1	21.8	7.4	4.4	3.0	
51.4	28.1	15.8	2.5	1.7	0.5	
32.2	26.1	24.8	7.5	6.1	3.3	Kova pohjamoreeni 70 cm syvyydessä — *Hard ground moraine from 70 cm*
33.7	19.5	25.6	8.5	9.6	3.1	
12.7	17.5	32.3	14.1	21.2	2.2	Kova pohjamoreeni 65 cm syvyydessä — *Hard ground moraine from 65 cm*
12.7	15.2	29.8	13.5	25.3	3.5	
13.8	23.0	30.4	11.6	15.9	5.3	
17.2	17.9	25.9	14.5	19.6	4.9	
20.7	27.7	22.1	10.9	14.5	4.1	
14.9	15.8	23.2	17.3	25.8	3.0	
22.6	26.1	27.5	6.9	12.4	4.5	
18.1	19.8	29.1	10.8	18.8	3.4	
14.3	22.7	29.2	12.5	18.4	2.9	
10.9	15.7	30.6	20.2	20.0	2.6	
23.5	26.0	27.6	9.9	9.3	3.7	
19.9	24.7	30.7	10.6	11.4	2.7	
16.4	23.3	32.8	13.9	9.7	3.9	
12.7	17.1	28.5	16.9	21.2	3.6	
17.2	24.2	32.0	8.8	13.5	4.3	
18.4	24.0	33.1	10.5	11.3	2.7	
10.7	17.8	31.5	11.1	22.6	6.3	
12.8	17.3	37.1	13.2	16.1	3.5	

hietainen moreeni = *loamy moraine*, hiesuinen moreeni = *silty moraine*.
numbers refers to the surface soil, the lower to the subsoil.

Taluukko 18. Maa
Table 18. Soil on

Koealan numero *No. of sample plot*	Maalaji — *Superficial deposit* [1]	Maanpinnan kaltevuus — *Inclination*	Si — *Di*, dm	Vk—Wk 60—100 cm, ‰	Maannoskerroksen paksuus — *Thickness of podsolization horizon* cm			Maan raekokoomus [2] — Maa kokonaisuudessaan — *Soil as a whole*			
					Humus	A	B	> 200 mm	200—20 mm	20—2 mm	< 2 mm
49	Hietainen moreeni	W 1	1.4	7.0	4.2	8.0	43.0	39 41	21 18	17 17	23 24
50	Hiekkamaa	1	4.6	2.9	2.0	6.0	30.0	— —	1 —	11 16	88 84
51	Hiekkamaa	1	5.0	3.3	2.3	4.0	27.0	— —	1 3	6 8	93 89
52	Someromaa	SW 1	3.8	1.6	1.8	5.5	32.0	— —	— 2	25 30	75 68
53	Hiekkamaa	1	4.4	2.2	1.4	4.5	30.5	— —	— —	8 5	92 95
54	Someromaa	SW 1	2.1	2.5	2.0	5.0	30.0	4 6	22 15	17 39	57 40
55	Someromaa	SW 2	1.7	2.6	1.8	4.5	35.5	14 26	40 32	25 24	21 18
56	Hiekkainen moreeni	W 1	0.4	5.5	2.4	10.0	35.0	45 51	22 16	10 18	23 15
57	Hiekkainen moreeni	1	1.2	5.5	2.7	11.0	41.5	42 20	13 12	18 28	27 40
58	Hietainen moreeni	E 1	1.8	5.3	4.1	14.0	28.0	48 8	12 17	10 20	30 55
59	Hietainen moreeni	W 1	1.8	5.1	4.0	9.5	58.0	6 2	34 26	15 22	45 50
60	Hietainen moreeni	1	1.8	8.3	1.7	9.5	46.0	30 21	21 26	12 17	37 36
61	Hietainen moreeni	E 2	1.1	6.4	4.0	14.0	37.0	85 65	10 10	1 12	4 13
62	Hietainen moreeni	1	1.4	6.1	2.8	3.0	47.0	46 3	31 41	7 25	16 31
63	Hietainen moreeni	1	3.9	4.4	2.4	6.0	21.0	23 35	11 18	14 10	52 37
64	Hietainen moreeni	N 1	3.0	4.7	2.4	5.0	37.0	20 11	10 13	16 17	54 59

[1]) Hiekkamaa = *sand*, someromaa = *gravelly soil*, hiekkainen moreeni = *sandy moraine*,
[2]) Ylempi numerorivi tarkoittaa pintamaata, alempi pohjamaata. — [2]) *The higher line of*

eri koealoilla.
different sample plots.

Mechanical composition of soil [a])						Huomautuksia — *Remarks*
2 mm:iä hienompi maa — *Soil finer than 2 mm*						
2—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.05 mm	0.05—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm	
%						
20.6	23.1	34.3	10.5	8.4	3.1	
17.3	23.1	37.1	11.0	9.0	2.5	
17.1	44.1	35.3	1.1	1.5	0.9	
15.6	60.8	21.6	0.7	0.5	0.8	
13.3	47.3	36.0	1.1	1.0	1.3	
15.7	50.9	32.2	0.3	0.5	0.4	
44.2	30.4	20.8	1.6	1.9	1.1	
53.3	25.9	18.6	1.3	0.5	0.4	
23.3	50.7	23.0	0.9	1.2	0.9	
29.2	45.4	23.2	0.6	1.1	0.5	
71.8	10.8	8.9	4.0	2.4	2.1	
83.5	9.6	4.0	1.9	0.5	0.5	
65.2	10.4	13.0	4.3	4.1	3.0	
73.1	6.3	13.6	2.1	3.4	1.5	
27.1	29.8	25.4	7.2	6.0	4.5	
35.4	27.4	23.8	5.8	5.8	1.8	
30.8	26.3	28.5	6.5	4.6	3.3	
27.1	25.3	29.2	8.3	7.1	3.0	
17.9	26.8	34.1	9.0	8.8	3.4	
20.4	21.2	35.0	17.4	5.1	0.9	
18.2	20.8	41.7	9.0	7.4	2.9	
27.9	26.7	30.0	8.3	6.0	1.1	
14.7	23.0	35.3	12.6	10.6	3.8	
15.5	24.7	33.3	12.4	12.6	1.5	
17.2	25.2	37.2	9.2	7.0	4.2	
19.0	23.3	37.5	9.9	8.4	1.9	
21.6	25.5	27.9	9.2	11.8	4.0	
27.7	28.0	22.4	9.9	10.7	1.3	
14.0	20.5	36.5	19.4	8.0	1.6	
14.5	20.0	41.3	13.3	9.5	1.4	
15.2	18.0	40.4	17.9	6.9	1.6	
16.4	20.5	39.7	15.6	6.9	0.9	

hietainen moreeni = *loamy moraine*, hiesuinen moreeni = *silty moraine*.
numbers refers to the surface soil, the lower to the subsoil.

Taulukko 18. Maa
Table 18. Soil on

Koealan numero *No. of sample plot*	Maalaji — *Superficial deposit* [1]	Maanpinnan kaltevuus — *Inclination*	Si — *Di*, dm	Vk—*Wk* 60—100 cm, %	Maannoskerroksen paksuus — *Thickness of podsolization horizon* cm			Maan raekokoomus [2] —			
					Humus	A	B	Maa kokonaisuudessaan — *Soil as a whole*			
								> 200 mm	200—20 mm	20—2 mm	<2 mm
65	Hietainen moreeni	1	2.6	4.4	2.1	5.0	65.5	30 9	12 13	14 21	44 57
66	Hietainen moreeni	E 1	2.8	5.9	2.6	3.5	59.0	18 23	18 14	17 19	47 44
67	Hietainen moreeni	SW 1	1.9	6.2	3.3	8.0	61.0	18 50	3 6	4 8	75 36
68	Hietainen moreeni	W 1	4.2	5.2	3.3	10.0	60.0	21 25	5 5	9 10	65 60
69	Hiesuinen moreeni	1	2.5	9.7	2.0	4.0	46.5	14 65	7 4	10 5	69 26
70	Hietainen moreeni	SE 1	3.2	5.8	2.2	12.0	49.0	13 5	9 10	13 12	65 73
71	Hietainen moreeni	NW 1	2.8	5.9	3.3	3.0	62.0	23 16	12 14	13 15	52 55
72	Hietainen moreeni	SE 1	1.3	6.4	1.8	1.5	49.5	44 11	10 22	9 23	37 44
73	Hietainen moreeni	1	1.8	12.8	1.5	5.0	55.0	55 79	5 2	9 5	31 14
74	Hietainen moreeni	SE 1	1.8	—	3.5	2.0	46.0	64 82	3 2	7 2	26 14
75	Hiesuinen moreeni	SW 2	1.8	—	2.0	8.0	46.0	47 83	6 2	12 2	35 13
76	Hietainen moreeni	NE 2	2.0	4.0	2.3	8.0	72.0	23 3	14 12	14 16	49 69
77	Hiekkainen moreeni	1	1.6	2.9	3.4	6.0	61.5	58 13	6 4	6 9	30 74
78	Hiekkamaa	1	5.4	4.9	4.0	8.0	57.0	— —	— —	6 3	94 97
79	Hiekkamaa	1	4.3	4.3	1.8	6.5	51.0	6 8	1 2	1 2	92 88
80	Hiekkamaa	1	4.4	2.3	1.4	8.0	66.5	1 4	1 1	1 3	97 92

[1]) Hiekkamaa = *sand*, someromaa = *gravelly soil*, hiekkainen moreeni = *sandy moraine*,
[2]) Ylempi numerorivi tarkoittaa pintamaata, alempi pohjamaata. — *The higher line of*

eri koealoilla.
different sample plots.

Mechanical composition of soil [2])

2 mm:lä hienompi maa — *Soil finer than 2 mm*						Huomautuksia — *Remarks*
2—0.5 mm	0.5—0.2 mm	0.2—0.05 mm	0.05—0.02 mm	0.02—0.002 mm	< 0.002 mm	
%						
14.3	17.6	37.0	19.2	10.0	1.9	Hiekkalinssi 78—95 cm — *Lens of sand 78—95 cm*
14.3	18.4	40.3	21.5	4.6	0.9	
16.3	18.1	36.7	20.1	7.6	1.2	
14.9	18.3	38.0	23.4	4.5	0.9	
4.7	26.0	56.5	7.0	3.8	2.0	
12.9	24.9	47.0	10.6	3.4	1.2	
9.8	20.4	42.5	13.8	10.3	3.2	
10.5	19.8	43.5	15.8	9.2	1.2	
7.7	16.3	37.2	15.7	19.9	3.2	
10.3	16.6	35.3	18.0	18.2	1.6	
10.2	18.8	42.0	13.6	12.2	3.2	
9.3	20.1	41.5	18.1	9.9	1.1	
11.7	24.6	38.2	13.5	9.4	2.6	
11.6	24.4	41.2	12.8	8.4	1.6	
10.6	17.9	43.6	16.3	9.1	2.5	
14.5	22.7	40.7	15.0	6.3	0.8	
13.0	19.4	29.9	15.7	17.9	4.1	Pohjakallio 20—140 cm syvyydessä — *Ground rock from 20—140 cm*
17.0	21.8	30.6	13.4	14.7	2.5	
8.9	13.6	39.0	17.6	17.6	3.3	Pohjakallio 10—70 cm syvyydessä — *Ground rock from 10—70 cm*
7.4	14.1	39.1	21.5	15.1	2.8	
12.4	16.3	30.4	19.1	18.4	3.4	Pohjakallio 10—70 cm syvyydessä — *Ground rock from 10—70 cm*
8.8	18.6	34.5	18.3	16.7	3.1	
14.3	26.8	41.4	8.0	6.3	3.2	
9.9	24.4	49.0	11.6	3.7	1.4	
37.9	34.3	16.6	3.2	5.5	2.5	N. 40 cm syvyydessä muuttuu hiekaksi — *Sand from 40 cm*
51.8	32.4	11.0	2.0	1.6	1.2	
9.5	40.2	34.3	2.7	8.9	4.4	Pohjavesi 1.1—1.4 m syvyydessä — *Ground water in depth of 1.1—1.4 m*
6.0	39.8	47.6	2.0	2.6	2.0	
17.9	55.6	21.5	1.4	1.7	1.9	
22.3	30.9	43.5	1.4	1.0	0.9	
21.7	62.8	11.2	1.8	0.7	1.8	
31.8	55.5	10.0	1.2	0.6	0.9	

hietainen moreeni = *loamy moraine*, hiesuinen moreeni = *silty moraine*.
numbers refers to the surface soil, the lower to the subsoil.

Taulukko 19. Puusto
Table 19. Growing stock

Koealan numero *No. of sample plot*	Metsätyyppi [1]) — *Forest type* [1])	Mittausaika — *Time of measurement*	Koealan paikka — *Place of sample plot*	Metsikön ikä v. — *Age y.*	runkoluku, kpl./ha — *Number of stems, stems/ha*	kuutiomäärä kuorineen — *Volume with bark, m³/ha*	5 v. kuutiokasvu — *Volume growth in 5 y., %* of stand
1	*VT*	4. 7. 39	Lammi	80	1 226	256	2.7
2	*VT*	5. 7. 39	»	80	1 185	303	2.2
3	*MT kiv.*	7. 7. 39	»	75	1 428	221	2.3
4	*VT*	10. 7. 39	»	80	1 096	215	2.2
5	*VT kiv.*	11. 7. 39	»	65	2 085	200	2.6
6	*VT kiv.*	12. 7. 39	»	60	1 911	124	2.9
7	*VT*	13. 7. 39	Padasjoki	75	830	230	1.8
8	*MT*	16. 7. 39	»	70	1 036	488	2.5
9	*VT kiv.*	18. 7. 39	»	65	3 450	142	3.4
10	*VT e kiv.*	19. 7. 39	»	65	3 180	104	3.2
11	*MT*	25. 7. 39	Hauho	60	2 450	292	3.3
12	*MT kiv.*	26. 7. 39	»	60	2 715	324	3.3
13	*VT*	31. 7. 39	Hyvinkää	60	1 512	231	4.2
14	*CT*	26. 6. 46	Vilppula	60	5 304	72	4.1
15	*CT*	14. 8. 39	Orivesi	65	6 204	104	5.2
16	*CT*	14. 8. 39	»	65	5 072	100	4.9
17	*CT*	15. 8. 39	»	65	3 160	108	4.6
18	*VT*	16. 8. 39	»	70	2 296	177	4.1
19	*VT*	21. 8. 39	Ruovesi	70	2 900	201	3.7
20	*CT*	24. 8. 39	Kuorevesi	75	2 645	146	3.4
21	*CT*	30. 8. 39	Karvia	75	1 600	112	2.6
22	*CT*	31. 8. 39	Kankaanpää	80	1 510	99	2.6
23	*CT*	31. 8. 39	»	70	2 044	77	2.8
24	*CT*	1. 9. 39	»	90	1 956	103	2.1
25	*VT*	27. 8. 40	Iitti	80	2 785	165	4.7
26	*VT*	29. 8. 40	»	55	2 628	141	4.6
27	*MT*	2. 9. 40	»	60	1 388	276	2.9
28	*MT*	5. 9. 40	»	65	1 332	311	3.4
29	*VT*	7. 9. 40	»	70	1 648	275	3.3
30	*MT*	11. 9. 40	Jaala	55	1 420	232	4.1
31	*MT*	12. 9. 40	»	55	2 032	249	3.2
32	*MT kiv.*	13. 9. 40	»	60	2 164	193	3.4
33	*VT*	6. 6. 41	Heinolan mlk.	70	1 880	127	3.4
34	*VT*	11. 6. 41	» »	70	1 600	218	2.8
35	*MT kiv.*	11. 6. 41	» »	75	1 308	256	3.2
36	*MT*	13. 6. 41	» »	75	1 680	225	2.7
37	*MT*	16. 6. 41	» »	55	2 464	182	3.8
38	*VT*	18. 6. 41	» »	85	3 424	184	3.6
39	*VT kiv.*	6. 6. 45	Noormarkku	80	2 556	146	2.2
40	*VT e kiv.*	8. 6. 45	»	85	2 360	210	2.1
41	*VT e kiv.*	11. 6. 45	»	85	2 344	157	3.2
42	*VT kiv.*	13. 6. 45	»	90	1 704	168	3.0
43	*MT kiv.*	15. 6. 45	»	90	1 752	234	2.2
44	*MT*	18. 6. 45	Pomarkku	60	2 672	238	2.9
45	*VT kiv.*	23. 6. 45	»	110	1 052	163	2.1
46	*MT*	26. 6. 45	»	70	1 164	314	2.2
47	*MT*	27. 6. 45	»	80	1 220	290	1.7
48	*MT*	29. 6. 45	»	65	1 768	258	3.3
49	*MT kiv.*	2. 7. 45	»	70	1 304	197	2.5

[1]) *MT* kiv. = *MT* kivinen — *MT stony*, *VT* e kiv. = *VT* erittäin kivinen — *VT extremely*
[2]) *M.T.* = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen kestokoeala — *Permanent sample plot of Forest*

eri koealoilla.
on different sample plots.

Valtapuun					
keski-pituus — *Mean height*, m	keskiläpimitta kuorineen — *Mean diameter with bark*, cm	pituus — *Height*, m	läpimitta — *Diameter*, cm (kuorineen — *with bark*)	kuutiomäärä — *Volume*, m^3 (kuorineen — *with bark*)	Huomautuksia — *Remarks*
of dominant tree					
16.8	16.4	21.0	27.0	0.5652	
17.9	17.8	22.2	28.6	0.6052	
15.7	14.3	20.8	24.6	0.4627	
17.5	16.0	20.3	25.0	0.4601	
13.5	12.1	20.0	22.8	0.3822	Poistettu — *Excluded* M.T. 8 a [2])
11.1	10.4	15.2	19.2	0.2278	M.T. 3 a
15.5	14.5	17.8	20.8	0.2882	Poistettu — *Excluded*
24.2	21.9	27.2	32.5	1.0569	Poistettu — *Excluded*
10.6	8.7	13.9	15.3	0.1173	
9.3	8.1	12.4	14.9	0.1030	
14.6	12.8	18.6	22.8	0.3666	
14.9	12.7	19.3	22.6	0.3539	
15.8	14.6	19.6	23.4	0.4192	M.T. 1 a
6.2	5.4	10.2	12.7	0.0719	M.T. 18 a
7.1	5.9	11.4	14.3	0.0959	
7.5	6.4	11.4	12.7	0.0757	
8.4	8.1	14.0	17.3	0.1593	
12.2	10.9	17.3	21.3	0.2898	
12.0	10.5	16.6	19.3	0.2316	
9.4	9.4	15.9	20.8	0.2656	
10.8	11.5	15.0	20.8	0.2811	
11.4	11.5	13.9	17.2	0.1644	M.T. 1 a
8.6	8.2	14.3	16.8	0.1634	M.T. 2 a
10.5	10.4	13.2	16.7	0.1493	M.T. 9 c
10.2	9.9	15.2	21.7	0.2809	
9.8	10.0	13.6	19.0	0.1946	
17.0	16.3	20.8	27.0	0.5383	
19.2	17.5	22.4	27.1	0.6543	
16.0	15.5	19.2	23.0	0.4113	
15.6	15.1	21.1	25.2	0.4368	
15.0	13.0	19.4	23.0	0.3269	
12.3	11.9	17.2	22.0	0.3311	
12.3	10.1	18.0	21.2	0.3178	
16.1	13.6	19.9	22.8	0.4369	
17.0	15.5	20.5	26.1	0.4756	
15.5	13.2	19.7	25.0	0.4678	
11.9	10.5	18.2	22.6	0.3585	
11.6	9.7	15.8	18.7	0.2036	
10.9	10.7	14.2	18.5	0.1988	
12.6	12.8	15.9	21.6	0.2830	
10.9	11.3	14.7	20.0	0.2353	
12.9	13.0	16.2	22.0	0.2783	
13.7	14.0	18.4	25.3	0.4349	
12.4	12.4	16.3	21.2	0.2976	
13.8	15.6	18.0	25.8	0.4661	
17.2	19.3	21.3	30.0	0.7221	Poistettu — *Excluded*
17.2	17.3	21.2	28.2	0.6630	
16.2	14.9	18.7	24.6	0.4353	
15.5	15.8	17.7	23.7	0.4295	

stony.
Research Institute.

Taulukko 19. Puusto
Table 19. Growing stock

Koealan numero *No. of sample plot*	Metsätyyppi [1]) — *Forest type* [1])	Mittausaika — *Time of measurement*	Koealan paikka — *Place of sample plot*	Metsikön ikä v. — *Age y.*	runkoluku, kpl./ha — *Number of stems, stems/ha*	kuutiomäärä kuorineen — *Volume with bark, m³/ha*	5 v. kuutiokasvu — *Volume growth in 5 y., %* of stand
50	*CT*	12. 7. 45	Kauhajoki	80	2 276	135	3.3
51	*VT*	11. 7. 45	»	90	1 472	158	2.7
52	*CT*	13. 7. 45	Karvia	90	3 080	107	2.8
53	*CT*	13. 7. 45	»	80	2 232	124	2.5
54	*CT*	30. 7. 45	Kankaanpää	75	2 484	81	4.3
55	*CT*	31. 7. 45	»	75	3 212	80	4.4
56	*VT e kiv.*	1. 8. 45	»	95	1 796	124	2.2
57	*VT kiv.*	2. 8. 45	»	85	1 310	154	3.1
58	*MT kiv.*	7. 8. 45	Toivakka	85	1 976	227	1.9
59	*MT*	9. 8. 45	Laukaa	85	1 612	242	2.0
60	*VT*	11. 8. 45	»	85	1 752	213	2.0
61	*MT e kiv.*	12. 8. 45	»	85	1 948	203	1.6
62	*VT e kiv.*	24. 8. 45	Toivakka	85	2 980	121	2.1
63	*VT*	28. 8. 45	Leivonmäki	85	1 832	162	2.0
64	*VT*	29. 8. 45	»	85	1 924	155	1.8
65	*VT*	31. 8. 45	»	90	1 388	210	1.9
66	*VT*	1. 9. 45	»	75	1 920	164	1.8
67	*VT e kiv.*	4. 9. 45	»	80	1 536	158	1.8
68	*MT*	17. 6. 46	Puumala	80	944	264	2.2
69	*MT*	19. 6. 46	»	80	960	190	2.4
70	*MT*	20. 6. 46	»	80	990	398	1.9
71	*MT*	1. 7. 46	Heinävesi	100	800	272	1.2
72	*MT kiv.*	3. 7. 46	»	100	948	254	1.4
73	*VT e kiv.*	5. 7. 46	Savonranta	90	2 660	171	1.6
74	*VT e kiv.*	6. 7. 46	»	85	2 060	133	1.7
75	*MT e kiv.*	8. 7. 46	»	85	1 995	180	1.8
76	*MT kiv.*	11. 7. 46	Sääminki	80	3 120	157	3.7
77	*MT kiv.*	23. 7. 46	Alastaro	90	1 012	275	1.9
78	*MT*	24. 7. 46	»	60	1 396	265	3.1
79	*VT*	30. 7. 46	Kokemäki	65	2 080	169	3.0
80	*CT*	31. 7. 46	»	65	2 555	127	2.8

[1]) *MT* kiv. = *MT* kivinen — *MT stony*, *VT* e kiv. = *VT* erittäin kivinen — *VT extremely*

eri koealoilla.
on different sample plot.

Valtapuun					Huomautuksia — *Remarks*
keskipituus — *Mean height*, m	keskiläpimitta kuorineen — *Mean diameter with bark*, cm	pituus — *Height*, m	läpimitta — *Diameter*, cm (kuorineen — *with bark*)	kuutiomäärä — *Volume* m^3 (kuorineen — *with bark*)	
of dominant tree					
9.9	10.5	14.3	19.0	0.2133	
13.5	13.5	17.2	21.7	0.3433	
8.7	8.8	11.9	16.5	0.1384	
10.2	10.4	14.8	19.2	0.2224	
8.7	9.1	11.5	16.0	0.1154	
7.9	8.0	11.5	14.5	0.0840	
10.9	11.6	14.7	20.8	0.2420	
13.1	13.7	16.1	24.0	0.3357	
15.1	13.0	19.2	22.8	0.4022	
15.5	14.4	21.2	25.8	0.5709	
15.4	13.4	18.8	22.4	0.4113	
13.9	12.7	17.6	23.1	0.3678	
9.6	8.7	14.5	18.6	0.2009	
13.3	11.9	17.3	21.8	0.3322	
13.6	11.7	16.7	20.0	0.2488	
15.9	14.8	19.2	23.9	0.4480	
13.3	12.0	16.8	20.6	0.2822	
13.8	13.0	18.0	21.0	0.2767	
18.7	18.8	21.8	29.3	0.6712	
16.4	16.3	19.9	25.4	0.5177	
21.4	21.5	25.0	32.0	0.9815	
20.5	20.4	23.0	29.1	0.7675	
17.8	19.0	21.7	28.3	0.6476	
11.3	10.3	15.4	20.6	0.2780	
10.5	10.6	14.1	21.3	0.2508	
11.9	11.4	18.5	23.3	0.3648	
10.7	8.3	16.0	19.2	0.2317	Poistettu — *Excluded*
17.6	19.1	19.7	27.3	0.5276	
15.1	14.9	18.6	25.0	0.4260	
11.5	11.8	17.7	21.0	0.3204	
9.5	9.5	15.0	18.5	0.2035	

stony.

Kirjallisuusluettelo.

Aaltonen, V. T., 1920. Über die Ausbreitung und den Reichtum der Baumwurzeln in den Heidewäldern Lapplands. A. F. F. 14.

—»— 1928. Über den Einfluss des Waldes auf die Kornzusammensetzung des Erdbodens in Sandböden. *(Summary:* The Effect of the Forest Upon the Mechanical Composition of Soil in Sandy Soils). M. T. J. 13.

—»— 1932. Über den Einfluss der Holzart auf den Boden. *(Summary:* The Effect of Different Species of Tree on the Soil). M. T. J. 17,5.

—»— 1935. Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit. I. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta. I). M. T. J. 20,6.

—»— 1937. Über die Bodenkundliche Bonitierung der Waldstandorte. I. (*Selostus:* Metsäkasvupaikkojen bonitoinnista maan ominaisuuksien perusteella. I). M. T. J. 25,1.

—»— 1939. Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit. II. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta. II). M. T. J. 27,4.

—»— 1940. Metsämaa. Metsämaatieteen oppi- ja käsikirja. Porvoo—Helsinki.

—»— 1941 a. Metsämaamme valtakunnan metsien toisen arvioinnin tulosten valossa. *(Zusammenfassung:* Die Finnischen Waldböden nach den Erhebungen der zweiten Reichswaldschätzung). M. T. J. 29,5.

—»— 1941 b. Maalajien luokituksesta. *(Zusammenfassung:* Über die Klassifizierung der Bodenarten). M. T. J. 29,6.

—»— 1941 c. Zur Stratigraphie des Podsolprofils besonders vom Standpunkt der Bodenfruchtbarkeit. III. *(Selostus:* Valaisua podsolimaan kerrallisuuteen silmälläpitäen varsinkin maan viljavuutta. III). M. T. J. 29,7.

Aarnio, B., 1916. Karjalohjan kirkonkylän eteläpuolella oleva seutu ja Immolan maatila. Suomen geologinen toimisto. Agrogeologisia karttoja N:o 1.

—»— 1938. Moreenin mekaaninen kokoomus Suomessa. *(Referat:* Die mechanische Zusammensetzung der Moräne in Finnland). Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosasto. Agrogeologisia julkaisuja N:o 45.

Albert, 1924. Die ausschlaggebende Bedeutung des Wasserhaushaltes für die Ertragsleistungen unserer diluvialen Sande, ermittelt durch Bodenuntersuchungen in dem Waldgebiet der Standesherrschaft Lieberose N.—L. Z. F. J. 56, ss. 193—202.

—»— 1925. Der waldbauliche Wert der Dünensande, sowie der Sandböden im allgemeinen. Z. F. J. 57, ss. 129—139.

Atterberg, Albert, 1903. Studier i jordanalysen. Kongl. landtbruks-akademiens handlingar och tidskrift 42, ss. 185—253.

—»— 1908. Studien auf dem Gebiete der Bodenkunde. Versuchs-Stat. 69, ss. 93—143.

Beninde, 1939. Der Wasserfaktor im Kiefernnaturverjüngungsbetrieb. Z. F. J. 71, ss. 217—231.

Blanck, E. avustajinaan Keese, H. ja Klander, F., 1930. Über den Einfluss der Steine im Boden auf das Wachstum der Pflanzen. Journal für Landwirtschaft 78, ss. 1—8.

Bouyoucos, George John, 1929. A new, Simple, and Rapid Method for Determining the Moisture Equivalent of Soils, and the Role of Soil Colloids on this Moisture Equivalent. Soil Science 27, ss. 233—240.

—»— 1935. A Comparison Between the Suction Method and the Centrifuge Method for Determining the Moisture Equivalent of Soils. Soil Science 40, ss. 165—170.

Bouyoucos, George J., 1939. Effect of Organic Matter on the Water-holding Capacity and the Wilting Point of Mineral Soils. Soil Science 47, ss. 377—383.

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

Cajander, A. K., 1909. Ueber Waldtypen. A. F. F. 1.

—»— 1916. Metsänhoidon perusteet I. Kasvibiologian ja kasvimaantieteen pääpiirteet. Porvoo.

—»— 1926. The Theory of Forest Types. A. F. F. 29,3.

Cajander, A. K. ja Ilvessalo, Yrjö, 1921. Ueber Waldtypen II. A. F. F. 20.

Cajanus, Werner, 1914. Ueber die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. Eine statistische Studie. I. A. F. F. 3.

Charlier, C. V. L., 1920. Vorlesungen über die Grundzüge der mathematischen Statistik. Lund.

Coile, T. S., 1935. Relation of Site Index for Shortleaf Pine to Certain Physical Properties of the Soil. Journal of Forestry 33, ss. 726—730.

—»— 1937. Distribution of Forest Tree Roots in North Carolina Piedmont Soils. Journal of Forestry 35, ss. 247—257.

Corson, C. W., Allison, J. H. ja Cheyney, E. G., 1929. Factors Controlling Forest Types on the Cloquet Forest, Minnesota. Ecology 10, ss. 112—125.

De Geer, Gerard, 1922. Om en genetisk indelning av de kvartära bildningarna. Geologiska föreningens i Stockholm förhandlingar N:o 348. Band 44, ss. 157—170.

Ekström, Gunnar, 1927. Klassifikation av svenska åkerjordar. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 345. Årsbok 20 (1926) N:o 6.

Eser, Carl, 1884. Untersuchungen über den Einfluss der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Verdunstungsvermögen. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 7, ss. 1—124.

Flury, Ph., 1903. Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche. Mitteilungen der schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen 7, ss. 1—242.

Frosterus, Benj., 1914. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten. IV. Geologiska kommissionen i Finland. Geotekniska meddelanden N:o 13.

—»— 1922. Suomen maaperä. Geologinen komissioni. Geoteknillisiä tiedonantoja N:o 34.

Ganssen, R. H., 1932. Ueber Standort und Ertragsleistung der Kiefer in Norddeutschland. Z. F. J. 64, ss. 193—228 ja 277—306.

—»— 1936. Beiträge zur Kenntnis geringer Kiefernstandorte Ostdeutschlands. Z. F. J. 68, ss. 449—492.

Ganssen, R. H. avustajinaan Mitscherlich, G. ja Reier, I., 1933. Bodenuntersuchungen in Bärenthoren. Z. F. J. 65, ss. 449—461.

Gassert, Erwin, 1936. Ueber Kiefernböden der Grenzmark Posen. Z. F. J. 68, ss. 28—54.

Granlund, Erik ja Wennerholm, Sten, 1935. Sambandet mellan moräntyper samt bestånds- och skogstyper i Västerbottens lappmarker. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 384. Årsbok 28 (1934) N:o 4.

Haig, I. T., 1929. Colloidal Content and Related Soil Factors as Indicators of Site Quality. Yale Univ. School of Forestry, Bull. 41. (Selostettu: Hicock, Morgan, Lutz, Bull ja Lunt).

Halden, Bertil E., 1923. Svenska jordarter. Teknologernas handelsföreningens publikationer N:o 53. Ser. A. N:o 21.

Hartmann, Friedrich Karl, 1926. Die Abhängigkeit der Höhenbonität und der Bodenflora der Kiefer vom Feinerdegehalt und Untergrund gewisser diluvialer Sandböden. Z. F. J. 58, ss. 226—255.

Hartmann, Friedrich-Karl, 1928. Kiefernbestandestypen des nordostdeutschen Diluviums. Neudamm.

Hazard, J., 1904. Die Beurteilung der wichtigeren physikalischen Eigenschaften des Bodens auf Grund der mechanischen Bodenanalyse. Versuchs-Stat. 60, ss. 449—474.

Heimburger, Carl C., 1934. Forest-type Studies in the Adirondack Region. Cornell University Agricultural Experiment Station, Memoir 165.

Heinrich, Fritz, 1936. Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden Norddeutschlands. Z. F. J. 68, ss. 245—279 ja 353—390.

Hennecke, K., 1935. Vergleichende Standortsuntersuchungen in Kiefernbeständen. Z. F. J. 67, ss. 38—55 ja 137—156.

Hesselman, Henrik, 1910. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. I. *(Referat:* Studien über die Verjüngungsbedingungen der norrländischen Kiefernheiden. I). Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 7, ss. 25—68.

Heyer, Gustav, 1856. Lehrbuch der forstlichen Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen.

Hicock, H. W., Morgan, M. F., Lutz, H. J., Bull, Henry ja Lunt, H. A., 1931. The Relations of Forest Composition and Rate of Growth to Certain Soil Characters. Connecticut Agricultural Experiment Station, Bulletin 330.

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

Ilvessalo, Yrjö, 1920 a. Tutkimuksia metsätyyppien taksatoorisesta merkityksestä nojautuen etupäässä kotimaiseen kasvutaulujen laatimistyöhön. *(Referat:* Untersuchungen über die taxatorische Bedeutung der Waldtypen, hauptsächlich auf den Arbeiten für die Aufstellung der neuen Ertragstafeln Finnlands fussend). A. F. F. 15.

—»— 1920 b. Kasvu- ja tuottotaulut Suomen eteläpuoliskon mänty-, kuusi- ja koivumetsille. *(Referat:* Ertragstafeln für die Kiefern-, Fichten- und Birkenbestände in der Südhälfte von Finnland). A. F. F. 15.

—»— 1922. Vegetationsstatistische Untersuchungen über die Waldtypen. A. F. F. 20.

—»— 1933. Metsätyyppien esiintyminen eri maalajeilla. *(Summary:* Occurrence of Forest Types on the Different Soils). M. T. J. 18,5.

—»— 1936. II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. [*Summary:* Instructions for Field Work of the II National Survey of the Forests of Suomi (Finland)]. M. T. J. 22,5.

Ilvessalo, Yrjö, 1937. Metsäverotuksen perusteista. *(Referat:* Über die Grundlagen der Waldbesteuerung). Metsänhoitajien jatkokurssit 1936 II — Der Fortbildungskursus für Forstmeister 1936 II. Silva Fennica 42, ss. 104—119 ja 207.

—»— 1939. Metsikön kasvun arvioiminen. *(Referat:* Die Abschätzung des Bestandeszuwachses). Metsänhoitajien jatkokurssit 1938 IV — Der Fortbildungskursus für Forstmeister 1938 IV. Silva Fennica 52, ss. 20—37 ja 288.

—»— 1942. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. *(Deutsches Referat:* Die Waldvorräte und der Zustand der Wälder Finnlands. Die II Reichswaldabschätzung. *Summary in English:* The Forest Resources and the Condition of the Forests of Finland. The Second National Forest Survey). M. T. J. 30.

—»— 1947. Pystypuiden kuutioimistaulukot. (*Summary:* Volume Tables for Standing Trees). M.T.J. 34,4.

Johansson, Simon, 1911. Om fuktighetens fördelning och salpeterns vandring i lerjord. Meddelande från Ultuna landtbruksinstitut N:o 10.

Kittredge, Jr., Joseph, 1938. The Interrelations of Habitat, Growth Rate, and Associated Vegetation in the Aspen Community of Minnesota and Wisconsin. Ecological Monographs 8, ss. 151—246.

Kivekäs, E. K., 1946. Zur Kenntnis der mechanischen chemischen und mineralogischen Zusammensetzung der finnischen Moränen. Acta Agralia Fennica 60,2.

Kivinen, Erkki, 1941. Tutkimuksia vaara-alueiden moreenimaiden ominaisuuksista. *(Referat:* Über die Eigenschaften der Moränenböden in den ostfinnischen Vaara-Gebieten). Maatalouskoelaitoksen maatutkimusosasto. Agrogeologisia julkaisuja N:o 51.

Koettgen, P., 1917. Zur Methodik der physikalischen Bodenanalyse. Int. Mitt. f. Bodenkunde 7, ss. 205—246.

Komiteanmietintö, 1927 : 6. Maataloustulojen verotuksen kehittämistä valmistamaan asetetun komitean mietintö kesäkuun 20. päivältä 1927. Helsinki.

—»— 1942 : 6. Metsäverotuksen uudistamiskomitean mietintö huhtikuun 17. päivältä 1942. Helsinki.

Krafft, Guido, 1927. Lehrbuch der Landwirtschaft auf wissenschaftlicher und praktischer Grundlage. I. Die Ackerbaulehre. XV painos. Berlin.

Kruedener, Arthur von, 1926. Über Waldtypen im allgemeinen und in Bezug auf Deutschland im besonderen. Z. F. J. 58, ss. 589—618 ja 653—678.

—»— 1927. Waldtypen. Klassifikation und ihre volkswirtschaftliche Bedeutung. Neudamm.

Kunze, M., 1894. Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachsthumsgang der Waldbestände. Tharander forstliches Jahrbuch 44, ss. 1—48.

—»— 1899. Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachsthumsgang der Waldbestände. Tharander forstliches Jahrbuch 49, ss. 1—27.

—»— 1905. Ueber den Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachsthumsgang der Waldbestände. Tharander forstliches Jahrbuch 55, ss. 1—17.

Laitakari, Erkki, 1927. Männyn juuristo. Morfologinen tutkimus. *(Summary:* The Root System of Pine *(Pinus silvestris)*. A Morphological Investigation). A. F. F. 33,1.

Liebig, Justus von, 1862. Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie I—II. VII painos. Braunschweig.

Lindeberg, J. W., 1927. Todennäköisyyslasku ja sen käytäntö tilastotieteessä. Helsinki.

Lukkala, O. J., 1919. Tutkimuksia viljavan maa-alan jakautumisesta etenkin Savossa ja Karjalassa. [*Referat:* Untersuchungen über die Verteilung des fruchtbaren Bodenareals hauptsächlich in den Landschaften Savo (Savolaks) und Karjala (Karelien)]. A. F. F. 9.

Lundquist, G., 1940. Bergslagens minerogena jordarter. Sveriges Geologiska Undersökning. Ser. C. N:o 433. Årsbok 34 (1940) N:o 3.

Lutz, Harold J., Ely, Joseph B. ja Little, Silas, 1937. The Influence of Soil Profile Horizons on Root Distribution of White Pine *(Pinus strobus L.)* Yale University: School of Forestry, Bulletin N:o 44.

Maatalousministeriön asutusasiainosasto, 1946. Kiertokirje N:o 52/138—46. 13. 3. 1946.

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

Mitscherlich, Eilh. Alfred, 1920. Bodenkunde für Land- und Forstwirte. III painos. Berlin.

Mitscherlich, 1942. Die Hohe Heide im Forstamt Peisterwitz. Z. F. J. 74, ss. 272—304.

Nyholm, E. T., 1902. Studier öfver finska naturliga jordmåner. I. Finska Forstföreningens Meddelanden 18, ss. 203—218.

—»— 1903. Studier öfver finska naturliga jordmåner. II. Finska Forstföreningens Meddelanden 19, ss. 265—331.

Pfeiffer, Th. ja Rippel, A. avustajanaan Pfotenhauer, Ch., 1919. Über den Einfluss der Steine im Boden auf das Wachstum der Pflanzen. Zweite Mitteilung. Versuchs-Stat. 93, ss. 277—284.

Pfeiffer, Th. ja Simmermacher, W. avustajanaan Friske, H., 1919. Über den Einfluss der Steine im Boden auf das Wachstum der Pflanzen. Versuchs-Stat. 93, ss. 49—63.

Petrini, Sven, 1921. Stamformsundersökningar. En sammanfattande analys av Norrländskt tallmaterial med avseende på de faktorer som bestämma noggrannheten vid aptering på rot. *(Summary:* Stem Form Investigations). Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 18, ss. 165—220.

Polanský, B., 1936. Menge und Lagerung der Baumwurzeln im Waldboden. IX. Kongress des Internationalen Verbandes Forstlicher Forschungsanstalten.

Post, Hampus von, 1877. Grundlinier till åkerbrukskemien. Upsala.

Ramann, E., 1911. Bodenkunde. III painos. Berlin.

Rindell, Arthur, 1907. Die Bodenanalyse als Löslichkeitsbestimmung und ihre Verwendung bei der Beurteilung des Ackerbodens. Helsinki.

Sarvas, R., 1944. Tukkipuun harsintojen vaikutus Etelä-Suomen yksityismetsiin. *(Referat:* Einwirkung der Sägestammplenterungen auf die Privatwälder Südfinnlands). M. T. J. 33,1.

Sauramo, Matti, 1926. Suomen geologinen yleiskartta. Lehti C 4. Maalajikartan selitys. Suomen geologinen toimikunta.

Scamoni, A., 1937. Über die Abhängigkeit der Bodenflora vom Lehmuntergrund im Forstamt Eberswalde. Z. F. J. 69, ss. 573—603.

Schucht, Friedrich, 1930. Grundzüge der Bodenkunde. Berlin.

Schwappach, Adam, 1893. Wachstum und Ertrag normaler Rotbuchenbestände. Berlin.

Statens Offentliga Utredningar, 1937 : 30. Redogörelse för inventering av odlingsjord å kronoparkerna nedanför odlingsgränsen i de två nordligaste Norrlandslänen ävensom för vissa andra uppdrag.

Tamm, Olof, 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. *(Referat:* Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion). Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 17, ss. 49—300.

—»— 1934. Om mekanisk analys av svenska skogsjordar. *(Referat:* Über die mechanische Analyse von schwedischen Waldböden). Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 27, ss. 289—312.

—»— 1937. Om de lågproduktiva sandmarkerna å Hökensås och i övre Lagadalen. *(Zusammenfassung:* Über die schwachproduktiven Sandböden auf dem Hökensås und im oberen Lagatal, Südschweden.) Medd. från Statens Skogsförsöksanstalt 30, ss. 1—66.

—»— 1940. Den nordsvenska skogsmarken. Stockholm.

Tamm, Olof ja Wadman, Erik, 1945. Om skogens naturliga betingelser i Hamra revir. *(Summary:* Factors of Site and of Climate correlated to Yield and Type of Forest in Hamra, North Sweden). Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Bilaga till N:o 2.

Toole, E. Richard, 1939. Relation of Incidence of Needle Disease in Loblolly Pine Plantations to Certain Physical Properties of the Soil. Journal of Forestry 37, ss. 13—18.

Valmari, J., 1938. Maanviljelyskemian perusteita. Porvoo—Helsinki.

Weis, F R., 1929. Fysiske og kemiske undersøgelser over danske hedejorder. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser VII,9.

—»— 1932. Fortsatte fysiske og kemiske undersøgelser over danske hedejorder og andre podsoldannelser. Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Biologiske Meddelelser X,3.

Wiedemann, Eilhard, 1925. Die praktischen Erfolge des Kieferndauerwaldes. Braunschweig.

—»— 1942. Die schlechtesten ostdeutschen Kiefernbestände. Berlin.

Wittich, 1938. Wasserfaktor und Kiefernwirtschaft auf diluvialen Sandböden. Die Bedeutung der Bodendecke. Z. F. J. 70, ss. 337—389.

Wittich, W., 1942. Natur und Ertragsfähigkeit der Sandböden im Gebiete des norddeutschen Diluviums. Z. F. J. 74, ss. 1—42.

Wollny, E., 1885 a. Untersuchungen über die Wasserkapacität der Bodenarten. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 8, ss. 177—205.

—»— 1885 b. Untersuchungen über die kapillare Leitung des Wassers im Boden. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 8, ss. 206—220.

—»— 1885 c. Untersuchungen über das specifische Gewicht, das Volumgewicht und die Luftkapacität der Bodenarten. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 8, ss. 341—373.

—»— 1888. Untersuchungen über die Sickerwassermengen in verschiedenen Bodenarten. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 11, ss. 1—68.

—»— 1897/98. Untersuchungen über den Einfluss der Steine auf die Fruchtbarkeit des Bodens. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik 20, ss. 363—395.

Wretlind, J. E., 1934. Naturbetingelserna för de nordsvenska järnpodsolerade moränmarkernas tallhedar och mossrika skogssamhällen. *(Zusammenfassung:* Die Naturbedingungen für die Entstellung der Kiefernheiden und *Hylocomium*-reichen Waldgesellschaften der nordschwedischen eisenpodsolierten Moränenböden). Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Ss. 329—396.

—»— 1935. Om de geologiska betingelserna för de nordsvenska, ej påtagligt grundvatteninfluerade markernas skogstyper. *(Zusammenfassung:* Über die geologischen Bedingungen der Waldtypen, die auf vom Grundwasser nicht beeinflussten Böden wachsen). Svenska Skogsvårdsföreningens Tidskrift. Ss. 265—302.

KIRJALLISUUSLUETTELOSSA KÄYTETTYJÄ LYHENNYKSIÄ.

ABBREVIATIONS USED IN LITERATURE.

A. F. F. = Acta forestalia Fennica.
Int. Mitt. f. Bodenkunde = Internationale Mitteilungen für Bodenkunde.
Medd(elanden) från Statens Skogsförsöksanstalt.
M. T. J. = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae. (Communicationes ex Instituto questionum forestalium Finlandiae editae).
Versuchs-Stat. = Die landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen.
Z. F. J. = Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen.

THE MECHANICAL COMPOSITION AND FERTILITY OF FOREST SOIL

TAKING INTO CONSIDERATION ESPECIALLY THE STONINESS OF THE SOIL.

Summary.

Introduction.

Earlier investigations.

Fertility of site is determined by climate and fertility of the soil, and that of the soil is influenced by its chemical and physical properties. Influential factors regarding the fertility of the soil are denominated growth factors. The richness of the soil is, as a rule, due to several growth factors simultaneously. The producing capacity depends, in the first hand, on the least favourable growth factor.

One of the most important physical properties of the soil is the grain size. When investigating the effect of the grain size on the fertility of the site a difference is generally made between the fine part (fine earth) and the coarce part (stoniness) of the soil.

The effect of the fine earth on the fertility of the site has been much studied particularly in Central European countries. The result has generally been arrived at that the fertility of the site increases as the fine earth augments. The amount of water in the soil depends greatly on its fineness. The majority of investigators concider that the fertility of the habitat depends upon the depth of the ground water. Water is generally considered a very important growth factor. Some investigators even consider it the most influential one.

The effect of stoniness has not been studied in nature to any extent. An endeavour to solve the problem has been made by theoretical deductions. Cultivation experiments on improved soil have shown that stoniness decreases production. According to Aaltonen the dominant trees of the stand in stony soil are shorter than in less stony soil. Tamm and Wadman, on the other hand, found no connection between stoniness and fertility.

Subject of the present investigation.

Stoniness generally denotes the quantity of blocks and stones found in the soil. The stoniness is as a rule determined by sight, and a very indefinite classification is used. In the present study stoniness indicates the volume percentage of blocks and stones in the soil.

The influence of stoniness on the fertility of forest soil has not been much studied. Furthermore, the results are often contradictory. The influence of fine earth has not been widely investigated in Finland, and the results of foreign workers cannot,

as such, be applied to the soil of this country on account of the difference in climate and soil. On that account the aim of this investigation is to solve the question of the effect of grain size upon the fertility of forest soil. The investigation is divided into two parts:

1. The effect of blocks and stones on fertility.
2. The effect of fine earth on fertility.

Primary attention has, however, been paid to the effect of blocks and stones. The study was undertaken as, in practice, stoniness has been observed to influence the fertility of the soil. It is of particular importance to be able to determine the proportional value of soil with varying stoniness. Also silvicultural methods may diverge in stony and stoneless soil.

This study deals with the Scotch pine *(Pinus silvestris)*, the principal species of tree in Finland, and the three most important Scotch pine forest site types in the south part of this country, namely *Myrtillus* type *(MT)*, *Vaccinium* type *(VT)*, and *Calluna* type *(CT)* (for forest types in Finland see p. 14). The superficial deposits represented are morainic soil, gravelly soil, and sand.

The relation between grain size and fertility of soil are explained by the aid of correlation calculation. The principal aim is to make clear the *quality* of the effect of grain size of soil. The *quantity* of the effect will be dealt with more closely later on.

For measuring fertility the entire growing stock and the dominant tree of the sample plot are used.

Methods of investigation.

Sample plots.

The investigation material was collected from sample plots. For the purpose of obtaining as uniform a material as possible, only the southern half of the South of Finland was included. Sample plots with pine stands in as natural normal state as possible were chosen. The percentage of admixed trees allowed was at the most 10 per cent of volume. The size of the sample plot was generally 0.25 or 0.20 hectares.

Investigation of the soil.

Determination of the grain size of the soil.

The classification of the soil grains is given on p. 22—23. The grain size of the soil was determined by mechanical soil analysis. Furthermore, the stoniness was determined with a steel testing rod.

For the mechanical soil analysis four holes, 50 × 50 sq. cm in size, were excavated in the sample plot (Figs. 2, 3, 7). The first 30 cm in depth were dug out for investigation of the surface soil and next a further 30 cm for investigation of the subsoil. The soil was sifted on the sample plot by means of a sieve with holes 2 cm in diameter. The blocks were measured with a centimeter measure and their volumes were calculated in solid measure. The quantity of stones was obtained at first with a xylometer, later (beginning from sample plot 39) by weighing (Figs. 4 and 5). The volume of the stones was obtained when the weight of the stones was divided by 2.65, which is the average specific gravity of stones. From the soil that passed through the sieve a sample of 1 to 3 kg was taken and examined in the laboratory. The quantities of gravel and sand were determined by sifting, that of loam, silt, and clay by subsiding. The pre-handling of samples

for determination of the grain size of the soil finer than 2 mm was made with hydrogen superoxide.

The stoniness was determined also by measuring to what depth a steel rod, 1 cm in diameter, will penetrate into the soil. For testing with the rod the sample plot was divided into squares, 5 × 5 sq. m, which were measured in the center (Figs. 6 and 7). The figure expressing the average penetration on the sample plot is denominated depth index (Di).

In morainic soil the correlation coefficient between the percentage of blocks and stones of the surface soil, and the depth index was -0.80 ± 0.05, and that between the percentage of blocks, stones and gravel, and depth index -0.82 ± 0.05. In Tables 4 and 5 the soils are divided into three classes on the basis of the stoniness and depth index. In both series the relation between the difference in mean value of two adjoining classes and the standard error of the difference is greater than 3. (The mathematical formulae used in probability calculation are given on p. 45—46.) Accordingly, the stoniness of morainic soil may be determined with considerable exactitude by means of rod testing. In gravelly soil the results obtained are not so good. In sand and finer superficial deposits there is no relation between grain size and depth index.

Fig. 8 shows the relation between grain size and depth index on morainic soil.

When determining the stoniness by rod testing, several tests have to be made. In scientific investigations 140 tests per hectare have to be made in order to obtain sufficient exactitude. In praxis 60 observations per hectare suffice.

Grain size and depth index of the soil in different sample plots are given in Table 18.

Determination of moisture equivalent.

Samples of the soil were taken from two holes on each sample plot to the depth of one meter. In these samples the moisture equivalent of the soil was determined, using the method of Bouyoucos, for the purpose of investigating the stratum of the soil and of stating the superficial deposit. Only the average moisture equivalents from the depth of 60 to 100 cm are given in Table 18. Fig. 9 gives the moisture equivalents of different grain sizes. The limit values of moisture equivalent in different superficial deposits are given on p. 39.

Investigation of growing stock.

The growing stock was investigated in accordance with the method commonly used on sample plots in Finland. The volume of the growing stock was calculated by the aid of Ilvessalo's volume tables. From among the one hundred thickest trees, per hectare, in the sample plot an average tree was chosen to represent the dominant trees; this tree is in the following called the dominant tree in short. It was felled and a complete stem analysis was made. Sample plots were located in middle-aged or rather old stands, average age being on *MT* 73.6 y., on *VT* 78.4 y., and on *CT* 73.9 y. The growing stock in different sample plots is described in Table 19.

General description of sample plot.

When describing the sample plot, density, proportional distribution of species of trees and age of growing stock, inclination of surface of the soil, ground vegetation, and soil type were concidered. The inclination on different sample plots is given in Tabel 18.

Lists of ground vegetation on different sample plots are not published here. The number of species of some groups of plants in various soils are given in Table 7, and that in different stoniness classes of morainic soil in Table 16. The number of species was distinctly greater in the better forest site types, and in morainic soil it was somewhat more profuse than in the glaci-fluvial deposits. In *VT* no difference between gravelly soil and sand was observed, in *CT* there was an evident greater abundance of species in sand.

In morainic soil the richness of species was as follows: in *MT* the wealth of ferns, herbs, and grasses decreased, that of undershrubs, shrubs, and trees increased the more stony the soil. The total wealth of species decreased very little as the stoniness increased. In *VT* the wealth of species varied independently of the stoniness.

The density of lichens was distinctly greater in stony soil, fairly great variation being observed, however. In *VT* the density of lichens, occurring principally on stones, was somewhat greater than in *MT*.

Forest site type was determined on the basis of ground vegetation, according to C a j a n d e r. Attention was paid to the place where plants grew, on or between stones. The more exacting plants were considered in the first hand.

Soil type was investigated by measuring the thickness of humus layer and A- and B-horizons on each sample plot. Their thickness on different sample plots are given in Table 18, the average thickness on different superficial deposits in Table 8, and in different stoniness classes of morainic soil in Table 17. The humus layer was distinctly thicker in the better forest types. Also the A-horizon was thicker in *MT* than in *VT*. Between *VT* and *CT* no distinct difference was observed. The B-horizon was distinctly thinner in *CT* than in other forest types. The difference between the various superficial deposits was indistinct. The humus layer, as well as the A-horizon, was thicker in more stony morainic soil. The thickness of B-horizon varied.

Thickness of horizons varies considerably in quite small areas. On that account the material has to be very extensive before definite conclusions can be drawn regarding the effect of superficial deposits or stoniness on soil forming. The statements above should, consequently, be considered only rough approximations.

Results of the study.

G r a i n s i z e o f t h e s o i l.

Grain size on different sample plots is given in Table 18.

On the basis of mechanically determined stoniness of surface soil the m o r a i n i c soils were divided into three stoniness classes:

I	class,	stoniness	0—30.0	per	cent,	depth	index	>2.5 dm
II	»	»	30.1—60.0	»	»	»	»	1.6—2.4 »
III	»	»	>60.1	»	»	»	»	<1.5 »

The stoniness was on an average somewhat greater on *VT* than on *MT*. In Table 10 the mean grain size of soil, finer than 2 mm, in various stoniness classes is given. In the I stoniness class *MT*-soil was on an average finer than that of *VT*, in the II stoniness class the percentages of fine earth were almost equal and in the III stoniness class *VT*-soil was finer. In the same forest type the percentage of fine earth varied in the different stoniness classes. Also, no distinct difference was found between surface- and subsoil, with the exception of the percentage of clay, which was greater in the surface soil.

The mean grain sizes of glaci-fluvial deposits are given in Table 11. The gravelly soil was coarser than the sand. When the forest type improved the percentage of fine earth increased simultaneously (both finer than 0.2 mm and 0.05 mm). The surface soil was finer than the subsoil. The percentage of fine earth in morainic soil was higher than in glaci-fluvial deposits.

Fertility of morainic soil.

The influence of stoniness on site fertility.

Table 12 gives the correlation coefficient between stoniness and entire growing stock of sample plot. The influence of stoniness upon the current growth of the dominant tree is given in Table 13 and Figures 14 a—c and 15 a—c, upon the average growth in Table 14 and Figures 16 a—c and 17 a—c.

Correlation coefficients between stoniness and current growth reach their maximum value at the age of 20—50 years. Later the coefficients of height and diameter growth decrease very quickly, because after this age the current growth in different stoniness classes is almost equal. The correlation coefficient of volume growth retains its maximum value during the longest period.

Correlation coefficients between stoniness and average growth reach their maximum value later than do the corresponding coefficients of current growth, and their maximum value is higher.

Correlation coefficients between stoniness and average measures of the stems of the sample plot and corresponding measures of the dominant tree are almost equivalent. This shows that the sample plots have in general been selected in stands of natural normal state.

Correlation coefficients between stoniness of surface soil and site fertility are higher than those of subsoil. The latter are of no consequence when the trees are young. Coefficients reach their maximum value later than do those of surface soil. Accordingly, the influence of subsoil on the site fertility on morainic soil is remarkably smaller than that of surface soil.

Correlation coefficients between stoniness and site fertility are decidedly smaller if the forest type is not considered. Probability calculation certified that *MT* and *VT* in corresponding stoniness classes differed in productive capacity. Figures 18 a—c show the differences at the age of 60 years. Accordingly, *MT* and *VT* must be classified as different forest types also on stony soils. Determination can be made on the same basis as on stoneless soil. When determining the forest type, principal attention should be paid to more exacting plants growing between stones.

The limit value of the quotient between the volumes of the dominant tree in the II and the I stoniness class of the same forest type was, from the age of 60 years, on an average 0.75 and that in the III and the I stoniness class on an average 0.50. In the second national survey of the forests of Finland special subtypes were distinguished from the normal type on the basis of stoniness so that the yield of the stony type was at least 25 per cent less than that of the normal type. In the present study the yield capacity of the soil of the II stoniness class was found to be about 25 per cent lower than that of the I stoniness class. Accordingly, the border between stoneless and stony forest type is stoniness of 30 per cent. If we were to separate also the forest type »extremely stony», a suitable border would be stoniness of 60 per cent. Then the yield capacity of the soil of this type would be about 50 per cent of the yield of the stoneless type.

Influence of fine earth on site fertility.

When studying the fertility of soil, only the soil part which is finer than 2 mm has generally been analysed and no attention has been paid to the coarser part. Tamm and Wadman analysed mechanically the part of soil, which is finer than 20 mm and stated that a percentage of soil finer than 0.06 mm influences the fertility greatly. The present author has certified that the correlation between percentage of fine earth and site fertility is greatest when the percentage is calculated of the soil as a whole *(viz.* also taking into consideration blocks, stones, *etc.)*. Table 15 gives the correlation coefficients between the percentage of fine earth, calculated in this way, and the height of the dominant tree. The coefficients are remarkably great. When calculating the percentage of fine earth of the soil which is finer than 20 or 2 mm, the highest correlation coefficient was 0.4. Accordingly, when studying the site fertility, the percentage of fine earth should be calculated on the soil as a whole.

Influence of grain size on site fertility.

The correlation coefficient between the quantity of fine earth and fertility increases when the limit of grain size rises from 0.02 mm to 20 mm. This shows that not only silt and clay are of importance for plants, they also take nourishment from coarser grains of soil.

No correlation was found between the moisture equivalent of some soil layers and fertility. This shows, as well as does the low correlation between the quantities of silt and clay and site fertility that morainic soil contains, in general, so much water that this hardly can be their minimum growth factor. (The moisture equivalent depends in the first place on quantity of silt and clay.)

The author has arrived at the conclusion that the factor influencing the fertility of the site on morainic soil, to the greatest extent, is stoniness. This is due to its capacity of diminishing the percentage of such soil grains from which plants obtain their principal nourishment. Accordingly, the fertility of morainic soil is to the greatest extent a nourishment-economising question.

Fertility of glaci-fluvial deposits.

On glaci-fluvial deposits there was no connection between grain size of soil and site fertility. The amount of fine earth was indeed greater on better forest types, the size of the dominant tre, however, varying irregularly independently of the amount of fine earth.

On surface soil there was no correlation between moisture equivalent and site fertility. The correlation grew when penetrating deeper, and the correlation coefficient between the average moisture equivalent of soil layer at a depth of 60 to 100 cm and the site fertility was 0.63 ± 0.11. The fertility of the glaci-fluvial deposits seems to depend primarily on the water content of the soil and this, again, depends on grain size and stratification of deeper soil layers.

Influence of superficial deposits on fertility.

Figures 19 a—c give the size of the dominant tree on different superficial deposits on *VT* and Figures 20 a—c on *CT*. On *VT* the dominant tree was larger on glaci-fluvial deposits than on morainic soil, on an average. In the I stoniness class of morainic soil the dominant tree was larger than on glaci-fluvial deposits. On

VT there was no difference between gravelly soil and sand, on *CT* sand was distinctly more fertile than gravelly soil.

On gravelly soil and sand of *VT* the dominant tree was as large as on morainic soil of *MT* in the III stoniness class, and on sand of *CT* as large as on morainic soil of *VT* in the III stoniness class.

Judging by the ground vegetation the morainic soil was richer than the glaci-fluvial deposits. The dominant tree was larger, however, on glaci-fluvial deposits. This is caused by the difference in the ability of trees and ground vegetation to absorbe water from the soil. Trees are able to get moisture even from the depth of 6 meters, but ground vegetation cannot, as a rule, absorbe moisture from more than a depth of 1 meter. Accordingly, it is not always correct to classify sites exclusively on the basis of ground vegetation.

From what has been said above it is evident that superficial deposit, and stoniness in particular, greatly influence the fertility of the soil. In consequence, the physical properties of the soil should be considered to a greater extent than is the case in forestry of to-day.

METSÄPUIDEN SIEMENTÄMISKYVYSTÄ III

OLLI HEIKINHEIMO

ON THE SEEDING CAPACITY OF FOREST TREES III

HELSINKI 1948

Helsinki 1948. Valtioneuvoston kirjapaino.

Metsäpuiden siementämiskyvystä III.

Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen toimesta suoritettujen metsäpuiden siementämiskykyä koskevien tutkimusten tuloksista on tehty selkoa kahdessa aiemmin ilmestyneessä julkaisussa [1]). Ensimmäisessä käsitellään yksityisten puiden ja metsikköjen siemensatoa, siemenvuosien kertautumista ja runsautta, siemenen varisemisaikoja, eri aikoina varisseen siemenen laatua sekä siemenen kulkeutumista ja eri etäisyyksille kulkeutuneen siemenen laatua. Toinen kohdistuu yksinomaan metsikköjen siemensatoon. Tärkeimmät siinä olevat tulossarjat koskevat vuosia 1927—1936 sekä puulajeista mäntyä, kuusta, koivua ja lehtikuusta. Nyt julkaistava selvittely liittyy välittömästi edellisiin ja on siinä yhdistelmä metsikköjen siemensadoista vuosien 1937—1946 väliseltä eli 10 vuoden ajalta (taulukko 2). Valitettavasti kaikki havaintosarjat eivät ole täydellisiä sen johdosta, että havaintojen teko oli useissa tapauksissa keskeytettävä sodan johdosta vuosina 1940—44. Puutteellisuutensa vuoksi koivua koskevat tulokset on jätetty nyt kokonaan julkaisematta. Tämän puulajin siementämiskykyä tullaan selvittämään yksityiskohtaisesti toisessa yhteydessä.

Tutkimuskohdat ovat samat kuin ennenkin. Nyt on kuitenkin jätetty pois Pohjankankaan kokeilualueen havainnot, jotka oli lopetettava jo v. 1934. Tutkimuskohtia koskevat tiedot ovat taulukossa 1. Kuten siitä käy selville, ei metsissä ole ko. aikana suoritettu hakkuita muualla kuin tutkimuskohdissa 30, 31, 35 ja 38. Nämä eivät ole vaikuttaneet sanottavasti siemensatoon.

Myöskin tutkimusmenetelmä on entinen. Siemensatojen arvioimiseen on siis käytetty yhden m^2:n laajuisia maanpinnalle asetettuja laatikoita. Taulukosta 1 selviää laatikkojen luku eri tutkimuskohdissa.

Kuten tutkimuksessa II on osoitettu, poikkeaa siemenpuustojen siementuotto varsinaisten metsikköjen siementuotosta siten, että se männyllä edellisissä on yleensä suurempi kuin jälkimmäisissä. Erot ovat suurimmat heikkoina siemenvuosina. Lisäksi siemenpuustojen siemensatojen rytmi muuttuu sitenkin, että sadot kohoavat sitä mukaa, kuta pitempään siemenpuut ovat seisseet uudistusalalla. Kuuseen nähden taas tulos voi olla päin-

[1]) Olli Heikinheimo, Metsäpuiden siementämiskyvystä I ja II. Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I und II. Metsätiet. tutkimuslaitoksen Julkaisuja. Communicat. Instituti Forestalis Fenniae. 17,3, 1932 & 24.4, 1937.

vastainen, siemenpuuston siemensato siis aleneva. Kun saman kokeilualueen tutkimuskohdista osa edustaa siemenpuualoja, osa ± täysitiheitä metsiköitä, ei näin ollen ole syytä laskea keskiarvoja kokeilualueittain, vaan vertailla samantapaisten metsikköjen siemensatoja keskenään. Luotettavimman kuvan siemensatojen yleisestä runsaudesta ja siemenvuosien rytmistä antavat keski-iän sivuuttaneiden, puhtaiden ja täysitiheiden metsikköjen tulokset. Kun tällaisia metsiköitä alkuaankin on ollut vähän ja havaintojen keskeytymisen takia niistäkään ei ole kaikista tuloksia käytettävissä, on 20-vuotiskauden keskiarvojen laskemiseen voitu käyttää männyn osalta vain Vilppulan kokeilualueen tutkimuskohtia 31 ja 34 ja kuusen osalta tutkimuskohtaa 36. Kun näidenkään tutkimuskohtien metsiköt eivät ole olleet yhden puulajin muodostamia, jäävät tulokset puhtaiden metsien siemensatoja pienemmiksi. Varsinaisista mänty-kuusisekametsistä on näihin verrattaviksi otettu tutkimuskohdat 35 ja 38. Siemensadot, sekä absoluuttisina että relatiivisina lukuina, on otettu taulukkoon 3. Viimeksi mainituilla on yleisempi arvo, sillä ne kuvastavat männyn ja kuusen siemenvuosien yleistä rytmiä.

Jos runsaana satona pidetään vähintään 1.00 kg täysiä siemeniä hehtaarilla, keskinkertaisena 0.50—0.99 kg ja heikkona alle 0.50 kg, ovat männyllä hyviä siemenvuosia olleet 1927, 1935, 1937, 1940 ja 1941, keskinkertaisia vuodet 1930, 1932 ja 1946, heikkoja 1928, 1929, 1931, 1933, 1934, 1936, 1939, 1942, 1943, 1944 ja 1945 sekä katovuosia 1938. Runsaita siemenvuosia on siis männyllä tänä 20-vuotiskautena ollut 5 eli 25 %, keskinkertaisia 3 eli 15 %, heikkoja 11 eli 55 % ja katovuosia 1 eli 5 %.

Jos näihin tuloksiin verrataan muiden kokeilualueiden männyn siemensatojen vaihtelua, huomataan, että edellä mainittu siemenvuosien rytmi toistuu samansuuntaisena kaikkialla, jopa Lapissakin. Eräitä poikkeuksia kuitenkin on. Niin on vuosi 1933 ollut Kivalon kokeilualueessa runsas, vuosi 1939 Pyhäkosken kokeilualueessa runsaanlainen. Satoisia vuosia Punkaharjun kokeilualueessa ovat olleet myös 1925 (muualta ei ole havaintoja tältä vuodelta), 1928 ja 1931.

Mitä tulee männyn siemensatojen suuruuteen, ovat Punkaharjun ja Veikkolan kokeilualueen suurimmat. Viimeksi mainitun havaintokohdat ovatkin siemenpuualoja tai niihin verrattavia. Odottamattoman runsaita ovat parhaat siemensadot myös Lapissa, Pallasjärvellä ja Kivalossa. Edellisissä sato oli v. 1940 n. 5 kg, jälkimmäisessä n. 6 kg täysiä siemeniä hehtaarilla. Pyhäkoskella vastaava luku oli n. 7 kg ja Punkaharjulla n. 9 kg. Näihin verrattuina taulukossa 3 olevat Vilppulan kokeilualueen luvut jäävät alhaisiksi.

K u u s i poikkeaa k. o. suhteessa männystä: sen siemensadot ovat Lapissa puhtaissakin kuusikoissa kovin alhaiset; Pallasjärven ja Kivalon sadot ovat vähäisiä, viimeksi mainitussa korkein määrä on 56 täyttä siementä neliömetrillä eli n. 2 kg/ha. Etelämpänä ovat suurimpia siemen-

satoja: Vilppulassa vuoden 1929 sato 353, 1942 223 ja Vesijaolla vuoden 1929 169 täyttä siementä neliömetrillä. Näitä vastaavat hehtaarisadot ovat n. 18, 11 ja 9 kg.

Kuusen siemenvuosien kertautuminen on maan keski- ja eteläosissa ollut suurin piirtein samansuuntainen kuin taulukon 3 mukaan Vilppulan kokeilualueessa. Jos satoasteikko pidetään samana kuin männyllä, ovat runsaita kuusen siemenvuosia olleet 1929, 1932, 1934, 1937, 1942 ja 1946, siis 30 % havaintovuosista. Keskinkertaisia vuosia ei ole ollut yhtään ja heikkoja (etupäässä hyvin heikkoja) ovat olleet vuodet 1930, 1933, 1935, 1943 ja 1944 eli 25 % sekä loput eli 9 katovuotta, mikä vastaa 45 %.

Varsinaisten siemenvuosien vähälukuisuudesta huolimatta kuusen kokonaissadot pitemmän ajanjakson kuluessa ovat huomattavasti runsaammat kuin männyn. Taulukko 3 mukaan Vilppulan kokeilualueessa 20-vuotiskautena n. 15 kg männynsiemensatoa hehtaarilla on vastannut n. 36 kg kuusen siementä, mikä vuotta kohden on 0.75 ja 1.82 kg. Mänty-kuusisekametsässä kokonaissato on ollut n. 32 kg, josta metsikköjen mäntyvaltaisuudesta huolimatta kuusen siementä on n. 20 kg ja männyn n. 12 kg.

Yleisesti on tunnettua, että kuusella käpy- ja siemenvuodet eivät vastaa runsausasteeltaan toisiaan. Runsasta käpyvuotta voi — tavallisimmin kävyissä esiintyvien sieni- ja hyönteistuhojen vuoksi — seurata heikkokin siemenvuosi. Jos käpyvuodet sattuvat peräkkäin, lisääntyvät tällaiset mahdollisuudet asteittain. Myöskin oravat ja käpylinnut alentavat osaltaan kuusen siemensatoa. Mutta myöskin talven poikkeukselliset pakkaset ja niihin liittyvät ilmiöt ovat ehkäisseet siemenvuoden tulon. Havaintokauden aikana oli nim. kuusella emikukkasilmuja verraten runsaasti syksyllä 1939. Seuraavan pakkastalven aikana nämä kuitenkin turmeltuivat ja seurauksena oli ettei v. 1940 ollut kuusella käpyjä eikä v. 1941 siementä muuta kuin aivan poikkeuksellisesti [1]).

Taulukon 2 lukuja tarkastaessa huomaa, että ns. tyhjien siementen osuus on toisin vuosin harvinaisen korkea. Näin on ollut asianlaita männyllä mm. Veikkolan kokeilualueessa v. 1938. Kuusen siemen on ollut yleensä poikkeuksellisen huonoa vähäkuusisessa Punkaharjun kokeilualueessa sekä poikkeuksellisen hyvää mm. Vilppulan kokeilualueessa v. 1942. Kuta heikompi siemenvuosi on, sitä huonompaa on yleensä myös siemenen laatu.

Siperialaisella lehtikuusella *(Larix sibirica)* on Vesijaon, Punkaharjun ja Raivolan kokeilualueissa tehtyjen havaintojen mukaan ollut runsaita tai runsaanlaisia siemenvuosia 1927 ja 1940 välisenä aikana useita. Paras vuosi tällä samaten kuin eurooppalaisella lehtikuusella *(Larix europaea)* on ollut v. 1929. Lehtikuusenkin siemen on useimmiten laadulleen parasta hyvänä siemenvuotena.

[1]) Olli Heikinheimo, Metsäpuiden siemensadot vuosina 1940—41 ja 1941—42. Metsälehti n:o 44 1940.

Taulukko 1. Tutkimuskohdat.

Table 1. The investigation plots.

m = mänty — pine. n = kuusi — *spruce*, k = koivu — *birch*, sl = siperial. lehtikuusi, — *Siberian larch*, el = eurooppal. lehtikuusi — *European larch.*

Kokeilualue ja leveysaste *Experimental area and latitude*	Tutkimuskohta n:o *Investigation plot no.*	Metsätyyppi *Forest types*	Puulajisuhteet % *Proportional distribution of tree species.*	Tiheys *Density*	Puiden korkeus m *Height of trees m*	Kuutiomäärä m^3/ha *Volume cbm/ha*	Ikä, v. *Years of age*	Siemenlaatikoita kpl *Number of seed boxes*	Hakkuut ym. *Cuttings etc.*
Pallasjärvi 68°	1	HMT[1])	n 50, k 30, m 20 [2])	0.6	13	100	140	2	
	2	»	n 60, k 40, m △	0.7	15	120	160	2	
	3	EMT	m 50, n 30, k 20	0.4	13	70	160	2	
	4	»	m 70, k 20, n 10	0.5	12	80	150	2	
Kivalo 66° 25′	5	HMT	n 100	0.2	14	20	120	2	V. 1925 jätetty 30 siemenpuuta/ha. — *30 seed-trees left per ha in 1925.*
	6	»	n 100	0.6	15	50	160	2	V. 1925 hakattu 14 cm mittaan *1.3* m:n korkeudella. — *Cut at height of 1.3 m., diam. limit 14 cm, in 1925.*
	7	»	n 95, k 5	0.8	14	100	150	2	Hakkaamaton — *Uncut*
	8	»	n 100	0.0	—	—	—	2	Kuusireunametsä kahdella puolella 50 m päässä. — *Spruce border stand on two sides at 50 m distance.*
	9	»	n 100	0.7	15	250	200	1	Koeala 5 *Experimental plot*
	10	VClT	m 100	0.9	16	200	70	1	» 1 » »
	11	VT	m 100	0.7	15	150	70	1	» 3 » »
	12	»	m 100	0.7	16	150	70	1	» 4 » »
	13	VClT	m 100	0.7	14	140	70	1	» 2 b » »
	14	»	m 100	0.9	14	190	70	1	» 2 a » »
	15	»	m 100	0.6	14	120	70	1	» 2 c » »
	16	VT	m 100	0.7	16	110	80	1	» I a » »
	17	»	m 100	0.8	18	160	80	1	» I b » »
	18	»	m 100	0.8	19	190	80	1	» II » »
	19	VCT	m 100	0.2	19	20	220	1	» III. 36 puuta/ha *36 trees per ha*
	20	EMT	m 100	0.4	18	40	50—80	1	Koeala IV a. 133 puuta/ha. *133 trees per ha*
	21	»	m 78, k 20, n 2	0.8	18	170	50—80	1	Koeala IV b
	22	± MT	m 95, k 5	0.2	18	20	60—80	1	» V a. 50 puuta/ha *50 trees per ha*
	23	»	m 95, k 5	0.2	18	20	60—80	1	Koeala V b. 52 puuta/ha *52 trees per ha*
	24	»	m 85, k 10, n 5	0.8	19	210	60—80	1	Koeala VI a
	25	»	m 90, k 10	0.6	18	100	60—80	1	» VI b

[1]) HMT = *Hylocomium-Myrtillus.*
[2]) m = *pine*, k = *birch*, n = *spruce.*

Kokeilualue ja leveysaste *Experimental area and latitude*	Tutkimuskohta n:o *Investigation plot no.*	Metsätyyppi *Forest types*	Puulajisuhteet % *Proportional distribution of tree species.*	Tiheys *Density*	Puiden korkeus m *Height of trees m*	Kuutiomäärä m³/ha *Volume cbm/ha*	Ikä, v. *Years of age*	Siemenlaatikoita kpl *Number of seed boxes*	Hakkuut ym. *Cuttings etc.*
Pyhäkoski 64° 50′	26	VT	m 100	0.8	17	150	85	2	Koeala V. *Experimental plot*
	27	»	m 100	0.3	16	60	95	2	Koeala I a. 224 puuta/ha *224 trees per ha*
	28	»	m 100	0.2	15	30	95	2	Koeala VI. 104 puuta/ha *104 trees per ha*
	29	»	m 10, n 90	0.7	16	160	95	2	Koeala IX.
Viljpula 62° 5′	30	VT	m 80, n 20	0.2	24	25	100	1	V. 1926 jätetty 50 siemenpuuta/ha, v.1936 10 kpl. *50 seed-trees left per ha in 1926, 10 in 1936*
	31	MT	m 70, n 30	0.7	23	200	80	1	V. 1936 väljennyshakkuu. *Interlucation in 1936*
	32	»	m 85, n 15	0.2	25	25	90	1	V. 1926 jätetty 60 siemenpuuta/ha. *60 seed-trees left per ha in 1926*
	33	»	m 95, k 5	0.2	25	40	95	1	Koeala III c. V. 1926 jätetty 36 siemenpuuta/ha. *Exp. plot III c. 36 seed-trees left per ha in 1926.*
	34	»	m 85, k 15	0.5	25	150	95	1	Koeala IIIb. Samoin 196 puuta. *Exp. plot III b. 196 seed-trees left.*
	35	OMT	m 60, k 40	0.8	26	300	80	2	Väljenn. hakkuu v. 1936. *Interlucation in 1936.*
	36	»	m 40, n 60	0.7	29	330	90	1	Koeala II, 480 puuta. *Exp. plot II, 480 trees.*
	37	»	m 65, n 35	0.2	26	25	120	1	V. 1926 jätetty 40 siemenpuuta/ha. *40 seed-trees left per ha in 1926.*
	38	»	m 60, n 40	0.8	26	300	120	1	Väljenn. hakkuu v. 1936. *Interlucation in 1936.*
Vesijako 61° 25′	47	VT	m 90, k 10	0.7	25	260	100	1	
	48	MT	m 75, n 15, k 10	0.7	25	300	100	1	
	49	OMT	m 80, n 20	0.7	28	410	100	1	Koeala 7 *Exp. plot.*
	50	»	m 100	0.8	21	230	50	1	» 4 » »
	51	»	m 100	0.8	20	210	50	1	» 2 » »
	52	Rä I	m 100	0.6	12	90	90-150	1	» 43 a » »
	53	VT	m 100	0.7	23	200	80	1	» 40 » »
	54	OMT	m 70, sl 30	0.8	18	220	40	1	» 35 b » »
	55	MT	m 90, k 10	0.4	25	75	90	2	100 m ja 10 k/ha. *100 pines and 10 birches per ha*

Kokeilualue ja leveysaste — *Experimental area and latitude*	Tutkimuskohta n:o *Investigation plot no.*	Metsätyyppi *Forest types*	Puulajisuhteet % *Proportional distribution of tree species.*	Tiheys *Density*	Puiden korkeus m *Height of trees m*	Kuutiomäärä m^3/ha *Volume cbm/ha*	Ikä, v. *Years of age*	Siemenlaatikoita kpl *Number of seed boxes*	Hakkuut ym. *Cuttings etc.*
Ruotsinkylä 60° 20′	56	VT	m 100	0.2	17	20	110	1	V. 1927 jätetty 36 siem. puuta/ha. *36 seed-trees left per ha in 1927.*
	57	»	m 100	0.2	18	20	110	2	V. 1930 samoin 40 puuta. *In 1930 40 seed-trees left.*
	58	»	m 100	0.2	18	20	100	2	»
	59	»	m 100	0.2	17	20	130	2	»
	60	»	m 100	0.2	20	20	130	2	V. 1930 samoin 50 puuta. *In 1930 50 seed-trees left.*
Punkaharju 61° 50′	61	OMT	m 100	0.7	19	200	65	2	
	62	VT	m 100	0.8	23	350	110	2	
	63	»	m 100	0.7	23	250	110	2	
	64	MT	n 100	0.8	10	110	50	2	Koeala 9 *Exp. plot*
	65	OMT	el 99, m 1	0.7	22	260	50	2	» 8 » »
	66	OMT	sl 100	0.7	24	330	50	1	» 7 » »
	67	OMT	sl 100	0.7	24	260	50	1	» 7 b » »
	68	OMaT	n 100	0.8	14	110	50	2	» 12 » »
	69	MT	m 100	0.2	25	30	90	2	30 siemenpuuta/ha. *30 seed-trees per ha.*
	70	»	m 100	0.8	25	400	80	2	Koeala 31. *Exp. plot.*
Raivola 60° 15′	71	OMaT	sl 90, n 10	0.8	35	800	190	1	Koeala 5. *Exp. plot.*
	72	»	sl 80, n 20	0.6	35	500	150	1	» » » »
	73	»	sl 97, n 3	0.8	37	1 000	190	1	» 16.
	74	MT	m 100	0.2	25	25	90	1	25 siemenpuuta/ha. *25 seed-trees per ha.*
	75	»	m 100	0.2	25	25	90	2	40 siemenpuuta/ha. *40 seed-trees per ha.*
	76	»	sl 50, m 25, n 25	0.6	31	500	110	1	Koeala 10 b. *Exp. plot.*
	77	VT	m 100	0.7	26	250	100	1	»
	78	»	m 100	0.3	25	60	100	1	100 siemenpuuta/ha. *100 seed-trees per ha.*
	79	»	m 100	0.7	22	180	100		
	80	»	m 100	0.3	22	50	100	1	100 siemenpuuta/ha. *100 seed-trees per ha.*
	81	CT	m 100	0.4	22	70	100	1	150 siemenpuuta/ha. *150 seed-trees per ha.*
	82	»	m 100	0.3	22	50	100	1	100 siemenpuuta/ha. *100 seed trees per ha.*
	83	VT	m 100	0.4	22	100	100	1	150 siemenpuuta/ha. *150 seed-trees per ha.*
Veikkola 60° 40′	84	VT	m 100	0.4	26	120	90	2	V. 1930 jätetty 155 siem. puuta/ha. *155 seed-trees left per ha in 1930.*
	85	»	m 100	0.6	26	230	90	2	Samoin 223 puuta. *223 seed-trees left.*
	86	»	m 100	0.3	26	80	90	2	Samoin 81 puuta. *81 seed-trees left.*
	87	»	m 100	0.4	20	130	90	2	V. 1930 hakattu 7″ × 18′ *Cut at height of 18′, diam. limit 7″, in 1930.*

Taulukko 2. Tutkimuskohtien vuosittaiset siemensadot.

Table 2. Annual seed crops on the investigation plots.

Kokeilualue *Experimental area*	Tutkimuskohta n:o *Investigation plot no.*	Vuosi *Year*	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*		
			siemeniä kpl/m² *seeds per sqm*	täysiä siemeniä kpl/m² *good seeds per sqm*	tyhjiä siemeniä % *empty seeds %*	siemeniä kpl/m² *seeds per sqm*	täysiä siemeniä kpl/m² *good seeds per sqm*	tyhjiä siemeniä % *empty seeds %*
Pallasjärvi	1	1937	15	10	38	0	0	—
		1938	0	0	—	4	1	—
		1939	1	1	—	5	3	40
		1940	11	7	36	2	1	—
	2	1937	1	—	—	12	2	83
		1938	—	—	—	6	2	67
		1939	0	0	—	13	2	84
		1940	—	—	—	4	2	—
	3	1937	61	34	44	0	0	—
		1938	2	1	—	3	0	—
		1939	3	2	—	1	1	—
		1940	106	82	23	1	0	—
	4	1937	113	76	33	0	0	—
		1938	9	5	44	0	0	—
		1939	4	3	25	0	0	—
		1940	162	129	20	0	0	—
Kivalo	5	1937	—	—	—	3	3	—
		1938	—	—	—	1	1	—
		1939	—	—	—	0	0	—
		1940	—	—	—	0	0	—
	6	1937	1	1	—	4	2	—
		1938	0	0	—	2	0	—
		1939	1	1	—	1	0	—
		1940	0	0	—	1	0	—
	7	1937	—	—	—	6	5	17
		1938	—	—	—	2	1	—
		1939	—	—	—	15	3	80
		1940	1	0	—	1	0	—
	8	1937	0	0	—	0	0	—
		1938	0	0	—	1	1	—
		1939	0	0	—	0	0	—
		1940	0	0	—	0	0	—
	9	1937	1	1	—	4	3	25
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	1	0	—	0	0	—
	10	1937	48	43	10	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	13	12	8	—	—	—
		1940	108	76	30	—	—	—
	11	1937	52	49	6	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	25	14	44	—	—	—
		1940	129	102	21	—	—	—
	12	1937	32	21	34	—	—	—
		1938	1	1	—	—	—	—
		1939	13	10	23	—	—	—
		1940	125	99	21	—	—	—
	13	1937	82	77	6	—	—	—
		1938	1	0	—	—	—	—
		1939	10	7	30	—	—	—
		1940	171	153	11	—	—	—
	14	1937	49	40	18	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	8	8	—	—	—	—
		1940	127	98	23	—	—	—
	15	1937	73	67	8	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	21	14	33	—	—	—
		1940	127	103	19	—	—	—
	16	1937	86	75	13	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	20	13	35	—	—	—
		1940	99	74	25	—	—	—
	17	1937	77	68	12	—	—	—
		1938	1	0	—	—	—	—
		1939	12	7	42	—	—	—
		1940	108	78	28	—	—	—
	18	1937	94	80	15	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	8	5	38	—	—	—
		1940	124	101	19	—	—	—
	19	1937	52	44	15	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	4	2	—	—	—	—
		1940	15	14	7	—	—	—
	20	1937	84	60	29	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	5	5	0	—	—	—
		1940	89	68	24	—	—	—
	21	1937	84	71	15	0	0	—
		1938	1	0	—	0	0	—
		1939	14	9	36	0	0	—
		1940	172	125	27	0	0	—
	22	1937	26	21	19	0	0	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	16	6	63	0	0	—
		1940	122	98	20	0	0	—
	23	1937	46	33	28	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	21	13	38	—	—	—
		1940	102	88	14	—	—	—
	24	1937	92	82	11	0	0	—
		1938	2	2	—	0	0	—
		1939	21	15	29	0	0	—
		1940	167	129	23	0	0	—
	25	1937	83	69	17	0	0	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	18	11	39	0	0	—
		1940	86	73	15	0	0	—

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	Mänty			Kuusi		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Pyhäkoski	26	1937	90	81	10	—	—	—
		1938	2	2	—	—	—	—
		1939	87	72	17	—	—	—
		1940	180	151	16	—	—	—
	27	1937	141	129	8	—	—	—
		1938	2	1	—	—	—	—
		1939	54	45	17	—	—	—
		1940	177	140	21	—	—	—
	28	1937	109	94	14	—	—	—
		1938	2	2	—	—	—	—
		1939	46	38	17	—	—	—
		1940	104	79	24	—	—	—
	29	1937	18	15	17	29	8	72
		1938	0	0	—	5	2	60
		1939	3	2	—	14	2	86
		1940	6	4	33	2	0	—
Vilppula	30	1937	10	7	30	8	3	63
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	5	4	2	0	0	—
		1940	25	22	9	1	1	—
		1941	21	14	33	0	0	—
		1942	10	6	40	124	81	35
		1943	3	2	—	0	0	—
		1944	1	0	—	0	0	—
		1945	11	9	18	0	0	—
		1946	9	1	89	17	9	47
	31	1937	43	32	26	0	0	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	0	0	—	0	0	—
		1940	142	120	15	0	0	—
		1941	31	27	13	0	0	—
		1942	14	11	23	200	127	37
		1943	0	0	—	1	1	—
		1944	6	5	17	1	0	—
		1945	16	10	37	2	0	—
		1946	22	16	27	34	20	41
	32	1937	28	22	21	3	3	—
		1938	0	0	—	1	0	—
		1939	1	1	—	0	0	—
		1940	45	41	9	0	0	—
		1941	34	24	21	0	0	—
		1942	16	13	19	43	27	37
		1943	1	1	0	0	0	—
		1944	1	1	0	0	0	—
		1945	3	2	—	0	0	—
		1946	6	5	17	10	4	60
	33	1937	20	13	35	0	0	—
		1938	0	0	—	1	0	—
		1939	1	0	—	1	1	—
		1940	41	29	29	0	0	—
		1941	28	14	50	0	0	—
		1942	10	6	40	42	26	38
		1943	3	2	—	0	0	—
		1944	2	2	—	0	0	—
		1945	24	19	21	1	1	—

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	Mänty			Kuusi		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Vilppula	33	1946	1	1	—	5	3	40
	34	1937	55	47	15	1	1	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	8	6	25	0	0	—
		1940	116	92	21	0	0	—
		1941	26	19	27	0	0	—
		1942	10	6	40	42	26	38
		1943	5	4	20	0	0	—
		1944	0	0	—	0	0	—
		1945	0	0	—	0	0	—
		1946	13	13	0	1	1	0
	35	1937	53	41	23	7	4	43
		1938	0	0	—	1	0	—
		1939	1	1	—	0	0	—
		1940	40	34	15	0	0	—
		1941	29	19	34	0	0	—
		1942	25	19	24	215	145	33
		1943	1	1	—	0	0	—
		1944	0	0	—	2	2	—
		1945	27	21	22	1	1	—
		1946	26	23	12	52	37	33
	36	1937	21	14	33	29	21	28
		1938	0	0	—	7	0	100
		1939	0	0	—	1	0	—
		1940	13	10	23	0	0	—
		1941	9	7	22	0	0	—
		1942	22	12	45	192	150	22
		1943	0	0	—	5	2	60
		1944	0	0	—	0	0	—
		1945	4	3	—	2	0	—
		1946	16	14	13	61	24	61
	37	1937	17	17	0	7	5	29
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	0	0	—	0	0	—
		1940	61	44	28	0	0	—
		1941	23	15	35	0	0	—
		1942	19	11	42	109	70	36
		1943	1	1	—	0	0	—
		1944	5	2	60	0	0	—
		1945	14	11	21	0	0	—
		1946	19	13	32	9	2	78
	38	1937	35	28	20	4	3	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	0	0	—	0	0	—
		1940	43	39	9	0	0	—
		1941	52	35	33	0	0	—
		1942	27	21	22	293	223	24
		1943	2	2	—	0	0	—
		1944	5	1	80	1	0	—
		1945	21	17	19	1	0	—
		1946	37	29	22	32	13	59
Vesijako	47	1940	58	45	19	0	0	—
		1942	1	0	—	25	17	32
		1944	8	7	13	0	0	—
		1945	6	3	50	0	0	—

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	Mänty			Kuusi		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Vesijako	47	1946	37	30	19	3	2	—
	48	1940	69	52	25	0	0	—
		1942	6	2	67	41	25	39
		1944	7	7	0	—	—	—
		1945	1	1	—	1	1	—
		1946	32	24	25	1	—	—
	49	1940	49	39	20	0	0	—
		1942	0	0	—	15	11	27
		1944	8	7	13	0	0	—
		1945	1	0	—	0	0	—
		1946	33	28	15	3	2	—
	50	1940	30	19	37	0	0	—
		1942	1	1	—	7	6	14
		1944	6	6	0	0	0	—
		1945	3	2	—	0	0	—
		1946	45	31	31	1	1	—
	51	1940	47	29	38	0	0	—
		1942	4	2	—	15	11	27
		1944	7	7	0	0	0	—
		1945	18	13	28	0	0	—
		1946	83	60	28	4	—	—
	52	1940	58	42	28	0	0	—
		1942	3	2	—	0	0	—
		1944	0	0	—	0	0	—
		1945	7	5	29	0	0	—
		1946	7	6	14	1	—	—
	53	1940	107	96	10	1	1	—
		1942	0	0	—	0	0	—
		1944	2	1	—	0	0	—
		1945	9	7	22	0	0	—
		1946	43	32	21	0	0	—
	54	1940	28	22	21	0	0	—
		1942	0	0	—	18	8	56
		1944	0	0	—	0	0	—
		1945	2	2	—	0	0	—
		1946	18	13	28	3	1	—
	55	1940	68	49	28	0	0	—
		1942	1	0	—	2	0	—
		1944	6	3	50	0	0	—
		1945	8	7	13	0	0	—
		1946	27	20	26	2	0	—
Ruotsinkylä	56	1937	27	24	11	0	0	—
		1938	4	0	—	0	0	—
		1939	20	9	55	0	0	—
		1940	19	14	26	0	0	—
	57	1937	52	39	25	1	0	—
		1938	21	7	67	0	0	—
		1939	18	7	61	0	0	—
		1940	68	28	59	0	0	—
	58	1937	93	63	32	0	0	—
		1938	12	1	92	0	0	—
		1939	19	6	68	0	0	—
		1940	78	26	67	0	0	—
	59	1937	40	26	35	0	0	—
		1938	7	0	100	0	0	—

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	Mänty			Kuusi		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Ruotsinkylä	59	1939	26	10	62	0	0	—
	60	1937	35	25	29	1	0	—
		1938	6	3	50	0	0	—
		1939	14	5	64	1	0	—
Punkaharju	61	1937	159	138	13	—	—	—
		1938	1	1	—	—	—	—
		1939	9	7	22	—	—	—
		1940	71	61	14	—	—	—
	62	1937	237	205	14	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	18	13	28	—	—	—
		1940	63	53	16	—	—	—
	63	1937	167	144	14	—	—	—
		1938	2	0	—	—	—	—
		1939	14	10	29	—	—	—
		1940	73	51	30	—	—	—
	64	1937	0	0	—	18	10	44
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	0	0	—	2	0	—
		1940	2	2	—	1	1	—
	68	1937	—	—	—	25	6	76
		1938	—	—	—	0	0	—
		1939	—	—	—	1	0	0
		1940	—	—	—	1	0	—
	69	1937	73	56	23	—	—	—
		1938	1	0	—	—	—	—
		1939	12	12	0	—	—	—
		1940	48	37	23	—	—	—
	70	1937	193	170	12	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	19	17	11	—	—	—
		1940	116	100	14	—	—	—
Raivola	74	1937	9	7	22	—	—	—
		1938	1	1	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	76	1937	4	4	—	0	0	—
		1938	0	0	—	0	0	—
		1939	1	0	—	0	0	—
	77	1937	109	94	14	2	1	—
		1938	8	2	75	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	78	1937	84	73	13	—	—	—
		1938	3	3	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	79	1937	97	74	24	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	80	1937	112	102	9	—	—	—
		1938	4	4	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	81	1937	74	68	8	—	—	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	Mänty			Kuusi		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Raivola	82	1937	49	43	12	1	0	—
		1938	0	0	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
	83	1936	0	0	—	—	—	—
		1937	51	44	14	—	—	—
		1938	3	2	—	—	—	—
		1939	0	0	—	—	—	—
Veikkola	84	1937	193	156	19	—	—	—
		1938	15	3	53	—	—	—
	85	1937	179	159	11	—	—	—
		1938	13	6	54	—	—	—
	86	1937	149	130	13	—	—	—
		1938	13	4	54	—	—	—
	87	1937	204	171	16	0	0	—
		1938	10	4	60	0	0	—
			Larix sibirica			*Larix europaea*		
Punkaharju	65	1938	—	—	—	23	11	52
		1939	—	—	—	27	7	74
		1940	—	—	—	24	11	54

Kokeilualue	Tutkimuskohta n:o	Vuosi	*Larix sibirica*			*Larix europaea*		
			siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %	siemeniä kpl/m²	täysiä siemeniä kpl/m²	tyhjiä siemeniä %
Punkaharju	66	1937	60	10	83	—	—	—
		1938	4	0	—	—	—	—
		1939	8	1	88	—	—	—
		1940	2	0	—	—	—	—
	67	1937	89	13	85	—	—	—
		1938	22	6	73	—	—	—
		1939	17	0	100	—	—	—
		1940	18	5	72	—	—	—
Raivola	71	1937	119	57	52	—	—	—
		1938	95	47	51	—	—	—
		1939	58	26	55	—	—	—
	72	1937	74	25	66	—	—	—
		1938	67	33	51	—	—	—
		1939	84	35	58	—	—	—
	73	1937	82	40	51	—	—	—
		1938	54	21	61	—	—	—
		1939	69	26	62	—	—	—
	76	1937	184	71	61	—	—	—
		1938	89	44	51	—	—	—
		1939	96	31	68	—	—	—

Taulukko 3. Erilaisten metsikköjen siemensatoja vv. 1927—1946. Täysiä siemeniä. Vilppulan kokeilualue.

Table 3. Seed crops of different stands in the years 1927—1946. Good seeds. Vilppula experimental area.

Vuosi *Year*	Mäntyvaltainen *Pine-dominanted*			Kuusivaltainen *Spruce-dominanted*			Sekametsä — *Mixed forest*					
	Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*			Mänty — *Pine*			Kuusi — *Spruce*		
	kpl/m² *seeds per sqm*	kg/ha *kg/ha*	suhdeluku *multiplier*	kpl/m² *seeds per sqm*	kg/ha *kg/ha*	suhdeluku *multiplier*	kpl/m² *seeds per sqm*	kg/ha *kg/ha*	suhdeluku *multiplier*	kpl/m² *seeds per sqm*	kg/ha *kg/ha*	suhdeluku *multiplier*
1927	26	1.16	153	0	0	0	14	0.62	107	0	0	0
1928	2	0.09	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1929	6	0.27	35	353	17.86	981	5	0.22	38	97	4.91	485
1930	13	0.58	76	0	0	0	7	0.31	54	5	0.25	25
1931	3	0.13	18	0	0	0	4	0.18	31	0	0	0
1932	14	0.62	82	26	1.32	72	9	0.40	69	7	0.35	35
1933	2	0.09	12	2	0.10	6	2	0.09	15	0	0	0
1934	3	0.13	18	137	6.93	381	2	0.09	15	65	3.29	325
1935	63	2.81	312	6	0.30	17	55	2.56	423	3	0.15	15
1936	2	0.09	12	0	0	0	3	0.13	23	0	0	0
1937	39	1.74	229	21	1.06	58	35	1.57	269	4	0.20	20
1938	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1939	3	0.13	18	0	0	0	1	0.05	8	0	0	0
1940	106	4.73	624	0	0	0	37	1.65	285	0	0	0
1941	23	1.03	135	0	0	0	27	1.20	208	0	0	0
1942	9	0.40	53	150	7.59	417	20	0.89	154	184	9.31	920
1943	2	0.09	12	2	0.10	6	2	0.09	15	0	0	0
1944	2	0.09	12	0	0	0	1	0.05	8	1	0.05	5
1945	5	0.22	29	0	0	0	19	0.85	146	1	0.05	5
1946	15	0.67	76	24	1.21	67	23	1.03	177	25	1.27	125
Σ	338	15.07	—	721	36.47	—	266	11.98	—	392	19.83	—
V:ssa	17	0.75	100	36	1.82	100	13	0.60	100	20	0.99	100

On the seeding capacity of forest trees III.

The results of investigations made by direction of the Forest Research Institute concerning the seeding capacity of forest trees have been dealt with in two previous publications.[1]) The first one gives an account of the seed crop of single trees and stands, the periodicity of seed years and the degree of abundance of their yields, the times of shedding, the quality of seed shed at different times, the further dispersal of the seed, and the quality of seed dispersed to different distances from the parent tree. The second publication deals exclusively with the seed crops of stands. Its principal result series cover the years 1927—1936 and refer to the following tree species: pine, spruce, birch, and larch. The present survey is a direct sequel to the preceding ones, giving a summary account of the seed crops of stands in the years 1937—1946, i. e. during a period of 10 years (Table 2). Unfortunately, the series of observations are not throughout complete, owing to inevitable interruptions caused by the war in the years 1940—44. In view of their incompleteness, the results concerning birch have not been published at all. The seeding capacity of this tree species will be treated in detail in connection with other topics.

The investigation plots are the same as before. This time, however, the observations made in the Pohjankangas experimental area, which had to be discontinued as early as 1934, have been omitted. Data relating to the investigation plots are given in Table 1. As appears from this table, no cutting has taken place in the forests during the period in question, except on plots N:o 30, 31, 35, and 38. These cuttings have not had any effect worth mentioning upon the seed crop.

Also the method of investigation is the same. Thus, boxes of one sqm placed on the ground have been used for estimating the seed crops. The number of boxes used on each investigation plot is given in Table 1.

As was shown in the II investigation, the seed yield in seed-tree stands differs from the yield in ordinary stands, being in the case of pine as a rule more abundant in the former than in the latter. The differences reach their maximum in years of poor seeding. Besides, the rhythm of seeding in seed-tree stands varies also in another respect: the crops increase in proportion to the length of time, during which the seed-trees have been standing on the regeneration area. In the case of spruce, the result may be just the opposite, i. e. showing a decreasing tendency of the seed crop in seed-tree stands. When the investigation plot within the same experimental area comprises both seed-tree areas and ± fully stocked stands, there is thus no reason for computing averages for the experimental areas as such instead of comparing the crops in stands of the same type with each other. The most reliable picture of the general abundance of the seed crops and of the rhythm of the seed years is presented by results obtained from pure and fully stocked stands which have passed their middle age. Since the number of such stands was small from the beginning and, owing to the breaks in the series of observations, results are not available even from all of these, averages for the 20-year period could be computed, with reference to pine from the investigation plots no. 31 and 34 in the Vilppula experimental area only, and with reference to spruce from

[1]) Olli Heikinheimo, Metsäpuiden siementämiskyvystä I ja II. Über die Besamungsfähigkeit der Waldbäume I und II. Metsätiet. tutkimuslaitoksen Julkaisuja. Communicat. Instituti Forestalis Fenniae. 17,3, 1932 & 24.4, 1937.

the investigation plot no. 36. As even these investigation plots had no stands composed of only one species of tree, the results fall below those obtained from pure forests. As examples of ordinary mixed stands of pine and spruce, the investigation plots no. 35 and 38 have been chosen for comparison with these. Both the absolute and the relative figures for the seed crops are included in Table 3. The latter are of more universal value, because they give a picture of the general rhythm of the seed years as regards pine and spruce.

If a crop of at least 1.00 kgs of good seed per hectare is considered as a good crop, 0.50—0.99 kgs as a medium crop, and less than 0.50 kgs as a poor crop, it appears that the years 1927, 1935, 1937, 1940 and 1941 yielded a good pine seed crop, the years 1930, 1932 and 1946 a medium crop, 1928, 1929, 1931, 1933, 1934, 1936, 1939, 1942, 1943, 1944 and 1945 a poor crop, and 1938 a failed crop. The 20-year period in question may thus be characterized, with reference to pine, as composed of 5 good crop years (25 %), 3 medium crop years (15 %), 11 poor crop years (55 %), and 1 fail year.

If these results are compared with the variation in pine seed crops in other experimental areas, it will be observed that the above-mentioned rhythm appears, running in the same direction, everywhere, even in Lapland. A few exceptions, however, may be noted. Thus, the year 1933 was a good crop year in the Kivalo experimental area, and the year 1939 was a fairly good year in the Pyhäkoski area. In the Punkaharju experimental area, good crops have also been recorded in 1925 (in which year no observations elsewhere were made), 1928, and 1931.

As to the pine seed crops, those recorded in the Punkaharju and Veikkola experimental areas are the largest ones. The observation plots in the last-mentioned area are, in fact, seed-tree areas or comparable to these. Unexpectedly abundant were also the best seed crops in Lapland, at Pallasjärvi and at Kivalo. The crop in the former area amounted to approximately 5 kilograms, in the latter area to about 6 kilograms of good seed per hectare in 1940. At Pyhäkoski and Punkaharju, the corresponding figures were approximately 7 and 9 kilograms, respectively. In comparison with these, the figures for the Vilppula experimental area (Table 3) are rather small.

S p r u c e differs in this respect from pine: its seed crops are very small in Lapland, even in pure spruce stands; at Pallasjärvi and Kivalo, too, the crops are small. In the last-mentioned area, the highest amount is 56 good seeds per sqm i. e. about 2 kg/ha. Farther south, the largest seed crops have been recorded: at Vilppula in 1929 353, in 1942 223, and at Vesijako in 1929 169 good seeds per sqm. The crops per hectare corresponding to these figures are about 18, 11, and 9 kilograms, respectively.

The cycle of spruce seed years has in the central and southern parts of the country shown much the same trend as in the Vilppula experimental area according to Table 3. If the same scale of comparison is applied as in the case of pine, it will be noted that 1929, 1932, 1934, 1937, 1942 and 1946 (30 % of the observation years) were good crop years for spruce. No medium crop years at all have been recorded. The years 1930, 1933, 1935, 1943 and 1944 (25 %) were poor (for the most part very poor) and the remaining 9 years (45 %) were fail years.

In spite of the scarcity of regular seed years, the total spruce seed crops recorded during a longer period are considerably more abundant than the pine seed crops. According to Table 3, the total pine seed crops recorded in the course of 20 years in the Vilppula experimental area amounted to about 15 kilograms per hectare, as against about 36 kilograms of spruce seed, corresponding to approximately 0.75 and 1.82 kgs per year, respectively. The total crop in a mixed forest of pine and

spruce approached 32 kilograms, of which, although pine was the dominant tree species in these, about 20 kgs were spruce seed and about 12 kgs pine seed.

It is a well known fact that cone and seed years do not, in the case of spruce, correspond to each other as regards the degree of abundance of their yields. A year of abundant cone production may — mostly as a result of damage done to the cones by fungi and insects — be followed by even a poor seed year. When several cone years occur in succession, these possibilities are gradually increased. Squirrels and crossbills also have their share in reducing the seed crops of spruce. Besides, an exceptionally cold winter and its consequences have been known to prevent the arrival of a seed year. An instance of this from the observation period in question is the winter 1939—1940. In the autumn of 1939, there were plenty of female flower buds in spruce, but the following severe winter cold destroyed them with the result that, apart from quite exceptional cases, no spruce cones were produced in 1940 and no spruce seed in 1941 [1]).

An examination of Table 2 reveals the fact that the percentage of so-called empty seeds is in some years remarkably high. Such was the case as regards pine e. g. in the Veikkola experimental area in 1938. The quality of the spruce seed has on the whole been exceptionally poor in the Punkaharju experimental area, where spruce is scarce, and exceptionally good i. a. in the Vilppula area in 1942. The smaller the seed crop is, the more markedly inferior is, as a rule, the quality of the seed.

The seed crops of Siberian larch *(Larix sibirica)* were, according to observations made in the Vesijako, Punkaharju, and Raivola experimental areas, abundant or comparatively large in several of the years from 1927 to 1940. The best seed year for this species as well as for European larch *(Larix europaea)* was the year 1929. In most cases, the quality of the larch seed, too, is best in a good seed year.

[1]) Olli Heikinheimo, Metsäpuiden siemensadot vuosina 1940—41 ja 1941—42 Metsälehti N:o 44, 1940.

TUTKIMUKSIA KOIVUN UUDISTUMISESTA ETELÄ-SUOMESSA

RISTO SARVAS

A RESEARCH ON THE REGENERATION OF BIRCH IN SOUTH FINLAND

SUMMARY

HELSINKI 1948

Helsinki 1948. Valtioneuvoston kirjapaino.

Sisällysluettelo.

Sivu

Johdanto 7
Tutkimusaineisto 11
Koivun siemennys 14
Siemenvuosien kertautuminen 14
Siemensadon suuruus 15
Siementen itävyys 20
Siementen leviäminen 24
Siemensadon arvioiminen koealoilla 28
Koivun taimistot uudistusaloilla 31
Taimistojen kuvaaminen 31
Kaskialat 33
Kuloalat 35
Paljaaksihakkuualat 41
Maanpinta kulotettu 42
Maanpinta valmistamaton 48
Siemenpuualat 55
Keskitetyllä harsinnalla käsitellyt alat 61
Tulosten tarkastelua ja metsänhoidollisia päätelmiä 67
Kirjallisuusluettelo 79
Summary: A research on the regeneration of birch in South Finland 82

Alkusanat.

Tämä tutkimus on syntynyt koivua raaka-aineenaan käyttävän teollisuuden aloitteesta. Jo keväällä v. 1944 käytiin neuvotteluja tämän teollisuuden edustajien ja Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen kanssa sellaisen tutkimuksen aikaansaamisesta, jossa otettaisiin tieteellisesti selvitettäväksi ne käytännölliset toimenpiteet, joiden avulla voitaisiin turvata teollisuuden tarvitseman koivuraaka-aineen jatkuva saanti sekä parantaa tämän raaka-aineen laatua. Tutkimussuunnitelmia laadittaessa katsottiin tarkoituksenmukaiseksi keskittää tutkimukset ensi kädessä kolmeen probleemaryhmään: 1. eri koivulajien uudistumissuhteiden, 2. eri koivulajien teknillisen laadun ja 3. koivun rodunjalostuksen edellytysten selvittämiseen.

Kun keväällä 1945 Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen asistenttina ryhdyin täten hahmoteltua ohjelmaa toteuttamaan, kävin ensiksi käsiksi eri koivulajien uudistumissuhteiden tutkimiseen. Valitsin tämän puolen syystä, että juuri koivun uudistumisesta ilmeisestikin uhkaa muodostua eräs koivuraaka-aineen tuotannon minimitekijä. Uudistumissuhteiden tunteminen on myös tärkeä edellytys sekä koivulajien laadun että niiden rodunjalostuksen edellytysten tutkimiselle.

Vaikkakin kesän 1945 alkupuoli kului suurelta osalta tutkimusmenetelmien kehittämiseen, kertyi jo tämän kesän ja syksyn kuluessa aineistoa 80:ltä erilliseltä uudistusalalta. Samalla asetettiin useita pysyviä kokeita koealojen ulkopuolellekin. Seuraavana kesänä työtä jatkettiin samaan tapaan: koealoja mitattiin 86 ja edellisen kesän pysyviä kokeita seurattiin sekä asetettiin uusia. Talvet ovat kuluneet koeala-aineiston käsittelyssä sekä useissa pienissä, päätutkimukseen läheisesti liittyvissä erikoistöissä. Näin on tutkimuksissa edistytty niin pitkälle, että kerätyn aineiston varassa käy mahdolliseksi pääpiirtein esittää, miten eri koivulajien uudistuminen meillä tavallisimmin käytettyjen uudistushakkuiden yhteydessä tapahtuu. Niistä lukuisista pysyvistä kokeista, joita on asetettu, voidaan odottaa myöhemmin lisävalaistusta tässä esitettävien ilmiöiden luonteeseen. Kun nyt on pakko monessa tärkeässä seikassa vain tyytyä toteamaan, miten asia luonnossa on, voitaneen pysyvien kokeiden avulla myöhemmin yhä selvemmin nähdä myös, minkä tähden näin on.

Tutkimuksen nyt valmistuessa olen iloinen, että minulla tässä on tilaisuus lausua kiitollisuuteni esimiehelleni professori Olli Heikinheimolle. Hän on alusta pitäen ollut koko sydämestään työssä mukana, ja vanhana koivun ystävänä hän on voinut rikkaasta kokemuksestaan antaa paljon suuriarvoisia neuvoja ja ohjeita.

Tutkimustyön on suurelta osalta rahoittanut Koivukeskus, koivua raaka-aineenaan käyttävän teollisuuden yhteenliittymä. Kun Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen tutkimusmäärärahat ovat viime vuosina olleet kovin pienet, ei tutkimusta ilman tätä ulkoa päin tullutta apua olisi voitu suorittaakaan. Koivukeskukselle sekä sen aina auttamaan valmiille yliasiamiehelle, professori Matti Jalavalle pyydän lausua parhaat kiitokseni.

Professori V. T. Aaltonen ja professori Viljo Kujala ovat ystävällisesti lukeneet käsikirjoituksen ja tehneet sen johdosta lukuisia arvokkaita huomautuksia; tästä lausun heille parhaat kiitokseni. Kiitollisuudella ajattelen tässä myös monivuotista työtoveriani, metsänhoitaja Olavi Heleniusta, joka on itsenäisesti hoitanut monta tärkeätä työn osaa. Fil. tohtori Teivo Pentikäiselle olen kiitollinen eräiden työni todennäköisyyslaskennon alaan kuuluvien osien tarkistamisesta ja monista hyvistä neuvoista. Laboratoriotöissä on minua auttanut suurella taidolla maisteri Katri Lyyra. Niistä monista henkilöistä, joille olen kiitollisuuden velassa maastotöiden yhteydessä saamastani avusta, haluan erityisesti mainita metsäkoulunjohtaja Vilho Kolehmaisen, jonka kiinnostunut suhtautuminen tutkimuksiini on tehnyt mahdolliseksi monien tälle työlle tärkeiden pysyvien tutkimusten järjestämisen Tuomarniemen metsäkoululle.

Helsingissä, helmikuun 12 päivänä 1947.

Risto Sarvas.

Taulukoissa käytetyt lyhennykset ja merkit.

4	= vähän.
—	= tutkimusten mukaan = 0.
.	= puuttuu sen vuoksi, ettei ole tutkittu.

CT	= kanervatyyppi.
VT	= puolukkatyyppi.
MT	= mustikkatyyppi.
OMT	= käenkaali-mustikkatyyppi.
Le	= lehto.
KgK	= kangaskorpi.
KgR	= kangasräme.
VK	= varsinainen korpi.
NR	= niittyvillaräme.
HSR	= huonompi sararäme.

Johdanto.

Koivun asemassa suomalaisena metsäpuuna on aikojen kuluessa tapahtunut suuria muutoksia.

On vaikea saada edes orientoivaa kuvaa siitä, miten paljon koivua on metsissämme ollut siihen aikaan, kun metsät vielä suurimmaksi osaksi olivat luonnontilaisia. Cajander (1903, s. 19) kuvaa Siperian aarniometsät Lena-joen alueella havumetsiksi, joissa koivua tavataan harvassa kasvavana sekapuuna. Puhtaita koivikoita hän näki vain kylien läheisyydessä — siis kulttuurin voimakkaalle vaikutukselle alttiissa metsävyöhykkeessä. Yhtäpitäviä tämän kanssa ovat Sukatshewin (1934, s. 240) kuvaukset. Sukatshew mainitsee mm., että varmasti alkuperäisiä koivikoita tavataan vain arolla ja arometsäalueella, jossa ne ovat etenevän metsän pioneereja, sekä metsäalueella soistuneissa kohdissa; muualla koivu kasvaa vain sekapuuna. Omassa maassamme on koskematonta luontoa enää kovin vähän jäljellä, mutta se vähä mikä on, kasvaa ainakin maan eteläpuoliskossa kutakuinkin havuvaltaista metsää. Esim. Pyhähäkin luonnonpuistossa, joka on suurin ja kauimmin koskemattomana ollut eteläsuomalainen metsäalue, koivua on kovilla mailla vain harvakseen sekapuuna. Poikkeuksen tekevät muutamat kuloaloille nousseet metsiköt, joissa koivua on runsaammin. On näin ollen todennäköistä, että ennen kuin ihmisen vaikutus varsinaisesti alkoi tuntua metsissämme, koivun osuus oli niissä suhteellisen vähäinen. Puhtaita koivikoita lienee kasvanut vain vesiperäisillä mailla, louhikko- ja kalliopohjaisilla mailla sekä kulon verrattain hiljan polttamilla tuoreilla tai suorastaan vesiperäisillä alueilla. Kun toisaalta salaman sytyttämät kulot jo noina kaukaisina aikoina ovat voineet riehua arvaamattoman laajoilla alueilla, jää kaikitenkin lopultakin epäselväksi, kuinka syvällekäypä niiden vaikutus metsien kokoonpanoon on ollut. Monet seikat, esim. Siperian aarniometsissä tälläkin vuosisadalla satojen tuhansien hehtaarien laajuisilla aloilla riehuneet kulot (Högbom 1934, s. 67), panevat arvelemaan, että kulojen merkitystä on pikemminkin aliarvioitu kuin yliarvioitu. Niiden merkitystä nimenomaan koivun kannalta vähentää kuitenkin se, että kulot tavallisesti keskittyvät kuiville kankaille ja vain ikäänkuin ohimennen nuolaisevat jonkin tuoreemmankin metsäalan, joka paremmin soveltuisi koivun kasvamiseen.

Luonnontilaisissa metsissä lienee pääosa kovilla mailla kasvaneesta koivusta ollut rauduskoivua; hieskoivua on esiintynyt etupäässä soilla ja vesistöjen reunamilla. Tällaiseen olettamukseen antaa aiheen meikäläisten luonnonsuojelualueiden, esim. Pyhähäkin, ja yleensäkin vanhojen metsien tarkastelu. Ja oikeastaan tämä on hyvin ymmärrettävissä, sillä hieskoivu suhteellisen hidaskasvuisena ja lyhytikäisenä ei ole kilpailukykyinen korkeiksi ja vanhoiksi varttuvissa havumetsissä. Rauduskoivu nopeampikasvuisena ja pitempi-ikäisenä tulee sitä vastoin niissä paljon paremmin toimeen.

Sitä mukaa kuin kiinteä asutus levisi erämaihin, alkoi myös kulttuurin vaikutus tuntua metsissä. Mm. Kustaa Vaasan aikana ja välittömästi hänen hallituskautensa jälkeen tapahtui erämaiden asuttamista suuressa mitassa. Siitä huolimatta, että maan asukasluku oli hyvin pieni, esim. 1700-luvun alussa vain n. 400 000 henkeä, kulttuurin vaikutus metsiin oli erittäin voimakas. Tämä johtui silloisesta laajaperäisestä maanviljelyksestä, joka oli pääasiassa kaskeamista. Niinpä H e i k i n h e i m o n (1915) julkaisemasta kartasta, joka esittää kaskimaiden yleisyyttä Suomen eri kunnissa vuosien 1700 ja 1850 välisenä aikana, käy ilmi, että kaskettuja aloja maan eteläpuoliskossa, varsinkin sen itäosissa, oli yli puolet kasvullisten metsämaiden pinta-alasta. Kun kaskista lisäksi tuon tuostakin levisi ympäröiviin metsiin kuloja, jotka saivat kutakuinkin rauhassa riehua, kaskiviljelyksen vaikutus on välillisesti tuntunut vielä paljon laajemmallakin alueella.

Kaskeamisen yleisyyttä ja yleensäkin tulen syvällekäypää vaikutusta metsiimme varsinkin 1700- ja 1800-luvuilla on tässä syytä korostaa sen vuoksi, että kaskeaminen on erittäin voimakkaasti edistänyt koivun leviämistä. Tämä käy kouraantuntuvasti ilmi mm., kun verrataan edellä mainittua karttaa, joka kuvaa kaskiviljelyksen yleisyyttä maassamme, ja koivuvaltaisten metsien nykyistä levinneisyyttä. Useissa kohdissa nämä kartat ovat aivan yllättävässä määrässä, jopa pikkupiirteitä myöten yhdenmukaiset. Kun kaskiksi ensi kädessä valittiin tuoreita metsämaita ja vasta niiden käydessä vähiin kuivempia, kaskeaminen on kohdistunut juuri koivun uudistumiseen ja kasvulle hyvin soveltuviin maihin.

Samanaikaisesti kuin metsiemme metsätaloudellinen hyväksikäyttäminen viime vuosisadan puolivälissä varsinaisesti pääsi vauhtiin, kaskiviljelys alkoi lähinnä metsien kohonneen arvon vuoksi suuresti vähentyä ja on tällä vuosisadalla miltei kokonaan loppunut. Metsät joutuivat voimakkaiden hakkuiden kohteeksi. Hakkuut tapahtuivat jokseenkin järjestään harsintoina, aluksi kaavamaisina tukkipuun määrämittaharsintoina, mutta myöhemmin yhä enemmän metsänhoidollisiakin näkökohtia huomioon ottaen. Nimenomaan koivun kannalta tapahtunutta muutosta ar-

vosteltaessa on pantava merkille, että tulen valta metsissämme on käytännöllisesti katsoen kokonaan loppunut. Tosin vieläkin sattuu vuosittain runsaasti kuloja, ja ns. poutakesinä ne voivat saavuttaa melkoisen laajuudenkin, mutta yleensä ne sammutetaan melkein alkuunsa. Metsiemme valtavaan pääosaan ei niillä enää ole mainittavaa vaikutusta. Näin on vajaassa vuosisadassa tultu äärimmäisyydestä toiseen: kaskiviljelyksen aikakautena tulen vaikutus näkyi kaikkialla, nyt se on pienempi kuin koskaan ennen metsissämme. Mutta myös hakkuiden jälki tuntuu koivikoissamme. Kun koivu erinomaisen hyvin soveltuu polttopuuksi, se on jo tästä syystä joutunut voimakkaiden hakkuiden kohteeksi. Monin paikoin Länsi-Suomessa, missä koivua luonnostaan tavataan niukasti, metsät on haravoitu koko lailla tyhjiksi koivusta juuri polttopuuhakkuissa. Varsinaiseksi arvopuuksi koivu kohosi vasta sen jälkeen, kun vaneriteollisuus alkoi käyttää sitä raaka-aineenaan. Vuodesta 1912 lähtien, jolloin ensimmäinen vaneritehdas perustettiin maahamme, onkin vuosittain hakattu yhä kasvavat määrät koivua tämän teollisuuden tarpeisiin. Esim. vuosina 1923—38 hakattiin koivua vuosittain keskimäärin n. 0.8 milj. k.m^3 teollisuuden raakapuuksi (Metsätieteellisessä tutkimuslaitoksessa kerätyn, toistaiseksi julkaisemattoman tilaston mukaan). Koivikoittemme laajuuteen ja niiden kasvuun (v. 1938 Suomen eteläpuoliskossa 7.6 milj. k. m^3 vuodessa — Ilvessalo 1942, s. 342) verrattuna ei tämä määrä vielä ole huolestuttavan suuri, mutta kun se on kerätty poimimalla metsiemme parhaat koivut, sen vaikutus jäljelle jäävän koivun laadulliseen kokoonpanoon on hyvinkin tuntuva. Eipä olekaan syyttä teollisuutemme taholta huolestuneina seurattu koivuraaka-aineen jatkuvaa huononemista.

Siitä, mihin suuntaan koivuvaramme ovat kehittymässä, saadaan ainakin orientoiva käsitys vertailemalla valtakunnan metsien ensimmäisen ja toisen arvioimisen tuloksia.

Edellisen, vuoteen 1922 kohdistuvan arvioinnin mukaan koivua oli kaikkiaan Suomen eteläpuoliskon metsissä 197.1 milj. m^3 kuorineen (Ilvessalo 1927, taul. 89), toisen, vuosiin 1936—1938 kohdistuvan arvioinnin mukaan 204.4 milj. m^3 (Ilvessalo 1942, s. 295). Tukkipuun mitan täyttävien koivujen (so. rinnankorkeudelta vähintään 20 cm:n läpimittaisten puiden) kokonaismäärä oli samalla alueella edellisen arvioinnin mukaan 51.8 milj. m^3 ja jälkimmäisen mukaan 47.7 milj. m^3. Tämän mukaan ei koivun kokonaismäärässä eikä erikseen tukkipuun mitan täyttävienkään puiden määrässä ole tapahtunut vuosien 1922 ja 1938 välisenä aikana tuntuvia muutoksia.

Melkoisesti erilainen kuva saadaan, kun tarkastellaan koivun ikäluokkasuhteiden kehitystä, joka ilmenee seuraavasta asetelmasta (Etelä-Suomen kasvulliset metsämaat, Ilvessalo 1927, taul. 62 ja 1942, s. 284). Tämän vertailun täsmällisyyttä tosin vähentää se, että edellisen arvioinnin tulosyhdistelmissä ei koivua ole erotettu muista lehtipuista. Kun näiden muiden

Arvioimis-vuosi	Ikäluokka. —20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—160	160+
	Prosenttia pinta-alasta							
1922	11.9	30.3	36.2	16.6	3.0	0.8	0.2	—
1936—38	6.2	29.8	43.1	17.0	3.2	0.6	0.1	—

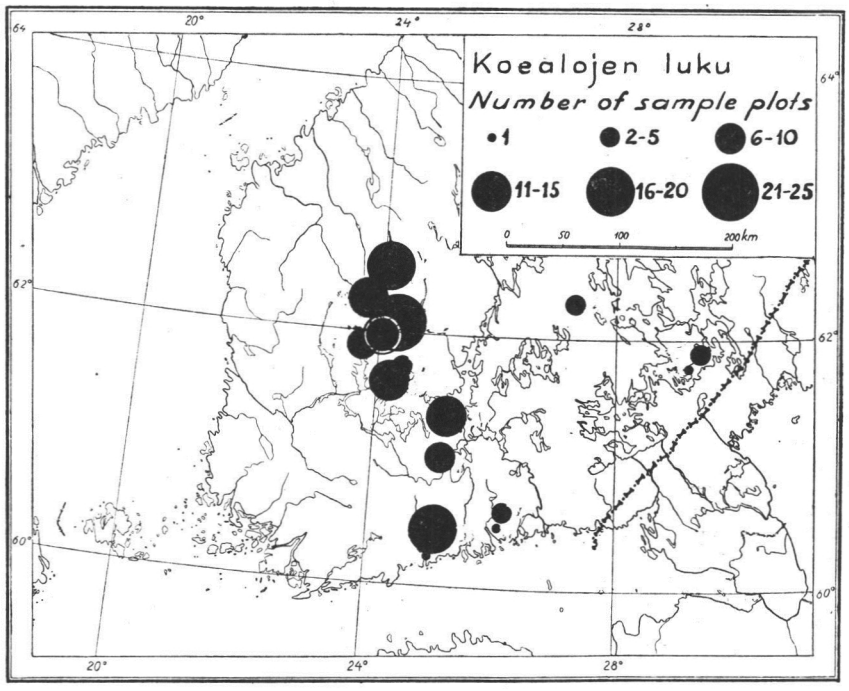
lehtipuiden (lepän ja haavan) ala kuitenkin on vähäinen koivuun verrattuna (n. 18 % lehtipuiden alasta) ja kun niiden runsaudessa ei arviointien välisenä aikana ole tapahtunut käytännöllisesti katsoen juuri mitään muutosta, on tässä esitetyssä vertailussa laskettu v:n 1922 ikäluokkajakaantuminen koivulle olettaen, että lepän ja haavan ikäluokkajakaantuminen on v. 1922 ollut sama kuin vv. 1936—38. — Olennaisin ero näitä kahta ikäluokkasarjaa toisiinsa verrattaessa näkyy taimistojen suhteellisessa määrässä. Niiden osuus on tarkastetun 15 vuoden ajanjakson kuluessa vähentynyt noin puoleen. Kun metsätaloudessa 15 vuotta on sangen lyhyt aika, on tällaista muutosta pidettävä erittäin voimakkaana. Voidaanhan näet hyvällä syyllä olettaa, että samantapainen kehitys on jatkunut jo usean vuosikymmenen aikana — ehkä siitä lähtien, kun kaskiviljelyksestä lopullisesti luovuttiin tämän vuosisadan alussa. Eräs syy siihen, ettei koivun taimistojen vähentyminen ole vielä sanottavasti vaikuttanut metsiemme sisältämän koivun kokonaismäärään, näkyy myös edellä esitetystä asetelmasta: samalla kun taimistojen määrä on vähentynyt, nuoret metsät ovat varttuneet ja siirtyneet puuston kuutiomäärältään suurempiin keski- ja vanhoihin ikäluokkiin. Paljon on myös uusia koivuvaltaisia metsiä syntynyt siten, että harsintahakkuilla käsitellyistä sekametsistä on lopulta jäänyt jäljelle vain huonolaatuinen koivujäännöspuusto.

Kun ajatellaan koivuvarojemme riittävyyttä, niin huolestuttaa ennen muuta teknillisesti hyvälaatuisen koivun hupeneminen; koivun loppumisesta ei ole välitöntä pelkoa. Pitkällä tähtäimellä ajateltuna on kuitenkin otettava huomioon myös se, että koivuvaramme lähinnä taimistojen vähyyden vuoksi alkavat jo lähitulevaisuudessa vähentyä ja nähtävästi, ellei vastatoimiin ryhdytä, kiihtyvällä nopeudella.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää koivun uudistumisen kulkua ja sen edellytyksiä erilaisilla kasvupaikoilla sekä tällaisen selvityksen avulla pyrkiä osoittamaan ne suuntaviivat, joita noudattaen voitaisiin turvata koivun uudistuminen siellä, missä se taloudellisista syistä on toivottavaa.

Tutkimusaineisto.

Aineisto käsillä olevaan tutkimukseen on kerätty Suomen eteläpuoliskosta alueelta, joka selviää tarkemmin kuvasta 1. Tätä aluetta on meikäläisessä metsätieteellisessä tutkimuksessa yleensä pidetty metsien kasvusuhteiden puolesta verrattain yhtenäisenä, mutta selvähän kuitenkin on,



Kuva 1. Koealojen sijainti.
Fig. 1. The location of the sample plots.

että alueen eteläisimpien ja pohjoisimpien osien välillä on melkoisia ilmastollisia eroja, jotka voivat juuri uudistumistapahtumassa tuntua herkemminkin kuin metsien muissa kasvusuhteissa. Näitä eroja joudutaankin tuonnempana lähemmin tarkastelemaan.

Tutkimuskohteet on suurimmaksi osaksi valittu valtion metsistä, varsinkin Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen ja eräiden metsäkoulujen hallinnassa olevista, mutta myös yhtiöiden ja yksityisten metsistä on kertynyt melkoisesti aineistoa. Aineistoa on yleensä kerätty sieltä, mistä sitä suinkin on ollut saatavissa.

Tutkimuksen kohteeksi on otettu tutkimustehtävän mukaisesti erilaisia uudistusaloja. Tutkimusten keskittämiseksi on kuitenkin rajoituttu vain metsänhoidollisiin uudistusaloihin: paljaaksihakkuualoihin, siemenpuualoihin ja keskitetyllä harsinnalla käsiteltyihin alueisiin. Kun useista aikaisemmista tutkimuksista ja kokemuksista (esim. Heikinheimo 1915, s. 189—197; Multamäki 1916, Lampimäki 1939, Sarvas 1944, s. 212—213) on jo käynyt vakuuttavasti ilmi, että laiduntaminen ja koivun järkiperäinen uudistaminen eivät sovi yhteen, on tässä otettu tarkasteltavaksi vain laiduntamattomia tai ainakin kutakuinkin laiduntamattomia hakkuualoja. Tämä ehto on toisaalta suuresti vaikeuttanut sopivien tutkimusalojen löytämistä.

Yksityiskohtainen kuva siitä, missä suhteessa erilaiset uudistusalat sekä myös erilaiset kasvupaikat ovat edustettuina tutkimusaineistossa, saadaan taulukosta 1. Runsaimmin (60 kpl.) on koealoja kertynyt paljaaksihakkuu-

Taulukko 1. Koeala-aineiston kokoonpano.

Table 1. Composition of sample plot materials.

Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Uudistamismuoto — *Mode of regeneration*					Yhteensä *Together*
	Kaskeaminen *Burning over for crops*	Kulot *Forest-fires*	Paljaaksihakkuu *Clear cutting*	Siemenpuuhakkuu *Shelterwood cutting*	Keskitetty harsinta *Group-selection cutting*	
	Koealojen jakaantuminen, kpl. — *Sample plots*					
Lehto — Le	—	—	—	—	1	1
Käenkaali-mustikkatyyppi — OMT	1	—	2	1	8	12
Mustikkatyyppi — MT	1	—	30	9	9	49
Puolukkatyyppi — VT	—	10	7	10	—	27
Kanervatyyppi — CT	—	7	6	12	—	25
Kangaskorpi — KgK	—	—	10	2	—	12
Varsinainen korpi — VK	—	—	2	1	—	3
Kangasräme — KgR	—	2	2	—	—	4
Niittyvillaräme — NR	—	1	—	—	—	1
Huonompi sararäme — HSR	—	—	1	—	—	1
Yhteensä — *Together*	2	20	60	35	18	135

aloilta, siemenpuualoilta vähemmän (35 kpl.) ja vähiten keskitetyllä harsinnalla käsitellyiltä alueilta (18 kpl.). Kaikkiaan on koealoja mitattu 135 kpl. Tämän lisäksi on mitattu tai muuten käytetty tutkimuksissa hyväksi useita erikoiskoealoja, jotka eivät tosin ole edustaneet tyypillisiä koivun uudistusaloja, mutta muuten ovat tarjonneet mahdollisuuksia monen erikoiskysymyksen, kuten esim. siemennyssuhteiden selvittämiseen.

Useimmat tutkimuskohteet on valittu kovalta tai enintään lievästi soistuneelta maalta. Varsinaisilta suomailta on koealoja mitattu vain erinäisten vertailujen helpottamista silmällä pitäen. Runsaimmin ovat aineistossa edustettuna mustikkatyyppi (49 koealaa) ja puolukkatyyppi (27 koealaa).

Uudistusaloja tutkittaessa on tosin kaikkien eri puulajien taimista tehty merkintöjä ja mittauksia, mutta tutkimustehtävästä johtuen päähuomio on tietysti kohdistettu koivuun. Koivulajeja on erotettu vain rauduskoivu (*Betula verrucosa* Ehrh.) ja hieskoivu (*B. pubescens* Ehrh.). Yleensä on koivujen jakaantuminen näihin kahteen lajiin ollut kiistaton, ja vain n. 1—2 %:ssa kaikista tapauksista on jäänyt epäselväksi, kumpaan lajiin jokin koivuyksilö olisi luettava. Näyttää siltä, kuin juuri metsissä nämä kaksi koivulajia kehittyisivät ulkonaisilta tuntomerkeiltään sellaisiksi, että ne on helppo pitää erillään toisistaan, kun sitä vastoin esim. puistoissa, niityillä, pihamailla ym. enemmän tai vähemmän aukeilla kasvupaikoilla on tavattu suhteellisesti runsaammin välittäviä ja epäselviä koivumuotoja.

Kuten edellisestä jo on käynyt ilmi, pääosa tutkimusaineistoa on kerätty mittaamalla koealoja. Keskimäärin on kunkin koealan ottamiseen kulunut yksi päivä. Koealojen paikkaa valittaessa on pidetty tiukasti kiinni siitä, että kasvillisuustyyppi ja metsikkö ovat riittävän laajalla alueella olleet yhtenäisiä. Koealat on rajoitettu suorakaiteen muotoisiksi. Niiden suuruus on muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta 0.25 ha (joko 50 × 50 m tai 62.5 × 40.0 m). Koealoilla suoritettiin säännöllisesti mm. seuraavat työt.

Puut luettiin ja mitattiin 1.3 m:n korkeudelta käyräasteikkoisella sapelikaulaimella, jossa luokkaväli on 2.5 cm.

Kannot luettiin, eriteltiin puulajeittain ja niiden läpimitta mitattiin korkeudelta, joka vastasi keskimääräistä kannon korkeutta. Lisäksi kannot ryhmiteltiin hakkuuvuosien mukaan.

Puuston ominaisuuksien yksityiskohtaisempaa selvittelyä varten mitattiin pystykoepuita, tavallisesti n. 15—20, kultakin koealalta. Pystykoepuista mitattiin läpimitta 1.3:n ja 6.0 m:n korkeudelta mm:n tarkkuudella, tutkittiin kuoren paksuus, kairattiin puun tyvestä ja rinnankorkeudelta lastut iän ja sädekasvun selvittämistä varten sekä mitattiin lopuksi puun pituus hypsometrillä.

Taimet luettiin ruutumenetelmää ja linja-arviointia käyttäen (vrt. s. 31—33).

Pintakasvillisuudesta laadittiin kuvaus arvioimalla silmävaraisesti, montako prosenttia eri kasvilajien peittävyys oli koko kasvualasta. Eräissä tapauksissa nämä silmävaraisarvioinnit tarkistettiin ruutumenetelmän avulla.

Maan ominaisuuksien tutkimista varten kaivettiin kullekin koealalle neljä n. 0.5 m:n syvyistä kuoppaa, joista arvioitiin maalaji, mitattiin humuksen paksuus ja otettiin maanäytteitä. Maahan kohdistuneet tutkimukset ovat monella tavoin täydentäneet ja selventäneet kasvillisuustyypin kasvupaikasta antamaa kuvaa. Jo muutenkin melkoiseksi paisuneen numeroaineiston supistamiseksi ei mittaustulosten julkaiseminen ole kuitenkaan mahdollista.

Koivun siemennys.

Koivu uudistuu tutkimusalueella pääasiallisesti siemenestä. Tämän vuoksi on eri koivulajien siemennyssuhteiden yksityiskohtainen selvittely koivun uudistumista tutkittaessa välttämätön. Koivun siementen [1]) runsaus, siementen helposti tunnettava ulkonäkö ja siementen laadun helppo tutkiminen mikroskooppisessa läpivalaisussa asettavat koivun metodisesti erikoisasemaan useihin muihin puulajeihin, esim. havupuihin verrattuna. Tätä onkin käsillä olevassa tutkimuksessa käytetty monin tavoin hyväksi, kuten myöhemmin yksityiskohtaisemmin selviää. Siementymistapahtuman selvittämiseksi on pantu alulle myös useita pysyviä kokeita, joista ei kuitenkaan vielä ole käytettävissä tietoja kuin 2—3 vuoden ajalta. Tässä onkin pakko tämän vuoksi monissa kohdin turvautua myös aikaisempien tutkimusten tuloksiin.

Siemennyksen teho riippuu monista eri tekijöistä, joista seuraavassa otetaan lähemmin tarkasteltavaksi siemenvuosien kertautuminen, siemensadon suuruus, siementen itävyys ja siementen leviäminen.

Siemenvuosien kertautuminen.

Koivun kuten muidenkin metsäpuiden siemensadon arvioimista vaikeuttaa suuresti se, että satoisuus ei tietyssä metsikössäkään pysy vuodesta toiseen samansuuruisena, vaan siinä on suurta vaihtelua. Tätä vaihtelua kutsutaan siemenvuosien kertautumiseksi. Siemenvuosien kertautumisen epäsäännöllisyydestä sekä samankin vuoden eriarvoisuudesta maan eri osissa johtuu, että on vaikea saada selvää yleiskuvaa siitä, mitkä vuodet maan eri osissa ovat olleet hyviä siemenvuosia ja millaisiksi muut vuodet on arvosteltava. Jo käsitteet hyvä, keskinkertainen ja huono siemenvuosi ovat subjektiivisia. Selvimmin erottuvat hyvät siemenvuodet, kun sitä vastoin muiden luokitteleminen on vaikeampaa. Hyvällä siemenvuodella tarkoitetaan yleisesti sellaista vuotta, jolloin siemensato on sulkeutuneissakin metsiköissä runsas.

Siemenvuosien kertautuminen maassamme on selvitetty parhaiten ajanjaksolta 1927—1936, jolta H e i k i n h e i m o (1937) on julkaissut yksityiskohtaiset tiedot. Vuoden 1936 jälkeisestä ajasta on Metsätieteellisessä

[1]) Milloin ei ole vaaraa sekaannuksen syntymiseen, käytetään tässä tutkimuksessa, kuten yleensäkin kirjallisuudessa, koivun pähkylöistä siemen-nimitystä.

tutkimuslaitoksessa kerättynä koivunkin siemenvuosia valaisevaa aineistoa, joka on saatu tätä tutkimusta varten käytettäväksi.

Mainitun Heikinheimon tutkimuksen mukaan (s. 18) on koivun (pääasiassa rauduskoivua) suhteellinen siemensato Vesijaon kokeilualueessa vv. 1928—1936 ollut 8 tutkimuskohdan keskimääränä seuraava (v:n 1930 siemensato merkitty 100:ksi):

Siementen laatu	Vuosi								
	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936
Lajittelemattomia ..	13	0	100	15	2	12	131	Δ	193
Täysiä	9	0	100	9	1	8	126	Δ	119

Koivulla on siis tässä tarkastellun 9-vuotiskauden kuluessa ollut hyviä siemenvuosia kolme. Aikaisemmista vuosista on vaikea saada luotettavia tietoja, mutta myöhemmistä ovat 1940, 1942 ja 1946 olleet hyviä koivun siemenvuosia. Voidaan näin ollen sanoa, että viimeksi kuluneen 20-vuotiskauden kuluessa koivulla on ollut hyviä siemenvuosia keskimäärin joka kolmas vuosi.

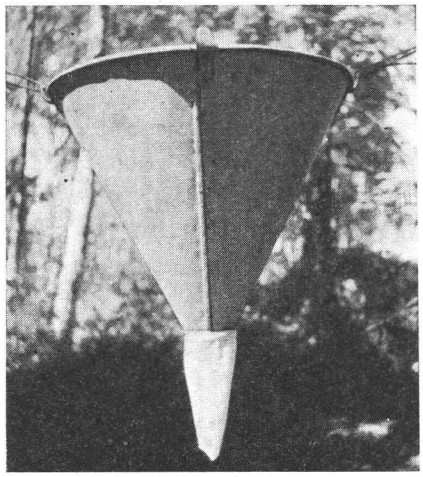
Kun lähemmin tarkastellaan edellä esitettyä asetelmaa (vrt. myös asetelmaan s. 19), niin huomataan, että hyvien ja huonojen siemenvuosien välinen ero on silmäänpistävän suuri. Hyvinä siemenvuosina siemensato on erittäin runsas, mutta välivuosina vain pieni osa siitä, ehkä keskimäärin n. 5—10 %. Kun tämä vähäinenkin määrä absoluuttisissa luvuissa, esim. hehtaaria kohden lausuttuna kappalemääränä, on havupuiden vastaaviin satolukuihin verrattuna suuri, syntyy helposti sellainen käsitys, että koivun siementä tulee melkoisesti jokseenkin joka vuosi. Kun tarkastellaan asiaa kokonaisuuden kannalta, täytyy tällaista käsitystä kuitenkin pitää vääränä ja päin vastoin todeta, että koivun siemennys keskittyy miltei kokonaan hyviin siemenvuosiin. Tämä koskee erityisesti metsiköissä kasvavia koivuja; aukealla tai harvakseen kasvavissa puissa sitä vastoin on huonoinakin siemenvuosina suhteellisesti enemmän siementä, keskimäärin n. 10—20 % hyvien siemenvuosien sadosta.

Edellä esitetyt tutkimustulokset koskevat ensi kädessä rauduskoivua. Hieskoivun siemenvuosien kertautumisesta on toistaiseksi käytettävissä siksi vähän aineistoa, ettei sen varassa voi vielä tehdä mainitsemisen arvoisia päätelmiä.

Siemensadon suuruus.

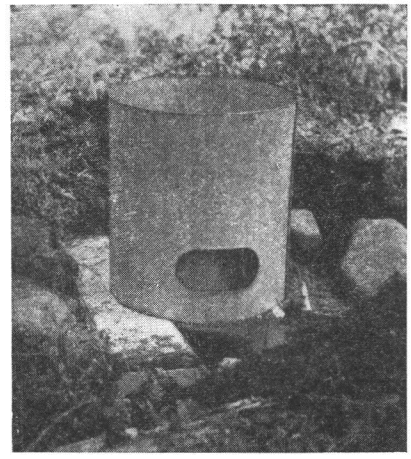
Siemensadon suuruutta on tutkittu mm. laatikon ja suppilon muotoisilla siemennysmittareilla. Laatikot ovat 1 m^2:n, suppilot 0.5 m^2:n ja 0.05 m^2:n suuruisia (kuvat 2 ja 3). Laatikoita ja samoin myös pieniä suppiloita on aina asetettu kaksi rinnatusten; ne on sijoitettu kulloinkin tutkittavaksi

otetun koealan keskustaan 10 m:n päähän toisistaan. Suuria suppiloita on käytetty yksittäin tutkimusalojen keskustassa. Laatikot on tyhjennetty kahden viikon väliajoin, suuret suppilot päivittäin tai kahdesti viikossa ja pienet suppilot kerran kuussa. Laatikot on havaittu suhteellisen epäkäytännöllisiksi koivun siemennyksen tutkimisessa ja juuri sen vuoksi onkin otettu suppilot käytäntöön. Suppiloiden etuna laatikkoihin verrattuna on



Kuva 2. Suppilon muotoinen siemennysmittari, jonka suu on 0.5 m²:n laajuinen. Käytetään etupäässä varisemisaikojen tutkimiseen.

Fig. 2. A funnel-shaped instrument for seeding measurements, with a mouth of 0.5 sqm. Used primarily for studying the course of progress in the annual fall of seed.



Kuva 3. Suppilon muotoinen siemennysmittari, jonka suu on 0,05: m²:n laajuinen. Käytetään siemensadon suuruuden tutkimiseen.

Fig. 3. A funnel-shaped instrument for seeding measurements, with a mouth of 0.05 sqm. Used for recording the quantity of seed crops.

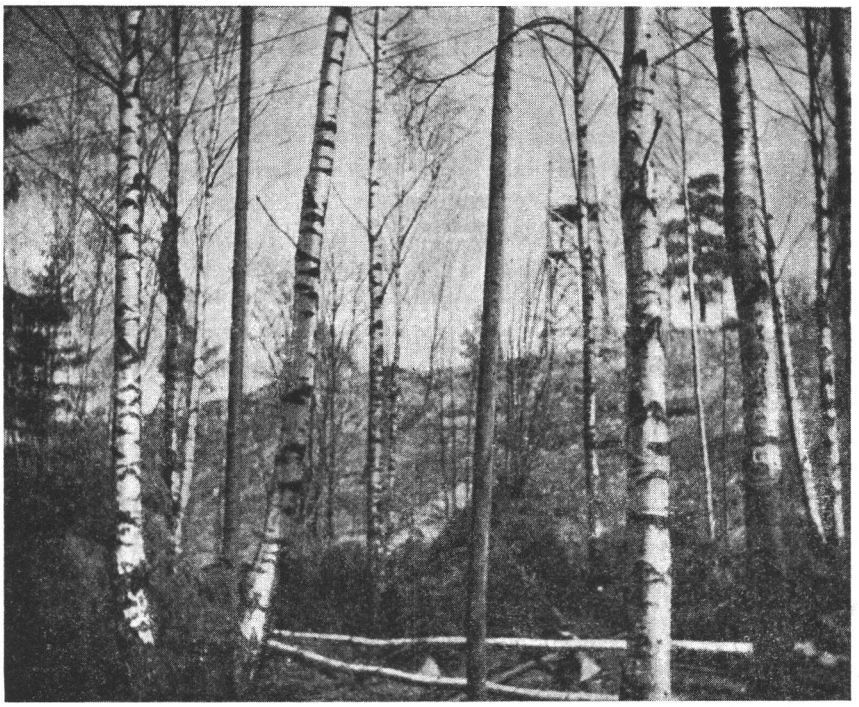
ennen kaikkea se, että tuuli ei pääse puhaltamaan niistä siemeniä pois, minkä vuoksi saadaan paljon luotettavampi tulos. Lisäksi tyhjentäminen on helpompaa ja voidaan suorittaa hyvin sadesäälläkin. Suuria suppiloita on käytetty siemenen varisemisaikoja, mutta myös siemensatoa selviteltäessä, pieniä suppiloita vain jälkimmäisessä tehtävässä.

Siemensadon suuruutta arvosteltaessa voidaan lähtökohdaksi ottaa joko yhden vuoden siemensato tai kohtuulliseksi katsotun uudistusajan kokonaissiemennys.

Yhden vuoden siemensadosta puhuttaessa mielenkiinto kohdistuu ensi kädessä hyviin siemenvuosiin, koska juuri niillä, kuten edellä on osoitettu, on ratkaiseva merkitys koivun siemenen tuotossa. Esim. vuodelta 1946, joka oli varsin hyvä koivun siemenvuosi koko tutkimusalueella, on käytettävissä seuraavat mittaustulokset.

Koeala 167, Helsinki, Pasila, Ilmatieteellisen keskuslaitoksen Ilmalan aseman piha (kuva 4). Kasvupaikka on kivinen mustikkatyyppi, loivasti etelään viettävä moreenirinne. Puulajisuhteet: kuusta 10 %, rauduskoivua 80 % ja hieskoivua 10 %. Latvusala 0.4. Rauduskoivun ikä 35 v. ja valtapituus 14 m. Puuston kuutiomäärä kuorineen 60 m³/ha ja kasvu n. 3.0 m³/ha. Koivun siemeniä varisi 1. 7.—31. 12. 1946 välisenä aikana 68 235 kpl/m² lajittelematonta siementä[1]), josta 64 % täysiä, 14 % vaillinaisia [2]) ja 22 % tyhjiä.

Koeala 95, Padasjoki, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen Vesijaon kokeilualue. Kasvupaikka on kivinen mustikkatyyppi, etelään viettävä (6°) moreenirinne. Puulajisuhteet: mäntyä 88 % ja rauduskoivua 12 % (20 kpl/ha). Latvusala 0.2. Rauduskoivun ikä 120 v. ja valtapituus 30 m, puuston kuutiomäärä kuorineen 109 m³/ha,



Kuva 4. Koivikko, jossa koivun siemensato v. 1946 oli 128 kg täysinäistä siementä hehtaaria kohden. Koeala 167. Helsinki, Pasila. Valok. 17. 5. 1946.
Fig. 4. A birch stand, in which the seed crop of 1946 contained 128 kgs of filled seed per hectare. Sample plot 167. Helsinki, Pasila. Photo 17. 5. 1946.

[1]) Lajittelemattomalla siemenellä tarkoitetaan siementä, jossa täysiä ei ole erotettu tyhjistä, vaan kummatkin ovat yhdessä; roskat, joiksi luetaan mm. kaikki sellaiset siemenet, joista jo paljain silmin voi nähdä, etteivät ne idä, on sitä vastoin erotettu pois.

[2]) Vaillinaisiksi on luettu pähkylät, joissa pähkylän sisässä oleva siemen ei täytä 60 %:ia pähkylän ontelosta. Raja vaillinaisten ja tyhjien pähkylöiden välillä on aina ollut selvä, sillä huonoimminkin tuleentuneet siemenet ovat täyttäneet ainakin kolmanneksen pähkylän ontelosta. Edellä mainittu 60 %:n raja täysien ja vaillinaisten välillä on tietystikin vain sovinnainen, ja siitä syystä täysien ja vaillinaisten pähkylöiden erottaminen on enemmän tai vähemmän subjektiivista. Suuremman täsmällisyyden saavuttamiseksi on käytetty apuna rajatapauksia kuvaavia piirroksia.

kasvu 2.2 m³/ha. Koivun siemeniä varisi 1. 7.—30. 9. 1946 välisenä aikana 3 780 kpl/m² lajittelematonta siementä, josta 57 % täysiä, 4 % vaillinaisia ja 39 % tyhjiä.

Koeala 48, Vilppula, Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen koeaseman piha. Kasvupaikka on kivinen mustikkatyyppi, etelään viettävä moreenirinne. Puulajisuhteet: mäntyä 16 %, rauduskoivua 59 % ja hieskoivua 25 %. Latvusala 0.5, rauduskoivun ikä n. 80 v. ja valtapituus 25 m. Puuston kuutiomäärä kuorineen 110 m³/ha, kasvu n. 3 m³/ha. Koivun siemeniä varisi 26. 7.—31. 12. 1946 välisenä aikana 27 250 kpl/m² lajittelematonta siementä, josta 51 % täysiä, 4 % vaillinaisia ja 45 % tyhjiä.

Tässä on syytä mainita myös K o h h i n (1936, s. 14) Eestissä, Tarton yliopiston opetus- ja kokeiluhoitoalueessa suorittamat tutkimukset. Hän tutki rauduskoivun siemenen varisemista eräässä puhtaassa rauduskoivikossa, jonka kasvupaikka kuului I boniteettiin ja jonka ikä oli n. 70 v., tiheys 1.0, pituus 27.5 m, keskiläpimitta 29 cm, runkoluku 610 kpl/ha ja puuston kuutiomäärä 380 m³/ha. Koivun siemeniä varisi 2. 7.—12. 9. 1930 välisenä aikana 49 261 kpl/m² lajittelematonta siementä, josta 42 % itäviä ja 58 % itämättömiä.

Edellä kuvatuista 4 metsiköstä edustavat koealat 167, 48 ja eestiläinen metsikkö suhteellisen tiheitä puustoja, joissa siemensato saavuttaa suurimman määränsä. Esim. koealalla 167 ja eestiläisessä metsikössä siemensato on kutakuinkin samanlainen, keskimäärin 58 748 kpl/m² eli n. 96 kg/ha lajittelematonta siementä [1]), josta n. 31 520 kpl/m² eli n. 85 kg/ha täysinäistä siementä. Koeala 95 sitä vastoin on tavalliselta mäntysiemenpuualalta, jossa koivua on sekapuuna. Siemennyksen määrä on luonnollisesti paljon pienempi (n. 5.5 kg/ha täysinäistä siementä).

Tässä yhteydessä on syytä mainita myös eräitä männyn ja kuusen suurimpia satolukuja. H e i k i n h e i m o (1937, s. 12) on metsäpuiden siemensatoa koskevissa tutkimuksissaan saanut männyn suurimmaksi vuotuiseksi siemensadoksi 218 kpl/m²:lle täysiä siemeniä (n. 10 kg/ha) ja kuusen suurimmaksi satoluvuksi 570 kpl/m² täysiä siemeniä (27 kg/ha). Nämä vertailut osoittavat, että koivun siemensato on pähkylöiden keveydestä huolimatta absoluuttisina painoyksikköinäkin lausuttuna olennaisesti suurempi kuin männyn ja kuusen. Monet siemensatoa koskevat pienet erikoistutkimukset, jotka tässä on pakko jättää lähemmin selostamatta, vahvistavat nekin tätä käsitystä.

Edellä esitetyt tulokset koskevat ensi kädessä rauduskoivua. Hieskoivusta ei vastaavanlaisia lukuja ole käytettävissä. Aikaisemmin on tosin esitetty sellaisia lausuntoja, joiden mukaan rauduskoivun siemennys olisi runsaampi kuin hieskoivun (H e n z e 1848, s. 77, G u n n a r s s o n 1925, s. 41), mutta käsillä olevan tutkimuksen kuluessa ei tämä ole saanut vahvistusta.

Koivun uudistumisen kannalta olisi huippusaavutuksia tärkeämpää tietää, millainen siemensato on tavanomaisilla uudistusaloilla. Jo edellä

[1]) Tämän tutkimuksen yhteydessä suoritettujen punnitusten tuloksena on 1 000 täyden rauduskoivun siemenen painoksi saatu 0.24 g ja 1 000 tyhjän rauduskoivun siemenen painoksi 0.10 g.

nähtiin, että esim. siemenpuualalla, jossa on n. 20 rauduskoivua hehtaarin alalla, siemennys on hyvänäkin siemenvuotena »vain» n. 5.5 kg/ha täysinäistä siementä. Kun tästä metsiköstä on käytettävissä siemensatoa koskevia mittaustuloksia pitkähköltä ajanjaksolta, on syytä tarkastella niitä yksityiskohtaisemminkin.

Vuosi																		
1928	29	1930	31	32	33	34	35	36	37	38	39	1940	41	42	43	44	45	46
Siemensato lajittelematonta siementä kpl/m²																		
306;	0;	540;	76;	92;	130;	5 593;	24;	7 045;	.	.	.	(980)	.	.	.	.	262;	3 780;

Kuten asetelmasta näkyy, koivun siemennystä on tällä koealalla alettu seurata jo kesällä 1928 ja jatketaan sitä edelleen. Ikävä vain, että sotaaikana syntyi tulossarjaan iso aukko (vv. 1941—1944), mikä vielä laajeni siitä, että tulokset vuosilta 1937—39 joutuivat evakuointimatkalla kadoksiin. Tulos vuodelta 1940 jäi myös epäsäännöllisten olojen vuoksi epävarmaksi. Kaikkiaan on käyttökelpoisia satolukuja näin ollen vain 11 vuodelta, joista 3 on hyvää siemenvuotta. Keskimääräiseksi vuotuiseksi siemensadoksi saadaan lajittelematonta siementä 1 623 kpl/m². Kun koivulla voitaneen useastakin syystä pitää keskimäärin n. kolmea vuotta kohtuullisen pitkänä uudistumisaikana, varisi tällaisen ajanjakson kuluessa siis lajittelematonta siementä tässä tarkasteltavana olevassa metsikössä keskimäärin n. 4 869 kpl/m² eli n. 9 kg/ha.

Muilta uudistusaloilta ei olekaan käytettävissä useamman kuin kahden tai kolmen vuoden mittaustulokset. Mainittakoon sen sijaan eräästä harsintametsiköstä toisessa yhteydessä saatu tulos. Tämä metsikkö on Tuusulan pitäjässä, yksityismaalla. Kasvupaikkana on vähäkivinen mustikkatyyppi, lievästi etelään viettävä savinen moreenirinne. Puulajisuhteet: mäntyä 40 %, kuusta 54 % ja hieskoivua 6 % (hehtaarin alalla n. 25 kpl. rinnankorkeudelta 10—20 cm:n läpimittaisia koivuja). Koivun ikä oli tutkimusta tehtäessä n. 60 v. ja valtapituus 15 m. Puuston kuutiomäärä oli 67 m³/ha ja kasvu 2.6 m³/ha. Koivun siemeniä varisi vuosina 1939—1942 kaikkiaan 3 710 kpl/m² lajittelematonta siementä. Siis keskimäärin vuosittain 925 kpl/m² ja 3 vuoden uudistumisajan kuluessa n. 2 775 kpl/m² eli n. 5 kg.

Yhdistäen edellä esitetyt tulokset voitaneen sanoa, että vaikkakin koivun siemennys tavanomaisilla uudistusaloilla on vain n. 1/10—1/20 parhaasta mahdollisesta, niin se näyttää vielä sittenkin olevan huomattavan suuri. Todennäköistä onkin, ettei siemensato yleensä välittömästi muodostu uudistumisen minimitekijäksi. Eri asia on, että runsas siemennys voi useissa tapauksissa ainakin osittain tasoittaa eräiden muiden, uudistumiselle haitallisten tekijöiden vaikutusta. Kun juuri siemensatoon voidaan erilaisilla metsänkäsittelytavoilla tuntuvastikin vaikuttaa, se ansaitsee tämän vuoksi paljonkin huomiota.

Siementen itävyys.

Koivun siemenen itävyyttä on yleisesti totuttu pitämään suhteellisen alhaisena. Esim. Holmerz (1894, s. 61) mainitsee, että koivun siemenen itävyys vain harvoin nousee yli 10—15 %:n, Cajander (1917, s. 380) viittaa Rafniin ja ilmoittaa koivun siemenen itävyydeksi n. 12 %, Jacobsenin (1926, s. 732) mukaan rauduskoivun siemenen idätyksissä Tanskan siementarkastuslaitoksessa on vuosina 1907—1924 keskimääräiseksi itävyydeksi saatu 42 % (125 näytettä), ja hieskoivun 37 % (28 näytettä) ja Schmidt (1930, s. 93) ilmoittaa Eberswalden metsäpuiden siemenentarkastuslaitoksessa suoritettujen 20 idätyskokeen tulosten keskimääräksi 31.2 %:n itävyyden. Toisaalta kuitenkin on Suomen Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen idätyskokeista jo kauan ollut tunnettua, että koivun siemenen itävyys voi olla varsin hyväkin. Kun eri lähteistä saadut tiedot poikkeavat näin paljon toisistaan, ja kuitenkin siemennyksen tehon arvostelemista silmällä pitäen olisi tärkeätä tietää ainakin suurin piirtein, mikä on koivun, erikseen raudus- ja hieskoivun, siemenen keskimääräinen itävyysprosentti, päätettiin tämän selvittämiseksi järjestää erikoistutkimuksia.

Nämä tutkimukset on suoritettu seuraavasti. Puhtaista raudus- ja puhtaista hieskoivikoista, alaltaan vähintään n. 1/4 ha:n laajuisista, on otettu maasta n. 1 dm^2:n suuruisia humuskakkuja, 2—3 kustakin metsiköstä. Näistä humuskakuista on sitten laboratoriossa seulaa ja suurennuslasia apuna käyttäen preparoitu esiin kutakin metsikköä kohden n. 300 koivun siementä. Työ on järjestetty niin, että käsiteltäviksi otetuista humuskakkujen osasista on poimittu kaikki niissä olevat siemenet. Täten on saavutettu se etu, että kussakin 300 siemenen näytteessä on ollut mukana useita vuosikertoja. Kun koivun siemen tavallisilla kangasmailla lahoaa n. 5—7 vuodessa, saadaan siis täten läpileikkaus ainakin n. 5 vuoden siemensadosta. Siemenet on sitten keitetty kyllästetyssä KOH-liuoksessa ja tarkastettu mikroskoopissa voimakasta läpivalaistusta käyttäen. Tällöin on erotettu täysinäiset, so. sellaiset pähkylät, joiden ontelosta vähintään 60 % on siemenen täyttämä, vaillinaiset ja tyhjät pähkylät toisistaan ja vielä lisäksi ryhmitelty pähkylät kolmeen pituusluokkaan (alle 1.5 mm:n, 1.5—2.5 mm:n ja yli 2.5 mm:n pituisiin). Kun täydet ja vaillinaiset pähkylät varistessaan ovat yleensä myös itäviä (vrt.esim. Johnsson 1945, s. 165), joskin jälkimmäisistä kehittyy heikompia sirkkataimia kuin edellisistä, on itävyysprosentti laskettu täysien ja vaillinaisten yhteisen määrän prosenttiosuutena koko tarkastetusta pähkylöiden määrästä. — Menetelmää kehitettäessä otettiin tutkittavaksi myös maassa jo itäneiden siementen vaikutus tulokseen. Tämä tapahtui siten, että koivun pähkylöitä idätettiin idätyskojeessa, ja itäneitä pähkylöitä tarkastettiin mikroskoopissa. Tällöin havaittiin, että itäneet ovat saman-

näköisiä kuin täysinäiset itämättömätkin. Ilmeisesti itäneeseen pähkylään itämisen jälkeen jäävä siemenkuori läpivalaisussa antaa saman kuvan kuin täysi siemenkin. Näin tultiin siis siihen tulokseen, että maassa itäneet siemenet eivät aiheuta virhettä lopputulokseen.

»Humuskakkumenetelmä» tarjoaa useita etuja ennen käytettyihin verrattuna siementen keskimääräistä itävyyttä tutkittaessa. Kuten edellä jo huomautettiin, saadaan täten läpileikkaus n. 6 vuoden sadosta; mukaan tulee siis sekä huonoja että hyviä siemenvuosia niiden satoisuuden mukaisessa suhteessa. Saadaan samalla myös edustava aineisto kokonaisen puuryhmän ja sen puiden latvusten eri osien siemenen laadusta. Tarkastettavaksi otetut siemenet ovat lisäksi varmasti tuleentuneita siinä määrin, kuin ne yleensä luonnossa tuleentuvat. Paitsi sitä, että tämä viimeksi mainittu jo sinänsä on suuri etu sellaisiin menetelmiin verrattuna, joissa siemen kerätään puista, se tarjoaa mahdollisuuden selvittää itse tuleentumisen astetta maan eri osissa. Menetelmä on varsin kätevä myös käytännössä. Kun ei olla riippuvaisia siemenen tuleentumisajasta ja kun maastotyö ja laboratoriotyö tapahtuvat toisistaan riippumatta, voidaan verraten helposti kerätä suhteellisen laaja aineisto.

Tulokset täten suoritetuista tutkimuksista on yhdistetty taulukkoihin 2 ja 3. Kun aineisto on pääasiallisesti kerätty kesällä 1946, se kuvastaa lähinnä vuosien 1940—46 keskimäärää. Tutkimusalue on suuremman yhtenäisyyden saavuttamiseksi jaettu Etelä- ja Keski-Suomen vyöhykkeisiin. Näiden vyöhykkeiden rajaksi on otettu vaahteran *(Acer platanoides)* levinneisyysalueen pohjoisraja (vrt. Suomen kartasto 1925—28, kartta 17.8).

Ensinnäkin nähdään taulukosta 2, että tässä käytetyn menetelmän avulla on päädytty itävyysprosentteihin, jotka hyvin vastaavat aikaisem-

Taulukko 2. Koivun pähkylöiden keskimääräinen itävyys.

Table 2. Average germinative capacity of birch nutlets.

Alue *Area*	Täysiä ja vaillinaisia pähkylöitä, % *Filled and incompletely filled nutlets, %*						Yhteensä koealoja kpl. *Total number of sample plots*	Keskimäärin % *Average %*
	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90		
	Koealojen jakaantuminen. kpl. *Sample plots*							
	Betula verrucosa							
Etelä-Suomi — *South Finland*	—	1	8	8	2	—	19	61
Keski-Suomi — *Central Finland*	1	5	3	3	1	—	13	53
	Betula pubescens							
Etelä-Suomi — *South Finland*	—	—	3	4	1	—	8	63
Keski-Suomi — *Central Finland*	—	—	1	6	5	1	13	70

min mainittuja. Pasilan koivikon täysien ja vaillinaisten siementen yhteinen prosenttimäärä (vrt. s. 17) 64 + 14 =78, Padasjoen 57 % + 4 % = 61 % ja Vilppulan 51 % + 4 % = 55 % soveltuisivat hyvin vaikka taulukkoon 2 rauduskoivun kohdalle, varsinkin kun muistetaan, että Vilppulan metsikössä on 25 % hieskoivua sekapuuna.

Sekä raudus- että hieskoivun siementen keskimääräinen itävyys on nyt suoritettujen tutkimusten mukaan suhteellisen hyvä, useimmissa tapauksissa yli 50 %. Kun Heikinheimon (1937, s. 26) mukaan männyllä on tyhjiä siemeniä keskimäärin n. 18 %, kuusella n. 45 % ja lehtikuusella n. 71 %, on koivun 40—50 %:ia pidettävä muihin puulajeihin verrattuna pikemminkin keskimääräisenä kuin kovin suurena; se on kutakuinkin samaa suuruusluokkaa kuin kuusenkin. Ne huonot kokemukset, joita koivun siemenen itävyydestä aikaisemmin on kirjallisuudessa esitetty ja joihin tämän luvun alussa viitattiin, johtuvat nähtävästi suurelta osalta siitä, että siemen on kerätty yksittäispuista tai liian aikaisin, tuleentumattomana, ja että siemenen myöhemmässä käsittelyssäkin on ehkä tehty virheitä.

Kun tehdään vertailuja maan eri osien välillä, huomataan, että rauduskoivun siemenen keskimääräinen itävyys on Etelä-Suomessa suurempi kuin Keski-Suomessa. Ero on keskiarvoissa n. 8 %. Hieskoivun kohdalla ero on päinvastainen, so. keskisuomalainen siemen itää paremmin kuin eteläsuomalainen. Tässä on syytä huomata, että esim. tunturikoivun *(Betula tortuosa* Ledeb.) siemen itää usein hyvin. Niinpä Resvoll-Holmsen (1928, s. 197) on saanut Norjasta, Gjeilosta keräämiensä siementen itävyydeksi 83 %, ja tämän tutkimuksen yhteydessä on tutkittu pari siemenerää Suomen Lapista, joista toisessa, Savukosken Peuratunturilta kerätyssä oli täysiä ja vaillinaisia yhteensä 72 % ja toisessa, Utsjoen Kevojoelta kerätyssä 80 %.

Verrattakoon edelleen raudus- ja hieskoivun siemenen keskimääräistä itävyyttä toisiinsa. Eteläisessä osassa Suomea ei siinä näy mitään olennaista eroa, mutta mitä pohjoisemmaksi siirrytään, sitä enemmän rauduskoivun siemenen itävyys jää jälkeen hieskoivusta. Tutkimusalueen pohjoisosissa ero onkin jo niin suuri, keskimäärin 17 %, että se on pakko ottaa huomioon, kun verrataan raudus- ja hieskoivun siemennyksen tehokkuutta toisiinsa.

Tässä on syytä vielä mainita, että suurimmat itävyysprosentit on yleensä saatu sellaisilta paikkakunnilta, joissa koivua yleensäkin kasvaa runsaasti, ja pienimmät arvot havupuuvaltaisten seutujen pienehköistä koivumetsiköistä. Niinpä esim. Etelä-Suomessa suurin rauduskoivun siemenen itävyys, 79 %, on saatu lehtipuuvaltaisesta Parikkalasta ja alin arvo, 51 %, havupuuvaltaisesta Tuusulasta.

Koivun pähkyläin tuleentumisastetta on tässä tutkimuksessa kuvattu luvulla, joka ilmaisee, montako prosenttia täysiä pähkylöitä on täysien ja

vaillinaisten (vrt. s. 17) kokonaismäärästä. Tällainen kuvaamistapa perustuu siihen käsitykseen, että koivulla, joka on tyypillinen partenokarpinen puulaji, tyhjät pähkylät ovat tyhjiä pääasiassa siemenaiheen pölyttymisen epäonnistumisen vuoksi, ja että kaikista hedelmöittyneistä siemenaiheista siis kehittyy joko täysiä tai enemmän tai vähemmän vaillinaisia, mutta joka tapauksessa tyhjistä selvästi erottuvia pähkylöitä. Siemenen vaillinainen kehittyminen eli sen puutteellinen tuleentuminen taas voi johtua moninaisista joko puuyksilön sisäisistä tai ulkopuolisista tekijöistä, kuten puun terveydentilasta, kasvupaikasta, sääsuhteista jne.

Taulukko 3. Koivun pähkylöiden keskimääräinen tuleentuminen.

Table 3. Average maturation of birch nutlets.

Alue *Area*	Täysiä pähkylöitä % täysien ja vaillinaisten summasta *Percentage of filled nutlets in relation to the total of filled and incompletely filled nutlets*						Yhteensä koealoja kpl. *Total number of sample plots*	Keskimäärin % *Average %*
	31—40	41—50	51—60	61—70	71—80	81—90		
	Koealojen jakaantuminen, kpl. *Sample plots*							
	Betula verrucosa							
Etelä-Suomi — *South Finland*	1	—	—	9	8	1	19	69
Keski-Suomi — *Central Finland*	—	1	3	4	2	2	12	66
	Betula pubescens							
Etelä-Suomi — *South Finland*	—	1	3	3	1	—	8	70
Keski-Suomi — *Central Finland*	—	—	2	2	6	2	12	72

Edellä mainitulla tavalla laskettuja tuleentumisastetta kuvaavia lukuja käytettäessä on huomattava, että täysien ja vaillinaisten pähkylöiden erottaminen toisistaan on tietysti jonkin verran subjektiivisista. Tästä syntyy tuloksiin virheitä, jotka ovat n. 5—10 % kyseessä olevista tunnusluvuista.

Tulokset koivun pähkylöiden tuleentumista koskevista tutkimuksista nähdään taulukosta 3. Siinä käytetty aineisto on sama, humuskakkumenetelmällä hankittu, jonka varassa koivun siementen keskimääräistä itävyyttäkin on edellä selvitetty. Taulukosta nähdään, että keskimäärin n. 70 % täysien ja vaillinaisten pähkyläin kokonaismäärästä on ollut täysiä. Huomiota kiinnittää, ettei eri koivulajien eikä erilaisen maantieteellisen sijainnin kohdalla näy sanottavia eroja.

Siemeniä tutkittaessa niissä on näkynyt erilaisten tuhojen aiheuttamia vikoja varsin vähän, vain n. 2—3 %:ssa siemenien kokonaismäärästä. Silmäänpistävimpiä tuhojen aiheuttajia ovat olleet *Sclerotinia betulae* Woron., koivun siemenäkämäsääski *Oligotrophus (Cecidomyia) betulae* Winn. sekä jotkut hyönteislajit, jotka syövät siemeniin reikiä. Voidaankin sanoa, ettei tutkimusalueen metsissä ainakaan näillä tuhoilla ole sanottavaa vaikutusta

koivun siemensatoon. Sitä vastoin eräillä *Lygus*-sukuun kuuluvilla ludelajeilla, jotka tuhoavat eminorkot jo niiden kehityksen alkuvaiheessa, voi olla suurempi vaikutus, josta ei kuitenkaan vielä ole yksityiskohtaisia tietoja.

Varsin selvästi on havaittavissa, että koivun kuten monien muidenkin puulajien siemen (Dybeck 1923, s. 110, Heikinheimo 1937, s. 25, Baldwin 1942, s. 78) on paremmin itävää hyvinä kuin huonoina siemenvuosina. Eräs syy tähän yleiseen ilmiöön on varmaankin se, että huonoina siemenvuosina, jolloin kukkiminen on heikkoa, emikukkien pölyttymisen todennäköisyys on pienempi kuin hyvinä siemenvuosina, koska pienen emikukkamäärän kunnollinen pölyttyminen edellyttää yhtä sakeaa siitepölypilveä kuin suruenkin. Esim. huonosta tuleentumisesta ei voi olla kysymys, koska hyvien siemenvuosien siemenissä on suhteellisesti yhtä paljon vaillinaisia kuin huonojenkin.

Aikaisemmin on jo osoitettu, että koivun siemensato keskittyy käytännöllisesti katsoen miltei kokonaan hyviin siemenvuosiin. Siemenen suhteellisen hyvä itävyys hyvinä siemenvuosina korostaa yhä niiden merkitystä.

Siementen leviäminen.

Koivun siemennykselle on ominaista siemensadon runsaus ja siementen hyvä kulkeutumiskyky. Jonkin uudistusalan siementymistä arvosteltaessa ei tämän vuoksi riitä, että otetaan huomioon vain tällä uudistusalalla kasvavat puut, kuten esim. männyn ja kuusen kyseessä ollen on tapana tehdä, vaan on kiinnitettävä huomiota verrattain etäälläkin uudistusalasta kasvaviin koivuihin. Tämä edellyttää kuitenkin entistä tarkempia tietoja koivun siementen leviämistavasta.

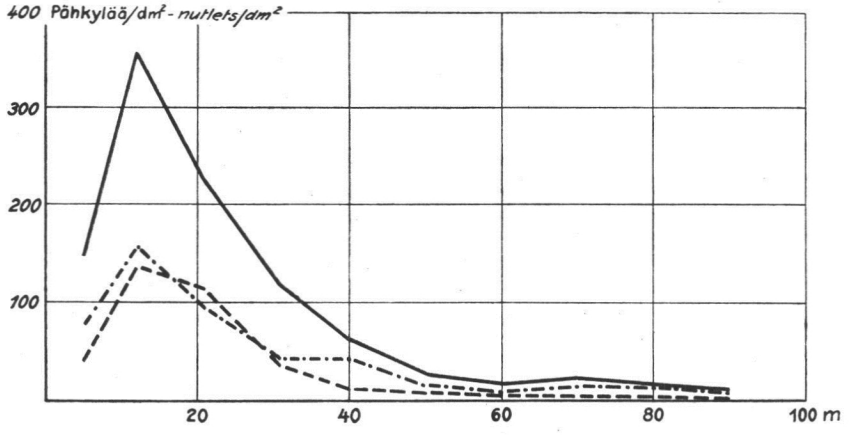
Tarkasteltakoon aluksi, miten siemenet leviävät yksinäisestä täysikasvuisesta koivusta.

Tämän kysymyksen selvittämiseksi oli ensiksi löydettävä tuollainen yksinäinen koivu — tehtävä, joka osoittautui odotettua vaikeammaksi. Lopulta kuitenkin löydettiin tällainen puu Salpausselältä Hyvinkään kauppalan alueelta. Puu on tuuhealatvuksinen, 21 m:n pituinen ja rinnankorkeudelta 45 cm:n paksuinen rauduskoivu, jonka lähiympäristössä ei kasva ainakaan n. 300 m:n etäisyydessä muita siementäviä koivuja. Kasvupaikka on puolukkatyyppiä ja ympäröivä metsikkö harvaa riukumännikköä. Siementen leviämistä tutkittiin siten, että maasta otettiin tietyin välimatkoin koivusta lukien tarkoin 1 dm^2:n laajuisia humuskakkuja, joista laboratoriossa preparoitiin kaikki niissä olevat koivun siemenet esiin. Siemenet, jotka edustavat n. 5—7 vuoden kokonaissatoa, keitettiin KOH-liuoksessa ja tutkittiin mikroskoopissa voimakasta läpivalaistusta apuna käyttäen. Paitsi sitä, että täten saatiin selville kokonaislukumäärä, voitiin erottaa täysinäiset ja tyhjät pähkylät toisistaan.

Tulokset nähdään kuvasta 5 diagramman muodossa. Siitä käy ilmi, että siirryttäessä puun tyveltä kauemmaksi siemensato aluksi kasvaa, saa-

vuttaa suurimman määränsä n. 10—12 m:n päässä puusta ja alkaa sitten nopeasti vähentyä. N. 50 m:n päässä puusta, kun siemensato on enää vajaa 10 % suurimmasta määrästään, tämä väheneminen kuitenkin heikkenee niin, että esim. 100 m:n päässä siemensato on vielä n. 5 % enimmäismäärästään. Täysien ja tyhjien pähkylöiden leviämistapa on aluksi yllättävässä määrässä samantapainen, mutta mitä etäämmäksi puusta tullaan, sitä suuremmaksi kasvaa tyhjien pähkylöiden osuus. N. 70 m:stä eteenpäin käytännöllisesti katsoen kaikki pähkylät ovat tyhjiä.

Eräät koivun taimien esiintymiseen perustuvat käsitykset koivun siementen leviämisestä sopivat hyvin yhteen kuvassa 5 esitetyn yksityis-



Kuva 5. Siementen leviäminen yksinäisestä rauduskoivusta. ——— Täydet, vaillinaiset ja tyhjät pähkylät yhteensä; — — — — täydet pähkylät erikseen; —.—.—.— tyhjät pähkylät erikseen. *Fig. 5. The dispersal of seed from a single birch (Betula verrucosa).* ——— *Filled, incompletely filled, and empty nutlets, together;* — — — — *filled nutlets, separately;* —.—.—.— *empty nutlets, separately.*

tapauksen kanssa. Esim. H e i k i n h e i m o (1944, s. 22) mainitsee, ettei metsäpuillamme tosin ole mitään tarkasti määrättäviä siementämisrajoja, mutta milloin niitä on pakko käyttää, voidaan esim. koivulle hyvin siementävän metsänreunan siementämisrajaksi arvostella enintään pari siementävien puiden korkeutta, siis n. 40—60 m. Tätä tutkimusta suoritettaessa voitiin Kihniön laajalla kuloalalla panna merkille, että koivuntaimistot ulottuivat täysitiheinä n. 40—50 m:n päähän reunametsästä. Siitä etäämmälle mentäessä ne harvenivat aivan silmäänpistävästi ja käytännöllisesti katsoen loppuivat kokonaan jo n. 100 m:n etäisyydessä. Joskin siis koivun siemen voi kulkeutua hyvinkin kauaksi emopuusta, niin tehokkaana siemennys ulottuu kuitenkin suhteellisen lyhyelle etäisyydelle. Tätä on syytä korostaa, koska koivun siementen kulkeutumiskykyä ilmeisestikin on usein liioiteltu, ja varsin yleinen on sellainen käsitys, että koivun siementä tulee miltei kaikkialle.

Tässä herää myös kysymys siitä, onko raudus- ja hieskoivun siemenien leviämiskyvyssä eroa. Esim. Heikinheimo (1915, s. 134) viittaa tällaiseen mahdollisuuteen ja arvelee, että rauduskoivun siemenillä on suurempi mahdollisuus levitä kauas emopuusta kuin hieskoivun siemenillä, koska edellisen lenninsiivet ovat suhteellisesti suuremmat kuin jälkimmäisen. Tähän kysymykseen etsittiin vastausta tekemällä pudotuskokeita. Kokeissa käytettiin viidestä rauduskoivusta, viidestä hieskoivusta sekä vertailun vuoksi vielä kolmesta männystäkin kerättyjä siemeneriä. Eri puuyksilöiden siemenet pidettiin kokeiden kuluessa toisistaan tarkoin erillään. Vain täysiä siemeniä käytettiin. Täysien koivun siemenien valitseminen tapahtui siemeniä mikroskoopissa läpivalaisten, täysien männyn siemenien valitseminen siemeniä varovasti neulalla puhkomalla. Kaikki siemenet kuivattiin aluksi kuivauskaapissa + 30° C:n lämpötilassa, minkä jälkeen ne saivat olla pari vuorokautta avoimessa astiassa huoneessa (n. + 18° C:n lämpötilassa). Kustakin siemenerästä pudotettiin yksitellen 20 siementä; aika mitattiin sekunttikellolla. Kokeet suoritettiin Helsingin Metsätalon porraskuilussa siten, että illalla myöhään, kun talossa ei enää liikuttu ja oli pimeätä, suunnattiin kuiluun voimakas valokeila, jonka piirissä pähkylöiden putoamista oli helppo seurata. Näistä kokeista saatiin seuraavia tuloksia.

Betula verrucosa		*Betula pubescens*		*Pinus silvestris*	
Näytteen n:o	Putoamisnopeus m/sek	Näytteen n:o	Putoamisnopeus m/sek	Näytteen n:o	Putoamisnopeus m/sek
19	0.41 ± 0.018	21	0.61 ± 0.023	30	0.64 ± 0.016
20	0.41 ± 0.026	41	0.63 ± 0.035	40	0.65 ± 0.022
7	0.57 ± 0.013	42	0.71 ± 0.017	17	0.67 ± 0.036
46	0.58 ± 0.017	31	0.72 ± 0.022		
45	0.62 ± 0.023	43	0.79 ± 0.018		
	Paino mg/kpl		Paino mg/kpl		Paino mg/kpl
19	0.24	21	0.25	30	6.05
20	0.19	41	0.19	40	5.56
7	0.24	42	0.35	17	6.86
46	0.38	31	0.24		
45	0.33	43	0.36		
	Pinta-ala mm^2/kpl		Pinta-ala mm^2/kpl		Pinta-ala mm^2/kpl
19	14.1 ± 0.28	21	6.7 ± 0.19	40	43.5 ± 0.99
20	11.0 ± 0.36	41	6.1 ± 0.21	17	45.6 ± 1.96
7	8.3 ± 0.28	42	7.5 ± 0.16		
46	12.4 ± 0.35	31	5.6 ± 0.18		
45	10.8 ± 0.30	43	6.8 ± 0.25		

Putoamisnopeuksien keskiarvoille lasketut keskivirheet ovat suhteellisen pieniä; keskiarvot näyttävät näin ollen hyvin kuvaavan eri siemennäytteitä. Samalla nähdään, että eri puuyksilöiden välillä on paljon suu-

rempia eroja kuin saman puuyksilön eri siementen välillä. Tämän vuoksi olisi ollut toivottavaa, että kokeissa olisi voitu käyttää niiden suuritöisyydestä huolimatta vieläkin useampia siemennäytteitä.

Verrattaessa eri koivulajeja toisiinsa nähdään, että rauduskoivun täysien pähkylöiden putoamisnopeus keskimäärin on n. 25 % pienempi kuin hieskoivun. Tämä ero johtuu ilmeisesti juuri siitä, että rauduskoivulla siemenen lenninsiipi on leveämpi (tässä n. 73 % leveämpi) kuin hieskoivulla, koska täysien siementen painossa ei keskimäärin ole sanottavaa eroa. Rauduskoivun pähkylöiden pienempi putoamisnopeus merkitsee ilmeisestikin parempaa leviämiskykyä (vrt. esim. S c h m i d t 1918). Kun rauduskoivu yleensä varttuu pitemmäksi puuksi ja on tavallisesti vallannut maaston korkeimmat kohdat hieskoivun keskittyessä notkopaikkoihin ja suoalanteisiin, pähkylöiden kulkeutumiskyvyn ero käy yhäkin suuremmaksi.

Männyn siemenille saadut putoamisnopeudet ovat selvästi suuremmat kuin rauduskoivun siemenen, mutta kutakuinkin samaa suuruusluokkaa kuin hieskoivun. Kokeisiin ryhdyttäessä odotettiin paljon suurempia eroja. Tulokset ovat kuitenkin hyvin sopusoinnussa sen kanssa, mitä edellä on sanottu koivun siementen leviämiskyvystä; se ei ole läheskään niin hyvä kuin yleisesti otaksutaan. Huomiota kiinnittää erityisesti hieskoivun siementen suhteellisen huono leviämiskyky, joka näyttää olevan vain samantapainen kuin männyn siementen.

Koivun siemen putoaa pähkylän molemmin puolin symmetrisesti leviävien lenninsiipiensä varassa leijaillen kuin liitolentokone alas; se edustaa verrattain alkeellista putoamistyyppiä, ns. purjelentäjää (saks. *Segelflieger*). Männyn ja kuusen siementä voitaisiin putoamistapansa puolesta taas verrata ehkä lähinnä helikopteriin: epäkeskisesti yhteen lenninsiipeen kiinnittynyt siemen painaa pudotessaan siemenen siiven nopeaan kiertoliikkeeseen. Näin putoavia siemeniä, joiden putoamistyyppiä on pidettävä verrattain pitkälle kehittyneenä, on tapana nimittää ruuvilentäjiksi *(Schraubenflieger)*. Tässä saatu tulos, joka osoittaa, että esim. männyn siemenen putoamisnopeus on samansuuruinen kuin hieskoivun siemenen, vaikka männyn siemen painaa yli kaksikymmentä kertaa niin paljon kuin hieskoivun, on kaunis esimerkki »tekniikan voittokulusta» luonnossa.

Vastaavanlaisia havaintoja on tehty aikaisemminkin. B a l d w i n (1942, s. 24) mainitsee amerikkalaisista tutkimuksista, joissa on käynyt ilmi, että *Chamaecyparis thyoidesin* siemenen (purjelentäjä) putoamisnopeus on suurempi kuin *Pinus Lambertianan* siemenen (ruuvilentäjä) siitä huolimatta, että edellisen siemen painaa 0.0016 g/kpl. ja jälkimmäisen 0.293 g/kpl.

Huomattakoon edelleen, että männyn siemenen rakenne ei ole vain lentomekanismin puolesta koivua etevämpi. Kun siemen saapuu maahan, niin se useimmiten ensinnä takertuu siivestään kiinni pintakasvillisuuteen. Siivestä on siis tässä vaiheessa pelkkää haittaa, koska se estää siemenen painumista syvemmälle varsinaiseen maan pintaan, missä siemenellä on paremmat itämisedellytykset, ja missä pienellä sirkkataimella on paremmat kehittymisen mahdollisuudet. Männyn siemenessä siiven kiinnittymistapa on sikäli tarkoituksenmukainen, että siipi ilman kosteus- ja lämpötilavaihteluiden vaikutuksesta irtoaa helposti siivestä, kun koivun siemenessä sitä vastoin siipi on kiinteästi pähkylän seinämässä kiinni.

On kuitenkin yleisesti tunnettua, että hieskoivunkin taimia saattaa ilmaantua hyvinkin etäälle lähimmistä siementävistä puista. Ja tämänkin tutkimuksen yhteydessä on saatettu tehdä vastaavanlaisia huomioita esim. Kihniön laajalla kuloalalla. Hieskoivun taimia tavataan siellä esim. mäntyyn verrattuna etäämpänä siemenpuista kuin edellä mainitut putoamisnopeudet edellyttäisivät. Miten tämä on selitettävissä?

Tärkeänä syynä on varmaankin koivun tavattoman runsas siemensato. Palautettakoon mieleen esim. aikaisemmin mainittu 128 kg:n sato täysinäistä siementä hehtaarin alalla. Vaikkapa hieskoivun siemenen kulkeutumiskyky näyttääkin olevan samantapainen kuin männyn, todennäköisyys hieskoivun taimien ilmaantumiseen etäällä emopuista on jo tästä syystä paljon suurempi kuin männyn taimien.

Siemensadon arvioiminen koealoilla.

Edellä on valaistu koivun siementymisen eri puolia sekä oman aineiston pohjalla että eräitä aikaisempia tutkimuksia hyväksikäyttäen. Käsillä olevassa tutkimuksessa ei ole kuitenkaan voitu tyytyä vain tähän, vaan lisäksi on jokaisessa yksittäisessä koealametsikössä erikseen yritetty arvostella koivun siemensadon suuruus siinä. Tällöin on turvauduttu kahteen toisistaan olennaisesti eroavaan menetelmään, joista toinen perustuu maahan varisseen siemenen ja toinen itse siementävien puiden lukemiseen.

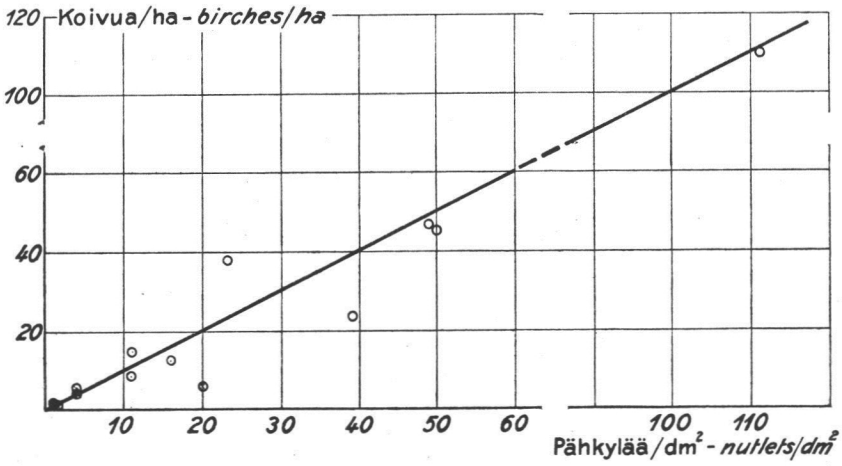
Edellisestä menetelmästä on aikaisemmin ollut puhe, joskin hieman toisessa yhteydessä, siementen leviämistä selviteltäessä. Tätä menetelmää sovellettaessa maasta otetaan kivennäismaata myöten tarkoin 1 dm^2:n suuruisia humuskakkuja, joista sitten myöhemmin laboratoriossa preparoidaan kaikki pähkylät esiin. Samalla kun pähkylät luetaan, ne myös tutkitaan mikroskooppia apuna käyttäen ja eritellään tyhjiin sekä täysinäisiin. Tulos kuvaa n. 5—7 vuoden siemensatoa. Kun useimmilta koealoilta on otettu vain kaksi 1 dm^2:n suuruista näytettä, tulokset tietenkin kuvastavat vain aivan karkeasti siemensadon suuruusluokkaa. Menetelmän heikkoutena on lisäksi pidettävä sitä, että sen avulla ei ole mahdollista erottaa raudus- ja hieskoivun siemennystä toisistaan.

Siementäviä puita luettaessa ne on, raudus- ja hieskoivut erikseen, ryhmitelty siementämiskykynsä mukaan silmävaraisesti kolmeen satoisuusluokkaan ja sijaintinsa mukaan koealasta lukien viiteen etäisyysluokkaan. Näiden tietojen avulla on ollut mahdollista arvioida, montako normaalina pidettävää siemenpuuta hehtaarin alalla antaisi osapuilleen saman siemennyksen kuin kaikki ne koealalla ja sen lähiympäristössä todella olevat erikokoiset koivut, joiden siemennysalue ulottuu koealalle saakka. Eri etäi-

syyksillä olevien puiden siemennystehoa arvosteltaessa on käytetty hyväksi niitä tutkimustuloksia, joista edellisessä, siementen leviämistä koskevassa luvussa on ollut puhe. Siementäviä koivuja luettaessa niiden satoisuus on yritetty arvostella sellaiseksi, kuin se on ollut välittömästi paljastavan hakkuun jälkeen. Tästä syystä ei tällaisia arviointeja olekaan tehty sellaisissa tutkimusmetsiköissä, joissa hakkuusta oli kulunut suhteellisen pitkä aika. Monista puutteistaan huolimatta tällä menetelmällä on ollut mm. se etu, että on voitu saada ainakin joten kuten objektiivinen kuva raudus- ja hieskoivun siemennyksen keskinäisestä suhteesta.

Paras tarkistus edellä kuvatuille siemensadon arvioimismenetelmille saataisiin ilmeisesti järjestämällä siemennysmittareita sellaisiin metsikköihin, joissa siemensato on näitä menetelmiä käyttäen arvioitu; näin on itse asiassa tehtykin, mutta kun havaintoja on vasta 2—3 vuoden ajalta, ei niihin ole syytä vielä puuttua.

Eräs tapa etsiä tarkistusta tässä käytetyille menetelmille on niiden antamien tuloksien vertaaminen keskenään. Tällainen vertailu nähdään diagramman muodossa kuvassa 6. Siihen on koottu tulokset siemenpuualoilta. Niihin moniin teoreettisiinkin heikkouksiin nähden, joita varsinkin koivujenlukumenetelmään sisältyy, on riippuvaisuussuhde yllättävän kiinteä. Korrelatiokertoimeksi on saatu $r = + 0.97 \pm 0.28$, mikä merkitsee miltei täydellistä riippuvaisuussuhdetta. (Kun $r = \pm 1.00$, riippuvaisuus on täydellinen.) — Yhtä »normaalikokoista» koivusiemenpuuta hehtaaria kohden vastaa siis melko tasaisesti yhden koivunsiemenen sato dm^2:iä kohden 5—7 vuoden kuluessa.



Kuva 6. Humuskakkumenetelmällä ja koivujenlukumenetelmällä arvioitujen tulosten vertailua.
Fig. 6. Comparison of results of estimation by the methods founded on »humus-cakes» and on the number of birches.

Saatuja tuloksia, lähinnä koivujenlukumenetelmällä saavutettuja, on tässä tutkimuksessa käytetty hyväksi etupäässä vertailujen tekemiseen siitä, missä keskinäisessä suhteessa raudus- ja hieskoivua on siementynyt yksittäisille koealoille. Se humuskakkumenetelmän ja koivujenlukumenetelmän avulla saatujen tulosten välinen kiinteä suhde, joka nähdään kuvassa 6, puolustanee ainakin näin pitkälle menevien päätelmien tekemistä.

Koivun taimistot uudistusaloilla.

Taimistojen kuvaaminen.

Itse taimi-käsite ei ole tieteellisessä sanastossa vielä täysin vakiintunut. Usein taimi määritetään jotakin pituuden ylärajaa, esim. 1.3 m:iä tai 2 m:iä, apuna käyttäen. Tälläinen määritys on täsmällinen ja sen soveltaminen maastossa helppoa ja objektiivista, mutta se tekee tavallisesti enemmän tai vähemmän väkivaltaa itse tutkimuskohteelle ja voi tietyissä rajatapauksissa johtaa erehdyttäviinkin tuloksiin. Tästä syystä käsillä olevassa tutkimuksessa onkin pyritty joustavampaan määritykseen. Taimiksi on luettu kaikki 1.3 m:iä pienemmät puut sekä tämän lisäksi ne suuremmat, jotka liittyvät edellisten kanssa siinä määrin yhteen, että niiden voidaan ajatella puuston kehittyessä sulautuvan yhdeksi ja samaksi kerrokseksi eli jaksoksi.

Taimet on niitä luettaessa jaettu kolmeen pituusluokkaan: 1. alle 0.1 m:n pituiset, joita nimitetään taimiainekseksi, 2. 0.1—1.3 m:n pituiset eli varsinaiset taimet ja 3. yli 1.3 m:n pituiset eli esikasvos.

Taimistoihin kohdistuneiden mittausten tarkoituksena on ollut ensi sijassa luoda pohjaa taimistojen metsittämisarvon arvostelemiselle. Tätä varten on ollut tarpeellista hankkia tietoja sekä taimien lukumäärästä että niiden ryhmittymistavasta.

Taimien lukumäärää on selvitetty sekä linja-arvioimista että ruutumenetelmää apuna käyttäen. Linja-arviointi on suoritettu siten, että uudistusalan lävitse on kuljettu taimiston tiheydestä riippuen joko 2:n, 3:n tai 5 m:n levyiset linjat 10 m:n välimatkoin toisistaan. Arvioimisprosentti on siis vaihdellut 20:stä 50:een. Ruutumenetelmässä on käytetty apuna 1 m^2:n laajuista puukehystä, jonka avulla on kultakin uudistusalalta rajoitettu 30 pitkin koealan lävistäjiä tasaisin välimatkoin asetettua ruutua. Arvioimisprosentti on tässä menetelmässä jäänyt siis vain 1.2:ksi. Linja-arvioinnin etuna on pidettävä suurta arvioimisprosenttia, mutta työn tarkkuus tietysti on pienempi kuin ruutumenetelmässä, minkä vuoksi yleensä saadaan hieman liian pieniä tuloksia. Ruutumenetelmän etuna on juuri suuri tarkkuus, mutta yksittäisillä koealoilla tulos voi pienen arvioimisprosentin vuoksi olla jossakin määrin sattumanvarainen. Sopivasti yhdistäen nämä menetelmät täydentävät toisiaan. Ruutumenetelmän tuloksien varassa saadaan luotettava kokonaiskuva, jonka moniin yksityiskohtiin linja-arvioinnin tulokset luovat lisävalaistusta.

Taimien ryhmittymistavan selvittämiseen on käytetty ruutumenetelmällä kerättyä aineistoa. Laskemalla koealoittain, montako prosenttia sellaisten ruutujen lukumäärä, joissa on taimia (vaikkapa vain yksikin), on tutkittujen ruutujen kokonaislukumäärästä, saadaan kullekin taimistolle tunnusluku, joka yhdessä taimiluvun kanssa hyvin kuvaa taimiston tasaisuutta. Tätä lukua kutsutaan seuraavassa ryhmittymisluvuksi. Paitsi sitä, että täten laskettua tunnusta voidaan pitää objektiivisena tasaisuuden ilmaisemistapana, se yksinkertaisena lukuna hyvin soveltuu tilastolliseen käsittelyyn.

Määrityksestä ilmenee, että suurin mahdollinen ryhmittymisluku on 100. Kun käytetään 1 m^2:n (= 1/10 000 ha) suuruisia ruutuja, kuten tässä tutkimuksessa, voidaan ryhmittymisluvusta edelleen tehdä seuraavat päätelmät. Jos taimia on n kpl/ha ja $n \leq 10\,000$, niin suurin mahdollinen ryhmittymisluku on n/100. Niinpä, jos taimia on esim. 1 000 kpl/ha, niin suurin mahdollinen ryhmittymisluku on 10, jos taimia on 2 000 kpl/ha, niin se on 20, jne. Todennäköisyyslaskennossa käytetyn sanonnan mukaan ryhmittymisluku ilmaisee, suuriko on todennäköisyys, että yhdessä yksittäisessä ruudussa on taimi tai taimia.

Taimistoissa, joiden taimiluku on pienempi kuin 10 000 kpl/ha, saavutetaan suurin mahdollinen ryhmittymisluku vain, jos ne ovat aivan tasaiset. Epätasaisissa taimistoissa ryhmittymisluku jää sitä pienemmäksi, mitä epätasaisemmista taimistoista on kysymys. Vertaamalla ryhmittymislukua taimilukuun voidaan siis saada käsitys taimiston tasaisuuden asteesta. Lisäksi voidaan sanoa, että epätasaisen taimiston ryhmittymisluku suoranaisesti ilmaisee, millaiseen (taimiluku/ha) tasaiseen taimistoon kysymyksessä oleva epätasainen taimisto metsittämisarvonsa puolesta lähinnä on rinnastettavissa.[1])

Ryhmittymislukuja laskettaessa ei koivun taimiainesta (alle 0.1 m:n mittaista taimistoa) ole otettu huomioon, koska näin pienien taimien tulevaisuus on vielä siksi epävarmaa, ettei niitä taimiston metsittämisarvoa harkittaessa voida rinnastaa suurempiin taimiin. Hehtaaria kohden lasketuissa taimiluvuissa ne sitä vastoin ovat mukana.

Erityisen vaikeata on koivun vesojen lukeminen ja kuvaaminen siten, että saadut tunnusluvut antaisivat oikean kuvan vesojen metsittämis-

[1]) On selvää, että ryhmittymisluku on riippuvainen käytetyn ruudun koosta; mitä pienempää ruutua käytetään, sitä pienempi ryhmittymisluku myös saadaan ja päinvastoin. Tarkoituksenmukaisinta on valita ruudun koko sellaiseksi, että se vastaa tasaisessa taimistossa kullekin yksittäiselle taimelle vähintään varattavaa kasvutilaa. Ruudun kokoa harkittaessa joudutaan näin ollen kiinnittämään huomiota kasvupaikkaan (maantieteellinen asema siihen luettuna), puulajiin ja talouden voimaperäisyyteen (vrt. Eneroth 1945, s. 189). Vaikka koivikoittemme kasvatuksesta saadut kokemukset viittaavat siihen, että koivun taimistojen ollakseen tiheyssuhteiltaan hyviä tulee olla suhteellisen tiheitä, voidaan 1 m^2:n kasvutilaa kutakin tainta kohden pitää yhdelle taimelle voimaperäisessäkin metsätaloudessa varattavan kasvutilan vähimmäiskokona tutkimusalueella.

arvosta. Esim. vesojen kokonaismäärä hehtaaria kohden ei sano kovinkaan paljon, koska vesojen lukumäärä yksittäisissä vesaryhmissä voi vaihdella parista kolmesta moneen kymmeneen. Käyttökelpoisempi on vesaryhmien lukumäärä. Metsittämisarvoltaan voidaan näet yksi vesaryhmä rinnastaa lähinnä ehkä yhteen siementaimeen. Sekä taimi- että ryhmittymislukuja laskettaessa koivun vesat onkin otettu huomioon vain vesaryhminä.

Kun tutkimusaineistoa käsiteltäessä joudutaan eri koealoja vertaamaan toisiinsa ja samanluonteisista koealoista laskemaan osakeskiarvoja, ei aivan nuoria uudistusaloja yleensä voida rinnastaa vanhempiin, koska edellisillä koivun taimiminen on vielä aivan kesken. On tietysti jossakin määrin sovinnaista, mikä vuosimäärä otetaan »nuorien» ja »vanhojen» taimistojen rajaksi ja erilaisilla uudistusaloilla voidaan mahdollisesti puoltaa eri vuosimääriäkin. Kun koivun uudistumisen edellytykset useilla tavanomaisilla uudistusaloilla, kuten esim. paljaaksihakkuu- ja siemenpuualoilla, niille kehittyvän ruoho- ja heinäkasvillisuuden ansiosta yleensä hyvin nopeasti paljastavan hakkuun jälkeen huononevat (vrt. s. 43 ja s. 49), on kolmea vuotta pidetty sopivana raja-aikana; pitempää uudistumisaikaa koivu ei kerta kaikkiaan tavallisesti pystyne käyttämään tehokkaasti hyväkseen. Tätä käsitystä ovat tukeneet myös eräät pysyvät kokeet, joissa on seurattu koivun taimien ilmaantumista vuodesta toiseen maastoon tarkoin rajoitetuissa 1 m^2:n suuruisissa ruuduissa. Sovellettaessa harsinnan luonteisia hakkuutapoja, kuten esim. keskitettyä harsintaa, koivun uudistumisaika venyy kokonaisuutta silmällä pitäen tosin pitemmäksi, mutta tällöinkin se eri hakkuuvaiheissa näyttää rajoittuvan suhteellisen lyhyeen, välittömästi hakkuuta seuraavaan ajanjaksoon.

Kaskialat.

Edellä on johdannossa jo viitattu siihen erittäin suureen merkitykseen, mikä kaskeamisella on ollut koivun leviämiseen maassamme. Kun kaskeaminen nyttemmin on kuitenkin jo niin loppunut, ettei sopivia tutkimusaloja ollut käytettävissä kuin nimeksi, on seuraavassa pakko nojautua suureksi osaksi aikaisempiin tutkimuksiin. Onneksi on tällöin käytettävissä Heikinheimon (1915) laajojen tutkimusten tulokset, jotka perinpohjaisesti selvittävät mm. juuri kaskialojen uudistumiskysymystä.

Heikinheimon tutkimuksesta nähdään, että kaskeamistapoja on ollut useita eri lajeja. Ne voidaan kuitenkin jakaa kahteen vaikutuksensa puolesta toisistaan tuntuvasti eroavaan pääryhmään. Kylien läheisyydessä harjoitettiin ns. kiertokaskiviljelystä, jossa verrattain lyhyin väliajoin palattiin samalle alalle, kun taas etäämpänä kylistä, usein hyvinkin kaukana, käytettiin ns. huuhta- eli ylipaloviljelystä, jossa samalle alalle palattiin paljon harvemmin.

Lähtemättä yksityiskohtaisesti kuvailemaan näitä eri kaskeamistapoja on tässä syytä kiinnittää huomiota muutamaan juuri kaskialoille olennaiseen piirteeseen, joita ei tavata muilla seuraavassa tarkastettavilla tulen polttamilla mailla, kuloaloilla ja kulotusaloilla. Kaskialoilla, varsinkin huuhtakaskissa, on poltettu puumäärä ollut erittäin suuri. Useinhan huuhtakasket raivattiin järeihin, koskemattomiin luonnonmetsiin, joissa puumäärä hehtaaria kohden saattoi nousta useihin satoihin kuutiometreihin. Ja kaikki poltettiin. Tästä oli seurauksena, että myös humus paloi perusteellisesti, ja maa sai erittäin voimakkaan tuhkalannoituksen. Kaskialoilla suoritettiin säännöllisesti myös enemmän tai vähemmän tehokasta maan muokkausta sekä risukarhia että kaskisahraa apuna käyttäen. Tässä muokkauksessa kivennäismaa paljastui laajoilla aloilla.

Kiertokaskiviljelyksessä joutuivat havupuut, ennen kaikkea kuusi, mutta myös mänty, väistymään lehtipuiden tieltä, ja lyhimmin väliajoin kasketuilla alueilla leppä muodostui vallitsevaksi puuksi. Näitä alueita on myös säännöllisesti voimakkaasti laidunnettu, mistä johtuu, että puuston laatukin on usein verrattain huono.

Huuhtaviljelyksen vaikutus puulajisuhteisiin oli suunnaltaan samanlainen kuin kiertokaskiviljelyksenkin, mutta tehokkuudeltaan vähäisempi: havupuiden valta pieneni ja lehtipuiden lisääntyi, mänty ja koivu voittivat alaa kuusen kustannuksella, mutta leppä ei ennättänyt saada sanottavasti jalansijaa.

Kaskialojen siementyminen on useimmiten ja pääasiallisesti tapahtunut reunametsistä käsin. Runsassatoinen ja kevytsiemeninen koivu on tällöin päässyt havupuihin verrattuna edulliseen asemaan ja rauduskoivu hieskoivun edelle. Huuhtakaskissa koivun siemennys lienee ollut miltei yksinomaan rauduskoivua, koska niissä enemmän tai vähemmän luonnontilaisissa metsissä, joihin nämä kasket raivattiin, rauduskoivu ainakin kovilla mailla oli vallitseva koivulaji. Kiertokaskiviljelyksessä sitä vastoin lienee hieskoivunkin siemennys ollut melkoinen. Koivun siemennyksen kokonaismäärä näyttää kaskialoilla usein olleen suhteellisen vähäinen.

Koivun taimettumisedellytykset ovat kaskialoilla olleet erittäin hyvät. Kun kaskiksi on ensisijaisesti valittu parhaita metsämaita, lehtoja, käenkaali-mustikkatyypin ja mustikkatyypin kankaita, on maaperän viljavuus yleensä hyvin vastannut koivun vaatimuksia. Siemen on heti joutunut kivennäismaan pinnalle, missä kosteussuhteet ovat paljon suotuisammat kuin esim. kivennäismaata peittävän humus- ja sammalkerroksen pinnalla. Runsaan tuhkalannoituksen voimalla pienet, varsinkin kuivumiselle alttiit sirkkataimet ovat nopeasti varttuneet suuremmiksi ja kestävämmiksi. Tätä kehitystä ei liioin ole haitannut, kuten tavallisesti uudistusaloilla, pintakasvillisuuden taholta taimiin kohdistuva kilpailu.

Lähinnä maan hyvästä taimettumiskunnosta johtuukin, että kaskialoille on noussut taajoja koivun taimistoja usein heikonlaisestakin siemennyksestä huolimatta. Mainittakoon seuraavat esimerkit:

Heikinheimo (1915, s. 133) on lukenut kaskialoilta seuraavia taimimääriä.

Korpiselkä, Tolvajärvi. N. 12 m pitkää rauduskoivua n. 0.8 ha:n laajuisen jotenkin neliönmuotoisen kaskialan ympärillä. 2—3-vuotisia rauduskoivun taimia lähellä reunametsää keskimäärin 260 kpl., keskiosalla 139 kpl. m²:llä.

Korpiselkä, Tolvajärvi. N. 2 ha:n laajuisen kaskialan pohjoispäässä n. 11 m korkeaa männyn ja koivun sekaista metsää. 2—3-vuotisia koivun taimia reunametsän lähellä 29 kpl/m². N. 100 m:n päässä ei taimia enää sanottavasti ole.

Suojärvi, Papero. 6—13 m korkean reunametsän läheisyydessä keskimäärin 105 kpl. ja n. 80 m:n päässä 21 kpl. m²:llä etupäässä hieskoivun taimia.

Soanlahti, Lehmivaara. N. 11 m korkeat reunapuut ovat siementäneet n. 80 m:n päähän keskimäärin 0.4 kpl. ja laiteelle n. 8 kpl. m²:lle koivun taimia.

Itse olen erään toisen tutkimuksen yhteydessä tutkinut 10. 7. 1939 kaksi vuotta aikaisemmin kasketun alan Pieksämäellä, Niskamäen kylässä. Tätä suorakaiteen muotoista mustikkatyypin kaskialaa rajoitti lounaassa hakamaanluonteinen sekametsä, lännessä n. 70-vuotinen mäntykoivusekametsä ja muualla eri-ikäiset kaskiahot. Kun alue tutkittiin ruutumenetelmällä, saatiin koivuntaimien keskimääräiseksi luvuksi 26 kpl/m². Taimet olivat vielä niin pieniä, suurin osa va ta muutaman kuukauden ikäisiä, ettei raudus- ja hieskoivun erottaminen toisistaan ollut mahdollista.

Näistä esimerkeistä näkyy, että taimiluvut saattavat erilaisilla kaskialoilla olla hyvinkin eri suuruusluokkaa. Esim. n. 25 kpl/m² ja n. 100 kpl/m² lienevät kuitenkin lukuja, joiden välille taimiluku usein on sijoittunut. Nämä ovat suuria lukuja, sillä hehtaaria kohden muunnettuina ne ovat 250 000 kpl. ja 1 000 000 kpl. Kun ajatellaan, että esim. sulkeutuneessa mustikkatyypin koivikossa on kasvu- ja tuottotaulujen mukaan (Ilvessalo 1920) 25 vuoden iällä n. 13 200 runkoa hehtaaria kohden, nähdään vielä kouraantuntuvammin kaskialojen koivun taimistojen tavaton tiheys. Tässä ilmeisesti onkin tärkein syy siihen, minkä vuoksi kaskiviljelys on niin tehokkaasti edistänyt koivun leviämistä.

Kuloalat.

Kun kuloalat eivät edusta mitään varsinaista metsänuudistamismuotoa (uudistushakkuuta), vaikka niillä onkin yhä edelleen jonkin verran merkitystä metsien ja nimenomaan koivun uudistumisessa, rajoitutaan tässä tutkimuksessa tarkastelemaan niitä suhteellisen suppean aineiston pohjalla.

Tärkeimmät mittaustulokset tutkittavaksi otettujen kuloalojen taimistoista on yhdistetty taulukkoon 4. Kuloalat on siinä ryhmitelty metsätyypeittäin ja eri metsätyyppien puitteissa järjestetty edelleen kulosta kuluneen ajan ja reunametsästä luetun etäisyyden mukaan. Sarakkeessa

Taulukko 4. Mittaustuloksia

Table 4. Measuring results from birch

Koealan n:o *Sample plot no.*	Tutkimusaika *Date*	Kunta *Community*	Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Kulovuosi *Year of forest fire*	Etäisyys reunametsästä *Distance of border stand*	Koivun siemennys *Seeding of birch*	
						Betula verrucosa	*Betula pubescens*
						Runkoa/ha—*Stems/ha*	
37	14. 8. 1945	Orivesi	CT	[1]) 1929	50	1.2	0.2
11b	7. 7. 1945	Virrat	»	» 1933	40	.	.
76	8. 7. 1945	»	»	» 1933	60	.	.
11a	7. 7. 1945	»	»	» 1933	100	.	.
13	8. 7. 1945	»	»	» 1933	600	—	*A*
11	7. 7. 1945	»	»	» 1933	900	—	*A*
79	8. 7. 1945	»	»	» 1933	1 000	—	*A*
175	10. 9. 1937	Nurmijärvi	VT	1921	50	.	.
61	20. 9. 1945	Orivesi	»	» 1929	80	0.8	0.4
60	18. 9. 1945	»	»	» 1929	40	6.4	—
77	8. 7. 1945	Virrat	»	» 1933	50	.	.
78	8. 7. 1945	»	»	» 1933	50	.	.
12	7. 7. 1945	»	»	» 1933	900	—	*A*
82	8. 7. 1945	»	»	» 1933	1 000	—	*A*
172	18. 9. 1947	Vilppula	»	» 1940	50	0.5	3.1
173	18. 9. 1947	»	»	» 1940	50	0.3	2.2
44	20. 8. 1945	Orivesi	»	» 1944	10	1.2	1.6
75	8. 7. 1945	Virrat	KgR	1933	50	.	.
80	8. 7. 1945	»	»	» 1933	1 000	—	*A*
81	8. 7. 1945	»	NR	» 1933	1 000	—	*A*

[1]) Maapalo; v. 1934 paljaaksi hakkuu. — *Ground fire; clear-cut in 1934.*

»koivun siemennys» on siemennys silmävaraisesti arvioituna sivulla 28 esitetyn menetelmän mukaan. Tämän sarakkeen runkoluvut ilmaisevat siis, montako tukkipuun kokoista ja hyvälatvuksista koivua hehtaaria kohden kaikki se koivu vastaa, joka ympäristöstä ulottuu siementämään kyseessä olevalle kulotusalueelle.

Useimmat koealat on mitattu Kihniön laajalta kuloalueelta. Kihniön palo syttyi 11. 7. 1933 n. klo 12 Kihniön aseman läheisyydessä Nerkon kylässä. Se sai alkunsa pääasiassa eräästä huolimattomasti vartioidusta kydöstä, mutta lisäksi erään pojan tahallisesti sytyttämänä. Ilma oli kulon syttyessä helteinen ja maa kuiva, sillä ei ollut satanut pitkään aikaan. Voimakkaan tuulen kuljettamana kulo levisi latvatulena kovalla voimalla Kihniöstä koilliseen, noudattaen suurin piirtein Kihniöstä Virroille vievän radan suuntaa. Vasta seuraavana päivänä klo 10:n aikaan palo saatiin rajoitetuksi. Tuli oli kuitenkin ennättänyt polttaa jo n. 8 km:n levyisen ja 25 km:n pituisen alueen, jonka pinta-ala on n. 20 000 hehtaaria. Tämä alue on karua vedenjakajaseutua, jossa kallioiset mäet ja niiden välissä olevat suomaat muodostavat mosaiikkimaisen yhdistelmän. Kun maanpeitteen paksuus on kaikkialla vähäinen, on kallio laajoilla alueilla jäänyt kulon jälkeen

kuloalojen koivun taimistoista.

seedling stands in forest fire areas.

Betula verrucosa					*Betula pubescens*					Yhteensä *Total*		Koealan n:o *Sample plot no.*
Pituusluokat — *Height classes*												
<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Siementaimet yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	< 0.1 m	0.1—1.3 m	> 1.3 m	Siementaimet yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Siementaimia *Seedlings*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	
Taimiluku kpl/ha — *Seedlings/ha*												
—	6	—	6	—	6	68	—	74	—	80	—	37
—	60	100	160	—	—	240	—	240	—	400	—	11b
—	—	—	—	175	—	216	5	221	5	221	180	76
—	170	50	220	—	—	130	—	130	—	350	—	11a
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
—	50	—	50	—	—	150	—	150	—	200	—	11
—	10	—	10	—	—	60	4	64	—	74	—	79
—	2 000	—	2 000	—	—	—	—	—	—	2 000	—	175
—	300	700	1 000	—	—	200	167	367	—	1 367	—	61
—	1 330	1 000	2 330	—	—	59	—	59	—	2 389	—	60
—	117	1 076	1 193	—	—	142	100	242	—	1 435	—	77
—	196	80	276	—	—	246	31	277	—	553	—	78
—	200	100	300	50	—	1 100	100	1 200	950	1 500	1 000	12
—	12	8	20	—	—	155	31	186	39	206	39	82
—	28	12	40	4	—	148	4	152	16	192	20	172
—	334	—	334	—	—	666	—	666	—	1 000	—	173
—	25	—	25	8	17	42	—	59	—	84	8	44
—	1	—	1	—	—	924	32	956	14	957	14	75
—	4	4	8	—	·	356	16	372	28	380	28	80
—	—	—	—	—	·	686	34	720	28	720	28	81

aivan paljaaksi. Maasto on niin vaihtelevaa ja pikkupiirteistä, ettei esim. $^1/_4$ hehtaarin suuruiselle koealalle hevin löydy kasvualustaltaan yhtenäistä paikkaa koko laajalta kuloalalta.

Kulo on ollut erittäin ankara. Se näkyy jo siitä, että monin paikoin humus on palanut miltei kivennäismaata myöten. Metsä on tuhoutunut kokonaan; vain joihinkin soiden suojaamiin paikkoihin on jäänyt yksittäisiä puita. Näitä on kuitenkin ollut niin vähän, ettei niillä ole ollut juuri minkäänlaista vaikutusta alueen siementymiseen, joka on tapahtunut reunametsistä käsin tai metsänviljelyn avulla. N. vuodesta 1943 lähtien näyttää myös alueen vesasyntyinen koivu alkaneen siementää, ja ilmeisesti juuri tätä tietä tuleekin koivun luontainen siemenuudistuminen pääasiallisesti tapahtumaan. Nämä vesat ovat enimmäkseen suoperäisellä maalla kasvavaa hieskoivua.

Koivun taimia on noussut kuloaloille vähänlaisesti. Esim. kanervatyypillä siementaimia on keskimäärin vain 189 kpl/ha, puolukkatyypillä (kolmea vuotta vanhemmilla kuloaloilla) 1 073 kpl/ha ja rämeillä 686 kpl/ha. Verrattakoon vain näitä lukuja edellä kaskialoilta esitettyihin. Tähän koivun taimien vähyyteen lienee useitakin syitä.

Kulon vaikutus on monessa suhteessa samantapainen kuin kaskeamisenkin, mutta erojakin on, ja itse asiassa nämä erot ovat paljon tuntuvampia kuin ensi silmäyksellä näyttää. Kulot, päinvastoin kuin kaskeaminen, kohdistuvat tavallisesti kuivanpuoleisiin ja kuiviin metsämaihin, jotka eivät voi tarjota koivulle kuin keskinkertaista heikomman tai hyvinkin kehnon kasvualustan. Niinpä taimia on keskimäärin yli viisi kertaa enemmän puolukkatyypin kuin kanervatyypin kuloaloilla. Sama seikka ilmenee aikaisempien tutkimusten mukaan kouraantuntuvasti myös Perä-Pohjolan kuloaloilla (Sarvas 1937, s. 91—102). Tätä valaisee seuraava yhdistelmä.

Metsätyyppi	Koealoja	Koivu		Mänty	
	kpl.	Taimia kpl/ha	%	Taimia kpl/ha	%
Variksenmarja-mustikkatyyppi	9	7 635	100	7 557	100
Kanervatyyppi	6	4 405	58	6 085	81
Jäkälätyyppi	3	25	4	4 200	56

Nähdään, että kasvupaikan huonontuessa koivun taimien lukumäärä vähenee suhteellisesti paljon voimakkaammin kuin männyn taimien. Kun variksenmarja-mustikkatyypin kuloalojen keskimääräisiä taimilukuja merkitään 100:lla, on esim. jäkälätyypillä koivun taimia vain 0.3 %, mutta männyn taimia 56 %.

Kuloalat ovat pinta-alaltaan tavallisesti paljon laajempia kuin kaskialat, ja siitä syystä koivun siemennys ainakin laajahkojen kuloalojen keskustassa jää tavallisesti heikoksi. Taulukosta 4 näkyykin, että eniten on luettu koivun taimia niissä tutkimuskohdissa, joissa koivun siemennys on arvioitu runsaimmaksi tai jotka ovat lähinnä reunametsää; sitä mukaa kuin siemennys pienenee tai etäännytään reunametsästä, myös taimien lukumäärä vähenee. Tämä suhde on selvempi rauduskoivun kuin hieskoivun kohdalla siitä syystä, että kuloalalle nousseista koivun vesoista käsin siementynyt taimisto on miltei yksinomaan hieskoivua.

Kulot tosin polttavat pintakasvillisuuden maanpäälliset osat, kuten kaskeaminenkin, mutta humus jää tavallisesti kutakuinkin koskemattomaksi. Vain kaikkein lujimmin palaneissa kohdissa, maapuiden ja kantojen alla ja vieressä, missä tuli on viipynyt tavallista kauemmin, humus on palanut kivennäismaata myöten. Niinpä koivun taimia nouseekin kuloaloille etupäässä vain näihin lujasti palaneisiin kohtiin (vrt. Sarvas 1937, s. 42). Paitsi sitä, että juuri tämänkin vuoksi taimien kokonaismäärä jää vähäiseksi, tästä johtuu edelleen, että taimet kasvavat ryhmittäin, mikä vähentää taimistojen metsittämisarvoa. Kaskialoilla sitä vastoin kivennäismaa tulee maan muokkauksen ansiosta laajoilla, yhtenäisillä alueilla paljastetuksi.

Kun verrataan rauduskoivun ja hieskoivun taimien runsaussuhteita toisiinsa, nähdään ensinnäkin varsin selvästi, että rämeillä kasvaa miltei

yksinomaan hieskoivua; rauduskoivua on tavattu vain n. 0.4 % rämeillä kasvaneiden koivun taimien koko lukumäärästä. Mutta myös kovilla mailla, jotka tässä tapauksessa ovat kuivia kankaita, tavataan runsaasti hieskoivua, vieläpä kanervatyypilläkin. Tämä hieskoivun runsaus rauduskoivuun verrattuna näyttää johtuvan ennen kaikkea siemennyssuhteista. Kun kulo laajoilla aloilla on pysähtynyt soiden laiteille, reunametsät sisältävät tästä syystä suhteellisen runsaasti hieskoivua. Lisäksi kuloalalle noussut vesasyntyinen, osittain jo siemennysikään ehtinyt koivu on pääasiassa hieskoivua, kuten edellä jo on huomautettu. Vesoista käsin tapahtuvan siemennyksen merkitys näkyy mm. siinä, että kuloalueen keskustassa hieskoivun taimia on suhteellisesti runsaammin kuin laitamilla siitäkin huolimatta, että rauduskoivun siemenen kulkeutumiskyky on parempi kuin hieskoivun. Kihniön kuloalalla tehdyt tutkimukset osoittavatkin, että ankarat, laajat kulot ainakin kuloalojen keskiosissa saattavat edistää hieskoivun leviämistä. Pienillä kuloaloilla ja suurienkin kuloalojen laiteilla näyttää sitä vastoin rauduskoivu siementensä paremman leviämiskyvyn ansiosta pääsevän voitolle.



Kuva 7. Kuloala, jolle on kulosta säästynyt vain paksukaarnaisia rauduskoivuja; hieskoivut ovat tuhoutuneet. Koivun taimet ovat miltei yksinomaan rauduskoivua. Ruotsi, Älfsby, Selsmark. Valok. 9. 6. 1947.

Fig. 7. An burnt area, where only the thick-barked birch Betula verrucosa has survived the fire, all specimens of Betula pubescens having been destroyed. Almost all of the birch seedlings are of the species Betula verrucosa. Sweden, Älfsby, Selsmark. Photo 9. 6. 1947.

Kihniön kulo on ollut poikkeuksellisen ankara. Lievemmissä kuloissa säästyy tavallisesti kuloalan soistumattomiinkin kohtiin joitakin yksittäisiä koivuja; nämä ovat silloin miltei poikkeuksetta rauduskoivua, joka paksumman tyvikaarnansa ansiosta ei ole niin herkkä tuhoutumaan kuin hieskoivu. Tällaisilla kuloaloilla koivun taimistot ovat miltei puhdasta rauduskoivua (kuva 7).

Koivun vesomisessa on kuloaloilla havaittavissa suurta vaihtelua kasvupaikan ja kulon ankaruuden mukaan. Kanerva- ja puolukkatyypillä vesominen on niukkaa, mutta suoperäisillä mailla verrattain voimakasta. On myös selvästi havaittavissa, että vesominen ankaran kulon, kuten esim. Kihniön kulon jälkeen on vähäisempää kuin lievemmin palaneilla alueilla. (vrt. myös Sarvas 1937, s. 63 ja Mikola 1942, s. 75). Kun vesoja on suhteellisen vähän pinta-alayksikköä kohden ja kun niiden teknillinen laatukin lisäksi on heikko, ei niillä sellaisenaan ole sanottavaa merkitystä uudistumisen kannalta. Ainakin hieskoivun vesat varttuvat kuitenkin jo n. 10 vuodessa siementäviksi ja voivat sen jälkeen hyvin tehokkaasti vaikuttaa uudistumisen kulkuun, kuten esim. juuri Kihniön kuloalalla on tapahtunut.

Yhdistäen tärkeimmät edellä selostetuista tutkimustuloksista ja havainnoista on sanottava, että koivun taimistot ovat kuivien kankaiden kuloaloilla, jotka tässä ovat ensisijaisesti joutuneet tutkimuksen kohteeksi, metsittämisarvoltaan siksi heikkoja, etteivät ne yksin pysty näitä alueita edes välttävästi metsittämään. Toisin sanoen, kuivien kankaiden kuloaloille ei synny luontaista tietä täysitiheitä puhtaita koivikoita, eikä yleensä edes täysitiheitä koivuvaltaisiakaan metsiköitä. Kun kulot pääasiallisesti keskittyvät juuri kuiville kankaille, eivät ne tämän vuoksi edistä lähimainkaan yhtä tehokkaasti koivun uudistumista, kuin kaskiviljelys on aikanaan tehnyt.

Olosuhteista riippuen voi kuivien kankaiden kuloaloilla joko rauduskoivu tai hieskoivu muodostua vallitsevaksi koivulajiksi. Laajoilla, yhtenäisillä kankailla rauduskoivulla on paremmat mahdollisuudet kuin hieskoivulla, hieskoivulla taas soiden mosaiikkimaisesti pirstomilla alueilla.

Myös metsikön aikaisemmalla käsittelyllä on merkitystä; harsintametsissä on yleensä suhteellisen runsaasti hieskoivua, säännöllisillä kasvatus- ja uudistushakkuilla hoidetuissa metsissä sekä luonnontilaisissa metsissä enemmän rauduskoivua. Tämä luonnollisesti pääsee enemmän tai vähemmän vaikuttamaan myös kuloalojen siementymissuhteisiin. Edellisessä tapauksessa (esim. suuressa osassa yksityismetsiemme kuloaloja) on hieskoivulla, jälkimmäisessä (esim. valtionmetsien kuloaloilla) rauduskoivulla paremmat mahdollisuudet.

Kulon ankaruuskin vaikuttaa kuloalalle nousevan metsän puulajisuhteisiin. Erittäin ankarassa kulossa tuhoutuvat kaikki siementävät

koivut kuloalalta, lievemmissä jää rauduskoivua. Edellisessä tapauksessa lopullinen siementyminen usein tapahtuu kuloalalle nousseista vesoista käsin, jotka ovat pääasiassa hieskoivua, jälkimmäisessä tapauksessa syntyy runsaasti rauduskoivun taimistoa.

Paljaaksihakkuualat.

Paljaaksihakkuuta on parina kolmena viime vuosikymmenenä käytetty melko yleisesti varsinkin valtion ja yhtiöiden metsissä; yksityismetsissä sen käyttö on ollut harvinaisempaa. Paljaaksihakkuu on metsän kaadon ja ajon kannalta sikäli ihanteellinen hakkuutapa, että sitä käyttäen saadaan tietyltä alalta mahdollisimman paljon puuta. Metsän hoidonkin kannalta sitä voidaan suositella useissa tapauksissa, esim. puulajin vaihdon toteuttamiseksi tai repalaisten jäännösmetsien uudistamiseksi. Nimenomaan jälkimmäiseen tehtävään sitä on viime vuosina ahkerasti suositeltu. Paljaaksihakkuuseen liittyy useimmissa tapauksissa ehdottomasti metsänviljely. Vain poikkeustapauksissa jää vanhasta metsästä tyydyttävä taimisto hakkuualalle tai voidaan toivoa riittävää siemennystä reunametsistä käsin. Useissa tapauksissa kuitenkin luotetaan siihen, että hakkuualalle nousee ainakin koivun taimistoa reunametsän siemennyksestä sen verran, että se joko alalla jo olevan tai metsänviljelyn avulla hankittavan havupuuntaimiston kanssa riittää alueen metsittämiseen.

Käsillä olevassa tutkimuksessa on kerätty verrattain laaja aineisto paljaaksihakkuualoilta. Esim. koealoja on mitattu 60 metsiköstä (vrt. taulukko 1, s. 12). Puolet niistä on mustikkatyypin hakkuualoilta, seuraavalla sijalla ovat kangaskorvet, joilta on mitattu 10 koealaa. Juuri näissä kasvillisuustyypeissä paljaaksihakkuun käyttäminen lieneekin yleisintä.

Kaikilta tutkittavaksi otetuilta paljaaksihakkuualoilta on vanha metsä hakattu kokonaan pois, ja vain alalla mahdollisesti kasvanut pieni taimisto on jäänyt jäljelle. Hakkuu on tavallisesti tapahtunut siten, että varsinaisen ainespuun hakkuun lisäksi on suoritettu puhdistushakkuu ja hakkuualan raivauskin, milloin ei aluetta ole kulotettu. Kun päällysmetsät yleensä ovat olleet järeähköjä, on hakkuutähteitä kertynyt runsaasti. Tämä on eräs nyt puheena olevan hakkuutavan varjopuolia. Siitä johtuu, että paljon pientä taimistoa hautautuu hakkuutähderykelmiin ja joko tuhoutuu kokonaan tai ainakin tulee pahoin runnelluksi. Nämä hakkuutähderykelmät vaikeuttavat myös uusien taimien syntymistä.

Maan taimettumiskunnon parantamiseksi on paljaaksihakkuualoilla käytetty mm. kulotusta. Kun kulotus, joka monessa suhteessa muistuttaa kaskeamista, nimenomaan koivun uudistumisen kannalta on kiintoisa maan pinnan valmistusmenetelmä, on käsillä olevassa tutkimuksessa kiinnitetty siihen melkoisesti huomiota — enemmän kuin sen verraten vähäinen

käyttö sinänsä olisi ansainnut. Seuraavassa otetaankin ensiksi tarkasteltavaksi juuri kulotuksella käsitellyt paljaaksihakkuualat, koska ne läheisesti liittyvät edellisissä luvuissa esitettyihin kaski- ja kuloaloihin.

Miltei kaikilla tässä tarkastetuilla hakkuualoilla, sekä niillä, joissa maan pinta on valmistettu kulottamalla, että niissä, joissa sitä ei ole valmistettu, on suoritettu metsänviljelyjä. On käytetty kylvöjä ja istutuksia. Nimenomaan koivun uudistumisen kannalta nämä toimenpiteet ovat sikäli merkittäviä, että niiden yhteydessä maanpintaa on enemmän tai vähemmän rikottu ja täten valmistettu koivulle erittäin sopivia, joskin pienialaisia taimettumisalustoja. Mikäli metsänviljelyjä ei olisi suoritettu, olisi koivu seuraavassa tarkastettavilla paljaaksihakkuualoilla uudistunut huonommin.

Maanpinta kulotettu.

Kulotuksen käyttäminen maan taimettumiskunnon parantamiseksi juontaa ilmeisesti alkunsa niistä myönteisistä kokemuksista, joita on saatu kaski- ja kuloalojen taimettumisesta. Tässä ei lähdetä yksityiskohtaisemmin kuvailemaan kulotuksen kulkua, vaan viitataan sen suhteen kirjallisuuteen (Arvid Borg 1930, s. 389—390).

Tässä tarkastetut kulotusalat ovat suhteellisen pienialaisia, keskimäärin vain n. 2.3 ha:n laajuisia; yleisin koko vaihtelee 0.5:stä 2.0 ha:iin.



Kuva 8. Juuri kulotettu mustikkatyypin hakkuuala. Koeala 28. Tuomarniemen metsäkoulu, Ähtäri. Valok. 17. 7. 1945.

Fig. 8. A recently burnt-over cutting area of Myrtillus type. Sample plot 28. The Tuomarniemi forest school, Ähtäri. Photo 17. 7. 1945.

Taulukko 5. Kasviluettelo mustikkatyypin kulotusaloilta.

Table 5. List of plants in burnt-over area of Myrtillus type.

Kasvilaji *Plant species*	Koealan numero — *Sample plot no.*																		
	35	62	15	111	112	21	26	18	25	28	70	23	113	18	25	69	28	70	115
	Kulotusvuodesta, v. — *Years since burning*																		
	20	18	9	9	9	7	6	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1
	Peittävyys (0—10) — *Degree of covering (0—10)*																		
Cladonia spp.	—	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Biatora granulosa	Δ	—	—	Δ	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Peittävyys yhteensä / *Covering together*	Δ	0,6	0,1	Δ	—	0,1	—	Δ	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—
Ceratodon purpureus	Δ	—	0,4	Δ	—	1,0	2,0	—	—	0,5	0,5	Δ	—	—	—	—	—	—	—
Dicranum undulatum	—	—	1,0	—	—	—	0,5	—	—	—	—	Δ	0,1	—	—	Δ	—	—	—
D. spp.	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Pohlia nutans	—	—	0,1	Δ	—	—	—	2,0	2,0	3,0	3,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Pleurozium Schreberi	3,0	0,2	0,2	—	—	—	0,1	Δ	—	—	—	Δ	0,3	Δ	Δ	Δ	—	—	—
Hylocomium proliferum	2,0	0,1	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,3	Δ	Δ	Δ	—	—	—
Polytrichum commune	Δ	0,4	2,5	—	—	—	0,5	0,5	0,5	1,0	Δ	Δ	—	Δ	—	0,1	Δ	—	—
P. juniperinum	0,5	4,0	1,0	0,1	1,0	2,0	1,0	Δ	0,5	0,5	Δ	0,1	—	—	—	—	—	—	—
Sphagnum Girgensohnii	—	—	Δ	—	—	—	—	Δ	—	Δ	—	—	—	0,5	—	—	—	—	—
Peittävyys yhteensä / *Covering together*	6,5	5,3	5,3	0,1	1,0	3,1	4,1	2,5	2,8	5,0	3,5	0,1	0,7	0,5	Δ	0,1	Δ	—	—
Luzula pilosa	0,1	0,2	0,1	0,1	—	0,2	0,1	0,3	2,0	—	1,0	Δ	0,2	—	—	0,1	0,1	Δ	—
Carex canescens	—	—	—	—	—	0,1	—	0,2	—	—	Δ	Δ	—	—	—	—	—	—	—
C. globularis	—	—	—	—	—	0,1	—	0,4	0,5	0,5	Δ	0,1	—	Δ	—	—	Δ	—	—
Agrostis tenuis	—	0,1	—	—	—	—	Δ	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Calamagrostis epigejos	2,0	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C. arundinacea	Δ	3,0	0,2	3,0	4,0	—	—	1,0	—	—	Δ	—	3,0	—	—	0,1	—	—	Δ
Deschampsia flexuosa	3,0	0,6	3,0	2,0	2,0	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,1	—	—	—	0,1	0,1	Δ	—
Melica nutans	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Peittävyys yhteensä / *Covering together*	5,1	4,1	3,3	5,3	6,1	1,5	1,1	3,9	4,5	2,5	3,0	0,2	3,2	Δ	—	0,3	0,2	Δ	Δ
Eupteris aquilina	—	—	—	—	3,0	—	—	—	—	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—
Dryopteris linnaeana	Δ	—	0,1	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Majanthemum bifolium	0,2	0,1	0,6	0,1	0,1	Δ	Δ	—	—	—	—	—	0,1	Δ	Δ	—	—	—	Δ
Convallaria majalis	Δ	0,1	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rumex acetosa	—	—	—	—	—	—	—	Δ	Δ	0,2	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—
R. acetosella	—	—	—	—	0,1	—	0,5	1,0	2,0	0,6	2,0	Δ	—	Δ	—	Δ	Δ	0,1	—
Viola riviniana	—	0,1	—	Δ	Δ	—	—	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—
Fragaria vesca	—	0,1	—	Δ	Δ	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	Δ	—
Rubus idaeus	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	2,0	0,1	0,5	—	1,0	1,0	Δ	0,1	Δ	—	Δ	0,1	0,1	—
R. saxatilis	—	1,0	0,1	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	0,1	Δ
Lathyrus pratensis	—	—	—	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—
Vicia cracca	—	—	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	Δ
Chamaenerium angustifolium	0,2	0,2	1,0	1,0	0,3	3,0	2,0	4,0	—	5,0	4,0	Δ	—	Δ	Δ	Δ	0,1	Δ	Δ
Aegopodium podagraria	—	Δ	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	Δ	—	—
Oxalis acetosella	—	0,1	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Trientalis europaea	Δ	—	0,1	—	—	Δ	—	—	—	—	—	Δ	0,1	Δ	Δ	—	—	—	Δ
Galeopsis bifida	—	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	Δ	—	Δ	Δ	—	0,1	0,1	—
Veronica officinalis	—	—	—	—	—	0,1	—	—	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
V. chamaedrys	—	—	0,1	—	Δ	—	0,1	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	—	—
Melampyrum silvaticum	—	—	0,5	0,1	0,1	0,1	0,2	—	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—
M. pratense	—	—	0,5	—	—	0,1	Δ	0,1	—	—	—	Δ	0,2	—	—	—	—	—	—
Galium boreale	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Solidago virga-aurea	0,1	—	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	Δ	—	—	—	0,1	Δ	—	—	—	—	Δ
Antennaria dioeca	—	1,0	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Senecio vulgaris	—	—	—	—	—	—	—	Δ	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1	—
Taraxacum officinale coll.	—	—	—	—	Δ	—	Δ	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—	—
Hieracium spp.	—	0,1	—	—	—	Δ	Δ	—	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	Δ	—
Peittävyys yhteensä / *Covering together*	0,7	3,0	3,4	1,9	4,3	5,6	2,9	5,7	3,0	6,6	7,0	Δ	1,3	Δ	Δ	Δ	0,3	0,5	Δ
Pirola secunda	Δ	0,2	Δ	—	—	Δ	—	Δ	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	—
Vaccinium vitis-idaea	3,0	—	1,5	Δ	—	2,0	1,0	3,0	2,0	2,0	3,0	0,5	0,2	0,1	Δ	1,0	0,5	1,0	Δ
V. myrtillus	—	—	0,1	0,1	0,2	Δ	0,1	1,0	1,0	0,5	2,0	0,2	0,2	Δ	Δ	0,2	0,1	0,5	Δ
Empetrum nigrum	Δ	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Linnaea borealis	Δ	0,1	0,5	—	—	—	—	0,1	—	—	—	—	0,1	—	—	—	Δ	—	—
Peittävyys yhteensä / *Covering together*	3,0	0,8	2,1	0,1	0,2	2,0	1,1	4,1	3,0	2,5	5,0	0,7	0,5	0,1	Δ	1,2	0,6	1,5	Δ

Koealoilla on sen lisäksi, mitä taulukkoon 5 on merkitty, tavattu seuraavat kasvilajit, joiden peittävyys on ollut vähäisempi kuin 0.1. (Lajinnimen jälkeen on merkitty sen koealan numero, jolla kasvi on kasvanut.) *Peltigera polydactyla* 18, *Cladonia rangiferina* 18, *Cl. silvatica* 18, *Cl. digitata* 35, *Biatora uliginosa* 111, *Funaria hygrometrica* 26, 28, *Aulacomnium palustre* 15, *Polytrichum piliferum* 21, *Sphagnum recurvum coll.* 28, *Marchanthia polymorpha* 26, *Luzula campestris* 18, 28, *Carex leporina* 21, *C. Goodenowii* 15, *C. digitata* 121, *Phleum pratense* 112, *Deschampsia caespitosa* 21, 23, *Poa annua* 23, *P. pratensis* 25, *Agropyrum repens* 70, *Equisetum silvaticum* 35, 15, *Dryopteris spinulosa* 35, 111, *Lychnis flos-cuculi* 112, *Viscaria vulgaris* 112, *Sagina procumbens* 23, *Spergula arvensis* 70, *Ranunculus acer* 115, *Viola rupestris* 112, *Lathyrus vernus* 113, *Viola hirsuta* 115, *Trifolium medium* 112, *Epilobium montanum* 26, 23, *Ep. palustre* 23, 18, *Veronica serpyllifolia* 23, *Galium boreale* 112, *Campanula persicifolia* 111, 112, *C. patula* 111, 112, *Gnaphalium silvaticum* 21, *Cirsium lanceolatum* 113, *C. palustre* 62, 26, *C. heterophyllum* 62, 70, *Hypochoeris maculata* 112, 113, *Leontodon autumnalis* 26, *Sonchus arvensis* 23, *Lycopodium annotinum* 35, 111, *Pirola media* 62, *Calluna vulgaris* 35, 15 ja *Vaccinium uliginosum* 35, 62.

Yleensä polttaminen on suoritettu heti kaatotalvea seuraavana keväänä. Useilla vereksillä kulotusaloilla tehtyjen havaintojen mukaan polton vaikutus itse maahan näyttää olevan verrattain vähäinen. Hakkuutähteet tosin palavat, ainakin niiden hennoimmat osat, vieläpä humuskin sellaisista kohdista, joissa tuli viipyy suhteellisen kauan, kuten esim. hakkuutähteiden ja kantojen kohdalta, mutta muuten humus jää kutakuinkin entiselleen. Pintakasvillisuuden maanpäälliset osat tuhoutuvat melko perusteellisesti, mutta useille metsäkasveille ominaiset maansisäiset uudistumiselimet sitä vastoin säilyvät enemmän tai vähemmän vioittumattomina. Niinpä pintakasvillisuus verrattain lyhyessä ajassa täyttääkin paljaaksi palaneen kulotusalan ja saavuttaa sellaisen rehevyyden, että se muodostuu ainakin luontaista uudistumista pahasti vaikeuttavaksi tekijäksi.

Kaikista tutkimuskohdista on laadittu yksityiskohtainen kasvillisuuskuvaus, mutta kun laajojen tilastotaulukoiden julkaiseminen on kustannussyistä vaikeata, esitetään seuraavassa edellä sanotun valaisemiseksi vain lyhyt yhdistelmä mustikkatyypin kulotusaloilta (taulukko 5). Tähän luetteloon on koealat merkitty kulotusvuodesta kuluneen ajan mukaisessa järjestyksessä, ensiksi vanhimmat ja sitten nuorimmat. Luettelossa on mainittu kullakin koealalla tavatut kasvilajit sekä niiden peittävyys arvioituna 0:sta 10:een ulottuvan tasavälisen asteikon mukaan. Suuremman yleiskatsauksellisuuden saavuttamiseksi on taulukkoon lisäksi laskettu kasvillisuuden eri ryhmille kokonaispeittävyys.

Tästä luettelosta näkyy, että kulotusaloille nousee heti kulotuksen jälkeen runsaasti eri kasvilajeja, joista useat ovat vieraita varsinaiselle metsäkasvillisuudelle. Kasvillisuuden eri ryhmien peittävyys jää kuitenkin parina ensimmäisenä kulotusta seuraavana vuotena verrattain vähäiseksi, mutta jo kolmannen vuoden lopulla se tavallisesti saavuttaa niin suuren peittävyyden ja rehevyyden, että koivun sirkkataimet eivät tule siinä to imeen

Tärkeimmät kulotusalojen taimistoja koskevat mittaustulokset on yhdistetty taulukkoon 6. Koealat on siinä järjestetty metsätyypeittäin kulotuksesta kuluneen ajan mukaan. Taulukon oikeaan laitaan on laadittu yhdistelmä ryhmittymisluvuista. Nämä luvut ilmaisevat, kuten s. 32 jo on yksityiskohtaisemmin selostettu, monessako prosentissa koealalle tietyn järjestelmän mukaan asetetuista 1 m^2:n suuruisista ruuduista on ollut taimia tai vain yksikin taimi. Näiden lukujen perusteella nähdään, minkälainen eri puulajien metsittämisarvo on erikseen ja miten ne toinen toistaan täydentävät, eli kaikkien taimien yhteinen metsittämisarvo.

Tarkasteltakoon ensiksi koivun taimien kokonaismäärää. Tällöin on jälleen selvintä rajoittua vain niihin koealoihin, joilla kulotuksesta on jo kerinnyt kulua kolme vuotta eli kohtuullisena pidettävä uudistumisaika. Puolukkatyypillä on näillä »taimettuneilla» kulotusaloilla keskimäärin 6 940 (2 koealaa), mustikkatyypillä 12 359 (7 koealaa) ja kangaskorvissa 54 463 (5 koealaa) koivun tainta hehtaaria kohden. Nämä koivun taimiluvut ovat suurin piirtein samaa suuruusluokkaa kuin L. E. T. Borgin (1935, s. 63—76) Tuomarniemen hoitoalueen kulotusaloilta aikaisemmin mittaamat. Tässäkin, samoin kuin edellä kuloalojen taimistoja tarkasteltaessa, nähdään selvästi kasvupaikan vaikutus: tuoreemmalla kasvupaikalla koivun taimia on runsaammin kuin kuivemmalla. Nähdään myös, että koivun taimiluvut ovat, varsinkin vesiperäisillä mailla, melkoisen suuria. Ne eivät tosin ole verrattavissa kaskialoille nousseisiin koivun taimistoihin, mutta ovat suurempia kuin kuloaloilta lasketut keskimäärät. Viimeksi mainittu seikka, joka saattaa ensiksi tuntua yllättävältä, saanee selityksensä siitä, että tässä tarkastellut kulotusalat ovat olleet suhteellisen pienialaisia, minkä vuoksi koivun siemennys on niillä tehokkaampi kuin keskimäärin paljon laajemmilla kuloaloilla. Siementaimien lisäksi on koealoilla ollut myös koivun vesoja. Taulukosta 6 nähdään kuitenkin, että niitä on kaiken kaikkiaan niin vähän, ettei niillä ole sanottavaa vaikutusta metsittymisen kulkuun. Nähdään edelleen, että hieskoivu on vesonut jonkin verran voimakkaammin kuin rauduskoivu.

Selvempi kuva taimistojen metsittämisarvosta saadaan tarkastelemalla ryhmittymislukuja. Puolukkatyypin kulotusaloilla koivun ryhmittymisluku on keskimäärin 23 %, mustikkatyypin 46 % ja kangaskorpien 82 %. Ryhmittymislukujen suuruudessakin siis kuvastuu selvästi kasvupaikan vaikutus. Ryhmittymisluvuista nähdään lisäksi, että puolukkatyypin kulotusaloilla koivun taimistot yksinään eivät turvaa alan tyydyttävää metsittymistä (vrt. s. 32), mustikkatyypillä ne ovat tässä suhteessa vain välttäviä, mutta kangaskorvissa sitä vastoin kerrassaan hyviä. Useimmilla kulotusaloilla onkin uudistumisen varmistamiseksi suoritettu metsänviljely. Tässä ei ole kuitenkaan syytä ryhtyä yksityiskohtaisemmin tarkastelemaan näiden viljelyjen tarkoituksenmukaisuutta, suoritustapaa tai onnistumista. Havupuun taimistojen ryhmittymislukuja, joihin sisältyvät

Taulukko 6. Mittaustuloksia paljaaksihak-

Table 6. Measuring results from seedling

Koealan n:o *Sample plot no.*	Tutkimusaika *Date*	Kunta *Community*	Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Kulotus vuonna *Year of burning over*	Paljaaksihakkuun pinta-ala, ha *Area of clear cutting ha*	Koivun siemennys *Seeding of birch*		*Betula* Taimiluku —		
						Betula verrucosa	*Betula pubescens*	< 0.1 m	0.1—1.3 m	> 1.3 m
						Runkoa/ha *Stems/ha*		Kpl/ha —		
51	1. 9. 1945	Vilppula	VT	1928	2.0	0.8	2.4	—	—	300
6	27. 6. 1945	»	»	1929	1.0	21.6	3.0	—	1 100	5 825
35	9. 8. 1945	Ruovesi	MT	1926	3.0	0.1	2.0	—	50	—
62	19. 9. 1945	»	»	1930	3.5	0.1	0.1	—	2 330	6 660
15	11. 7. 1945	Ähtäri	»	1937	0.5	10.0	61.3	—	2 670	1 330
111	10. 7. 1946	Lammi	»	1938	2.0	6.0	12.0	—	9 000	—
112	10. 7. 1946	»	»	1938	2.0	5.2	11.6	—	4 000	1 330
21	16. 7. 1945	Ähtäri	»	1939	0.3	0.5	3.5	47	375	16
26	4. 10. 1945	»	»	1941	1.0	16.9	16.9	4 300	3 000	—
23	16. 7. 1945	»	»	1944	1.0	0.1	10.4	53	—	—
25	26. 9. 1946	»	»	1945	0.3	16.4	18.8	—	—	—
18	25. 9. 1946	»	»	1945	1.5	19.8	14.3	1 617	178	—
69	25. 9. 1946	»	»	1945	1.5	12.0	6.8	—	—	—
113	19. 9. 1946	Lammi	»	1945	1.0	20.0	2.0	—	—	—
28	25. 9. 1946	Ähtäri	»	1945	0.3	6.8	8.0	88	25	—
70	9. 10. 1945	»	»	1945	1.5	3.6	6.8	—	—	—
131	26. 9. 1946	»	»	1946	1.0	4.4	10.0	—	—	—
115	18. 9. 1946	Lammi	»	1946	15.0	0.4	2.8	330	—	—
116	12. 7. 1946	»	»	1946	15.0	0.4	2.0	—	—	—
24	17. 7. 1945	Ähtäri	KgK	1929	0.3	4.0	13.6	—	—	—
67	25. 9. 1945	Orivesi	»	1930	0.5	0.3	6.9	—	139	444
17	13. 7. 1945	Ähtäri	»	1934	0.3	37.1	14.3	—	3 000	1 670
16	11. 7. 1945	»	»	1939	0.7	13.2	25.6	660	4 330	—
20	16. 7. 1945	»	»	1939	0.3	2.5	14.1	—	330	—
14	10. 7. 1945	»	»	1943	1.0	11.6	41.2	5 500	1 670	—
22	16. 7. 1945	»	»	1943	0.3	0.8	26.8	—	31	—
27	26. 9. 1946	»	»	1945	0.5	8.4	4.8	—	4 500	—
130	1. 8. 1946	»	»	1946	1.0	17.2	6.8	—	3 100	—
4	23. 6. 1945	Vilppula	KgR	1928	0.5	·	·	—	25	50
153	23. 9. 1946	»	HSR	1937[1])	10.0	0.1	0.3	—	—	778

[1]) Tuhkalannoitus. — *Ash manuring.*
[2]) Lisäksi istutettua visakoivua. — *Supplemental stand of curly birch.*

myös viljelystaimet, tarkasteltaessa ja varsinkin verrattaessa niitä kaikkien taimien yhteisiin ryhmittymislukuihin nähdään, että koivun taimet ovat tervetulleena lisänä. Varsinkin mustikkatyypillä, missä havupuiden luontainen uudistuminen näyttää kulotusaloilla olevan heikointa, havupuiden taimien metsittämisarvo yksinään on vain juuri ja juuri välttävä, ja koivun tuoma täydennys on tämän vuoksi suurimerkityksinen.

Eri koivulajeja, rauduskoivua ja hieskoivua toisiinsa verrattaessa nähdään, että puolukkatyypillä rauduskoivua on kutakuinkin saman verran kuin hieskoivuakin, mutta mustikkatyypillä vain n. 41 % koivun taimien

kuualojen taimistoista. Maanpinta kulotettu.

stands in clear-cut areas. Burnt-over ground.

verrucosa		*Betula pubescens*					*Betula* yhteensä *Betula together*		Ryhmittymisluvut *Frequency figures*			Koealan n:o *Sample plot no.*
Number of seedlings												
Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	< 0.1 m	0.1 — 1.3 m	> 1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Siementaimia *Seedlings*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Havupuut *Conifers*	Koivut *Birches*	Kaikki taimet *Total*	
Seedlings/ha									%			
300	—	1 000	2 000	1 330	4 330	200	4 630	200	80	23	80	51
6 925	—	75	1 100	1 150	2 325	—	9 250	—	·	·	·	6
50	—	—	400	675	1 075	175	1 125	175	·	·	·	35
8 990	—	—	3 330	5 000	8 330	—	17 320	—	67	53	90	62
4 000	21	670	6 670	670	8 010	—	12 010	21	60	67	83	15
9 000	—	—	1 330	—	1 330	—	10 330	—	33	47	63	111
5 330	—	—	1 330	—	1 330	—	6 660	—	30	40	57	112
438	—	11 850	10 480	—	22 330	31	22 768	31	7	47	[2] 80	21
7 300	—	7 340	1 660	—	9 000	—	16 300	—	—	20	[2] 53	26
53	—	5 026	2 106	—	7 132	40	7 185	40	·	·	·	23
—	—	3 660	1 660	—	5 320	—	5 320	—	·	13	·	25
1 795	—	2 530	455	—	2 985	13	4 780	13	28	3	30	18
—	—	40	—	—	40	—	40	—	3	—	3	69
—	—	300	300	—	600	—	600	—	—	3	3	113
113	—	1 660	1 660	—	3 320	—	3 433	—	37	13	43	28
—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	40	70
—	—	3 660	—	—	3 660	—	3 660	—	—	—	—	131
330	—	—	—	—	—	—	330	—	—	—	—	115
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	116
—	—	7 330	32 000	23 330	62 660	—	62 660	—	80	97	97	24
583	—	5 860	6 210	—	12 070	—	12 653	—	77	45	83	67
4 670	—	5 000	40 000	12 330	57 330	—	62 000	—	67	93	97	17
4 990	—	65 670	41 670	—	107 340	—	112 330	—	60	97	97	16
330	—	2 670	19 670	—	22 340	330	22 670	330	—	77	[2] 90	20
7 170	—	48 840	10 000	—	58 840	—	66 010	—	—	20	20	14
31	—	4 000	2 330	—	6 330	94	6 361	94	63	10	67	22
4 500	—	112 700	14 500	—	127 200	—	131 700	—	60	10	60	27
3 100	—	89 130	—	—	89 130	—	92 230	—	—	3	3	130
75	—	105	480	915	1 500	—	1 575	—	·	·	·	4
778	—	—	1 333	31 445	32 778	—	33 556	—	—	·	·	153

koko määrästä, kangaskorvissa n. 4 % ja rämeillä vieläkin vähemmän. Huomattakoon kuitenkin, että rämeiltäkin on rauduskoivua löytynyt. Syyt näihin suhteisiin ovat ilmeisestikin moninaisia, mutta ensiksi huomio kohdistuu eri koivulajien siemennyksen runsauteen. Kun verrataan koeala koealalta taimien jakaantumista raudus- ja hieskoivun kesken ja vastaavaa siemennyksen jakaantumista, niin nähdään, että puolukka- ja mustikkatyypeillä taimia on suunnilleen samassa suhteessa kuin siemennystäkin [1]),

[1]) Rauduskoivun siemen on tosin niillä alueilla, joista nyt käsiteltävänä oleva aineisto on kerätty, jonkin verran heikommin itävää kuin hieskoivun (vrt. s. 22), mutta toisaalta rauduskoivun siemenen kulkeutumiskyky on parempi kuin hieskoivun.

mutta kangaskorvissa ja rämeillä rauduskoivun taimia on vain pieni osa siitä, mitä siemennyksen perusteella saattaisi odottaa. Puolukka- ja mustikkatyypillä näyttäisi näin ollen raudus- ja hieskoivulla olevan kasvupaikan puolesta suunnilleen samanlaiset uudistumisen edellytykset, kun sitä vastoin kangaskorvissa ja rämeillä ja yleensäkin soistuneella maalla rauduskoivun mahdollisuudet ovat olennaisesti heikommat kuin hieskoivun.

Pääkohdat edellä sanotusta kerraten on sanottava, että koivun uudistumisen edellytykset kulotetuilla paljaaksihakkuualoilla ovat suhteellisen hyvät, ja kulotusaloille nousseet koivun taimistot vastannevatkin tämän vuoksi yleensä odotuksia. Puolukka- ja mustikkatyypeillä ei koivu keskimäärin kuitenkaan yksin riitä kysymyksessä olevia aloja metsittämään, mutta pystyy erinomaisesti täydentämään harvojakin havupuun taimistoja; kangaskorvissa sitä vastoin voidaan, mikäli niin halutaan, jättää metsittyminen yksinomaankin luontaisesti nousevan koivun taimiston varaan.

Maanpinta valmistamaton.

Paljaaksihakkuualoilta, joilla maanpinta on jätetty valmistamatta, on tutkimusaineistoa kerätty sekä kuivilta että tuoreilta metsämailta ja jokunen koeala on mitattu suometsiköistäkin. Eniten on koealoja mustikkatyypin hakkuualoilta.

Tässä tarkastetut paljaaksihakkuualat ovat suhteellisen pienialaisia. Keskimäärin ne ovat 2.8 ha pinta-alaltaan ja vain n. viidennes niistä on yli 10 ha:n laajuisia.

Useimmissa tämän ryhmän tutkimusmetsiköissä on suoritettu metsänviljely joko kylvönä tai istutuksena. Näin on tapahtunut varsinkin mustikkatyypin ja käenkaali-mustikkatyypin metsiköissä, joissa luontaisen uudistumisen edellytykset ovat runsaan ruoho- ja heinäkasvillisuuden vuoksi heikoimmat. Kun pintakasvillisuuden voimistuminen hakkuun jälkeen vaikuttaa aivan ratkaisevasti koivun uudistumisedellytyksiin, esitetään taulukossa 7 tätä kehitystä valaiseva yhdistelmä. Laajojen numerosarjojen supistamiseksi siinä kuitenkin rajoitutaan vain mustikkatyypin hakkuualoihin.

Kasviluettelossa kiinnittää huomiota lajirunsaus. Varsinkin eri ruoholajeja on paljon, useita sellaisiakin, jotka luonteeltaan kuuluvat enemmän pelloille ja niityille kuin metsiin. Nähdään edelleen, että jo 5-vuotisilla hakkuualoilla — nuorempia ei aineistossa olekaan — pintakasvillisuus tuuheana peittää maan. Esim. yksinomaan ruohojen ja heinien peittävyys on aineiston viidellä näin vanhalla hakkuualalla keskimäärin 9.3. Jo tämä kasvillisuuskerros yksinään peittää siis jokseenkin aukottomana maan pinnan. Pintakasvillisuuden nopean voimistumisen vuoksi ei koivun sirkka-

Taulukko 7. Kasviluettelo mustikkatyypin hakkuualoilta. Maanpinta valmistamatta.

Table 7. List of plants from clear-cut areas of Myrtillus type. Unprepared ground.

Kasvilaji *Plant species*	Koealan numero — *Sample plot no.*											
	170	34	56	114	33	30	32	101	102	103	52	53
	Hakkuuvuodesta, v. — *Years since cutting*											
	24	19	18	16	8	8	8	5	5	5	5	5
	Peittävyys (0—10) — *Degree of covering (0—10)*											
Cladonia spp.	0.1	—	0.1	—	—	—	—	—	—	Δ	—	—
Peittävyys yhteensä *Covering together*	0.1	Δ	0.2	—	Δ	—	—	—	—	Δ	Δ	0.1
Ceratodon purpureus	—	—	—	—	Δ	0.1	0.1	—	—	—	—	—
Dicranum undulatum	—	—	0.5	—	0.5	0.5	0.5	1.0	0.5	—	0.2	0.1
D. spp.	0.3	0.2	—	—	—	—	—	—	—	0.2	—	—
Pleurozium Schreberi	1.9	2.0	2.0	0.2	3.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.5
Rhytidiadelphus triquetrus	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hylocomium proliferum	0.1	4.0	1.0	0.2	0.1	Δ	0.5	3.0	1.0	1.0	0.1	0.1
Polytrichum commune	—	—	3.0	—	0.4	0.5	Δ	—	—	—	0.2	1.0
P. juniperinum	—	—	0.2	—	0.1	—	—	—	—	Δ	—	—
P. spp.	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sphagnum Girgensohnii	—	—	1.0	—	—	—	—	—	—	—	0.1	0.2
Peittävyys yhteensä *Covering together*	2.7	6.7	7.9	0.4	4.1	2.1	2.1	6.0	3.5	2.2	1.6	1.9
Luzula pilosa	—	0.1	0.1	0.1	—	0.1	0.1	0.1	0.2	Δ	0.2	0.2
Carex digitata	—	Δ	—	—	—	Δ	—	—	0.1	0.1	—	—
C. globularis	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.5	0.1
C. spp.	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Agrostis tenuis	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Δ	0.2
Calamagrostis epigejos	—	0.5	—	0.1	—	—	1.0	0.2	—	—	0.1	0.1
C. arundinacea	3.3	0.1	—	7.0	—	Δ	—	4.0	6.0	7.0	0.2	0.2
Deschampsia caespitosa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.2
D. flexuosa	1.6	2.0	0.2	0.2	0.5	6.0	8.0	3.0	0.2	0.2	5.0	6.0
Melica nutans	—	—	—	Δ	—	Δ	—	0.1	0.1	0.1	—	—
Peittävyys yhteensä *Covering together*	5.4	2.7	0.4	7.4	0.6	6.1	9.1	7.4	6.6	7.4	6.3	7.0
Equisetum silvaticum	—	—	—	—	Δ	—	—	—	—	—	0.2	—
Eupteris aquilina	—	—	—	Δ	—	—	—	0.5	—	—	—	—
Dryopteris linnaeana	—	0.1	0.5	—	—	0.1	Δ	—	0.1	—	—	0.2
Dr. spinulosa	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	0.2	0.2
Convallaria majalis	—	0.1	—	—	—	—	Δ	0.1	Δ	—	—	—
Majanthemum bifolium	—	0.2	0.1	Δ	—	0.1	—	0.2	0.1	—	Δ	—
Rumex acetosa	—	—	—	—	Δ	Δ	—	—	0.3	—	0.1	—
R. acetosella	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	0.1	0.2	0.3	0.2
Viola riviniana	0.2	Δ	—	Δ	—	—	—	Δ	Δ	—	Δ	—
Potentilla erecta	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Δ	—	0.1
Fragaria vesca	—	—	0.1	Δ	—	Δ	—	0.1	Δ	0.2	Δ	0.1
Rubus idaeus	—	—	0.1	0.1	2.0	1.0	—	0.2	0.5	0.5	1.0	0.5
R. saxatilis	—	0.2	0.1	0.5	—	1.0	0.1	0.2	—	0.1	0.1	0.2
Lathyrus pratensis	—	—	—	0.2	—	—	—	0.1	—	0.2	Δ	—
L. vernus	—	—	—	0.1	—	—	—	Δ	0.1	0.1	—	—
Vicia cracca	—	—	—	Δ	—	—	—	0.1	0.2	0.1	—	—
V. hirsuta	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—
Chamaenerium angustifolium	0.2	Δ	0.1	1.0	—	1.0	0.5	0.1	0.2	0.5	0.6	0.1
Geranium silvaticum	—	—	—	Δ	—	—	—	Δ	—	Δ	—	—
Oxalis acetosella	—	0.1	0.1	—	—	Δ	—	—	—	—	0.1	0.1
Trientalis europaea	0.1	0.1	0.1	Δ	—	Δ	Δ	0.1	—	0.1	0.1	0.1
Veronica chamaedrys	—	—	—	Δ	—	—	—	—	0.2	0.2	—	—
Melampyrum silvaticum	—	1.0	—	0.5	—	1.0	—	—	0.2	0.2	—	—
M. spp.	0.1	—	—	—	—	—	—	0.1	—	—	—	—
Solidago virga-aurea	—	0.5	0.2	0.5	—	0.1	Δ	0.1	0.1	Δ	0.2	0.1
Hypochoeris maculata	—	—	—	Δ	—	—	—	Δ	—	Δ	—	—
Taraxacum officinale	—	—	—	—	—	Δ	—	—	Δ	—	Δ	—
Hieracium spp.	—	—	—	Δ	—	Δ	—	Δ	Δ	—	Δ	—
Peittävyys yhteensä *Covering together*	0.6	2.3	1.5	3.3	2.1	4.4	0.7	1.9	2.3	2.5	3.2	1.9
Lycopodium annotinum	—	—	0.5	—	—	0.1	—	Δ	—	—	—	—
Pirola secunda	—	Δ	0.2	—	—	0.1	Δ	—	0.1	—	0.1	0.1
Vaccinium vitis-idaea	0.5	2.0	3.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	0.2	0.1	2.0	0.4
V. myrtillus	0.1	3.0	1.0	1.0	Δ	Δ	Δ	0.2	0.2	—	0.1	0.1
Linnaea borealis	0.1	0.2	0.2	—	—	0.2	Δ	0.2	0.1	Δ	0.2	0.1
Peittävyys yhteensä *Covering together*	0.7	5.2	4.9	2.0	2.0	2.4	2.0	1.4	0.6	0.1	2.4	0.7

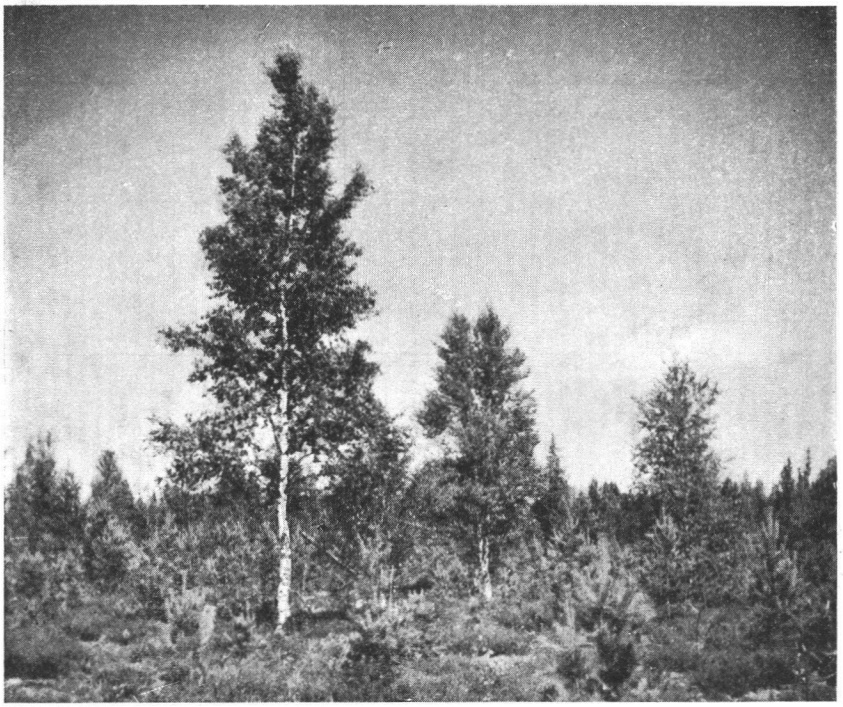
Koealoilla on sen lisäksi, mitä taulukkoon 7 on merkitty, tavattu seuraavat kasvilajit, joiden peittävyys on ollut vähäisempi kuin 0.1. (Lajinnimen jälkeen on merkitty sen koealan numero, jolla kasvi on kasvanut.) *Peltigera aphthosa* 53, *P. canina* 34, *Cladonia rangiferina* 33, *Cl. silvatica* 33, *Dicranum scoparium* 30, *Pohlia nutans* 33, *Aulacomnium palustre* 56, *Ptilium crista-castrensis* 53, *Marchanthia polymorpha* 56, *Carex canescens* 52, 53, *C. leporina* 33, *Phleum pratense* 30, *Calamagrostis purpurea* 52, *Poa pratensis* 102, *Platanthera bifolia* 34, *Gymnadenia conopea* 114, *Stellaria media* 53, *Ranunculus acer* 114, 102, *Anemone nemorosa* 52, *Hepatica triloba* 101, 103, *Epilobium montanum* 30, 52, *Ep. palustre* 53, *Aegopodium podagraria* 34, 114, *Angelica silvestris* 30, *Galeopsis tetrahit* 30, 102, *Veronica officinalis* 52, *Melampyrum pratense* 52, *Antennaria dioeca* 101, *Chrysanthemum leucanthemum* 52, *Cirsium palustre* 52 *ja Lycopodium selago* 30.

taimilla olekaan kehittymisen mahdollisuuksia kuin aivan nuorilla hakkuualoilla. Kolme vuotta näyttäisi tässä suhteessa muodostavan enimmäisajan (vrt. myös s. 44 kulotettujen paljaaksihakkuualojen ruohottumiseen ja heinittymiseen).

Tärkeimmät taimistoja koskevat mittaustulokset nähdään taulukosta 8. Koealat on siinä järjestetty metsätyypeittäin ja paljaaksihakkuusta kuluneen ajan mukaan. Tarkasteltaessa ensinnä koivun taimien kokonaismäärää nähdään, että se on suuresti kasvupaikasta riippuvainen. Kuivilla kankailla koivun taimia on varsin niukasti. Keskimääräiseksi koivun taimiluvuksi saadaan kanervatyypin koealoilla (6 koealaa) 195 kpl/ha [1]) ja puolukkatyypin koealoilla (5 koealaa) 1 215 kpl/ha. Tuoreilla kankailla koivun taimia on enemmän, mutta kokonaismäärä on sittenkin yllättävän pieni, esim. mustikkatyypin hakkuualoilla (13 koealaa) keskimäärin vain 2 982 kpl/ha. Ilmeisesti hakkuualoille heti paljaaksihakkuun jälkeen nopeasti kehittyvä rehevä pintakasvillisuus (kuva 10, s. 54) sekä tälle metsätyypille ominainen suhteellisen paksu ja sitkeä humus yhdessä ehkäisevät pahasti koivun uudistumista. Tämä on käynyt ilmi mm. siitä, että huomattava määrä koivun taimista on noussut metsänviljelyjen yhteydessä paljastettuihin kivennäismaalaikkuihin. Eniten koivun taimia on soistuneilla mailla. Esim. ainoalta kangaskorpia tässä ryhmässä edustavalta koealalta on koivun taimia luettu 31 334 kpl/ha ja kahdesta varsinaisesta korvesta keskimäärin 19 835 kpl/ha.

Tässä puheena olevilla hakkuualoilla on tavattu myös vesasyntyisiä koivun taimia. Vesaryhmien lukumäärät ovat eri koealoilla sellaisenaan suhteellisen pieniä (taulukko 8). Esim. mustikkatyypillä on tarkastettavana olevilla paljaaksihakkuualoilla vesaryhmiä keskimäärin vain 191 kpl/ha. Mutta kun siementaimienkaan luku ei ole kovin suuri, on vesojen suhteellinen määrä kuitenkin melkoinen, esim. mustikkatyypillä n. 6 %

[1]) Tässä yhteydessä voidaan mainita, että T a m m (1937, s. 252) on Etelä-Ruotsissa, Jönköpingin läänissä, lukenut laihan kanervakankaan paljaaksihakkuualalla 5:stä eri koealasta seuraavat määrät luontaisesti syntyneitä koivun taimia: 430, 460, 95, 140 ja 130 kpl/ha.



Kuva 9. Kanervatyypin kankaalle noussutta, pääasiassa siemensyntyistä hieskoivua. Koeala 123. Orivesi, Santakangas. Valok. 20. 7. 1946.

Fig. 9. A stand of Betula pubescens, for the most part grown up from seeds, on a heath of Calluna type. Sample plot 123. Orivesi, Santakangas. Photo 20. 7. 1946.

koivun taimien kokonaismäärästä. Nopeakasvuisina, tyvilaholle alttiina ja usein ainakin tyvestään lenkoina vesat ovat teknilliseltä laadultaan tavallisesti huonoja. Paljaaksihakkuualojen metsittymisen kannalta koivun vesauudistumisella onkin verrattain vähäinen merkitys (vrt. myös M i k o l a 1942, s. 66). Mutta kun tuuheat vesaryhmät jo muutaman vuoden kuluttua näennäisesti aivan täyttävät hakkuualan, ne ovat varmaan useasti pettäneet metsänomistajan päinvastaiseen käsitykseen, ja siten niistä on loppujen lopuksi saattanut koitua enemmän vahinkoa kuin hyötyä.

Koivun taimistojen metsittämisarvosta saadaan taaskin parhaiten käsitys tarkastelemalla ryhmittymislukuja. Kuivilla kankailla ryhmittymisluvut ovat pieniä, eikä koivu sen vuoksi pysty sanottavasti täydentämään havupuiden taimistoja. Ja tuskin se tähän tehtävään laajemmassa mitassa soveltuisikaan, koska koivun kasvu on kuivilla kankailla havupuihin verrattuna huono ja sen laatukin on heikko. Metsätaloudellisesti valitettavampaa onkin, että koivun taimien ryhmittymisluku jää mustikkatyypilläkin pieneksi. Se on keskimäärin vain 16 %. Tällä tyypillä runsaat koivun taimistot olisivat erittäin tervetulleita havupuun täydennykseksi, koska

Taulukko 8. Mittaustuloksia paljaaksihakkuu-

Table 8. Measuring results from seedling

Koealan n:o *Sample plot no.*	Tutkimusaika *Date*	Kunta *Community*	Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Paljaaksihakkuu vuonna *Year of clear-cutting*	Paljaaksihakkuun pinta-ala, ha *Area of clear cutting, ha*	Koivun siemennys *Seeding of birch*		*Betula*		
						Betula verrucosa	*Betula pubescens*	< 0.1 m	0.1—1.3 m	> 1.3 m
						Runkoa/ha *Stems/ha*		Kpl/ha		
123	20. 7. 1946	Ruovesi	CT	1923	2.0	0.8	0.1	—	12	—
31	7. 8. 1945	»	»	1925	1.0	5.6	0.4	—	330	—
46	21. 8. 1945	Orivesi	»	1929	5.0	4.8	—	7	20	—
8	28. 6. 1945	Vilppula	»	1932	3.0	—	0.3	—	—	—
149	10. 9. 1946	Tuusula	»	1942	4.0	2.8	—	33	217	50
150	11. 9. 1946	»	»	1942	4.0	0.8	—	—	36	—
45	20. 8. 1945	Orivesi	VT	1929	0.5	4.8	8.0	—	99	561
40	16. 8. 1945	»	»	1929	1.0	—	3.2	—	—	—
63	20. 9. 1945	»	»	1934	12.0	0.2	14.0	—	—	—
64	20. 9. 1945	»	»	1934	12.0	1.2	8.0	—	24	—
41	17. 8. 1945	»	»	1934	1.5	0.4	4.0	—	—	—
170	12. 9. 1940	Hyvinkää	MT	1917	2.0	·	·	—	3 000	—
34	9. 8. 1945	Ruovesi	»	1927	0.3	0.5	1.5	—	—	14
56	8. 9. 1945	Kuru	»	1928	4.0	1.6	8.0	—	330	1 000
114	11. 7. 1946	Lammi	»	1931	0.6	17.6	0.4	—	330	330
33	8. 8. 1945	Ruovesi	»	1938	0.3	1.5	10.5	—	78	—
30	6. 8. 1945	Juupajoki	»	1938	0.5	2.8	0.4	—	2 290	370
32	8. 8. 1945	Ruovesi	»	1938	6.0	0.4	0.8	—	142	16
121	16. 7. 1946	Padasjoki	»	1942	·[1])	12.4	3.2	—	670	670
101	18. 6. 1946	»	»	1942	·[1])	10.4	1.2	—	670	—
102	19. 6. 1946	»	»	1942	·[1])	3.2	4.4	—	670	—
103	19. 6. 1946	»	»	1942	·[1])	4.0	1.2	—	330	—
52	5. 9. 1946	Kuru	»	1942	0.5	1.2	3.2	30	115	15
53	5. 9. 1945	»	»	1943	3.0	4.4	5.2	—	—	—
107	1. 7. 1946	Lapinjärvi	OMT	1930	3.0	2.0	—	—	330	5 000
54	6. 9. 1945	»	»	1943	3.0	5.6	30.8	—	—	—
19	15. 7. 1945	Ähtäri	KgK	1926	0.8	0.8	12.4	—	—	4
49	28. 8. 1945	Vilppula	VK	1930	0.5	3.0	6.1	—	—	330
55	7. 9. 1945	Kuru	»	1942	0.5	19.5	11.3	—	10 670	—
5	23. 9. 1946	Vilppula	KgR	1940	1.0	—	5.0	—	133	—

[1]) 50 m leveä voimajohtolinja. — *50 m broad power line.*

havupuun taimistotkin yleensä ovat niukkoja, mikä johtuu osaksi luontaisen uudistumisen huonoista edellytyksistä, osaksi siitä, että paljon viljelystaimiakin sortuu uudistumisvaikeuksiin. Nähtävästi paljaaksihakkuita ja metsänviljelyä suoritettaessa onkin varsin usein oletettu, että hakkuualalle saadaan koivusta havupuiden sekaan runsasta täydennystä. Edellä esitetystä käy kuitenkin ilmi, että mikäli näin on laskelmoitu, on erehdytty. Koivun taimistot eivät kovinkaan paljoa paranna havupuiden metsittämisarvoa. Niinpä havupuun taimien keskimääräinen ryhmittymisluku on

alojen taimistoista. Maanpinta valmistamatta.

stands in clear-cut areas. Unprepared ground.

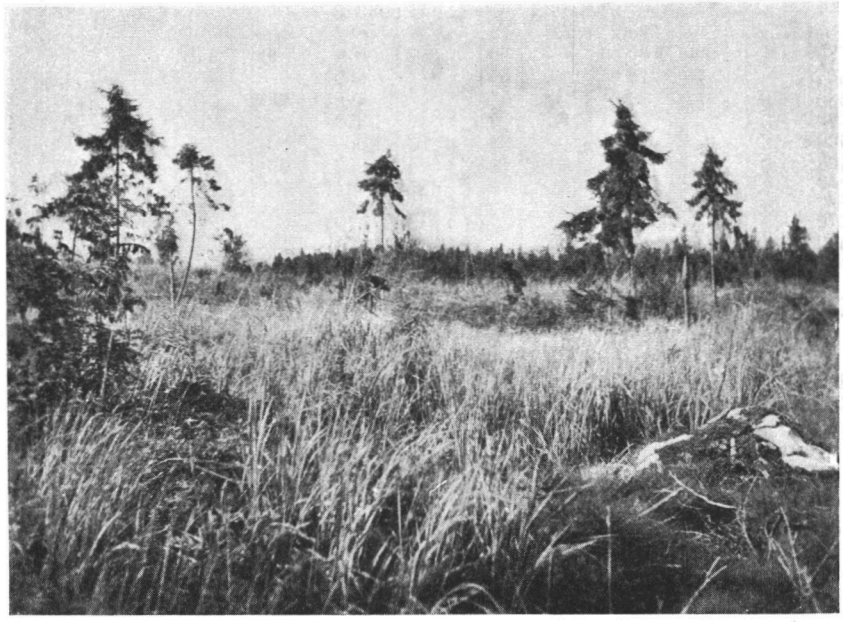
verrucosa		*Betula pubescens*					*Betula* yhteensä *Betula together*		Ryhmittymisluvut *Frequency figures*			
Taimiluku — *Number of seedlings*												
Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Siementaimia *Seedlings*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Havupuut *Conifers*	Koivut *Birches*	Kaikki taimet *Total*	Koealan n:o *Sample plo no.*
Seedlings/ha									%			
12	—	—	20	80	100	4	112	4	27	—	27	123
330	—	—	330	—	330	330	660	330	57	10	60	31
27	—	—	7	—	7	—	34	—	57	—	57	46
—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	8
300	33	—	17	—	17	—	317	33	50	—	50	149
36	12	—	8	—	8	—	44	12	50	—	50	150
660	—	—	251	409	660	—	1 320	—	67	13	73	45
—	—	70	480	180	730	—	730	—	60	—	60	40
—	—	670	1 660	330	2 660	83	2 660	83	30	13	37	63
24	—	73	382	216	671	25	695	25	30	7	33	64
—	—	—	87	583	670	—	670	—	70	7	70	41
3 000	—	—	500	—	500	—	3 500	—	35	25	50	170
14	—	—	330	3 670	4 000	—	4 014	—	73	33	83	34
1 330	—	—	6 670	7 340	14 010	22	15 340	22	47	57	87	56
660	—	—	200	22	222	—	882	—	70	7	73	114
78	—	1 000	1 000	—	2 000	1 000	2 078	1 000	17	13	30	33
2 660	—	15	790	195	1 000	—	3 660	—	53	17	57	30
158	330	—	330	—	330	—	488	330	7	7	13	32
1 340	16	—	16	16	32	16	1 372	32	10	10	20	121
670	16	—	330	—	330	203	1 000	219	20	10	23	101
670	330	—	150	30	180	—	850	330	17	7	23	102
330	219	—	80	14	94	125	424	344	20	3	27	103
160	13	—	670	—	670	—	830	13	40	7	40	52
—	13	2 330	2 000	—	4 330	1 000	4 330	1 013	40	17	50	53
5 330	22	—	—	—	—	—	5 330	22	47	20	53	107
—	25	11 136	1 864	—	13 000	1 000	13 000	1 025	63	23	70	54
4	—	670	22 330	8 330	31 330	67	31 334	67	73	87	93	19
330	—	1 330	1 670	7 670	10 670	670	11 000	670	73	63	90	49
10 670	—	1 000	17 000	—	18 000	—	28 670	—	73	53	87	55
133	—	3 330	8 670	—	12 000	—	12 133	—	40	37	67	5

34 %, siis epätyydyttävä, ja koivun taimien ansiosta se nousee 44 %:iin eli juuri ja juuri välttäväksi. On näin ollen myös ilman muuta selvää, että mustikkatyypin paljaaksihakkuualojen jättäminen yksinomaan koivun luontaisen uudistumisen varaan merkitsee uudistamisen täydellistä laiminlyömistä (kuva 10).

Kangaskorvissa ja varsinaisissa korvissa koivun ryhmittymisluvut sitä vastoin ovat suurempia, ja niillä taimistot, ollakseen pelkkinä havupuun taimistoina vain tyydyttäviä, voidaankin koivun tuoman lisän ansiosta

arvostella hyviksi. Tässä on syytä lisäksi mainita, että Lukkala (1946, s. 112) on korpimetsien luontaista uudistumista tutkiessaan mitannut korpimaille hakatuilta kaistaleilta koivun taimilukuja, jotka ovat samaa suuruusluokkaa kuin tässä esitetytkin. Niinpä hän on saanut 5:ltä eri korpialueelta siemensyntyisten taimien keskimääräksi v. 1937 suoritettujen mittausten mukaan 15 100 kpl/ha ja v. 1942 11 200 kpl/ha. Myös L. E. T. Borgin (1936 s. 51—60) hankikylvöjä koskevasta tutkimuksesta nähdään, että korpimaille on noussut luontaisesti runsaasti koivun taimistoa, ja taimiluvutkin ovat samaa suuruusluokkaa kuin tässä tutkimuksessa. Paljaaksihakatuissa korvissa koivu näyttää siis pystyvän yksinkin metsittämään hakkuualan.

Kun verrataan koealoittain rauduskoivun ja hieskoivun taimilukuja toisiinsa (taulukko 8) ja samalla silmäillään vastaavia koivun siemennystä kuvaavia arviolukuja, nähdään, että toisaalta näiden kahden puulajin siemennyksen ja toisaalta niiden taimilukujen väliset suhteet ovat kovilla mailla samansuuntaisia. Soilla sitä vastoin rauduskoivua on suhteellisesti paljon vähemmän kuin sen siemennys edellyttäisi (vrt. myös Lukkala 1946, s. 112).



Kuva 10. Laaja, voimakkaasti heinittynyt mustikkatyypin paljaaksihakkuuala. Koeala 32. Ruovesi. Valok. 8. 8. 1945.

Fig. 10. A large clear-cut area of Myrtillus type, heavily overgrown with grass. Sample plot 32. Ruovesi. Photo 8. 8. 1945.

Koivun taimien ikään kohdistuneiden tutkimusten tuloksena voidaan sanoa, että vain vähäinen osa koivun taimista on ollut olemassa ennen hakkuuta, kun sitä vastoin suurin osa on syntynyt hakkuun jälkeen ja useimmissa tapauksissa jo 2—3:na ensimmäisenä hakkuuta seuranneena vuotena.

Edellä sanotusta käy ilmi, että koivun luontainen uudistuminen on sekä kuivien että tuoreiden kankaiden sellaisilla paljaaksihakkuualoilla, joilla maanpintaa ei ole erityisesti valmistettu, heikkoa. Erityisen merkillepantavaa on koivun huono uudistuminen tuoreiden kankaiden paljaaksihakkuualoilla, koska juuri tällaiset maat hyvin soveltuisivat koivun kasvattamiseen.

Toisaalta nähdään, että koivu uudistuu suoperäisillä ja vain lievästikin soistuvilla mailla erinomaisen herkästi. Tällaisilla mailla saadaan paljaaksihakkuualoille maanpintaa mitenkään valmistamatta runsaasti koivun taimia. Useissa, ehkä useimmissakin tapauksissa nämä taimistot ovat siksi tiheitä, että ne yksinään riittävät kysymyksessä olevien uudistusalojen metsittämiseen. Joka tapauksessa voidaan luottaa siihen, että koivusta saadaan tuntuvaa täydennystä joko luontaisesti syntyneisiin tai metsänviljelyn avulla perustettuihin havupuun taimistoihin. — Ehkäpä juuri ne erittäin myönteiset kokemukset, joita on saatu koivun uudistumisesta soilla ja lievästi soistuneissa notkelmissakin olevilla paljaaksihakkuualoilla, ovat osaksi myötävaikuttaneet sellaisen varsin yleisen harhakäsityksen syntymiseen, että koivu yleensäkin uudistuisi paljaaksihakkuualoilla hyvin.

Tärkeätä on edelleen panna merkille, että molempia koivulajeja, raudus- ja hieskoivua, on noussut sekä kuivien että tuoreiden kankaiden paljaaksihakkuualoille samantapaisesti kuin niitä on siementynytkin. Varsinkin hieskoivun kyky uudistua kuivilla kankailla, vieläpä kanervatyypin kankailla (kuva 9, s. 51) ansaitsee tässä huomiota.

Siemenpuualat.

Siemenpuualoja koskeva aineisto on kerätty kanervatyypin, puolukkatyypin ja mustikkatyypin metsiköistä. Kuivat kankaat, joilla koivun kasvattamisen kannalta on toisarvoinen merkitys, ovat aineistossa suhteellisen runsaasti edustettuna siitä yksinkertaisesta syystä, että juuri kuivien kankaiden metsiköissä siemenpuuhakkuun käyttäminen uudistushakkuuna on yleisintä. Toisaalta on sanottava, että puhtaasti teoreettisesti koivun uudistumissuhteiden selvittely tarjoaa kuivilla kankailla erikoista mielenkiintoa; ne edustavat kasvupaikan suhteen koivun kannalta eräänlaista äärimmäistapausta, jossa monet ilmiöt huipentuvat kouraantuntuvammin nähtäviksi kuin keskimääräisissä olosuhteissa. — Koeala-aineistosta on tärkeimmät mittaustulokset yhdistetty taulukkoon 9, s. 59.

Ne koealametsiköt, joista tässä on puhe, ovat ennen kuin siemenpuuhakkuu niissä on suoritettu, olleet säännöllisillä alaharvennuksen luonteisilla kasvatushakkuilla käsiteltyjä. Viimeiset harvennukset ovat useissa tapauksissa olleet väljennyshakkuita; tällaisissa tapauksissa kasvatus- ja uudistushakkuun välinen raja on jossakin määrin sovinnainen. Useimmissa tapauksissa on kuitenkin ollut helppo ratkaista, mitä hakkuuta on pidettävä varsinaisena siemennyshakkuuna. Tämä näkyy mm. taulukosta 9, kun verrataan siemennyshakkuussa hakattuja puumääriä ja nykyistä puuston kuutiomäärää toisiinsa. Siemenpuuhakkuussa on hakattu keskimäärin ainakin n. 70 % puuston silloisesta kuutiomäärästä. Samasta taulukosta nähdään edelleen, että useista koealametsiköistä on varsinaisen siemennyshakkuun jälkeen hakattu siemenpuita. Yleensä nämä hakkuumäärät ovat kuitenkin olleet vähäisiä.

Vaikka siemennyshakkuu aivan yleisesti on ollut voimakas hakkuu, ei koealoilla, ei suhteellisen nuorillakaan siemenpuualoilla, ole ollut erityisen runsaasti hakkuutähteitä. Pääasiallisin syy tähän on ilmeisestikin se, että männystä ei kerta kaikkiaan kerry lähimainkaan samanlaisia hakkuutähdemääriä kuin esim. kuusesta.

Hakkuualoille jätetyt siemenpuut ovat paria poikkeusta lukuun ottamatta olleet joko puhdasta mäntyä tai mäntyä ja koivua yhdessä; yleensä koivun sekoitus on ollut vähänlainen, keskimäärin n. 2—5 % siemenpuiden kuutiomäärästä. Parilla koealalla (n:o 105 ja 106) siemenpuusto kuitenkin on ollut puhdasta koivua. Kuusta ei siemenpuina ole ollut lainkaan.

Siemenpuut ovat kooltaan tavallisimmin olleet keskinkertaisen tai järeähkön tukkipuun mittaisia. Rinnankorkeudelta mitatun läpimitan mukaan ne jakaantuvat kolmella tärkeimmällä metsätyypillä keskimäärin hehtaaria kohden seuraavasti:

Metsätyyppi	Siemenpuiden rinnankorkeusläpimitta, cm						Yhteensä	Koealoja kpl.
	15—20	21—25	26—30	31—35	36—40	41—45		
	Keskimäärin kpl/ha							
Kanervatyyppi	4	19	30	10	1	1	64	10
Puolukkatyyppi	1	8	19	22	7	1	57	9
Mustikkatyyppi	3	6	13	15	9	5	51	12

Tästä yhdistelmästä näkyy myös siemenpuiden keskimääräinen luku hehtaaria kohden. Eri metsätyyppien siemenpuualoilla ei näytä olevan sanottavaa eroa. Mikäli esilletuleviin vähäisiin eroihin haluaa kiinnittää huomiota, on sanottava, että suunta on päinvastainen kuin ehkä saattaisi odottaa: kanervatyypillä siemenpuita on hehtaaria kohden runsaimmin ja mustikkatyypillä vähiten. Tämä itse asiassa osoittaa vain, kuten jäljempänä yksityiskohtaisemmin selviää, kuinka huono tunnus siemenpuiden lukumäärä on kuvaamaan siemenpuustoa kokonaisuutena.



Kuva 11. Taajahko männyn siemenpuuasento puolukkatyypillä. Alla harvahkoa männyn taimistoa ja yksittäisiä koivun taimia (368 kpl/ha), jotka ovat miltei puhdasta rauduskoivua. Koeala 125. Ruovesi. Valok. 25. 7. 1946.

Fig. 11. A rather dense pine seed-tree stand on Vaccinium type. Below, part of a rather thin stand of pine seedlings and a few scattered birch seedlings (368 per ha), which are almost exclusively specimens of Betula verrucosa. Sample plot 125. Ruovesi. Photo 25. 7. 1946.

Arvosteltaessa siemenpuiden ja taimiston keskinäisiä suhteita tarjoaa siemenpuiden latvusala paremman kiinnekohdan siemenpuuston tiheyden arvioimiseksi kuin siemenpuiden lukumäärä. Latvusala on koealametsiköissä mitattu ruutumenetelmää apuna käyttäen (vrt. Sarvas 1945). Kanervatyypin koealoilla latvusala on keskimäärin vain 0.08, kun täyttä peittävyyttä merkitään 1.00:lla. Puolukkatyypin koealoilla se on keskimäärin 0.13 ja mustikkatyypin koealoilla 0.16. Nämä luvut saattavat tuntua pienenlaisilta, mutta kun muistetaan, että »täysitiheässäkin» hakkuukypsässä männikössä latvusala kanervatyypillä on (Lönnroth 1925, kuva 25) n. 0.45, puolukkatyypillä n. 0.52 ja mustikkatyypillä n. 0.58, ne jo joutuvat toiseen valoon. Jos nyt tarkasteltavana olevien siemenpuustojen tiheys lasketaan niiden latvusalan suhteena kehitystilaltaan vastaavan täysitiheän (tai luonnonnormaalin) metsikön latvusalaan, saadaan kanervatyypin siemenpuualojen puuston keskimääräiseksi tiheydeksi 0.18, puolukkatyypin 0.25 ja mustikkatyypin siemenpuualojen 0.28. Tästä nähdään, että kanervatyypin siemenpuualat ovat olleet suhteellisesti harvempia kuin puolukkatyypin ja mustikkatyypin.

Taulukko 9. Mittaustuloksia

Table 9. Measuring results from

Koealan n:o *Sample plot no.*	Tutkimusaika *Date*	Kunta *Community*	Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Siemenpuiden latvusala 0.0—1.0 *Canopy cover of seed trees* 0.0—1.0	Puuston kuutiomäärä, m³/ha *Growing stock, cbm/ha*	Siemenpuuhakkuu *Shelterwood cutting*		Hakattu siemenpuita *Cuttings of seed-trees*		Koivun siemennys *Seeding of birch*	
						Vuonna *Year of cutting*	m³/ha *cbm/ha*	Vuonna *Year of cutting*	m³/ha *cbm/ha*	*Betula verrucosa*	*Betula pubescens*
										Runkoa/ha *Stems/ha*	
29	6. 8. 1945	Juupajoki	CT	—	10	1910	·	1929, 38	45	0.03	0.2
93	2. 9. 1946	Tuusula	»	0.05	30	1927	95	—	—	0.4	0.09
38	14. 8. 1945	Orivesi	»	0.04	35	1927—29	·	1941	8	1.2	0.02
7	28. 6. 1945	Vilppula	»	0.01	21	1932	165	—	—	—	0.01
65	24. 9. 1945	»	»	0.09	40	1932	151	—	—	2.4	1.2
9	28. 6. 1945	»	»	*Δ*	10	1932	93	—	—	—	0.5
110	5. 7. 1946	Lapinjärvi	»	0.08	21	1934	151	1944	13	18.8	0.1
42	18. 8. 1945	Orivesi	»	0.15	42	1934	43	1937	20	0.2	0.6
66	24. 9. 1945	Vilppula	»	0.31	62	1934	62	—	—	0.4	0.02
109	4. 7. 1946	Lapinjärvi	»	0.09	35	1934	118	—	—	2.0	0.06
124	23. 7. 1946	Ruovesi	»	0.06	35	1935	160	—	—	—	—
126	24. 7. 1946	»	»	0.10	40	1935	75	—	—	—	—
85	4. 9. 1946	Tuusula	VT	0.42	96	1929	68	—	—	0.3	—
92	13. 9. 1946	»	»	0.09	25	1930	167	—	—	6.0	—
132	5. 8. 1946	Punkaharju	»	0.11	49	1929	105	1940—43	99	24.0	0.4
57	10. 9. 1945	Kuru	»	—	12	1929	·	—	—	6.4	0.4
142	17. 8. 1946	Kerimäki	»	0.09	34	1932	104	1946	6	7.2	—
91	14. 9. 1946	Tuusula	»	—	5	1933	111	1941	24	5.6	—
39	15. 8. 1945	Orivesi	»	0.23	17	1934	31	1941	8	2.4	13.2
43	18. 8. 1945	»	»	0.20	77	1935	57	—	—	6.4	6.8
127	25. 7. 1946	Ruovesi	»	0.07	67	1935	193	—	—	2.8	4.0
125	25. 7. 1946	»	»	0.09	83	1935	124	—	—	0.1	0.1
95	12. 6. 1946	Padasjoki	MT	0.13	109	1925	·	1938	19	45.6	1.2
10	29. 6. 1945	Vilppula	»	·	69	1926	127	—	—	0.8	0.4
155	24. 9. 1946	»	»	·	105	1927	191	1946	81	45.4	0.4
168	10. 9. 1940	Hyvinkää	»	·	21	1925	179	1934	13	·	·
143	19. 8. 1946	Kerimäki	»	0.19	108	1932	81	1940	23	38.0	—
169	11. 9. 1940	Hyvinkää	»	·	29	1930	171	—	—	·	·
96	14. 6. 1946	Padasjoki	»	0.15	63	1942	24	—	—	22.4	15.2
97	15. 6. 1946	»	»	0.19	101	1942	79	—	—	6.0	3.2
105	28. 6. 1946	Lapinjärvi	»	0.13	35	1943	·	—	—	100.4	11.2
106	29. 6. 1946	Lapinjärvi	OMT	0.04	7	1943	·	—	—	34.0	2.4
58	11. 9. 1945	Kuru	KgK	0.04	6	1925	·	1938	10	2.8	8.8
50	29. 8. 1945	Vilppula	»	0.06	30	1926	.	1936	8	7.8	7.1
36	10. 8. 1945	Ruovesi	VK	—	23	1936	154	1945	13	1.5	16.5

Myös siemenpuustojen kuutiomäärät kuvaavat niiden tilaa. Kanervatyypin siemenpuualoilla on puuston keskimääräinen kuutiomäärä 32 m³/ha, puolukkatyypin 47 m³/ha ja mustikkatyypin siemenpuualoilla 71 m³/ha. Siemenpuustojen kasvu on kaikilla metsätyypeillä yllättävän yhdenmukainen: kanervatyypin koealoilla keskimäärin 0.8 m³/ha, puolukkatyypin 0.9 m³/ha ja mustikkatyypin 1.3 m³/ha.

siemenpuualojen taimistoista.

seedling stands in seed-tree areas.

Betula verrucosa					*Betula pubescens*					*Betula* yht. *Betula together*		Ryhmittymisluvut *Frequency figures*			Koealan n:o *Sample plot no.*
Taimiluku — *Number of seedlings*															
<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Siementaimet *Seedlings*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Havupuut *Conifers*	Koivut *Birches*	Kaikki taimet *Total*	
Kpl/ha — *Seedlings/ha*												%			
—	—	—	—	—	—	15	5	20	—	20	—	50	—	50	29
—	30	65	95	6	—	—	—	—	6	95	12	73	—	73	93
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	27	—	27	38
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	80	—	80	7
—	50	10	60	—	—	—	—	—	—	60	—	83	—	83	65
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	—	100	9
—	116	24	140	—	—	8	—	8	—	148	—	37	—	37	110
26	—	—	26	—	13	9	—	22	—	48	—	20	—	20	42
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	77	—	77	66
—	330	330	660	—	—	—	—	—	—	660	—	43	3	43	109
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	—	40	124
—	—	—	—	—	—	4	—	4	—	4	—	63	—	63	126
—	25	125	150	25	—	—	—	—	—	150	25	53	—	53	85
—	670	1 330	2 000	31	—	31	94	125	—	2 125	31	73	13	77	92
330	3 670	—	4 000	—	50	133	—	183	—	4 183	—	96	10	97	132
—	—	6 000	6 000	—	—	330	—	330	330	6 330	330	30	37	47	57
—	670	330	1 000	—	16	63	—	79	—	1 079	—	83	7	83	142
—	33	233	266	330	—	—	17	17	—	283	330	40	3	43	91
—	—	—	—	8	—	17	125	142	330	142	338	53	3	53	39
—	330	330	660	—	330	670	—	1 000	17	1 660	17	63	10	63	43
—	16	—	16	16	—	—	330	330	31	346	47	60	3	63	327
—	330	—	330	—	—	38	—	38	—	368	—	23	3	23	125
—	1 000	—	1 000	62	42	—	42	84	—	1 084	62	67	7	67	95
—	250	1 700	1 950	50	—	400	1 650	2 050	150	4 000	200	·	·	·	10
—	130	354	484	12	—	106	35	141	—	625	12	·	·	90	155
—	1 000	210	1 210	—	—	—	—	—	—	1 210	—	10	10	20	168
—	670	330	1 000	47	—	—	330	330	—	1 330	47	37	13	47	143
2 000	—	—	2 000	—	—	—	—	—	—	2 000	—	15	5	20	169
—	117	17	134	50	—	100	33	133	660	267	710	37	7	43	96
16	406	47	469	—	—	109	17	126	203	595	203	57	—	57	97
—	—	—	—	—	—	—	—	—	330	—	330	60	3	60	105
·	·	—	·	—	·	·	—	·	—	4 660	—	30	3	33	106
—	1 670	670	2 340	—	330	8 330	4 340	13 000	—	15 340	—	80	50	87	58
—	1 660	1 330	2 990	660	—	2 660	2 990	5 650	2 685	8 640	3 345	80	63	93	50
—	3 670	2 330	6 000	—	330	41 330	28 330	69 990	—	75 990	—	27	97	97	36

Siemenpuualoille nousseista koivun taimistoista saadaan yksityiskohtaisia tietoja taulukosta 9. Koealat on siinä järjestetty metsätyypeittäin siemennyshakkuusta kuluneen ajan mukaisessa järjestyksessä, ensiksi vanhimmat ja sitten nuorimmat.

Koivun taimien kokonaismäärä on kanervatyypillä vähäinen; 12 koealalla on keskimäärin vain 86 kpl. koivun siementaimia hehtaaria kohden

sekä 1 kpl. vesaryhmiä. Puolukkatyypillä taimia on huomattavasti runsaammin: 10 koealalla on koivun taimia keskimäärin 1 667 kpl/ha sekä 112 kpl. vesaryhmiä. Mustikkatyypillä (9 koealaa) koivun taimia on vähemmän, keskimäärin 1 235 kpl/ha sekä 174 kpl. vesaryhmiä. Runsaimmin on koivua noussut soistuneille maille hakatuille siemenpuualoille. Kangaskorvista otetuilla kahdella koealalla on koivun taimia keskimäärin 11 990 kpl/ha ja yhdellä varsinaista korpea edustavalla koealalla jopa 75 990 kpl/ha. Erityisesti kiinnittää tässä huomiota koivun taimien vähäinen määrä mustikkatyypin siemenpuualoilla. Vaikka kasvualusta sinänsä epäilemättä tarjoaisi paremmat mahdollisuudet koivun toimeentulolle kuin esim. puolukkatyyppi, on taimia kuitenkin vähemmän. Tähän on ilmeisestikin syynä mustikkatyypin siemenpuualoille nopeasti hakkuun jälkeen kehittyvä runsas heinä- ja ruohokasvillisuus.

Kun tässä tarkastellut koivun taimistot jakaantuvat verrattain epätasaisesti siemenpuualojen eri osiin, saadaan niiden todellisesta metsittämisarvosta täsmällisempi kuva tarkastelemalla ryhmittymislukuja.

Kanervatyypin koealoilla koivun taimien luku on niin vähäinen, että keskimääräinen ryhmittymisluku on jäänyt alle 1 %:n. Puolukkatyypin koealoilla saadaan keskimääräiseksi ryhmittymisluvuksi 9 % ja mustikkatyypin 6 %. Tässäkin näkyy selvästi koivun taimien niukkuus juuri mustikkatyypin siemenpuualoilla, missä niitä kaikkein kipeimmin kaivattaisiin ja missä ilmeisestikin ainakin useissa tapauksissa jo hakkuuta järjestettäessä ja uudistamista suunniteltaessa nimenomaan on odotettu saatavan huomattavasti luontaista koivun taimistoa. Kun myös havupuiden taimia on mustikkatyypin siemenpuualoilla niukasti, metsänviljelyistä huolimatta, ei koivu taimien vähyyden vuoksi ole pystynyt edes täydentämään näitä vajavaisia havupuun taimistoja tyydyttäviksi. Vain soistuvilla mailla koivun taimien ryhmittymisluvut ovat niin suuria, että koivu yksinäänkin kykenee kyseessä olevat siemenpuualat tyydyttävästi metsittämään.

Kun tarkastellaan erikseen raudus- ja hieskoivun taimilukuja, niin nähdään, että molemmat koivulajit näyttävät uudistuvan kutakuinkin yhtä hyvin kaikilla kovan maan metsätyypeillä. Näin toistuu sama huomio, joka jo aikaisemmin on voitu tehdä paljaaksihakkuualojen, sekä kulotettujen että maanpintaa valmistamattomien kohdalla. Rauduskoivulla ja hieskoivulla näyttää olevan taimistoissa suunnilleen samanlaiset osaluvut kuin siemennyksessäkin. Tämä näkyy varsin selvästi monen sellaisen koealan kohdalla, missä eri koivulajien siemennys poikkeaa huomattavasti toisistaan ja näkyisi ehkä vieläkin selvemmin, jos siemennys voitaisiin arvioida tässä käytettyä menetelmää täsmällisemmin. Voitaneenkin sanoa, että kysymys siitä, missä suhteessa eri koivulajeja saadaan taimistoihin, on tähän mennessä tarkastelluilla uudistusaloilla ensi sijassa siementymiskysymys.

Soistuneilla metsämailla sitä vastoin hieskoivu on selvästi voittoisa rauduskoivuun verrattuna. Hieskoivun taimia on moninkertaisesti se osuus, mikä sille siemennyksen nojalla arvosteltuna kuuluisi.

Niiden tutkimusten mukaan, jotka ovat kohdistuneet siemenpuualoille nousseiden koivun taimien ikään, näyttää taimien pääasiallinen syntyminen keskittyvän hyvin lyhyelle, ehkä keskimäärin n. 2—3 vuoden pituiselle, siemennyshakkuuta seuraavalle ajalle. Välittömästi hakkuun jälkeen näyttävät useat taimien syntymisen kannalta tärkeät ulkonaiset edellytykset olevan parhaimmillaan; myöhemmin ne vuosi vuodelta huononevat. Mainittakoon vain esim. päällyspuuston ja pintakasvillisuuden taholta taimiin kohdistuva kilpailu, hakkuutähteiden lahoamisessa vapautuvat ravintoaineet, humuksen rikkoutuminen hakkuun yhteydessä jne.

Keskitetyllä harsinnalla käsitellyt alat.

Keskitetyllä harsinnalla (eli lohkoharsinnalla) tarkoitetaan tässä sellaista uudistushakkuuta, jossa taimisto hankitaan luontaisen uudistumisen avulla pitkähkön uudistumisajan kuluessa 3—4:n hakkuuvaiheen tuloksena vähitellen väljentyvän päällyspuuston alle. Tyypillisimmässä muodossaan on keskitettyä harsintaa tapana soveltaa ns. varjo- tai puolivarjopuiden muodostamiin metsikköihin, mikä taas antaa hakkuiden järjestelylle monia erikoispiirteitä. Periaatteessa ei keskitetty harsinta täten käsitettynä eroa kovinkaan paljoa siemenpuuhakkuusta; tärkein ero on uudistumisajan pituudessa. Itse asiassa, milloin keskitettyä harsintaa sovelletaan poikkeuksellisen lyhyttä uudistumisaikaa käyttäen, uudistusala saa suuressa määrässä taajaa siemenpuuasentoa muistuttavan ulkonäön.

Keskitetyllä harsinnalla käsitellyistä metsiköistä on suhteellisen vähän koealoja. Tämä johtuu siitä, että sopivia tutkimusmetsiköitä on ollut vaikea löytää siitäkin huolimatta, että juuri tätä metsikkömuotoa on aivan erityisesti etsitty. Tutkimusaineisto käsittää kaiken kaikkiaan vain parikymmentä koealaa. Kun nämä koealat kuitenkin kaikki ovat tuoreilta kankailta, puolet mustikka- ja puolet käenkaali-mustikkatyypiltä ja kun kaikki tutkimusmetsiköt ovat olleet hyvin samantapaisia kuusivaltaisia metsiköitä, aineisto voitaneen sen melkoiseen yhtenäisyyteen katsoen kuitenkin ottaa yleispiirteisen tarkastelun lähtökohdaksi.

Ennen kuin tässä tarkasteltavana olevissa metsiköissä on käyty käsiksi metsikön uudistamiseen ryhtymällä soveltamaan keskitettyä harsintaa, on näissä metsiköissä suoritettu säännöllisiä alaharvennuksen luonteisia kasvatushakkuita. Viimeiset harvennukset ovat olleet väljennyksen luonteisia ja liittyvät ilman jyrkkää rajaa keskitetyn harsinnan ensi vaiheisiin. Eräissä tapauksissa onkin ollut vaikea ratkaista, mikä hakkuu on katsottava ensim-

mäiseksi uudistamiseen tähtääväksi hakkuuksi. — Vertailumahdollisuuksien hankkimiseksi on koealoja mitattu myös muutamista sellaisista metsiköistä, joissa keskitettyä harsintaa ei vielä ole aloitettu.

Keskitetty harsinta saa monessa suhteessa erilaisen luonteen riippuen sen metsikön kehitystilasta, johon sitä aletaan soveltaa. Kun se aloitetaan suhteellisen vanhoissa metsiköissä, muodostuu uudistumisaika yleensä lyhyemmäksi kuin nuoremmissa metsiköissä. Uudistumisajan pituus taas vaikuttaa ratkaisevasti monen ilmiön, mm. koivun uudistumisen kulkuun. Kun tässä tutkitut koealametsiköt edustavat suhteellisen vanhana, n. 80—100-vuotisina uudistettuja metsiköitä, on syytä jo heti alussa korostaa, että tutkimustulokset koskevat tietysti vain tällaisia metsiköitä, eivätkä ole ilman muuta yleistettävissä sellaista keskitettyä harsintaa käsittäväksi, jossa uudistaminen on aloitettu metsikön nuoremmalla iällä, ja uudistumisaika on olennaisesti pitempi. Esim. yksityismetsätaloudessamme keskitetty harsinta saa yleisimmin juuri tuollaisen pitkään uudistumisaikaan johtavan muodon.



Kuva 12. Keskitetyllä harsinnalla käsitelty kuusikko välittömästi II:n hakkuuvaiheen jälkeen. Kuusen taimistoa runsaasti, koivun taimia niukasti (696 kpl/ha), suurin osa rauduskoivua. Koeala 89. Tuusula. Valok. 11. 4. 1946.

Fig. 12. A spruce stand immediately after the second phase of group selection cutting. Plenty of spruce seedlings, with sparsely interspersed birch seedlings (696 per ha), for the most part Betula verrucosa. Sample plot 89. Tuusula. Photo 11. 4. 1946.

Tässä tarkasteltavana olevissa metsiköissä keskitetty harsinta jakaantuu — tai on ainakin suunniteltu jakaantuvaksi — neljään hakkuuvaiheeseen, joita seuraavassa nimitetään I:ksi, II:ksi, III:ksi ja IV:ksi vaiheeksi. Eri vaiheiden välillä on kulunut keskimäärin n. 9 v. Hakatut puumäärät ovat eri vaiheissa olleet kutakuinkin samansuuruisia, minkä vuoksi poistoprosentti on kerta kerralta suurentunut. Ensimmäisessä vaiheessa se on keskimäärin n. 25 %, toisessa 35 %, kolmannessa 50 % ja neljännessä, jolloin jäljelle jää vain taimisto, n. 80—90 %. Hakkuut ovat olleet siis varsin voimakkaita. Puuttumatta tässä lähemmin niihin eri vaikutuksiin, joita hakkuun voimakkuudella on mitä moninaisimpiin metsikössä tapahtuviin ilmiöihin, todettakoon vain, että yhtenä välittömänä seurauksena voimakkaista hakkuista on hakkuutähteiden runsaus. Mainittakoon tästä esimerkkinä, että koealalla 1 oli hakkuun jälkeisenä kesänä 33 % ja koealalla 3 samoin välittömästi hakkuun jälkeen 27 % maan pinnasta hakkuutähteiden peitossa.

Harsinnan alkaessa on puuston kuutiomäärä tässä tarkasteltavana olevissa metsiköissä ollut yleisesti varsin suuri, n. 250—350 m^3/ha. Samanaikaisesti kuin hakkuut ovat toistuneet, puuston kuutiomääräkin on laskenut. Mutta vielä toisen vaiheen lopulla tavataan suuriakin emopuuston kuutiomääriä. Tämä johtuu suureksi osaksi kasvusta, joka nyt tarkasteltavana olevissa metsiköissä on yleensä hyvä: II:n ja III:n vaiheen metsiköissä keskimäärin mustikkatyypillä n. 3.8 m^3/ha ja käenkaali-mustikkatyypillä n. 4.6 m^3/ha.

Puuston kuutiomäärän vähentyessä pienenee myös sen latvusala. Ennen harsinnan alkamista päällyspuuston latvusala saattaa olla varsin suurikin, n. 0.9—0.8, mutta jo harsinnan ensimmäisessä vaiheessa se putoaa n. 0.6:een tai 0.5:een, toisessa vaiheessa 0.4:ään ja kolmannessa vaiheessa 0.3:een tai 0.2:een.

Harsinnan edistyessä tapahtuu yleensä myös puulajisuhteissa muutoksia. Kuten edellä jo on mainittu, keskitettyä harsintaa on yleensä sovellettu kuusivaltaisiin metsikköihin. Tavallisesti näissä metsiköissä kuitenkin on mäntyä ja koivua enemmän tai vähemmän sekapuuna. Useasta syystä on tarkoituksenmukaista säästää mäntyä mahdollisimman paljon harsinnan viimeisiin vaiheisiin; ajateltakoon vain männyn myrskynkestävyyttä, järeän mäntypuun suhteellisen suurta arvoa vastaavankokoiseen kuusipuuhun verrattuna sekä sitä, että männyn siemennystä kaivataan eniten harsinnan loppuvaiheissa, joissa männylle vasta avautuu uudistumisedellytyksiä. Lisäksi on huomattava, että taimistot kestävät paremmin männyn kuin kuusen taholta niihin kohdistuvan kilpailun. Luonnollisena seurauksena tästä on, että männyn osuus keskitetyllä harsinnalla uudistettavana olevassa metsikössä vaihe vaiheelta lisääntyy. Niinpä alun perin kuusivaltainen metsikkö saattaa hyvinkin keskitettyä harsintaa siihen sovellettaessa harsinnan viimeisissä vaiheissa muuttua mäntyvaltaiseksi.

Myös koivun osuus on harsinnan loppuvaiheissa tavallisesti suurempi kuin alussa; tärkeimpänä syynä tähän lienee se, että koivuakin halutaan säilyttää siemenpuuksi harsinnan loppuvaiheisiin, koska sen uudistumisedellytykset silloin ovat parhaat. Lievä koivun sekoitus myös edistää kuusen taimien ilmaantumista, ja koivun alla kuusen taimet menestyvät hyvin (vrt. Laitakari 1935, s. 159).

Tärkeimmät koivun taimistoja koskevat mittaustulokset nähdään taulukosta 10. Koealat on tähän taulukkoon järjestetty metsätyypeittäin harsinnan ensi vaiheesta kuluneen ajan mukaan.

Koivun taimistot ovat kauttaaltaan vähäisiä, parhaassakin tapauksessa vain 3 500 kpl/ha; mustikkatyypin koealoilla koivun taimia on keskimäärin n. 910 kpl/ha ja käenkaali-mustikkatyypin koealoilla n. 1 381 kpl/ha — siis käytännöllisesti katsoen jokseenkin saman verran. Myös koivun ryh-

Taulukko 10. Mittaustuloksia keskite-

Table 10. Measuring results from

Koealan n:o *Sample plot no.*	Tutkimusaika *Date*	Kunta *Community*	Kasvillisuustyyppi *Vegetation type*	Päällyspuuston latvusala 0.0—1.0 *Canopy cover of shelterwood* 0.0—1.0	Puuston kuutiomäärä, m³/ha *Growing stock, cbm/ha*	Hakkuuvaiheet [1]) — *Cutting phases* [1]) I: Hakkuumäärät — *Cutting quantities*		II: Hakkuumäärät — *Cutting quantities*		III: Hakkuumäärät — *Cutting quantities*		Koivun siemennys *Seeding of birch*	
						Vuonna *Year of cutting*	m³/ha *cbm/ha*	Vuonna *Year of cutting*	m³/ha *cbm/ha*	Vuonna *Year of cutting*	m³/ha *cbm/ha*	*Betula verrucosa*	*Betula pubescens*
												Runkoa/ha *Stems/ha*	
108	3. 7. 1946	Pernaja	MT	0.5	129	1925	148	1936	69	—	—	0.1	0.02
154	24. 9. 1946	Vilppula	»	0.4	270	1928	·	1941	127	—	—	1.2	4.8
47	25. 8. 1945	»	»	0.7	426	1928	·	(1946)	183	—	—	1.5	4.0
99	17. 6. 1946	Padasjoki	»	0.4	262	1937	146	(1947)	55	—	—	14.8	3.2
1	20. 6. 1945	Vilppula	»	0.5	248	1940	54	(1946)	53	—	—	4.0	2.8
2	21. 6. 1945	»	»	0.5	209	1941	65	—	—	—	—	14.0	22.4
119	15. 7. 1946	Padasjoki	»	0.9	185	(1947)	18	—	—	—	—	*Δ*	1.0
120	15. 7. 1946	»	»	0.9	301	(1947)	64	—	—	—	—	*Δ*	*Δ*
117	13. 7. 1946	Lammi	»	0.9	290	—	—	—	—	—	—	*Δ*	—
88	7. 6. 1940	Tuusula	OMT	·	100	·	·	1920	·	1927	122	4.4	3.2
145	7. 9. 1946	»	»	0.2	108	1922	93	1936	23	1942	80	0.4	0.8
94	5. 6. 1940	»	»	·	182	1930	147	1936	81	(1945)	57	44.4	0.8
89	4. 9. 1946	»	»	0.3	164	1936	96	(1946)	135	—	—	17.1	0.6
147	4. 9. 1946	Tuusula	»	0.6	365	1940	46	—	—	—	—	10.4	0.4
3	22. 6. 1945	Vilppula	»	0.5	207	1940	104	(1946)	42	—	—	2.8	1.6
100	18. 6. 1946	Padasjoki	»	0.6	247	1942	163	(1947)	34	—	—	15.6	8.4
118	13. 7. 1946	Lammi	»	0.9	344	—	—	—	—	—	—	·	·
152	24. 10. 1946	Helsinki	Le	0.7	250	1941	93	—	—	—	—	3.6	1.2

[1]) Kun hakkuu on suoritettu koealan mittauksen jälkeen, hakkuuvuosi on merkitty sulkuihin. — *Where the cutting has taken place after the measuring of the sample plot, the year of cutting is given in parenthesis.*

mittymisluvut ovat pieniä. Useassa tapauksessa ryhmittymisluku saavuttaa arvon 10 %, mutta vielä useammin jää sen alle. Koivun vesoja on siksi vähän, että ne voidaan tässä sivuuttaa.

Koivun taimien vähyydestä johtuu, etteivät ne ole voineet merkittävästi vaikuttaa taimettumisen yleiseen kulkuun. Kun kuusen taimiluvut miltei järjestään ovat suuria ja kuusen taimistojen metsittämisarvo hyvä tai ainakin tyydyttävä, ei tämä ole ollut suorastaan tarpeellistakaan; kuusi pystyy yksinäänkin metsittämään tässä tarkasteltavana olevat uudistusalat. Toisaalta voidaan kuitenkin todeta, että koivun taimia vähyydestään huolimatta on sen verran, että ne riittävät kohtuullisen koivunsekoituksen lähtökohdaksi. Ja hakkuiden kulkua tarkoituksenmukaisesti järjestelemällä voitaneen niitä saada vielä jonkin verran enemmänkin. Tarkasteltavana olevilla uudistusaloilla koivun taimet ovat sikäli edullisessa asemassa, että ne vähyydestään huolimatta joutuvat heti alusta pitäen täysi-

tyllä harsinnalla käsitellyistä aloista.

group selection cutting areas.

Betula verrucosa					*Betula pubescens*					*Betula* yht. *Betula together*		Ryhmittymisluvut *Frequency figures*			Koealan n:o *Sample plot no.*
Taimiluku — *Number of seedlings*															
<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	<0.1 m	0.1—1.3 m	>1.3 m	Yhteensä *Together*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Siementaimet *Seedlings*	Vesaryhmiä *Shoot groups*	Havupuut *Conifers*	Koivut *Birches*	Kaikki taimet *Total*	
Kpl/ha — *Seedlings/ha*															
—	28	44	72	—	—	4	4	8	—	80	—	83	—	83	108
—	330	—	330	—	—	1 000	—	1 000	16	1 330	16	77	10	77	154
—	210	—	210	—	—	770	20	790	—	1 000	—	70	3	70	47
—	670	330	1 000	—	—	—	330	330	16	1 330	16	30	10	40	99
—	100	—	100	—	—	210	—	210	—	310	—	67	—	67	1
—	80	—	80	—	—	1 330	—	1 330	30	1 410	30	53	3	53	2
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	50	119
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	—	50	120
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	117
—	—	1 000	1 000	—	—	—	2 500	2 500	—	3 500	—	85	20	95	88
—	330	670	1 000	133	—	67	—	67	83	1 067	216	53	10	53	145
—	—	—	—	—	—	—	500	500	—	500	—	35	5	40	94
—	516	72	588	—	—	108	—	108	—	696	—	17	—	17	89
—	234	31	265	—	31	172	—	203	—	468	—	83	—	37	147
—	210	10	220	—	—	2 670	—	2 670	—	2 890	—	43	10	47	3
—	200	17	217	—	—	330	—	330	—	547	—	37	3	37	100
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	63	—	63	118
—	296	94	390	16	—	125	16	141	—	531	16	27	—	27	152



Kuva 13. Keskitetyllä harsinnalla käsitelty kuusikko III:n hakkuuvaiheen jälkeen. Hyvä kuusen taimisto, seassa melkoisesti koivua (1 067 kpl/ha), josta pääosa rauduskoivua. Koeala 145. Tuusula. Valok. 11. 4. 1946.

Fig. 13. A spruce stand after the third phase of group-selection cutting. A dense spruce seedling stand, with a considerable admixture of birch (1 067 per ha), for the most part Betula verrucosa. Sample plot 145. Tuusula. Photo 11. 4. 1946.

tiheän taimiston jäseniksi, missä niillä on hyvät edellytykset kehittyä hyvälaatuisiksi vaneripuiksi. Viittaahan käytännöllinen kokemuskin siihen, että parhaat vanerikoivut löytyvät tavallisesti juuri kuusi-koivusekametsistä.

Verrattaessa toisaalta rauduskoivun ja hieskoivun siemennyksen runsautta sekä toisaalta näiden koivulajien taimilukuja toisiinsa voidaan havaita, että hieskoivun taimia on runsaammin kuin sen osuus siemensadosta edellyttäisi. Keskitettyä harsintaa käytettäessä hieskoivu uudistuu siis herkemmin kuin rauduskoivu. Tässä suhteessa nyt puheena olevat uudistusalat poikkeavat aikaisemmin tarkastelluista. Mistä tämä ilmiö pohjimmaltaan johtuu, on kysymys, jonka selvittämiseksi tosin on järjestetty pysyviä kokeita, mutta josta tässä vaiheessa ei vielä voida paljoakaan sanoa. Kannattanee kuitenkin mainita, että metsäkirjallisuudessa on usein esitetty sellainen käsitys, että rauduskoivu olisi enemmän valoa vaativa kuin hieskoivu (esim. Cajander 1917, s. 374, Sukatshew 1934, s. 242).

Tulosten tarkastelua ja metsänhoidollisia päätelmiä.

Tutkimus nojaa pääosaltaan edustavaan aineistoon, joka käsittää yhteensä 135 kaski-, kulo-, paljaaksihakkuu- ja siemenpuuhakkuualoilta sekä keskitetyllä harsinnalla hakatuista metsiköistä mitattua koealaa. Tähän aineistoon on sovellettu vertailevaa tutkimusmenetelmää ja eräiden erikoiskysymysten selvittämiseksi on järjestetty pysyviä kokeita.

Kaikki koealat on mitattu metsistä, joissa tiettävästi ei ole laidunnettu. Tämä on tärkeä rajoitus, sillä yleensähän metsämme ovat enemmän tai vähemmän karjan laitumina. Kuten yleisesti on tunnettua ja kuten useista aikaisemmista tutkimuksistakin käy yhtäpitävästi ilmi, karja tuhoaa, missä se pääsee vapaasti liikkumaan, koivun taimet ja taimistot kutakuinkin täydellisesti. Karjaa on ainakin toistaiseksi pidettävä varsinkin yksityismetsissämme koivun taimien vaarallisimpana vihollisena. Mikäli siis koivun uudistuminen halutaan turvata ainakin siinä mitassa, kuin se luontaisen uudistumisen avulla on mahdollista, on uudistusalat ehdottomasti varjeltava karjalta.

Koivun uudistuminen saattaa tapahtua kahdella keskenään olennaisesti erilaisella tavalla, joko kasvullisesti tai suvullisesti.

K o i v u n k a s v u l l i n e n u u d i s t u m i n e n on tässä tutkimuksessa saanut suhteellisen vähän huomiota osakseen. Tämä johtuu lähinnä siitä, että kasvulliseen uudistumiseen liittyvien ilmiöiden tutkimiseen näyttää soveltuvan kokeellinen tutkimustapa paremmin kuin tässä käytetty vertaileva. Koivun vesomista selvitteleviä kokeita onkin järjestetty, mutta niistä ei ole vielä tuloksia käytettävissä. Eräitä päätelmiä voidaan kuitenkin tehdä koeala-aineistonkin varassa.

Rauduskoivun vesomiskyky näyttää olevan heikompi kuin hieskoivun. Kun rauduskoivu tavallisesti keskittyy kuivemmille paikoille kuin hieskoivu, on kuitenkin vertailevissa tutkimuksissa vaikeata saada aivan täsmällistä tilastoa tästä seikasta. Vakuuttavampia sitä vastoin ovat esim. M e u r m a n i n ja P o h j a n h e i m o n (1940) Piikkiössä suorittamat pistokaskokeet, joissa rauduskoivun restituutiokyky on osoittautunut paljon heikommaksi kuin hieskoivun.

Kasvupaikalla on suuri vaikutus vesomisen voimakkuuteen: se on tuoreilla ja etenkin soistuvilla mailla paljon voimakkaampaa kuin kuivilla kankailla. Itse asiassa onkin sanottava, että vain ensiksi mainituilla kasvu-

alustoilla vesominen voi saavuttaa taloudellisesti merkittävän runsauden.

Hakkuutavasta vesomisen runsaus riippuu siten, että mitä paljaampi uudistusala on, sitä runsaammin koivu vesoo. Paljaaksihakkuualoilla vesoja on tavattu runsaimmin ja keskitetyllä harsinnalla käsitellyillä aloilla vähiten. Kuloaloilla ja kulotetuilla paljaaksihakkuualoilla vesominen on myös ollut heikkoa, mikä johtuu siitä, että proventiivisilmut, joista vesat saavat alkunsa, ovat suureksi osaksi tuhoutuneet.

Koivun vesomisen metsätaloudellinen merkitys on osoittautunut yllättävän pieneksi. Vesojen lukumäärä esim. hehtaaria kohden lausuttuna tosin saattaa olla huomattavan suuri, mutta kun vesat muodostavat tiheitä ryhmiä emokantojen ympärille, on niiden yhteinen metsittämisarvo suhteellisen vähäinen. Kuitenkin pääosa tutkimusaineistosta käsittää suhteellisen nuoria uudistusaloja, joilla vesoja yleisesti tavataan runsaammin kuin vanhemmilla hakkuualoilla (vrt. Aaltonen 1919, s. 312, Mikola 1942, s. 49). Vesauudistumisen merkitystä vähentää myös vesojen huono teknillinen laatu; vesat ovat tavallisesti oksikkaita, tyvestä pahasti vääriä ja lahovikaisia.

Koivun suvullinen uudistuminen. Koivun suvullisen uudistumisen tarkastelussa on otettu lähemmin tutkittavaksi uudistusalojen siementyminen, taimien ensi kehitys sekä taimistojen runsaus erilaisilla kasvupaikoilla ja erilaisilla uudistushakkuualoilla.

Tässä on syytä heti alussa kiinnittää huomiota siihen koivun uudistumisen kannalta tärkeään piirteeseen, että sulkeutuneissa, hakkuukypsissä tai sitä lähentelevissä metsiköissä ei yleensä tavata koivun taimia, ei ainakaan näiden metsien uudistamisen kannalta mainittavassa määrässä. Tässä suhteessa koivu on verrattavissa mäntyyn, mutta poikkeaa olennaisesti kuusesta. Uudistumistapahtuman kannalta tämä on kielteinen piirre, josta johtuu, että uudistamistoimenpiteisiin ryhdyttäessä ainakin koivun kohdalla on aloitettava aivan alusta. On huolehdittava siitä, että uudistusaloille saadaan riittävästi koivun siementä.

Niistä monista eri tekijöistä, joista siemennyksen teho lopullisesti riippuu, on tarkemmin tutkittu siemenvuosien kertautumista, siemensadon suuruutta, siementen itävyyttä ja siementen leviämistä.

Siemenvuosien kertautuminen. Siemenvuosien kertautumisesta saadut tiedot koskevat ensi kädessä rauduskoivua. Kirjallisuudessa on usein esitetty sellainen käsitys, että koivu siementää miltei joka vuosi runsaasti. Tämä käsitys on kuitenkin selvästi erheellinen. Kun otetaan hyvien siemenvuosien sato vertailuperustaksi, kuten yleensä on tapana siemenvuosien runsautta arvosteltaessa, nähdään, että siemenvuosia, joiden sato on edes 20 % parhaiden siemenvuosien sadosta, sattuu keskimäärin vain joka kolmas vuosi; välivuosina sato voi olla sangen pieni, tavallisesti vain 5:stä 15 %:iin hyvien siemenvuosien

sadosta. Voidaankin sanoa, että ainakin rauduskoivun siemennys tutkimusalueella keskittyy ratkaisevasti noin joka kolmas vuosi toistuviin hyviin siemenvuosiin. Kun koivun uudistumisedellytykset useilla uudistusaloilla pysyvät suotuisina vain muutaman vuoden, usein vain vuoden tai pari paljastavan hakkuun jälkeen, koivun uudistumistapahtuman kulku riippuu suuressa määrässä siemenvuosien kertautumisesta. Mikäli välittömästi kulon, kulotuksen tai paljastavan hakkuun jälkeen koivulle sattuu hyvä siemenvuosi, uudistumisen edellytykset ovat olennaisesti paremmat kuin siinä tapauksessa, että hyvään siemensatoon kuluu pari kolme vuotta. Milloin uudistushakkuuta järjestettäessä toivotaan erityisesti koivun uudistuvan hyvin, on tämän vuoksi syytä kiinnittää huomiota koivun siemenvuosiin. Tähän onkin olemassa hyvät mahdollisuudet, koska hyvä siemenvuosi voidaan ennustaa jo miltei paria vuotta aikaisemmin kuin siemenen itäminen maassa tapahtuu ja ehkä suuremmalla varmuudellakin kuin esim. havupuiden hyvät siemenvuodet.

S i e m e n s a t o. Koivun siemensadon suuruutta selviteltäessä ansaitsee hyvien siemenvuosien sato näin ollen erityistä huomiota. Toisaalta kohdistuu mielenkiinto myös tietyn, koivulla kohtuullisen pitkänä pidettävän uudistumisajan kokonaissatoon.

Hyvinä koivun siemenvuosina siemensato voi parhaissa tapauksissa nousta yllättävän suureksi. Toistaiseksi suurin vuoden mittaustulos on 53 223 kpl/m^2 täysiä siemeniä, mikä vastaa n. 128 kg/ha. Koivun siemensato on, ainakin mikäli siemensadon enimmäismäärät otetaan vertailupohjaksi, siementen keveydestä huolimatta painoyksikköinäkin lausuttuna huomattavasti suurempi kuin havupuiden, männyn ja kuusen. Juuri tämä siemensadon tavaton runsaus onkin eräs koivun siementymistapahtuman olennaisimpia piirteitä. Tavanomaisilla uudistusaloilla koivun siemennys jää kuitenkin parhainakin siemenvuosina paljon pienemmäksi. Jonkinlaista enimmäismäärää tässä suhteessa edustanee eräältä mänty-koivusiemenpuualalta mitattu 2 305 kpl/m^2 täysiä siemeniä eli n. 5 kg/ha.

Lähdettäessä arvioimaan, suuriko koivun siemensato on koko uudistumisajan kuluessa, voitaneen koivulla kohtuullisen pitkänä uudistumisaikana pitää kolmea vuotta. Tämän ajan kuluessa on edellä mainitulla siemenpuualalla saatu n. 3 050 kpl/m^2 eli 7 kg täysinäistä koivun siementä. Useimmiten koivun siemennys kuitenkin on paljon pienempi, arvion mukaan tässä tutkimuksessa tarkastelluilla hakkuualoilla keskimäärin n. 340 kpl/m^2 eli 0.8 kg/ha täysinäistä siementä. Sellaisia koealoja, joilla siemennyksen on laskettu olevan vähemmän kuin 100 kpl/m^2 täysiä siemeniä, on paljaaksihakkuualoilla ollut 10 %, siemenpuualoilla 36 % ja keskitetyllä harsinnalla käsitellyillä aloilla 18 % kaikkien mitattujen koealojen lukumäärästä. Tästä nähdään, että vaikkakin koivun siemennyksessä toisaalla on todettavissa ylenpalttista runsautta, niin toisaalla siemennys voi olla melko vähäinenkin. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, kun siementen itä-

vyys niiden irtaannuttua puusta ja jouduttua maahan heikkenee suhteellisen nopeasti. Varsinaiseksi uudistumisen minimitekijäksi sanan ahtaimmassa merkityksessä koivun siemennys kuitenkin muodostuu vain harvoin, sillä tarvitaanhan tyydyttävän koivun taimiston syntymiseen teoreettisesti vain n. yksi itämiskykyinen siemen kutakin m^2:n alaa kohden.

On kuitenkin ehkä hyödyllisempää lähteä tarkastelemaan tätä kysymystä siltä pohjalta, että koivun siemennyksen ollakseen riittävä tulee olla siksi runsas, että siemeniä suurella todennäköisyydellä tulee kaikkiin niihin suhteellisen pienialaisiin ja harvalukuisiin maastonkohtiin, joissa koivun taimella on kehittymisen mahdollisuuksia. Kun tällaisten laikkujen vähimmäiskooksi voidaan otaksua n. 0.5—1 dm^2, saadaan tätä tietä arvostellen riittävän siemennyksen vähimmäismääräksi n. 200—100 kpl. täysiä siemeniä m^2:iä kohden. Tässä katsannossa koivun siemennys on siis useilla tutkittavaksi otetuilla uudistusaloilla ollut liian pieni. Tämä näkyy useiden tällaisten uudistusalojen taimistoissakin: koivun taimiluku on selvästi pienempi kuin muuten samanlaisilla, mutta runsaamman siemennyksen saaneilla uudistusaloilla. Toisaalta voidaan myös todeta, ettei huomattavasti runsaampi siemennys enää johda vastaavasti taajempiin taimistoihin. Käytännössä tämä merkitsee edelleen sitä, että uudistusaloilla pitäisi olla vähintään 4—8 tukkipuun mittaista ja suurilatvuksista koivun siemenpuuta hehtaaria kohden tai sitten pienempiä koivuja vastaavasti enemmän, mikäli halutaan koivun taimia edes niin paljon kuin luontaisen uudistumisen avulla ilman maanpinnan erityistä valmistamista on mahdollista. On lisäksi tärkeätä huolehtia siitä, että tulevat koivusiemenpuut sopivilla hakkuilla hyvissä ajoin ennen lopullista uudistushakkuuta valmennetaan tehtäväänsä. Taajassa metsikössä, esim. kuusi-koivusekametsikössä kasvavan suurikokoisenkin koivun siemensato on välittömästi vapauttamisen jälkeen suhteellisen heikko; ensimmäistä runsasta satoa voidaan odottaa aikaisintaan n. 2 ½ vuoden kuluttua hakkuusta. Mikäli vapauttaminen tapahtuu vasta varsinaisen uudistushakkuun yhteydessä, huononee maan taimettumiskunto voimakkaan ruohottumisen ja heinittymisen vuoksi tämän odotusajan kuluessa tuntuvasti.

Siementen itäminen. Koivun siemenen itävyydestä on kirjallisuudessa esitetty ristiriitaisia tietoja. Tämä johtunee osittain siitä, ettei aina ole pidetty riittävän tarkasti eri koivulajeja erillään, osittain käytettyjen tutkimusmenetelmien puutteellisuudesta. Tämän tutkimuksen yhteydessä kehitetty »humuskakkumenetelmä» on tarjonnut olennaisia etuja aikaisemmin käytettyihin menetelmiin verrattuna. Kun lisäksi on aina erotettu raudus- ja hieskoivu tarkoin toisistaan, on päästy entistä kiinteämpiin tuloksiin. On osoittautunut, että rauduskoivun siemenen itävyys pienenee siirryttäessä Etelä-Suomesta pohjoiseen, mutta hieskoivun suurenee. Esim. Helsingin tienoilla rauduskoivun siemenen keskimääräinen itävyys on n. 61 % ja hieskoivun n. 60 %, mutta jo Vilppulan korkeudella on

rauduskoivun siemenen keskimääräiseksi itävyydeksi saatu n. 53 % ja hieskoivun n. 70 %. Näinkin suuri ero siemenen itävyydessä luonnollisesti jo tuntuu näiden kahden koivulajin uudistumisedellytyksissä. Niinpä tutkimusalueen pohjoisilla uudistusaloilla tavataankin hieskoivun taimia suhteellisesti runsaammin kuin siemennys yksinomaan siemenpuiden lukumäärän nojalla arvioituna edellyttäisi. Tunnettua on, että hieskoivu yleensäkin käy maan eteläosista pohjoisosiin siirryttäessä yhä yleisemmäksi ja rauduskoivu vähemmän merkitseväksi. Mistä tämä koko Pohjois-Euroopassa yleinen ilmiö pohjimmaltaan johtuu, on jäänyt toistaiseksi selvittämättä. Ne erot, jotka tässä on todettu rauduskoivun ja hieskoivun siemenen itävyydessä ilmeisesti myötävaikuttavat tämänsuuntaiseen maantieteelliseen jakaantumiseen.[1]) — Siementen itävyys on paras hyvinä siemenvuosina, mikä yhäkin korostaa jo aikaisemmin mainittua hyvien siemenvuosien ratkaisevaa merkitystä koivun uudistumistapahtumassa.

Siementen kulkeutuminen. Koivun siementen kulkeutumis- ja leviämiskykyyn on ollut pakko kiinnittää huomiota riittävän pohjan hankkimiseksi uudistusalojen siementymistä koskeville arvioinneille. Samalla on kuitenkin saavutettu eräitä yleisempääkin mielenkiintoa herättäviä tuloksia. On käynyt ilmi, että koivun siemenen leviämiskykyä on usein liioiteltu. Tämä käy kouraantuntuvasti ilmi mm. siitä, että vaikkakin esim. täyden hieskoivun siemenen paino on n. 1/20 männyn siemenen painosta, sen putoamisnopeus on kutakuinkin sama kuin männyn siemenen. Toisin sanoen, hieskoivun siemenen lentokyky on samantapainen kuin männyn siemenen. Heikinheimon (1944, s. 22) jo aikaisemmin esittämä varovainen kanta, jonka mukaan hyvin siementävän metsänreunan siementämisrajaksi voidaan koivulle arvostella enintään pari siementävien puiden korkeutta, on tälläkin tavoin tutkittuna osoittautunut hyvin perustelluksi. Näyttää siltä kuin tämä käytännöllisessä metsien hoidossa usein unohdettaisiin ja luotettaisiin aivan liiaksi koivun siemenen hyvään kulkeutumiskykyyn. Mikäli luontaista koivun taimistoa halutaan uudistusaloille, on siis välttämättä huolehdittava siitä, että jätetään riittävä määrä kunnollisia siemenpuita, kuten edelläkin on jo huomautettu.

Siementen leviämiskykyä selvittelevissä kokeissa on lisäksi osoittautunut, että rauduskoivun siemenen putoamisnopeus on pienempi kuin hieskoivun. Kun rauduskoivu yleensä varttuu pitemmäksi puuksi ja on tavallisesti vallannut maaston korkeimmat kohdat hieskoivun keskittyessä notkopaikkoihin ja suoalanteisiin, ero siementen kulkeutumiskyvyssä käy yhäkin suuremmaksi. Sellaisilla uudistusaloilla, joilla koivun siemennys tapahtuu pääasiassa reunametsistä käsin, rauduskoivu saavuttaa täten tietyn edun hieskoivuun verrattuna.

[1]) Toisaalta on selvää, että rauduskoivun vähäinen määrä maamme pohjoispuoliskossa on omiaan vaikeuttamaan pölyttymistä ja siten nähtävästi on ainakin yhtenä syynä rauduskoivun siemenen huonoon itävyyteen.

Siemennys ja hakkuut. Koivun siemennyksestä puhuttaessa ja nimenomaan verrattaessa raudus- ja hieskoivun siemennystä toisiinsa on kiinnitettävä huomiota myös metsissämme käytettyjen hakkuutapojen yleiseen luonteeseen. Varsinkin yksityismetsissä ovat harsinnanluonteiset hakkuut jatkuvasti olleet valta-asemassa, mutta myös valtion ja yhtiöiden metsissä näkee runsaasti niiden jälkiä. Aikaisemmin käytetyistä kaavamaisista määrämittaharsinnoista on tosin jo laajassa mitassa luovuttu, mutta niiden tilalle on kehittynyt uusia, niille läheistä sukua olevia hakkuutapoja. Ikäänkuin perusajatuksena näissä hakkuissa on, että hakataan metsästä suurimmat, »kypsät» puut pois ja lihotetaan pienemmistä uusia niiden tilalle. Tässä ei ole syytä lähemmin puuttua harsinnan vaikutusten yleisempään tarkastelemiseen, mutta nyt esillä olevien kysymysten kannalta on tärkeätä todeta, että tällaiset hakkuut kohdistuvat paljon voimakkaampina nopeakasvuiseen ja kookkaaksi varttuvaan rauduskoivuun kuin hidaskasvuisempaan ja pienikokoiseksi jäävään hieskoivuun. Harsinnan tuloksena nähdäänkin monin paikoin, että rauduskoivu on käynyt suhteellisen vähän merkitseväksi hieskoivuun verrattuna. Vastaavasti on rauduskoivun siemennys näissä metsissä vähentynyt hieskoivun siemennykseen verrattuna. Edellä jo mainittiin, että koivun siemennys on useilla uudistusaloilla ollut riittämätön. Kun tarkastellaan siemennystä vain jomman kumman koivulajin kannalta, se osoittautuu luonnollisesti vielä paljon useammassa tapauksessa liian pieneksi. Niinpä juuri rauduskoivun siemennys sellaisilla uudistusaloilla, jotka perustetaan aikaisemmin harsintahakkuilla käsiteltyihin metsiin, jää varsin usein paljon alle kohtuullisena pidettävän vähimmäismäärän.

Sirkkataimen ensi kehitys. Koivun siemensadon runsaus merkitsee uudistumistapahtumassa huomattavaa etua vähemmän satoisiin puulajeihin verrattuna. Siementen suureen lukumäärään liittyy kuitenkin läheisesti myös kielteinen puoli: yksittäiset siemenet ovat suhteellisen pieniä ja niiden sisältämä vararavinto on vastaavasti vähäinen. Kun esim. yhden männyn siemenen vararavintomäärä painaa n. 3.8 mg, painaa yhden koivun siemenen vararavintomäärä vain n. 0.15 mg eli n. 4 % männyn vastaavasta arvosta. Siemenen vararavinnolla on kuitenkin suuri, suorastaan ratkaisevakin merkitys siemenestä kehittyvän pienen sirkkataimen elämässä. Vararavinto on voimanlähde, jonka avulla sirkkataimi varmistaa elämisensä ensi edellytykset. Tämä käy havainnollisesti ilmi, kun verrataan esim. männyn ja koivun sirkkataimen kehitystä luonnossa. Verrattain runsaan vararavinnon turvin männyn sirkkataimi pystyy tunkemaan sirkkajuurensa humuksen helposti kuivuvan pintaosan lävitse syvälle kosteussuhteiltaan suotuisampiin kerroksiin. Koivun sirkkajuuri sitä vastoin jää vararavinnon vähyyden tähden lyhyeksi, minkä vuoksi koko taimi helposti kuivuu ja kuolee. Niinpä nähdäänkin aivan yleisesti, että koivun taimia nousee vain sellaisiin maaston kohtiin, missä itämis-

alusta jatkuvasti on kosteussuhteiltaan kohtalaisen suotuisa. Tällaisia ovat ennen kaikkea kosteat painanteet ja soistuneet metsämaat, mutta myös sellaiset kohdat soistumattomilla metsämailla, joissa humuspeite on syystä tai toisesta rikkoutunut ja joko itse kivennäismaa tai ainakin humuksen pohjimmainen kerros esillä. Sirkkataimen pienuudesta johtuu myös, että sen kehittymisen mahdollisuudet ovat suuressa määrässä riippuvia sääsuhteista. Nähtävästi juuri tästä johtuu ensi kädessä se oikullisuus ja arvaamattomuus, mikä tunnetusti on ominaista koivun uudistumiselle (esim. Dengler 1935, s. 307). Sääsuhteiden merkitys käy sitäkin ratkaisevammaksi, kun kunnon siemenvuosia on suhteellisen vähän, ja siemen maahan jouduttuaan kadottaa nopeasti itävyytensä.

Kasvupaikan ja uudistumistavan vaikutus taimien syntymiseen. Kasvupaikan ja uudistumistavan (uudistushakkuun) vaikutus koivun taimien syntymiseen näkyy parhaiten niistä mittaustuloksista, joita on saatu tätä varten otetuilta koealoilta. Tässä ei ole kuitenkaan tarpeellista kerrata koko aineiston numerosarjoja, vaan riittänee, kun kasvupaikan vaikutusta tarkasteltaessa rajoitutaan sellaisiin paljaaksihakkuualoihin, joilla maan pintaa ei ole erikoisesti valmistettu, sekä siemenpuuhakkuualoihin ja uudistumistavan vaikutusta tarkasteltaessa mustikkatyypin ja käenkaali-mustikkatyypin metsikköihin. Tällainen tehtävän rajoittaminen on sitäkin tarkoituksenmukaisempi, kun paljaaksihakkuu- ja siemenpuuhakkuualojen koivun taimistot hakkuutapojen samankaltaisuuteen katsoen voidaan yhdistää yhteiseen tarkasteluun ja samoin toisiaan lähellä olevien metsätyyppien, mustikkatyypin ja käenkaali-mustikkatyypin, taimistot. Tässä, kuten aikaisemminkin, rajoitutaan vähintään kolme vuotta vanhoihin uudistusaloihin, koska nuoremmilla on syytä olettaa uudistumistapahtuman olevan vielä kesken.

Kasvupaikan vaikutus. Kanervatyypin paljaaksihakkuu- ja siemenpuualoilla (18 koealaa) on koivun taimia keskimäärin 122 kpl/ha, puolukkatyypin (15 koealaa) 1 516, mustikkatyypin (22 koealaa) 2 267, käenkaali-mustikkatyypin (3 koealaa) 7 663, kangaskorvissa (3 koealaa) 18 438 ja varsinaisissa korvissa (3 koealaa) 38 553 kpl/ha. Näistä luvuista nähdään, että taimiluvut ovat kuivilla kankailla pienimpiä, tuoreilla kankailla hieman suurempia ja vesiperäisillä mailla ylivoimaisesti suurimpia. Samantapainen, mutta uudistumissuhteiden arvostelemisen kannalta antavampi kuva saadaan tarkastelemalla ryhmittymislukuja Kanervatyypin hakkuualoilla koivun taimien ryhmittymisluku on keskimäärin 1 %, puolukkatyypin 9 %, mustikkatyypin 13 %, käenkaali-mustikkatyypin 15 %, kangaskorpien 67 % ja varsinaisten korpien 71 %. Näistä luvuista nähdään, että vain soistuneilla mailla koivu pystyy (ilman tulen apua) yksin metsittämään nyt tarkasteltavana olevat hakkuualat ja että ns. kovilla mailla siitä voidaan enintään odottaa enemmän tai vähemmän runsasta

täydennystä muulla tavalla hankittuihin taimistoihin. Koivun huono »kyky« muodostaa puhtaita metsiköitä ja sen »taipumus» esiintyä sekapuuna, kuten usein kuulee sanottavan, saa täten luonnollisen selityksensä koivun uudistumisvaikeuksista. Onkin aivan ilmeistä, että tulevaisuudessa puhtaat koivikot sekä koivuvaltaiset metsiköt tulevat keskittymään yhä täydellisemmin enemmän tai vähemmän soistuneille maille. Itse asiassa näemme tällaisen kehityksen jo nyt metsissämme varsin selvänä. Tämän vuoksi ehkä olisikin syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota kasvullisiin vesiperäisiin metsämaihin nimenomaan koivun kasvupaikkoina.

Kovien maiden eri metsätyypeillä ei eri koivulajien uudistumisen välillä näytä olevan sanottavaa eroa; kanervatyypilläkin on tavattu hieskoivun taimia rauduskoivuun verrattuna kutakuinkin samassa suhteessa kuin sen siemennystäkin on tapahtunut. Maamme eri osien välillä saattaa tässä suhteessa kuitenkin olla eroja, jotka eivät tutkimusalueen puitteissa vielä huomattavasti tunnu. Metsätaloudellisessa katsannossa tällä seikalla on sekä myönteiset että kielteiset puolensa. Myönteistä on se, etteivät ainakaan uudistumissuhteet ole esteenä ryhdyttäessä levittämään koivulajeistamme arvokkaimmaksi osoittautuvaa kaikkialle kovan maan metsikköihin. Kielteisenä on pidettävä päinvastaisen kehityksen mahdollisuutta: vähäarvoinen koivulaji voi vallata laajalti alaa, vieläpä sen myöhemmälle kehitykselle täysin sopimattomaltakin kasvualustalta. Itse asiassa tämä jälkimmäinen mahdollisuus nähtävästi onkin toteutunut metsissämme laajassa mitassa. Hieskoivu, jonka alkuperäisenä kasvupaikkana ovat suot, on sieltä käsin, varsinkin yksityismetsissä, vallannut tuoreet kangasmaat huolestuttavan laajalti ja on hyvää vauhtia tunkeutumassa kuivillekin kankaille (vrt. Sarvas 1944, s. 136). Viimeksi mainittu kehitys muistuttaa monessa suhteessa kuusen tunkeutumista kuiville kankaille.

Soilla, jo lievästikin soistuneella maalla, hieskoivun uudistumisedellytykset sitä vastoin ovat selvästi paljon paremmat kuin rauduskoivun. Kun koivikoiden painopiste tulevaisuudessa siirtynee yhä enemmän suometsiin, kuten edellä on mainittu, on hieskoivu jo tästäkin syystä aina säilyttävä merkittävän aseman hyvinkin hoidetussa metsätaloudessa rauduskoivun rinnalla.

Uudistumistavan vaikutus. Siirryttäköön nyt, rajoittuen mustikkatyypin ja käenkaali-mustikkatyypin kankaisiin, tarkastelemaan uudistumistavan vaikutusta koivun taimistojen määrään. Itse uudistusalat on jaettu seuraaviin ryhmiin: kaskialat, kuloalat, paljaaksihakkuualat (erikseen sellaiset, joilla maanpinta on kulotettu, ja sellaiset, joilla maa on jätetty valmistamatta), siemenpuualat ja keskitetyllä harsinnalla käsitellyt alat.

Eräällä tyypillisellä mustikkatyypin kaskialalla on koivun taimia luettu 260 000 kpl/ha (Heikinheimo on useilta kaskialoilta lukenut taimi-

lukuja, jotka ovat samaa suuruusluokkaa ja eräät vielä paljon suurempiakin), mustikkatyypin tai käenkaali-mustikkatyypin kuloaloilta ei aineistoa ole, kulotetuilla paljaaksihakkuualoilla (7 koealaa) on taimia keskimäärin 12 359 kpl/ha, kulottamattomilla paljaaksihakkuualoilla (15 koealaa) 3 807, siemenpuualoilla (10 koealaa) 1 577 ja keskitetyllä harsinnalla käsitellyillä aloilla (13 koealaa) 1 164 kpl/ha. Tarkasteltakoon saman tien ryhmittymislukuja. Edellä mainitulla kaskialalla on ryhmittymisluvuksi saatu 100 %, kulotetuilla paljaaksihakkuualoilla ryhmittymisluku on keskimäärin 46 %, kulottamattomilla paljaaksihakkuualoilla 17 %, siemenpuualoilla 6 % ja keskitetyllä harsinnalla käsitellyillä aloilla 6 %. Näistä luvuista nähdään, että metsän käsittelyllä on hyvinkin tuntuva vaikutus koivun taimistojen syntymiseen. Edellä luetellut erilaiset käsittelytavat voidaan jakaa kahteen toisistaan selvästi erottuvaan ryhmään: tulen enemmän tai vähemmän polttamat uudistusalat ja tulen koskemattomat uudistusalat. Sekä taimilukuja että ryhmittymislukuja tarkasteltaessa nähdään, että koivun uudistumisedellytykset ovat tavalla tai toisella palaneilla uudistusaloilla olennaisesti paremmat kuin tulen koskemattomilla. Kaikkein tiheimmät koivun taimistot tavataan kaskialoilla, joilla maa polton lisäksi on muokattu tai ainakin humuspeite särjetty. Itse asiassa koivun taimi- ja ryhmittymisluvut ovat kaskialoilla kokonaan omaa suuruusluokkaansa, joka ylittää kulo- ja kulotusalojen taimi- ja ryhmittymisluvut ainakin yhtä huomattavasti kuin nämä puolestaan kulottamattomien uudistusalojen. Tätä kaskialojen koivun uudistumisen kannalta aivan erikoisen hyvää taimettumiskuntoa on syytä voimakkaasti korostaa, sillä epäilemättä juuri siitä pääasiallisesti johtuu, että maassamme on niin paljon koivua ja kovillakin mailla paljon puhtaita koivikoita. Kääntäen voidaan myös sanoa, että kun ryhtyy tarkoin tutkimaan kovilla mailla kasvavien puhtaiden koivikoittemme syntyhistoriaa, havaitsee pian, että useimmissa tapauksissa on kyseessä palaneelle maalle ja tavallisimmin juuri kaskialalle noussut metsikkö.

Olisi ollut mielenkiintoista saada lukuja myös mustikkatyypin kuloalojen taimistoista. Kulotusaloilta saadut luvut eivät voi niitä korvata, sillä kulo ja kulotus ovat suuressa määrässä eri asioita. Tällaisia lukuja ei kuitenkaan ole käytettävissä siitä yksinkertaisesta syystä, että tutkimusreittien varteen ei sattunut yhtään mustikkatyypin kuloalaa. Mutta tavallaan tämäkin on tulos sinänsä. Se näet osoittaa, miten vähäinen merkitys kuloilla ainakin parinkymmenen viime vuoden aikana on ollut tuoreiden kankaiden metsien uudistumisessa. Kun juuri tuoreet kankaat ja korvet ovat varsinaisia koivumaita, on kulojen merkitys koivun kannalta jo tästä syystä arvosteltava suhteellisen vähäiseksi.

Kulotettuja paljaaksihakkuualoja kuvaavat taimi- ja ryhmittymisluvut osoittavat, että maanpinnan kulotus ei tosin valmista koivulle yhtä suotuisia uudistumisedellytyksiä kuin kaskeaminen, mutta se auttaa kuitenkin

hyvin tehokkaasti koivun uudistumista. Nykyisin käytännössä olevista metsänuudistamistavoista paljaaksihakkuu ja sen jälkeen tapahtuva maanpinnan kulottaminen on ilmeisestikin ainoa tapa hankkia tuoreille kankaille jonkinlaisella varmuudella koivuvaltaisia tai ainakin runsaasti koivua sisältäviä metsiköitä.

Kulottamattomien uudistusalojen taimi- ja ryhmittymislukuja tarkasteltaessa huomio kiintyy erityisesti paljaaksihakkuualojen niukkoihin koivun taimistoihin. Vaikka nämä taimistot olisivat tasaisiakin, eivät ne pystyisi kysymyksessä olevia uudistusaloja edes välttävästi metsittämään. Epätasaisuus yhä huomattavasti vähentää niiden metsittämisarvoa. Tämä tulos merkitsee käytännön metsätaloudessa sitä, että paljaaksihakkuualojen uudistamisen jättäminen yksinomaan tai edes huomattavalta osalta koivun luontaisen uudistumisen varaan, kuten usein järjestetyssäkin metsätaloudessa on tehty, on uudistamisen laiminlyömistä. Voidaan ehkä väittää, että monet paljaaksihakkuualoille nousseet kauniit koivikot osoittavat toista. Tähän on kuitenkin vastattava, että mikäli todella on kysymys palamattomalle maalle nousseista taimistoista, niin lähempi yksityiskohtainen tarkastelu jokseenkin aina osottaa, että nuo »kauniit» kohdat ovatkin enemmän tai vähemmän soistuneita, ja että varsinaisella soistumattomalla tuoreellakin kankaalla koivikko osoittautuu yllättävän harvapuiseksi, epätasaiseksi ja huonolaatuiseksi.

Siemenpuualoilla koivun taimi- ja ryhmittymisluvut ovat vieläkin pienempiä kuin paljaaksihakkuualoilla. Niinpä onkin sanottava, että tuoreilla kankailla ei koivun uudistuminen siemenpuuasentoa, ei edes koivusiemenpuuasentoa käyttäen voi olla tarkoituksenmukaista.

Keskitetyllä harsinnalla käsitellyissä metsiköissä koivun taimi- ja ryhmittymisluvut ovat kaikkein pienimpiä. Näyttäisi näin ollen siltä kuin tämä uudistamistapa tarjoaisi huonoimmat edellytykset koivun uudistamiselle. Näin ei asia käytännössä kuitenkaan ole. On näet muistettava, että tuoreiden kankaiden paljaaksihakkuu- ja siemenpuualoilla ovat paitsi koivun myös muiden puulajien luontaisen uudistumisen edellytykset heikot, mistä johtuu, että taimistot varttuvat harvapuisina ja kehittyvät huonolaatuisiksi. Keskitettyä harsintaa käytettäessä sitä vastoin kuusen uudistumisedellytykset ovat hyvät, minkä vuoksi koivun taimet vähälukuisuudestaan huolimatta joutuvat alusta pitäen kehittymään taajan taimiston osakkaina ja siten »hyvässä seurassa» kehittyvät yleensä laadultaan tyydyttäviksi, vieläpä hyviksikin. Tällaista myönteistä kehitystä edistää vielä päällyspuuston taholta lankeava varjostus; koivu on sille paljon arempi kuin kuusi, ja tästä syystä muuten jo nuoresta pitäen nopeakasvuinen koivu ei pääse pahasti edelle aluksi hitaampikasvuisesta kuusesta. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, kun koivu on tavallisesti keskimäärin nuorempaa kuin kuusi. Kun koivun kasvattamisessa on juuri laatuun kiinnitettävä aivan erityistä huomiota, on ilmeistä, että keskitetty

harsinta tarjoaa varteen otettavia mahdollisuuksia. Tämä on sitäkin tärkeämpää, kun keskitetystä harsinnasta ajan mittaan on todennäköisesti kehittyvä tärkein uudistushakkuu tuoreiden kankaiden metsissämme. Keskitetty harsinta on, kuten tunnettua, hyvin monivivahteinen uudistushakkuu, jossa äärimmäistapaukset eroavat suurestikin toisistaan. Olennaisimmat erot syntyvät erilaisesta uudistumisajasta. Niinpä uudistumisajan pituus vaikuttaa tuntuvasti koivun taimien kehitysmahdollisuuksiinkin. Lyhyehköä uudistumisaikaa käytettäessä, jolloin hakkuu saa jossakin määrin siemenpuuhakkuuta lähentelevän muodon, saadaan koivun taimia runsaammin kuin pitkää uudistumisaikaa käytettäessä.

Hakkuiden vaikutusta tarkastelevan esityksen pääkohdat yhdistäen on eräänä lopputuloksena todettava, että tiheyssuhteiltaan tyydyttävien puhtaiden koivikoiden tai edes koivuvaltaisten metsiköiden hankkiminen luontaista tietä koville maille näyttää ilman maanpinnan erityistä valmistamista vaikealta tai suorastaan mahdottomalta. Tämä on eräs koivikoittemme hoidon suurimpia vaikeuksia. Erityisen kipeänä se tuntuu laajoilla aloilla Keski- ja Itä-Suomessa, missä jatkuvien harsintahakkuiden tuloksena tuoreet kankaat, siis juuri parhaat metsämaat, ovat jääneet huonokuntoisten koivu- tai koivu-mäntyjäännöspuustojen haltuun. Näiden metsien luontaisen uudistamisen mahdollisuudet näyttävät varsin vähäisiltä.

Eri koivulajien, raudus- ja hieskoivun, uudistumisedellytykset ovat erilaisilla uudistusaloilla jossakin määrin erilaiset. Kaskimetsissä näyttää rauduskoivu olleen voittoisa hieskoivuun verrattuna. Paljaaksihakkuualoilla ja siemenpuualoilla lienevät kummankin koivulajin mahdollisuudet kutakuinkin samanlaiset. Keskitetyllä harsinnalla käsitellyillä aloilla sitä vastoin hieskoivun taimet menestyvät vähän paremmin kuin rauduskoivun. Hieskoivu sietää ehkä enemmän varjostusta kuin rauduskoivu. Tässä on syytä huomata, että harsinta siis yleensäkin, myös järjestämätön harsinta, sen lisäksi mitä edellä jo on sanottu sen vaikutuksesta eri koivulajien siemennyssuhteisiin, edistää hieskoivun valtaan tuloa rauduskoivun kustannuksella rajoittamalla voimakkaasti taimien valonsaantimahdollisuuksia. Niinpä esim. tukkipuun harsinnalla käsitellyissä metsiköissä taimistoissa onkin suhteellisesti paljon enemmän hieskoivua kuin vastaavissa päällyspuustoissa (S a r v a s 1944, s. 134 ja s. 211).

Kokonaisuutena nyt suoritetuista tutkimuksista käy ilmi, että koivu on tällä hetkellä metsissämme väistyvä puulaji. Se saa kiittää kaskiviljelystä nykyisestä suhteellisen runsaasta esiintymisestään ja joutuu nyt, kun kaskiviljelyksestä on lopullisesti luovuttu, vähitellen jättämään takaisin kuuselle suuren osan tulen avulla siltä valtaamistaan alueista. Taistelu koivun puolesta on näin ollen monissa kohdin taistelua luonnon kehitystä vastaan. Miten on tämänlaiseen taisteluun suhtauduttava?

On selvää, ettei toimenpiteittemme taloudellista tarkoituksenmukaisuutta voida ratkaista sen nojalla, käyvätkö ne yksiin luonnon kehityksen kanssa, vai ovatko ne sitä vastaan. Onhan esim. koko maanviljelys alituista taistelua luonnon kehitystä vastaan. Mutta on myös ilmeistä, että sellaiset toimenpiteet, jotka noudattavat luonnon kehityksen suuntaa, vievät suhteellisen pienillä taloudellisilla uhrauksilla päämäärään ja johtavat pysyviin tuloksiin, kun taas taistelu luonnon kehitystä vastaan vaatii enemmän uhrauksia. Kun koivun kasvattamisen kannattavuus jo nyt on laatupuun kasvattamisen varassa, se tulee tämän vuoksi olemaan tulevaisuudessa sitä vieläkin suuremmassa määrässä.

Hyvälaatuisen koivun kasvattamiseen onkin metsissämme olemassa luontaisia edellytyksiä. Keskitetty harsinta tarjoaa tässä suhteessa hyviä mahdollisuuksia. Nähtävästi joudutaan myös turvautumaan yhä enemmän metsänviljelyyn, koivun kylvöihin ja istutuksiin. Silloin käy kysymys käytettävän siemenen alkuperästä tärkeäksi. Jos missään, niin koivun viljelyssä vain hyvärotuinen siemen vastaa tarkoitustaan. Tällöin on otettava myös koivun rodunjalostuksen tarjoamat mahdollisuudet huomioon. Näin sitäkin suuremmalla syyllä, kun juuri koivu näyttää puulajilta, jonka jalostustyössä voidaan päästä suhteellisen nopeasti eteenpäin.

Kirjallisuusluettelo.

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

Baldwin, Henry Ives. 1942. Forest tree seed of the north temperate regions with special reference to North America. Waltham, Mass. U. S. A.

Borg, Arvid. 1930. Metsänviljelys. Maa ja metsä IV: Metsätalous II. Metsän hoito ja suojelu. Porvoo.

Borg, L. E. T. 1935. Hankikylvöt Tuomarniemen hoitoalueessa vv. 1913—1930. *Referat:* Die 1913—1930 ausgeführten Schneesaaten im Revier Tuomarniemi. SF 38.

Cajander, A. K. 1903. Beiträge zur Kenntniss der Vegetation der Alluvionen des nördlichen Eurasiens. I: Die Alluvionen des unteren Lena-Thales. Acta Societatis scientiarum fennicae 32. Helsingforsiæ.

—»— 1917. Metsänhoidon perusteet. II. Suomen dendrologian pääpiirteet. Porvoo.

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

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

Eneroth, Olof. 1945. Om frömängden vid fläcksådd samt om sambandet mellan plantantal pr ha och slutenhetsgrad vid självsådd. Norrlands skogsvårdsförbunds tidskrift. II. Stockholm.

Gunnarsson, J. G. 1925. Monografi över Skandinaviens Betulæ. Zusammenfassung in deutscher Sprache. Arlöv.

Heikinheimo, Olli. 1915. Kaskiviljelyksen vaikutus Suomen metsiin. *Referat:* Der Einfluss der Brandwirtschaft auf die Wälder Finnlands. AFF 4.

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

—»— 1944. Metsien luontainen uudistaminen. Toinen painos. Keskusmetsäseura Tapion käsikirjasia n:o 22. Helsinki.

Henze, W. 1848. Weitere Bemerkungen über die in Deutschland vorkommenden Birkenarten. Botanische Zeitung. Berlin.

Holmerz, C. G. 1894. Vägledning i skogshushållning. Andra upplagan Stockholm.

Högbom, A. G. 1934. Om skogseldar förr och nu och deras roll i skogarnas utvecklingshistoria. Norrländskt handbibliotek. XIII. Uppsala och Stockholm.

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. AFF 15.

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

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. MTJ 30.

Jacobsen, Ingeborg. 1926. Oversigt over Resultater af Undersøgelser af Træfrø, foretaget ved Statsfrøkontrollen i Aarene 1907—1924. Dansk Skovforenings Tidsskrift. Bind XI. København.

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

Kohh, Elmar. 1937. Vaatlusi seemnete valmimise ja varisemise kohta ülikooli öppe- ja katsemetskonnas 1930.—1935. A. *Referat:* Beobachtungen über Reifen und Fallzeit der Samen im Lehr- und Versuchs-Forstamt v. J. 1930—1935. Tartu ülikooli metsaosakonna toimetused n:o 27. Tartu.

Kujala, Viljo. 1946. Koivututkimuksia. *Summary:* Some recent research data on birches. MTJ 34.

Laitakari, Erkki. 1934. Koivun juuristo. *Summary:* The root system of birch *(Betula verrucosa* and *odorata)*. AFF 41.

Lampimäki, Tauno. 1939. Nautakarjan laiduntamisesta metsämailla. *Referat:* Über den Waldweidegang des Rindviehs. SF 50.

Lukkala, O. J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. *Referat:* Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. MTJ 34.

Lönnroth, Erik. 1925. Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände, basiert auf Material aus der Südhälfte Finnlands. AFF 30.

Meurman, O. ja Pohjanheimo, O. 1940. Kokeita koivujen lisäämisestä pistokasversoista. Metsätaloudellinen aikakauslehti. Helsinki.

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

Multamäki, S. E. 1916. Metsälaiduntamisesta ja hakamaiden hoidosta. Suomen metsänhoitoyhdistyksen julkaisuja. Erikoistutkimuksia 7. Helsinki.

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

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

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

—»— 1945. Puuston tiheys metsikön tunnuksena. Metsätaloudellinen aikakauslehti. Helsinki.

Schmidt, Wilhelm. 1918. Die Verbreitung von Samen und Blütenstaub durch die Luftbewegung. Österreichische botanische Zeitschrift. Wien.

Schmidt, Werner. 1930. Unsere Kenntnis vom Forstsaatgut. Berlin.

Сукачев, В. Н. 1934. Дендрология с основами лесной геоботаники. Ленинград.

Suomen kartasto. Atlas of Finland. Atlas över Finland. Helsinki 1925—1928.

Tamm, Olof. 1937. Om ett försök med björkföryngring i markförbättrande syfte på svag sandmark i Södra Sverige. *Referat.* Ein Versuch mit Birkenverjüngung zwecks Bodenverbesserung auf schwachem Sandboden in Südschweden. Svenska skogsvårdsföreningens tidskrift 1936. Stockholm.

Wettstein, Richard. 1935. Handbuch der systematischen Botanik. II. Band. Vierte Auflage. Leipzig und Wien.

Lyhennyksiä. — *Abbreviations.*

AFF = Acta forestalia fennica. Helsinki.
MTJ = Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen (koelaitoksen) julkaisuja. Communicationes Instituti forestalis Fenniae (Communicationes ex Instituto quaestionum forestalium Finlandiae). Helsinki.
SF = Silva Fennica. Helsinki.

A research on the regeneration of birch in South Finland.

Summary.

Abbreviations and signs used in the tables.

Δ	= small quantity.
—	= lacking (acc. to examination = 0).
.	= lacking, because not examined.
CT	= Calluna type.
VT	= Vaccinium type.
MT	= Myrtillus type.
OMT	= Oxalis-Myrtillus type.
Le	= grass-herb type.
KgK	= swampy forest land with character of wet spruce-hardwoods peat-moor.
KgR	= swampy heath with character of wet pine peat-moor.
VK	= ordinary wet spruce-hardwoods peat-moor.
NR	= wet cottongrass-pine peat-moor.
HSR	= poorer-quality wet pine peat-moor with sedge vegetation.

The investigation was chiefly based on a representative material comprising a total of 135 sample plots (table 1, p. 12), marked out in areas burnt-over for crops and forest-fire areas as well as clear-cutting, shelterwood cutting and group selection cutting areas. A comparative method of research was applied to this material and permanent experiments were arranged for the solution of special problems.

All sample plots were measured in forests which, so far as is known, have not been used for grazing. This is a point of importance, because the forests in Finland are as a rule more or less used as grazing-grounds for cattle. It is a well-known fact, invariably confirmed by previous investigations, that grazing cattle will destroy young seedlings of birch where they are left to move about at liberty. Thus far, at least, cattle must be considered as the most dangerous enemy of birch seedlings, especially in our private forests. Therefore, where the regeneration of birch is to be assured, at least as far as this is possible by means of natural reproduction, the regeneration areas must absolutely be protected from grazing cattle.

The regeneration of birch takes place in two fundamentally different ways — either by vegetative or by sexual propagation.

In this study, comparatively little attention has been paid to the vegetative regeneration of birch. The main reason for this is that an experimental method of research seems better adapted to the study of processes involved in vegetative regeneration than the comparative method used in the present case. Experiments were indeed made for the purpose of shedding light on sprouting in birch, but no results of these experiments are as yet available. Some conclusions may however be drawn on the basis of the materials gathered from the sample plots.

The sprouting ability of *Betula verrucosa* seems to be weaker than that of *Betula pubescens*. Considering, however, that the former mostly grows in rather dry places

as compared with the latter, it is difficult to obtain, by comparative methods' quite accurate statistical data on this point. More weight, on the other hand, may be attached to the experiments made by Meurman and Pohjanheimo (1940) with cuttings in Piikkiö, which have indicated that the power of restitution is far weaker in *B. verrucosa* than in *B. pubescens*.

The site has a considerable influence on the abundance of sprouts; on moist ground, and particularly on ground which tends to become swampy, sprouting occurs in much more liberal measure than on dry heaths. As a matter of fact, it may be said that only on the first-mentioned kind of soil does the sprouting attain an economically significant degree of abundance.

The method of cutting affects the abundance of birch sprouts inasmuch as in bare areas and in thin stands more sprouts are formed than in dense forests. Sprouts have been found in greatest abundance in clear-cut areas and most sparsely in areas cut under the group selection system. In fire-stricken and burnt-over areas, sprouting has been weak in some places, because the proventive buds in which the sprouts originate have been destroyed to a large extent.

The significance of sprouting, from the view-point of forestry, has been found surprisingly small in the case of birch. Thus, the number of sprouts per hectare may be quite considerable, but, as the sprouts are densely grouped round the parent stumps, their accumulated reforestation value is nevertheless comparatively small. It is, at best, even less than 1/10 of the corresponding value of seedlings in the same regeneration area. Yet most of the research material has been gathered from comparatively fresh regeneration areas, where sprouts are quite generally found in greater abundance than in older cutting areas. The significance of regeneration by sprouting is also reduced by the inferior quality of the sprouts, which are as a rule knotty, very crooked at the base, and touched with decay.

In the inquiry into the sexual regeneration of birch, the seeding in the regeneration areas, the development of the plants in its initial stage, and the degree of abundance of plants in the stands on different sites and in different regeneration areas were made the objects of particular research.

Here, attention must be called, right at the outset, to a circumstance of importance from the view-point of birch regeneration, viz. the fact that birch seedlings are generally not found in closed, mature. or nearly mature stands — not in such quantities, at any rate, as would be of any practical significance. Birch is in this respect comparable to pine but differs fundamentally from spruce. Considered from the view-point of regeneration, this is a negative feature, on account of which it is necessary, in planning for regeneration, to begin at the very beginning in the case of birch.

Of the many different factors, of which the effect of the seeding is dependent, the following ones were examined more in detail: the periodicity of seed years, the quantity of seed crops, the germinative capacity of the seed, and the spreading of the seed.

The findings concerning the periodicity of seed years refer to *B. verrucosa* in the first place. In forestry literature, the opinion has often found expression, that birch produces plentiful crops almost every year. This opinion is however evidently false. Taking the crop of a good seed year as a standard, one finds that even a crop amounting to barely 20 per cent of the best seed crops occurs on an average only every third year. The crops of the intervening years may be surprisingly small, ordinarily no more than 5—10 per cent of that of a good seed year. It may indeed be said that, in the research areas here referred to, the seeding of *B. verrucosa*

at any rate is in a decisive measure concentrated in good seed years, which recur approximately every third year. As the conditions for regeneration in birch in many regeneration areas remain favourable only a few years, often not more than one or two years, immediately after the cutting, the course of progress in the regeneration of birch is largely determined by the periodicity of seed years. If a good seed year happens to follow immediately after a burning, a forest fire, or a clear-cutting, the conditions for regeneration are essentially better than if a good seed crop turns up only two or three years later. Therefore, when regeneration cutting is undertaken for the particular purpose of reproduction of birch, attention ought to be paid to the seed years of birch. This can be done without difficulty, since the occurrence of a good seed year may be forecast even a couple of years before the germination in the soil and with more accuracy, perhaps, than e. g. the good seed years of conifers.

In examining the quantity of the seed produced, the crops of good seed years thus deserve particular attention. On the other hand, the total crop during a certain reasonably long regeneration period is likewise of interest in this connection.

During good seed years for birch, the seed crop may under particularly favourable conditions be surprisingly large. The best annual result of measurings thus far made is 53 200 filled seeds per sqm, i. e. about 128 kilograms per hectare. Notwithstanding the slight weight of the nutlets, the seed crop of birch, even as expressed in units of weight, is — at least if maximum crops are compared with each other — considerably larger than that of conifers, such as Scotch pine and Norway spruce. As a matter of fact, this abundance of seeds is one of the essential characteristics of the seeding process in birch. In ordinary regeneration areas. however, the seed crop of birch even in the best seed years falls far below the figures just mentioned. A crop of 2 300 filled seeds per sqm, i. e. about 5 kilograms per hectare, found in a mixed pine and birch seed-tree area, probably represents some kind of maximum in this respect.

In trying to estimate the total seed crop of birch in the course of a complete regeneration period, three years may probably be considered as a reasonable length of time in the case of birch. During such a period, about 3 050 filled seeds of birch, i. e. 7 kilograms, per sqm were counted in the seed-tree area referred to above. In most cases, however, the seed crop of birch is much smaller, in the cutting areas examined for the present study on an average estimated at some 340 filled seeds per sqm, i. e. 0. 8 kilograms per hectare.

The sample plots where the crop was estimated at less than 100 filled seeds per sqm represented 10 per cent of the total number of sample plots examined in clear-cut areas, 36 per cent in seed-tree areas, and 18 per cent in areas cut according to the group selection system. This shows that, even though seeding at some places occurs in excessive abundance, at other places the crop may be rather small — all the more as the germinative capacity of the seed is comparatively fast reduced after the seed has detached itself from the tree and fallen to the ground. Nevertheless, only on rare occasions does the seeding of birch become an actual minimum factor, in the strictest sense, in the regeneration process, because, theoretically, about one viable seed per sqm will suffice for the origination of a satisfactory stand of birch seedlings.

It is, however, perhaps more expedient to base a consideration of this question on the fact that the seeding of birch, in order to be sufficient, must be so abundant that there is every probability of some seeds finding their way to all of the comparatively few and narrow spots which offer the seedling any chances of development. As about 0. 5—1 sqdm may be considered as the minimum size of such

a spot, the minimum quantity of a sufficient seed crop is to be estimated at some 200—100 filled seeds per sqm. Thus, in many of the regeneration areas examined for this study the seed crops of birch were too small. This is also shown by the seedling stands in the areas in question: the number of birch seedlings is visibly smaller than in other regeneration areas where more abundant seeding has taken place. On the other hand, it is also possible that even considerably more abundant seeding does not give birth to seedling stands of greater density. Another practical consequence of this is that in the regeneration areas there should be at least 4—8 birch seed-trees, the size of a saw-timber tree and with a spreading crown, per hectare, or else a correspondingly greater number of smaller birches, if as many birch seedlings are to be produced as is possible by normal regeneration without special preparation of the surface of the ground. Besides, the prospective birch seed-trees must be prepared for their task in time by suitable cuttings preceding the final regeneration cutting. The seed crop of a birch, even a large-sized one, growing in a dense stand, such as e. g. a mixed spruce and birch stand, is comparatively weak after its release; the first plentiful crop may be expected at the earliest about 2 years after the cutting. If the release is effected only in connection with the final regeneration cutting, the development of seedlings will be perceptibly hampered by the heavy growth of herbs and grass in the meantime.

Conflicting reports concerning the germinability of birch seed have been published. This is apparently due, partly to the fact that different species of birch have not been kept carefully enough apart from each other, and partly to deficiencies in the method of research. The »humus cake method» developed in connection with the present study — a method founded on examination of the birch seed that has in the course of 5—7 years fallen to the ground — offered essential advantages as compared with previously employed methods. Consistently strict discrimination between *B. verrucosa* and *B. pubescens* has helped to ensure more invariable results than before. It appears that the germinability of the seed of *B. verrucosa* decreases, whereas that of *B. pubescens* increases, in passing from the south towards the north of Finland. In the region of Helsinki (about 60° north lat.), e. g., the average germinability of *B. verrucosa* is about 61 per cent and that of *B. pubescens* about 63 per cent, but even as far south as the latitude of Vilppula (about 62° north lat.) the average germinability of the former has been found to approximate 53 per cent only and that of the latter 70 per cent (cf. table 2, p. 21). A difference of this magnitude in the germinability of the seed is, of course, also apt to affect the conditions for regeneration of these two species of birch. As a matter of fact, *B. pubescens* is found in comparatively greater abundance in the northern regeneration areas than what would be suggested by the seeding as estimated on the basis of the number of seed-trees alone. It is known that the gradually increasing predominance of *B. pubescens* and the decreasing occurrence of *B. verrucosa* is conspicuous everywhere in passing from the southern districts to the northern parts of the country. The ultimate explanation of this phenomenon, which is characteristic of the whole of northern-Europe, has not yet been found. It is evident, however, that the difference between *B. verrucosa* and *B. pubescens* as regards the germinability of their seed is a contributive cause of this divergency in their geographical distribution.[1])

The germinability of the seed reaches its optimum in good seed years, which further accentuates the above-mentioned fundamental significance of good seed years in the process of regeneration of birch.

The spreading of birch seed was a matter which required attention in establishing a secure basis for estimating the seeding in the regeneration areas. At

[1]) On the other hand, it should be observed that the scarcity of *B. verrucosa* in the northern parts of the country is apt to render the process of pollination difficult and might thus, partly at least, also account for the poor germinability of the seed.

the same time, also results of more general interest were reached. In order to determine the spreading capacity of the seeds, investigations were carried out on the ground and fall experiments were made with seeds of *B. pubescens* as well as *B. verrucosa*. It may be mentioned that the rate of fall was found to be, for a seed of *B. pubescens* 0.52, for a seed of *B. verrucosa* 0.69, and for a seed of Scotch pine 0.65 m/sec. It appeared that exaggerated views have often been held as to the spreading capacity of birch seed. This is quite evident i. a. from the fact that, although e. g. the weight of a full seed of *B. pubescens* is about 1/2 of the weight of a pine seed, its rate of fall is often slightly greater than that of the pine seed. In other words, the spreading capacity of the seed of *B. pubescens* may be inferior to that of the pine seed. The cautious opinion previously expressed by Heikinheimo (1944, p. 22), that in the case of birch a distance approximately equal to twice the height of the seeding trees may be considered as the limit of dispersal from a well-seeding forest border, has thus proved to be well founded. This is a fact which seems to be frequently overlooked in practical silviculture, where altogether too much trust is put in the spreading capacity of birch seed. Therefore, when a natural birch seedling stand in a regeneration area is desired, a sufficient number of seed-trees in good condition must necessarily be left standing, as already pointed out above.

Experiments made in order to record the spreading capacity of the seeds have further shown that the rate of fall of the seed of *B. verrucosa* is clearly below that of *B. pubescens*. As *B. verrucosa* generally attains a greater height and as a rule takes the highest points of the ground in possession, while *B. pubescens* keeps to depressions in the ground and swampy lowlands, the difference in the spreading capacity of their seed becomes still greater. In those regeneration areas where the main part of the seed is supplied by border forests *B. verrucosa* thus achieves a marked advantage over *B. pubescens*.

In discussing the seeding of birch and, particularly, in comparing the seeding of *B. verrucosa* and *B. pubescens* with each other, attention must also be paid to the general character of the cutting methods practised in our forests. Irregular selection cuttings have long remained the preferred system above all in privat forests, but traces of such cuttings are found in abundance also in state and company forests. The previously applied procedure of selection cutting to diameter limit has to a large extent been discarded, but other methods closely resembling it have been developed instead. The basic idea, to all appearance, in these cutting methods is to cut away the biggest, »mature» trees and to »fatten» the smaller ones to take their place. There is no reason for dwelling at length on the general effect of selection cutting in this connection, but it is important, for our present purpose, to note the fact that *B. verrucosa*, a fast-growing species which attains great dimensions, is bound to be affected by such cutting methods in much larger measure than the slow-growing, small-sized *B. pubescens*. As a result of selection cuttings, *B. verrucosa* has in many places been reduced to relative insignificance as compared with *B. pubescens*. The seeding of the former, too, has in these forests undergone a corresponding reduction in comparison with that of the latter. It was already pointed out above that the seeding of birch has been insufficient in several regeneration areas. This is, of course, true to a still larger extent with reference to either one of the two species alone. Thus, the seeding of *B. verrucosa*, in particular, in such regeneration areas as are formed in forests previously subjected to selection cuttings very often falls far below what should be considered as a reasonable minimum.

The abundance of the birch seed crop offers a considerable advantage in the regeneration process in comparison with less prolific tree species. The large number of seeds has, however, its negative aspect, too: the individual seeds are comparatively small and contain correspondingly small amounts of reserve food. Whereas the food reserves stored e. g. in a single Scotch pine seed weigh about 3.8 milligrams, those of a birch seed weigh only about 0.15 milligrams, i. e. 4 per cent of the weight of the former. The reserve food, be it noticed, is of a quite decisive significance for the development of the young seedling from the seed. It is the only power source for the seedling to utilize in securing its first requisites for keeping alive. This is conspicuous in comparing e. g. the development of young seedlings of Scotch pine and birch in nature. Thanks to its comparatively rich storage of reserve materials, the pine seedling manages to push its radicle through the easily drying surface layer of the humus far into the deeper layers, where more favourable moisture conditions prevail. The radicle of the birch seedling, on the other hand, remains short on account of the small supply of reserve food, with the results that the entire plant frequently withers away and dies. Thus it is a common experience that birch seedlings grow up only in spots which contain enough moisture to offer the seeds a fairly favourable germinating bed. Such spots are found, above all, in moist hollows and on swampy forest lands, but also on dry forest lands where the humus cover has somehow been broken and either the mineral soil or at least the bottom layer of the humus is lying bare.

Furthermore, the small size of the seedling makes it largely dependent of climatic conditions for its development, and this, apparently, accounts for the capriciousness and unexpectedness recognized (e. g. D e n g l e r 1937, p. 307) as a characteristic feature in the regeneration of birch. The significance of climatic conditions becomes all the more decisive as really good seed years occur rather rarely and the seed loses its viability fast after falling to the ground.

The influence of the site and of the manner of regeneration on the development of the seedlings appears most clearly from the results of measurements made on sample plots selected for this purpose. It is however unnecessary to quote here the entire series of figures thus obtained; it ought to suffice, if the examination is limited, in discussing the influence of the site, to clear-cutting and shelterwood cutting areas, and in dealing with the effects of the manner of regeneration, to sites of *Myrtillus* and *Oxalis-Myrtillus* type. This limitation is all the more appropriate as the birch seedling stands in clear-cutting and shelterwood cutting areas may, in view of the similarity between these two methods of cutting, be dealt with under one head and likewise those in areas of the two nearly related forest types in question, the *Myrtillus* and the *Oxalis-Myrtillus* type.

Here only such regeneration areas as are at least 3 years old are taken into account, because the process of reproduction in younger regeneration areas may be considered as still going on.

In clear-cutting and shelterwood-cutting areas of *Calluna* type (18 sample plots), there were on an average 122 seedlings per hectare, in *Vaccinium* type areas (15 sample plots) 1 516, in *Myrtillus* type areas (22 sample plots) 2 267, in *Oxalis-Myrtillus* type areas (3 sample plots) 7 663, in swampy spruce forest areas (3 sample plots) 18 438, and in ordinary wet spruce-hardwoods peat-moor areas (3 sample plots) 38 553 seedlings per hectare. These figures show that the number of seedlings is smaller on dry heaths, somewhat larger on moist forest lands, and much larger than anywhere else on wet lands. A similar picture, but more useful for estimating

regeneration conditions, arises from an examination of frequency figures [1]). In cutting areas of *Calluna* type, the average frequency figure for birch seedlings is 1 per cent, in *Vaccinium* type areas 9 per cent, in *Myrtillus* type areas 13 per cent, in *Oxalis-Myrtillus* type areas 15 per cent, in swampy spruce forest areas 67 per cent, and in ordinary wet spruce-hardwoods peat-moor areas 71 per cent. It appears from these figures that only on swampy ground is birch alone able to reforest (without the aid of fire) areas treated in the way here in question, whereas on so-called firm ground it may at the utmost be expected to supplement in a more or less liberal measure seedling stands of other origin. The limited »capacity» of forming pure stands and the »inclination» of birch to occur as an admixed tree species is thus to be explained as a natural consequence of its regeneration difficulties. It is evident that in the future pure birch stands and birch-dominated stands will be increasingly concentrated on more or less swampy forest lands. This tendency is already conspicuous in our forests. Therefore, more attention might well be paid to fertile wet forest lands as suitable sites particularly for birch.

On firm ground, there does not seem to be any notable difference between the two species of birch as regards their regeneration in forests of different forest types; even in areas of *Calluna* type, seedlings of *B. pubescens* have been found in numbers proportional to the seeding, as compared with *B. verrucosa*. On the other hand, there may be differences in this respect between different parts of the country, though hardly perceptible within the range of the research areas. From the viewpoint of forestry, this circumstance has its advantages as well as its disadvantages. An advantage is the fact that unfavourable regeneration conditions, at any rate, will not counteract any attempts at promoting the spreading of our most valuable species of birch to all stands growing on firm forest lands. A disadvantage is the possibility of a development in the opposite direction: a birch species of inferior value may expand its range widely, even over areas quite unsuitable for its later development. As a matter of fact, this is what has already happened in our forests to a large extent. *B. pubescens*, which originally belongs to the swamps, has, particularly in the private forests, taken possession of distressingly large areas of moist forest land and is rapidly gaining ground even on dry heathy woodlands (cp. Sarvas 1944, p. 136). This development is in many respects suggestive of the spreading of Norway spruce to dry heaths.

In swamps, on the other hand, and even on slightly swampy ground, *B. pubescens* is evidently far better situated, as regards its possibilities of regeneration, than *B. verrucosa*. Since the centre of gravity in the distribution of birch seems to be shifting ever more in the direction of swampy forests, as mentioned above, *B. pubescens* will, on that account, too, always hold a notable position, even in well managed forestry, side by side with *B. verrucosa*.

Let us now proceed to inquire into the effect of the manner of regeneration on the number of birch seedlings in the stands, confining the examination to forests

[1]) Since the number of seedlings as such does not give an adequate picture of the reforestation value of an uneven natural seedling stand, an auxiliary criterion, the »frequency», has here been applied. It is closely connected with the method of counting seedlings which was used for this study, i. e. the »square» method. The term »frequency» is here used simply to denote the percentage of squares found to contain seedlings or just a single seedling, as the case may be, in the totality of examined squares of 1 sqm (cp. Sarvas 1944, p. 41, Eneroth 1945). By noting the frequency, it is possible to determine the approximate number of seedlings in such an even stand as, with regard to its reforestation value, most nearly corresponds to the uneven stand in question. E. g. an uneven stand with a frequency 40 % corresponds to an even stand containing 4 000 seedlings per hectare; any stand with a frequency ≥ 40 % has in this study been considered as satisfactory with reference to its reforestation value.

of *Myrtillus* and *Oxalis-Myrtillus* type. The regeneration areas in question were, for the present study, divided into the following groups: areas burnt-over for crops, forest fire areas, clear-cut areas (with a distinction made between those where the surface of the ground has been burnt and those where no preparation of the ground has been undertaken), shelterwood cutting areas, and group selection cutting areas.

In a certain area of *Myrtillus* type, which is a typical example of an area burnt-over for crops, 260 000 birch seedlings per hectare were counted (H e i k i n h e i m o has arrived at figures of the same order of magnitude in several areas burnt-over for crops, in some cases even much larger), from forest fire areas of the same type no material is available, in clear-cut burnt-over areas (7 sample plots) the number of seedlings per hectare was 12 359, in clear-cut unburnt areas (15 sample plots) 3 807, in shelterwood cutting areas (10 sample plots) 1 577, and in group selection cutting areas (13 sample plots) 1 164. Let us examine the frequency figures at the same time. In the above-mentioned area, which had been burnt-over for crops, the frequency figure was found to be 100 per cent, in the clear-cut burnt-over areas it averaged 46 per cent, in the clear-cut unburnt areas 17 per cent, in the shelterwood cutting areas 6 per cent, and in the group selection cutting areas 6 per cent. The figures show that the treatment of the forest has a considerable influence on the birch seedling stands produced in the respective areas. These areas may be divided into two distinct groups: those that have been more or less exposed to the action of fire, and those that have remained untouched by fire. An examination of the numbers of seedlings and also of the frequency figures indicates that essentially more favourable conditions for the regeneration of birch exist on the areas that have been exposed to fire in some way or other than in those that have not been touched by fire. The very densest stands of birch seedlings are found in areas burnt-over for crops, where, in addition to the burning, the ground has been prepared or at least the humus cover has been broken up. As a matter of fact, the number of seedlings as well as the frequency figures in areas burnt-over for crops are quite exceptionally large, exceeding the corresponding figures for other burnt areas at least as much as these exceed those from unburnt regeneration areas. The favourable conditions for young growth thus found to be characteristic of areas burnt-over for crops, making them particularly well adapted for the regeneration of birch, ought to be emphasized, as they doubtless account, more than anything else, for the common occurrence of birch, and the existence of numerous pure birch stands, too, even on firm forest land, in this country. Conversely, it may be said that a close examination of the origin of the pure birch stands growing in Finland soon reveals that most of the stands have grown up on burnt ground, generally on ground that has been burnt-over for crops.

It would be interesting to see figures for seedling stands from forest fire areas of *Myrtillus* type, too. Figures from burnt-over areas will not serve the same purpose, because deliberately and accidentally burnt areas are quite different things. Such figures are, however, not available, simply because not a single forest fire area of *Myrtillus* type happened to be found along the routes of research. But this is, in a way, a result in itself. It shows what a slight significance fires have had, at all events in the course of the last couple of decades, as a factor in the regeneration of forests on moist ground. Considering that moist forest lands and wet spruce peat-moors are ordinary habitats of birch, this fact as such points to the relatively small significance of forest fires in the case of birch.

The seedling and frequency figures for burnt-over clear-cut areas show that the burning alone, to be sure, does not create as favourable conditions for the regeneration of birch as does the clearing and burning-over practised in preparing the soil-

for crops, but, nevertheless, it always tends to promote quite considerably the regeneration of birch. Of the forest regeneration methods now in use, clear-cutting and subsequent burning-over of the ground evidently is the only means of producing with any degree of certainty birch-dominated stands or at least stands abundant in birch on firm forest lands.

In examining the numbers of seedlings and frequency figures from unburnt regeneration areas, the scanty stands of birch seedlings in clear-cut areas attract particular attention. Even if these stands were of uniform density, they would be quite unable to reforest the areas in question. As a consequence for practical forestry, it must be recognized as an act of negligence to rely entirely, or even largely, on the natural regeneration of birch for the reforestation of clear-cut areas. It might be asserted that the many fine birch stands which have grown up in clear-cut areas bear witness to the contrary. The answer to this is that a close examination of those stands which have really grown up on unburnt ground in most cases proves, that the »fine» spots in question are more or less swampy, and that a birch stand on ordinary dry ground of *Myrtillus* type is mostly rather thinly stocked, uneven, and of inferior quality.

In shelterwood cutting areas and group selection cutting areas, the numbers of seedlings as well as the frequency figures for birch are still smaller than in clear-cut areas. It may indeed be said that the use of shelterwood cutting is not the right procedure for the regeneration of birch in areas of *Myrtillus* type. The very smallest numbers of seedlings and the lowest frequency figures are found in stands cut by the group selection method. That would seem to indicate that this method offers the very poorest chances for the regeneration of birch. Actually, however, this is not the case. It should be remembered that in clear-cutting and shelterwood cutting areas the conditions are unfavourable for natural regeneration, not only of birch but of other tree species as well, resulting in the formation of thinly stocked stands of inferior quality. Group selection cutting, on the other hand, creates favourable conditions for the regeneration of Norway spruce, with the result that the birch seedlings, few in numbers as they are, from the very beginning of their development profit by belonging to a dense stand and thus grow into specimens of quite satisfactory quality. This auspicious development is further facilitated by the shade cast from the shelter trees; birch is more sensitive to this than spruce, and therefore, although growing fast when young, it does not get much ahead of the spruce, which is slower in its early stage of growth. As particular attention must be paid to quality in the raising of birch, it is evident that group selection cutting offers advantages which are worth taking into account. This is all the more necessary as group selection cutting will probably in the course of time become the predominant method of regeneration cutting on moist forest land in this country. Group selection cutting, as is well known, is a highly diversified cutting method, where the extremes differ considerably from each other. The most fundamental differences result from variations in the length of the regeneration period, which has a perceptible influence on the chances of development of the birch seedlings, too. By practising regeneration on a short-time basis, in which case the cutting assumes a form approaching, in some measure, the shelterwood cutting method, more birch seedlings are produced than by extending the regeneration over a longer space of time.

One conclusion to be drawn from the principal results of the above examination of the effects of different cutting methods would seem to be something like this: it seems to be difficult, or simply impossible, to obtain pure birch stands, or even birch-dominated stands, of satisfactory density as a result of natural reproduction

on firm forest land without special preparation of the surface of the ground. This is one of the chief difficulties encountered in the management of our birch stands. It has been badly felt, particularly in the large districts in central and eastern Finland, where, owing to continued irregular selection cuttings, the moist forest lands which offer the very best soil for the growth of forests have been surrendered to remnant birch stands, or mixed birch and pine stands, in a poor condition. These forests seem to have very small chances of natural regeneration.

There are somewhat different prospects of reproduction for the two different species of birch, *B. verrucosa* and *B. pubescens*, in different regeneration areas. In forests which have been burnt-over for crops, the former seems to have had the best of it, as compared with the latter. In clear-cut areas and in shelterwood cutting areas the chances are probably much the same for both species. In group selection cutting areas, on the other hand, the seedlings of *B. pubescens* thrive slightly better than those of *B. verrucosa*. Maybe *B. pubescens* is apt to stand more shading than *B. verrucosa*. It should be noted that, consequently, selection cutting in general, even when carried out irregularly — in addition to its above-mentioned effect on the seeding ratio of the different species of birch — by limiting considerably the supply of light for the seedlings helps to give *B. pubescens* a predominant position at the cost of *B. verrucosa*. Thus, e. g. in forests cut to diameter limit, there are proportionately much more specimens of *B. pubescens* in the seedling stands than in the corresponding parent stands (S a r v a s 1944, p. 134 and p. 211).

The survey now brought to an end results in the general impression that birch is a receding species of tree in our forests at the present time. It has to thank the old custom of preparing the soil for crops by burning for its still rather abundant occurrence, and now that this manner of cultivation has been finally discarded, it will have to give up much of the territory once gained from spruce by the aid of fire. The struggle for the preservation of birch is thus in many respects a struggle against the natural trend of development. What attitude ought to be taken towards a struggle of this character?

It is obvious that the economic advantage of any measures taken by us cannot be estimated by asking whether they are in accordance with or contrary to nature. The entire system of agriculture, e. g., involves a continuous struggle against the tendencies of natural evolution. But it is equally evident that by taking steps in keeping with the natural trend we gain our ends with small economic sacrifices and get permanent results, whereas a fight against the forces of nature demands greater sacrifices. If even now, the profitableness of producing birch depends on the possibilities of producing quality wood, that will be the case in still larger meausure later on.

As a matter of fact, our forests possess some of the natural prerequisites for producing birch of good quality. Noteworthy chances in this respect are afforded by group selection cutting.

Nevertheless, forest cultivation, i. e. sowing and planting of birch, must in all probability also be resorted to in ever increasing measure. The question of the origin of the seed to be used will then become important. In the cultivation of birch, if anywhere, only seed of a good race will serve its purpose. The possibilities offered by birch breeding should therefore also be taken into account. All the more so as birch seems to be a tree species, in the breeding of which it is possible to make comparatively rapid progress.

NYKY-SUOMEN METSÄT

VALTAKUNNAN METSIEN ARVIOINTEIHIN
PERUSTUVA KUVAUS

YRJÖ ILVESSALO

THE FORESTS OF PRESENT-DAY FINLAND

HELSINKI 1948

Helsinki 1948. Valtioneuvoston kirjapaino.

Sisällysluettelo

Sivu

Johdanto 4

Nyky-Suomen metsäala 5
Metsän omistussuhteet 11
Metsämaiden laatu 12
Suot 14

Metsien puulaji- ja ikäsuhteet pinta-alan mukaisina 17
Puulajisuhteet 17
Ikäsuhteet 23

Metsien kasvava puuvarasto 24
1. Keskikuutiomäärä 24
2. Koko kasvava puuvarasto 29
3. Tukkipuusto 33

Puuston vuotuinen kasvu 35
1. Kasvusadannes 35
2. Keskikasvu 36
3. Kokonaiskasvu 38

Puuston tiheys 41

Metsien käsittely ja metsänhoidollinen tila 42
1. Metsien käsittely arviointia edeltäneenä 10-vuotiskautena 43
2. Metsien metsänhoidollinen tila 45
3. Metsien hahmoiteltu käsittely arviointia seuranneena lähiaikana 48
4. Hakkuumäärä 49

Kartakkeiden laatimista osoittava kuva 11 52

Johdanto

Suomen metsät, metsävarat ja metsien tila, kuvattiin vuosina 1936—1938 toimeenpannun II valtakunnan metsien arvioinnin tulosten perusteella Metsätieteellisen tutkimuslaitoksen julkaisuissa:

28. 6. Suomen metsävarat vv. 1936—1938. Selostus II:n valtakunnan metsien arvioinnin päätuloksista. Helsinki 1940.

30. Suomen metsävarat ja metsien tila. II valtakunnan metsien arviointi. Helsinki 1942.

Edelleen ilmestyi Keskusmetsäseura Tapion kustantamana julkaisu:

Metsänhoitolautakuntain toimintapiirien metsät. Helsinki 1943.

Näissä julkaisuissa on käsitelty Suomen metsiä niissä rajoissa, jotka valtakunnalla oli ennen viime suursotaa. Sotaa seuranneessa rauhanteossa Suomi menetti Karjalasta ja Pohjois-Suomesta luovutetuilla alueilla sekä Porkkalassa vuokratulla ynnä Jäniskosken alueella maapinta-alaa yhteensä 4 347 800 ha. Tämä merkitsi samalla metsien huomattavaa vähenemistä, joten edellisessä mainitut julkaisut eivät enää ole voineet antaa oikeata kuvaa maan metsävaroista ja metsien tilasta.

Valtakunnan metsien arvioinnin tulokset laskettiinkin pääosiltaan uudelleen, nyky-Suomeen kohdistuvina, heti syyskuun 1944 välirauhan jälkeen. Näiden tulosten julkaiseminen on siirtynyt tähän saakka sen johdosta, että teos, jossa ne oli tarkoitettu julkaistaviksi, on viivästynyt.

Nyt esitettävät tiedot Suomen metsistä perustuvat jo 10 vuotta sitten suoritettuun metsien arviointiin. Tänä aikana on metsissä niin kuin maassa muutenkin tapahtunut paljon. Metsiä on etenkin polttopuun saannin turvaamiseksi ja jälleenrakentamisen tarpeita varten hakattu monissa seuduissa rajusti, toisissa taas vähemmän, ja syrjäisimmissä maan osissa hakkuut ovat kuljetusvaikeuksien takia jääneet miltei kokonaan suorittamatta. Vanhoja metsiä on paljon väistynyt odotettavan uuden taimikon tieltä, harvennushakkauksia lienee suoritettu enemmän ja paljon vahvemmin kuin ennen. Yleensä metsissä on vain hakattu, metsänhoito on useinkin saanut jäädä syrjään, ja metsänparannustoiminta on ollut lamassa.

Maan metsissä on menneenä 10-vuotiskautena hyvinkin saattanut tapahtua paljon muutosta. Vallinneiden poikkeuksellisten olojen johdosta

ei ole ensinkään voitu noudattaa niitä suuntaviivoja, jotka II valtakunnan metsien arvioinnin perusteella esitettiin hakkuiden, metsien parantamisen ja metsänhoidon kehittämisen suhteen, pitäen tavoiteltavana päämääränä metsävarojen kartuttamista ja metsien tuoton kohottamista.

Tässä julkaisussa esitettävät tiedot Suomen metsistä ovat siis osaksi jo verraten vanhoja. Mutta uusia tietoja ei taas ole esitettävissä ennen kuin uusi, kolmas valtakunnan metsien arviointi toimeenpannaan. Arviointien väliajaksi näytään yleisesti hyväksyttävän enintään 15 vuotta. Kun II valtakunnan metsien arvioinnin valmistelu tapahtui 1935, ei mainitun ylärajankaan mukaan voitane III arvioinnin valmistelua ja aloittamista pitkälle lykätä. Ankarat hakkuut ja metsänhoidon laiminlyönti velvoittavat pikaisesti parannettavaan metsätalouteen, ja se voi perustua vain tuoreisiin tietoihin maan metsävaroista ja metsien tilasta. Siihen saakka, kunnes nämä uudet tiedot saadaan, on tyydyttävä tässä julkaisussa esitettävään kuvaukseen nyky-Suomen metsistä.

Esitystä täydennetään kartakkeilla, jotka kuvaavat metsien vaihtelua maan eri osissa, suurin piirtein luonnollisin rajoin hahmoiteltujen pienalueiden puitteissa. Nämä kartakkeet ovat pienennyksiä suurikokoisista kartoista, joihin alueet on piirretty arvioimislinjoilla esiintyneiden suhteiden pohjalla seuraavalla tavalla (vrt. kuvaa 11 siv. 52).

Linja-arvioimismenetelmää soveltaen suoritetussa arvioinnissa 13 km välein käydyt arvioimislinjat, joiden sijoittuminen nähdään kuvasta 1, on jaettu 10 km pituisiin osasiin, jotka on asetettu kartalle mahdollisimman tarkoin. Kullekin näin syntyneelle osaselle, joiden lukumäärä oli kaikkiaan n. 2 500, on laskettu metsämaan osuus osasen koko maalinjapituudesta, mänty-, kuusi- ja koivuvaltaisten metsien osuudet osasen metsämaan linjapituudesta, osaseen sisältyvien metsiköiden keskikuutiomäärä jne. Kukin osanen on kaistaleena väritetty sitä tummemmaksi, mitä suurempi siinä esim. metsämaan osuus on ollut. Sen jälkeen lähekkäiset likimäärin samanlaiset osaset on yhdistelty suurin piirtein vedettyjen rajojen sisälle. Näin syntyneille alueille on laskettu kaikkien siihen jääneiden osasten perusteella keskiarvo, ja tämän mukaan alue on saanut kartakkeessa tummuusasteensa.

Nyky-Suomen metsäala

Suomessa on tapana jakaa maapinta-ala metsätaloudelliselta kannalta tarkasteltaessa seuraaviin neljään pääryhmään:

I kasvullinen metsämaa, johon luetaan lehto- ja ns. kangasmaat sekä sellaiset suot, jotka nykytilassaan pystyvät kasvamaan tyydyttävää puustoa;

II huonokasvuinen metsämaa, johon viedään sellaiset suot, kiviperäiset ja kalliomaat sekä tunturi- ja hietikkomaat, jotka nykytilassaan voivat kasvaa vain kituliasta, yleensä pienikokoista puustoa;

III joutomaa, johon luetaan ainakin nykytilassaan metsänkasvuun kelpaamattomat puuttomat tai joitakin pieniä kituvia puita kasvavat suot, louhikot, kalliot, tunturit ja hietikot;

IV viljelys-, niitty-, tontti- ja tiealueet ynnä luonteeltaan varsinaisesta metsästä selvästi eroavat puistikot sekä voimanjohtolinjat, soranottopaikat yms.

Maapinta-alasta on asetelman 1 mukaan kasvullista metsämaata 17 085 000 ha ja huonokasvuista metsämaata 4 585 000 ha, siis kaikkiaan metsämaata 21 670 000 ha. Metsäsadannes, metsämaan osuus koko maa-alasta, on 71.1 %.

1. Maapinta-alan jakaantuminen pääryhmiin

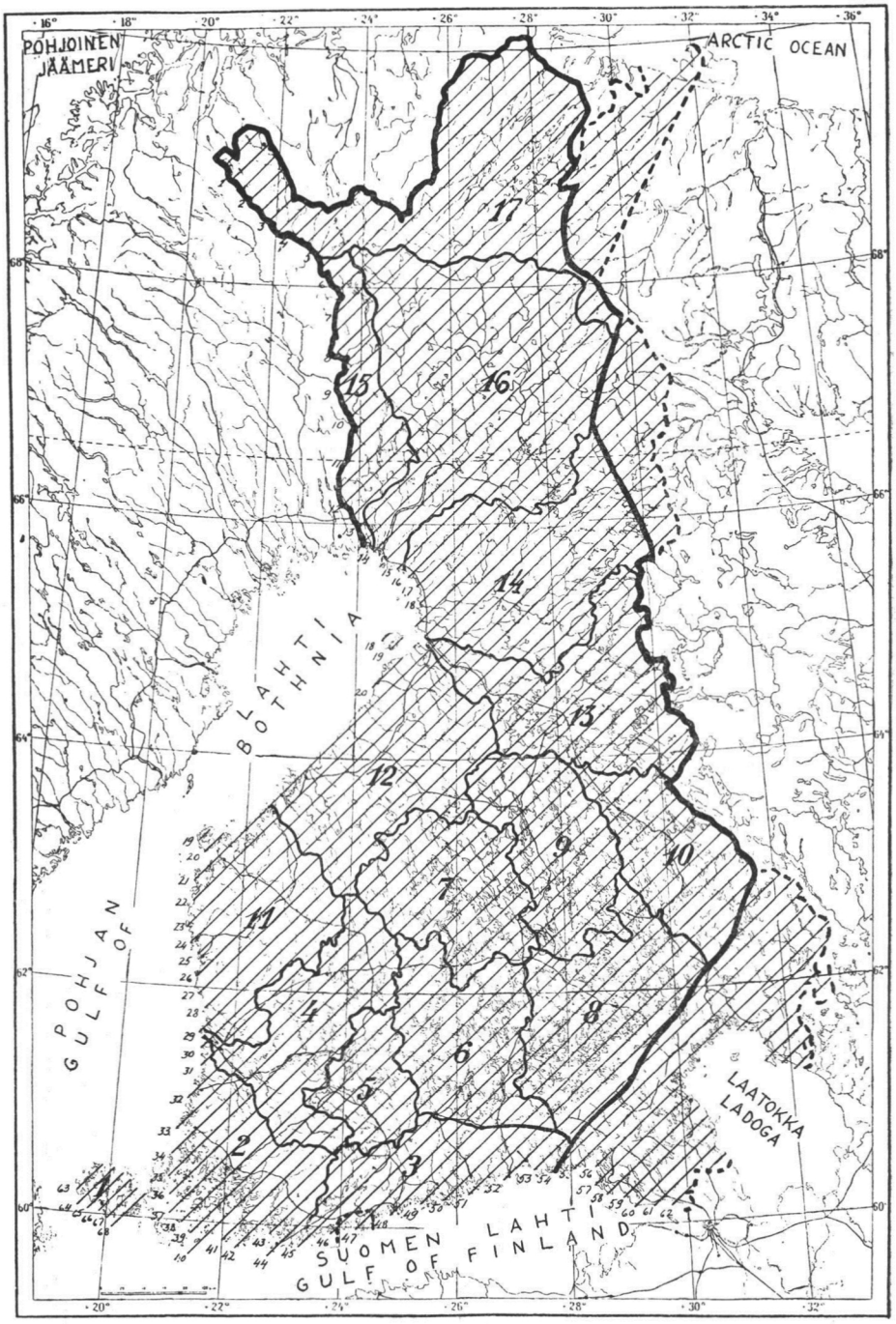
Pääryhmä	V. 1922	V. 1938	Nyky-Suomi	
Kasvullinen metsämaa ...	20 138 000 ha	19 580 000 ha	17 085 000 ha	56.1 %
Huonokasvuinen » ...	5 125 500 »	5 260 000 »	4 585 000 »	15.0 »
Metsämaa kaikkiaan	25 263 500 »	24 840 000 »	21 670 000 »	71.1 »
Joutomaa	5 032 700 »	5 700 000 »	5 004 000 »	16.4 »
Viljelys- yms. maa	4 063 700 »	4 310 000 »	3 826 000 »	12.5 »
Koko maapinta-ala	34 359 900 ha	34 850 000 ha	30 500 000 ha	100 %

Metsäala saatiin 1938 423 000 ha pienemmäksi kuin 1922, vaikka maapinta-alana käytettiin maanmittaushallituksen tällä välillä suorittaman uuden laskelman osoittamaa entistä suurempaa lukua. Tähän vaikutti osittain huonoimpien metsämaiden jättäminen joutomaiden ryhmään ja osittain metsämaan jatkuva raivaaminen viljelys-, tontti-, tie- yms. alueiksi. Sotaa seuranneen rauhanteon aiheuttamat alueluovutukset vähensivät metsäalan 3 180 000 hehtaarilla eli 12.8 %:lla. Koko maapinta-alan väheneminen oli 12.5 %.

I valtakunnan metsien arvioinnin mukaan, joka toimeenpantiin Suomessa 1921—24, Ruotsissa 1923—29 ja Norjassa 1919—1930, Suomen ja Ruotsin metsäalat olivat samaan käsitteeseen muunnettuina jotakuinkin tasan yhtä suuret n. 23 milj. ha. Norjan metsäala oli vain 7.3 milj. ha. Nyky-Suomen metsäala on n. 2.5 milj. ha pienempi kuin Ruotsin, mikäli siellä I arvioinnin tulos parhaillaan suoritettavassa II arvioinnissa pysyy entisellään.

Samalla perusteella verrattuna metsäsadannes on Suomessa 67, Ruotsissa 56 ja Norjassa 23 %. Suomi on siis suhteellisesti metsäisin pohjoismaista, samoin kuin se on kaikistakin Euroopan maista. Edelleen samalla tavalla verrattuna metsäala on keskimäärin asukasta kohden Suomessa 5.1 ha, Ruotsissa 3.6 ha ja Norjassa 2.5 ha. Muissa Euroopan maissa se on pienempi kuin Norjassa ja keskimäärin koko Euroopassa n. 0.5 ha.

Maan eri osien metsäisyyttä ja maapinta-alan eri pääryhmien keskinäistä suhdetta niissä kuvaa päävesistöalueittain laadittu taulukko 1. Päävesistöalueiden rajat nähdään kuvasta 1.

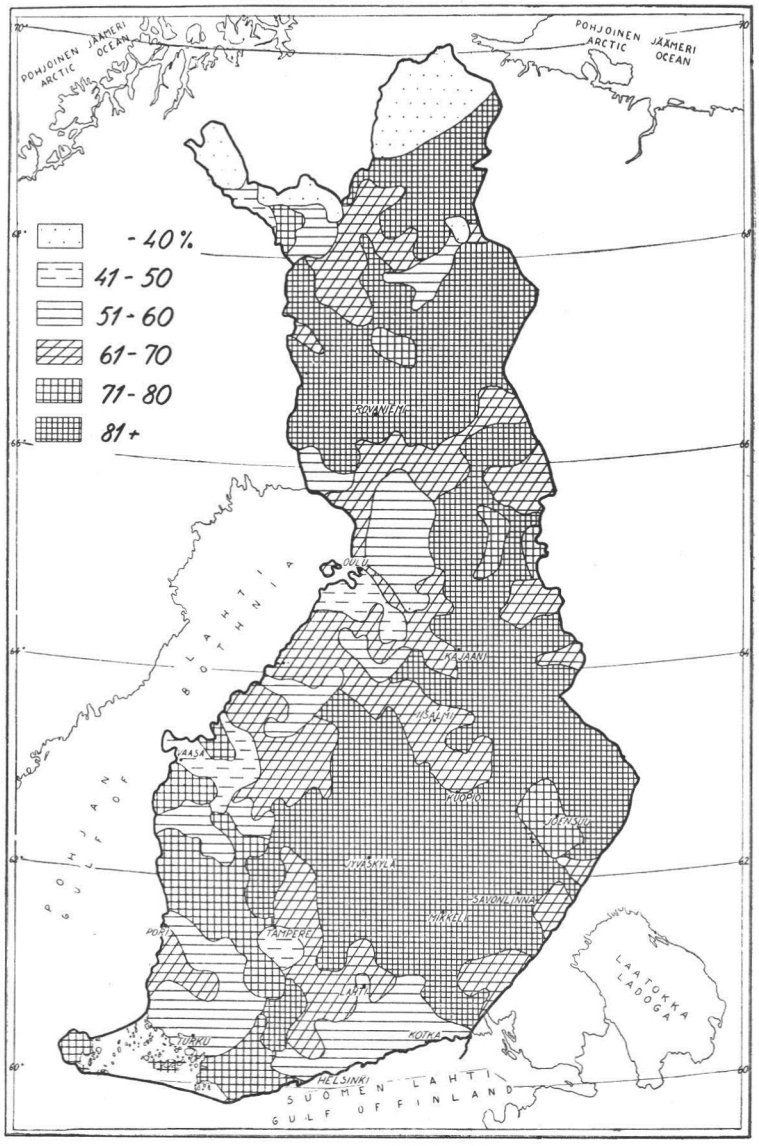


Kuva 1. Arvioimislinjat ja päävesistöalueet.

1. Ahvenanmaa, 2. Lounaisen rannikon, 3. Eteläisen rannikon, 4. Kokemäenjoen läntinen, 5. Kokemäenjoen itäinen, 6. Päijänteen eteläinen, 7. Päijänteen pohjoinen, 8. Saimaan eteläinen, 9. Saimaan pohjoinen, 10. Pielisen, 11. Pohjanmaan eteläinen, 12. Pohjanmaan pohjoinen, 13. Oulujoen, 14. Simo—Ii—Kiiminkijokien, 15. Tornio—Muoniojokien, 16. Kemijoen ja 17. Jäämeren vesistöalue.

Taulukko 1. *Maa-alan jakaantuminen pääryhmiin päävesistöalueittain*

Päävesistöalue	Maa-alan pääryhmä											
	Kasvullinen metsämaa		Huonokasvuinen metsämaa		Koko metsämaa		Joutomaa		Viljelys-, tontti-, tie- yms. alueet		Koko maapinta-ala	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Ahvenanmaa	71 000	*48.0*	41 000	*27.7*	112 000	*75.7*	8 000	*5.4*	28 000	*18.9*	148 000	*100*
Lounaisen rannikon	626 000	*47.1*	200 000	*15.1*	826 000	*62.2*	71 000	*5.3*	432 000	*32.5*	1 329 000	*100*
Eteläisen »	745 000	*54.7*	121 000	*8.9*	866 000	*63.6*	38 000	*2.8*	459 000	*33.6*	1 363 000	*100*
Kokemäenjoen läntinen	1 001 000	*60.6*	168 000	*10.2*	1 169 000	*70.8*	92 000	*5.6*	390 000	*23.6*	1 651 000	*100*
» itäinen	487 000	*65.3*	40 000	*5.3*	527 000	*70.6*	16 000	*2.2*	203 000	*27.2*	746 000	*100*
Päijänteen eteläinen	921 000	*72.4*	103 000	*8.1*	1 024 000	*80.5*	42 000	*3.3*	206 000	*16.2*	1 272 000	*100*
» pohjoinen	1 162 000	*70.4*	170 000	*10.3*	1 332 000	*80.7*	87 000	*5.3*	231 000	*14.0*	1 650 000	*100*
Saimaan eteläinen	1 323 000	*74.0*	132 000	*7.4*	1 455 000	*81.4*	43 000	*2.4*	291 000	*16.2*	1 789 000	*100*
» pohjoinen	1 024 000	*69.7*	147 000	*10.0*	1 171 000	*79.7*	88 000	*6.0*	209 000	*14.3*	1 468 000	*100*
Pielisen	971 000	*71.4*	185 000	*13.5*	1 156 000	*84.9*	124 000	*9.1*	83 000	*6.0*	1 363 000	*100*
Pohjanmaan eteläinen	957 000	*51.4*	227 000	*12.2*	1 184 000	*63.6*	211 000	*11.4*	466 000	*25.0*	1 861 000	*100*
» pohjoinen	1 150 000	*48.1*	402 000	*16.8*	1 552 000	*64.9*	414 000	*17.3*	425 000	*17.8*	2 391 000	*100*
Suomen eteläpuolisko	10 438 000	*61.3*	1 936 000	*11.4*	12 374 000	*72.7*	1 234 000	*7.2*	3 423 000	*20.1*	17 031 000	*100*
Oulujoen	1 120 000	*56.2*	308 000	*15.5*	1 428 000	*71.7*	363 000	*18.2*	200 000	*10.1*	1 991 000	*100*
Simo—Ii—Kiiminkijokien	1 482 000	*53.3*	460 000	*16.5*	1 942 000	*69.8*	747 000	*26.9*	93 000	*3.3*	2 782 000	*100*
Tornio—Muoniojokien	463 000	*57.8*	185 000	*23.1*	648 000	*80.9*	129 000	*16.1*	24 000	*3.0*	801 000	*100*
Kemijoen	2 482 000	*57.2*	787 000	*18.1*	3 269 000	*75.3*	993 000	*22.9*	80 000	*1.8*	4 342 000	*100*
Jäämeren	1 100 000	*31.0*	909 000	*25.6*	2 009 000	*56.6*	1 538 000	*43.3*	6 000	*0.1*	3 553 000	*100*
Suomen pohjoispuolisko	6 647 000	*49.4*	2 649 000	*19.6*	9 296 000	*69.0*	3 770 000	*28.0*	403 000	*3.0*	13 469 000	*100*
Nyky-Suomi	17 085 000	*56.1*	4 585 000	*15.0*	21 670 000	*71.1*	5 004 000	*16.4*	3 826 000	*12.5*	30 500 000	*100*



Kuva 2. Metsämaan osuus koko maapinta-alasta.

Metsämaan (kasvullisen ynnä huonokasvuisen) yleisyydestä maan eri osissa antaa edelleen yksityiskohtaisemman kuvan kartake 2. Siitä nähdään, että metsämaan osuus koko maa-alasta on yli 80 % pääosassa Keski- ja Itä-Suomea sekä edelleen suurimmassa osassa Kainuuta ja Perä-Pohjolaa ynnä vielä Taka-Lapissakin laajalla alueella Inarijärven ympäristössä.

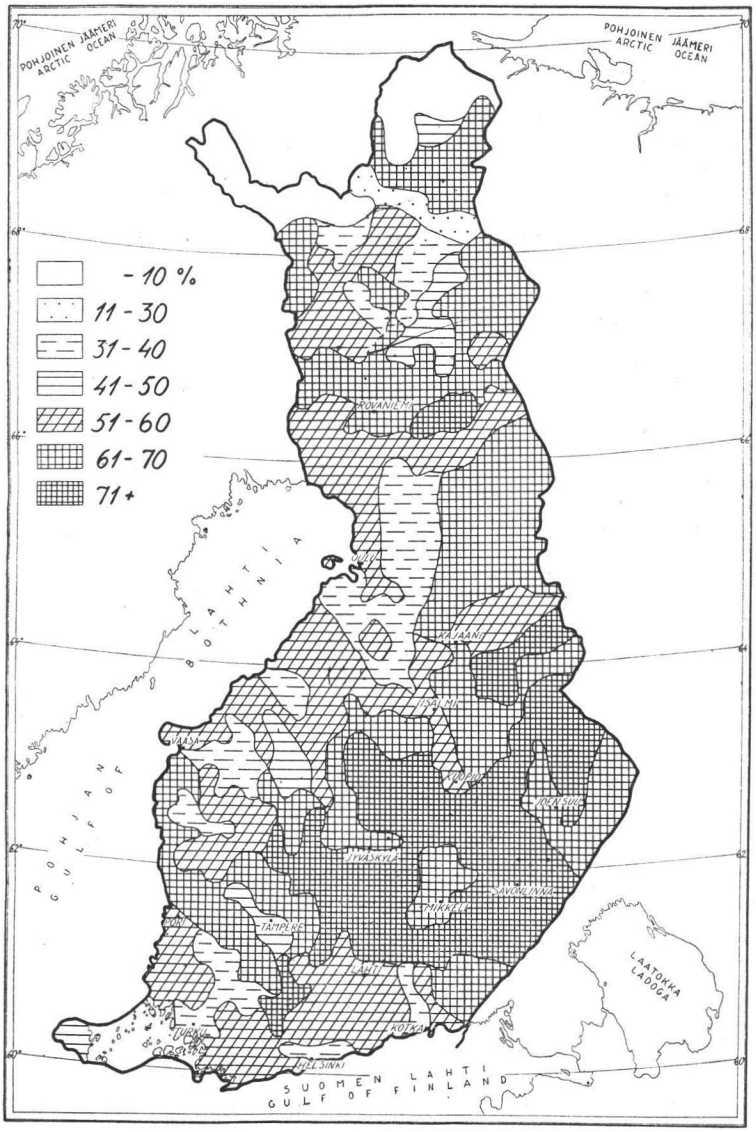
Maan eteläisimmässäkin osassa esiintyy näin metsäisiä seutuja Suomusjärven—Pusulan—Tammelan—Lopen—Rengon tienoissa ja Saimaan alueesta eteläänpäin pistävällä, Savitaipaleen—Luumäen—Miehikkälän vaiheilla leviävällä kaistalla.

Maan eteläpuoliskossa metsäsadannes on muuallakin yleisesti 70—80:n tai 60—80:n välillä. Pääosa Varsinais-Suomea ja Uuttamaata sekä laajahkot alat Pohjanmaata jäävät kuitenkin 50—60:n välillä liikkuvalle metsäsadannekselle. Edelliset voimakkaan viljelyksen ja Pohjanmaan seudut paikoitellen samoin viljelyksen mutta paikoin taas runsaiden aukeiden soiden vaikutuksesta. Näistä vielä jonkin verran vähempään metsämaan osuus supistuu pienellä hyvin viljellyllä seudulla Tampereen eteläpuolella sekä Karvian—Isojoen—Kauhajoen—Teuvan—Jurvan runsassoisella ja siitä jatkuvalla Kurikan—Ilmajoen—Ylistaron—Vähäkyrön —Vaasan runsaita viljelyksiä käsittävällä alueella.

Pohjoispuoliskossa metsämaa jää 50—60 %:n välille erityisen soisella Utajärven—Kiimingin—Pudasjärven—Ranuan seudulla. Vielä niukemmin metsämaata on Raahen—Oulun väliltä sisämaahan päin leviävällä runsassoisella alueella. Pohjoisimmassa Suomessa tunturit vaikuttavat soiden ohella metsämaata vähentävästi, ja pohjoisinna maa on metsärajan takaista tunturimaastoa.

K a s v u l l i s e n m e t s ä m a a n y l e i s y y t t ä kuvaava kartake 3 muistuttaa piirteiltään paljon koko metsämaan kartaketta 2. Pitemmälle pieniin sadanneksiin ulottuva asteikko saattaa kuitenkin suhteellisen vähämetsäiset alueet esiintymään kartakkeessa yhä vaaleampina. Siinä erottuvat tällaisina erityisen selvästi Kymenlaakson, Helsingin, Turun, Someron —Loimaan—Vampulan—Kokemäen, Tampereen eteläpuolen, Hämeenkyrön—Ikaalisten sekä edelleen Lapuan—Ilmajoen—Ylistaron—Vähäkyrön —Yli- ja Alahärmän viljelyskeskukset.

Vähämetsäisenä näkyy kartakkeessa edelleen Raahen—Oulun välillä syvälle sisämaahan ulottuva alue, rannikkopuolella viljelysmaiden ja etäämmällä runsaiden soiden vaikutuksesta. Suhteellisesti hyvin niukasti kasvullista metsämaata esiintyy Utajärven—Kiimingin—Pudasjärven— Ranuan soisella seudulla. Maan pohjoisimmissa osissa vähentävät myöskin suot mutta erityisesti tunturit, toisinaan suppeine ja toisinaan laajoine liepeineen, kasvullisen metsämaan esiintymisen pieneksi. Inarijärven seudussa on pohjoiseen sijaintiin katsoen yllättävän paljon kasvulliseksi, joskin karuimpiin metsätyyppeihin, luettavaa metsämaata. Mutta muualla pohjoisinna se supistuu miltei olemattomiin, joten koko metsämaan kartakkeen (2) mukaan siellä esiintyvä metsämaa on huonokasvuista suo- ja tunturimaastoa käsittävää metsämaata.



Kuva 3. Kasvullisen metsämaan osuus koko maapinta-alasta.

Metsän omistussuhteet

Metsän omistussuhteet selvitettiin viimeksi II valtakunnan metsien arvioinnin yhteydessä tehdyillä erikoistutkimuksilla. Tulokset pyrittiin silloin kohdistamaan v. 1938 alkuun. Kun näin saaduista eri omistaja-

ryhmien metsäpinta-aloista vähennettiin sodan jälkeisestä rauhanteosta aiheutuneet menetykset, saatiin asetelman 2 osoittama likimääräinen uusi jakaantuminen, joka siis kuvaa omistussuhdetta v. 1948 nyky-Suomen rajoissa. V. 1938 jälkeen siirtoväen ym. asuttamisesta johtuneiden muutosten perusteella on tehty summittainen v. 1948 alkuun kohdistuva arvio. Vertauksen vuoksi esitetään koko Suomelle v. 1938 saadut luvut.

2. Metsämaa omistajaryhmittäin

Yksityiset	Valtio	Yhtiöt	Kunnat	Seurakunnat	Yhteensä
11 810 000	7 600 000	1 720 000	330 000	210 000	21 670 000 ha
54.5	35.1	7.9	1.5	1.0	100 %
		v. 1948 alussa arviolta:			
7 300 000	(12 410 000	7 400 000	1 480 000	240 000	140 000 ha)
		v. 1938			
13 074 000	9 204 000	1 954 000	365 000	243 000	24 840 000 ha

Yksityisten metsänomistus, joka käsittää pääasiallisesti maatilametsiä, on huomattavasti lisääntynyt ja lisääntyy siirtoväen, rintamamiesten ym. asuttamisen johdosta edelleen kaikkien muiden omistajaryhmien kustannuksella.

Metsämaiden laatu

Metsämaiden laatua osoittaa suurin piirtein jo edellisestä nähty jakaantuminen kasvulliseen ja huonokasvuiseen metsämaahan. Mutta kumpikin ryhmä käsittää rajojensa sisällä hyvin erilaisia metsämaita, joiden laatua on tapana kuvata metsä- ja suotyyppien perusteella.

K a s v u l l i s e n m e t s ä m a a n jakaantuminen metsätyyppeihin tai tyyppiryhmiin nähdään asetelmasta 3. Siinä maan eteläpuolisko ja pohjoispuolisko — rajana likimäärin Oulujoen vesistöalueen eteläraja — esiintyvät omine lukusarjoineen, sillä metsätyypit, vieläpä useimmiten saman nimisetkin, ovat niissä huomattavan erilaiset. Koko maalle lasketttavalla keskimääräisellä lukusarjalla ei tästä syystä olisi sanottavaa merkitystä.

Suomen eteläpuoliskon tärkeimmät metsätyypit ovat mustikka-, puolukka- ja käenkaali-mustikkatyypit, jotka yhteisesti käsittävät 78.4 % kasvullisen metsämaan ja 94.1 % kasvullisen kovan metsämaan pinta-alasta. On kuitenkin huomattava, että samakin metsätyyppi saattaa tuntuvasti vaihdella kivisyyden, kosteuden ja kuvion topografisen luonteen yms. mukaan. Niinpä mustikkatyypistä on luettu kiviperäisiksi 9.8 %

3. Kasvullisen metsämaan jakaantuminen metsätyyppeihin

Metsätyyppi tai tyyppiryhmä	Suomen eteläpuolisko	Suomen pohjoispuolisko
Lehtomaa (Lh)	0.9 % [1]	0.2 % [2]
Lehtomainen maa (OMT + PyT)	13.7 » [3]	1.1 » [4]
Mustikkatyypin maa (MT)	41.4 »	12.8 »
Paksusammaltyypin maa (HMT)	0.0 » [5]	8.7 »
Puolukkatyypin maa (VT)	23.3 »	4.3 »
Variksenmarja-puolukkatyypin maa (EVT)	0.4 »	13.5 »
Variksenmarja-mustikkatyypin maa (EMT)	0.0 »	25.1 »
Kanervatyypin maa (CT)	3.4 »	3.2 »
Varpu-jäkälätyypin maa (ErClT)	0.0 »	14.9 »
Jäkälätyypin maa (ClT)	0.2 »	1.0 »
Kasvulliset korpimaat	10.4 »	8.8 »
Kasvulliset rämemaat	6.3 »	6.4 »
Yhteensä	100 %	100 %
	» 10 438 000 ha	6 647 000 ha

1) Tästä on käenkaali-oravanmarjatyyppiä ja siihen liittyviä verraten harvinaisesti esiintyviä lehtotyyppejä 77 % ja saniaistyyppiä 23 %.
2) Pääasiallisesti kurjenpolvi-metsäimarretyyppiä.
3) Tästä on käenkaali-mustikkatyyppiä 98 % ja talvikkityyppiä 2 %.
4) Pääasiallisesti kurjenpolvi-metsäimarre-mustikkatyyppiä.
5) Merkinnällä 0.0 tarkoitetaan, että metsätyyppiä esiintyy mutta ei ensimmäiseen desimaaliin ulottuvassa määrässä.

ja soistuviksi 7.9 %, jolloin maan tuottokyky kummassakin tapauksessa arvioidaan vähintään 25 % normaalia pienemmäksi. Puolukkatyypin osalta vastaavat luvut ovat 14.3 ja 7.3 %.

Suomen pohjoispuoliskossa kasvullisen metsämaan hajaantuminen metsätyyppeihin on suurempi kuin eteläpuoliskossa. Tarvitaan neljä yleisintä metsätyyppiä, jotta niiden osuus kasvullisesta metsämaasta yhteisesti kohoaa kahteen kolmannekseen. Metsätyyppien erot ovat kuitenkin kasvun suhteen pienemmät kuin eteläpuoliskossa.

Eri omistajaryhmien metsämailla metsätyypit esiintyvät huomattavan erilaisissa suhteissa. Suurin ero on havaittavissa valtion metsien ja muiden omistajaryhmien metsien välillä. Valtion metsämaat sijaitsevat pääasiallisesti maan pohjoisosassa ja muuallakin yleensä vedenjakajaseuduilla. Ne ovat tästä syystä keskimäärin paljon karumpia kuin kaikkien muiden omistajaryhmien metsämaat. Niistä voidaan ainoastaan 17 % lukea keskinkertaista paremmiksi ja samoin 17 % keskinkertaisiksi,

mutta 66 % keskinkertaista huonommiksi metsämaiksi. Puolukkatyypin kangasmaa ja siihen kasvun puolesta verrattavat maat on tällöin otettu keskinkertaisiksi. Esim. yksityismetsien osalta vastaavat luvut ovat 51, 26 ja 23 %.

Sodan jälkeisessä rauhanteossa menetetyt metsämaat olivat metsätyyppisuhteiltaan siinä määrin koko maan keskimäärän mukaisia, ettei metsätyyppien jakaantumisessa ennen ja jälkeen rauhanteon ole mainittavaa eroa.

Niin kuin asetelmasta 4 nähdään, huonokasvuiset metsämaat ovat pääosaltaan soita. Pohjois-Suomessa—Lapissa ja Perä-Pohjolassa — myös heikkoa puustoa kasvavat tunturimaat ovat kuitenkin huomattavan suurena ryhmänä. Samoin maan eteläpuoliskossa — etenkin lounais-eteläisellä rannikolla ja suurten sisäjärvien seuduissa — kallio- ja louhikkomaat ottavat tuntuvan osansa huonokasvuisista metsämaista.

4. Huonokasvuiset metsämaat ja joutomaat alaryhmittäin

Huonokasvuiset metsämaat				Joutomaat			
Kallio- ja louhikko-	Tunturi-maita	Korpi- ja räme-	Yhteensä	Avokallioita ja louhikoita	Avo- ja pensaikko-tuntureita	Soita	Yhteensä
Suomen eteläpuolisko							
23.4	—	76.6	100 %	5.6	—	94.4	100 %
Suomen pohjoispuolisko							
9.5	27.2	63.3	100 %	1.8	27.9	70.3	100 %
Koko maa							
15.4	15.7	68.9	100 %	2.7	21.1	76.2	100 %

Sen johdosta että joutomaat usein liitetään läheisesti metsämaahan esitetään asetelmassa 4 vielä niiden jakaantuminen alaryhmiin. Myöskin joutomaiden valtava pääosa on soita. Maan pohjoisimmissa osissa avo- ja pensaikkotunturit vievät kuitenkin tässä ryhmässä voiton soista, ja eteläpuoliskossa taas tavataan runsaasti avokallioita samoissa seuduissa kuin äsken mainittiin huonokasvuisten kalliomaiden yleisimmin esiintyvän.

Suot

Metsämaiden laadun tarkastelussa luettiin osa soista kasvullisiin metsämaihin, osa huonokasvuisiin metsämaihin ja osa joutomaihin. Vielä niistä osa kuuluu viljelys- yms. maiden pääryhmään esim. luonnon niittyinä sekä tonttialueisiin, voimanjohtolinjoihin yms. sisältyvinä.

Asetelmasta 5 nähdään, kuinka suuren osan suot käsittävät kolmen ensiksi mainitun pääryhmän alasta sekä koko maapinta-alasta. Suot on tässä käsitetty siinä mielessä kuin metsätaloudellisissa tarkasteluissa on

tapana, jolloin aivan ohutturpeisetkin vesiperäiset maat luetaan soihin. Monesti menetellään esim. juuri viimeksi mainittujen suhteen toisin. Tämä vaikeuttaa saatujen tulosten vertailuja sekä kotimaassa saatuihin muihin tuloksiin että ulkomaihin, joissa — jo läntisissä naapurimaissa Ruotsissa ja Norjassa — maiden ryhmittely tältä osalta on toisenlainen.

Nyky-Suomen maapinta-alasta on suota 33.1 % eli 10.1 milj. hehtaaria. Viljelys- yms. maiden ryhmästä on tällöin luettu soihin vain suopohjaiset luonnon niityt, mutta ei tonttimaihin yms. kuuluvia suopohjaisia maita eikä myöskään suomaalle raivattuja peltoja, koska niitä usein jo pitkään viljeltyinä on ainakin metsien linja-arvioinnissa vaikeata kovista maista erottaa. Suomen pohjoispuoliskossa soiden osuus on huomattavasti suurempi (41.2 %) kuin eteläpuoliskossa (27.3 %).

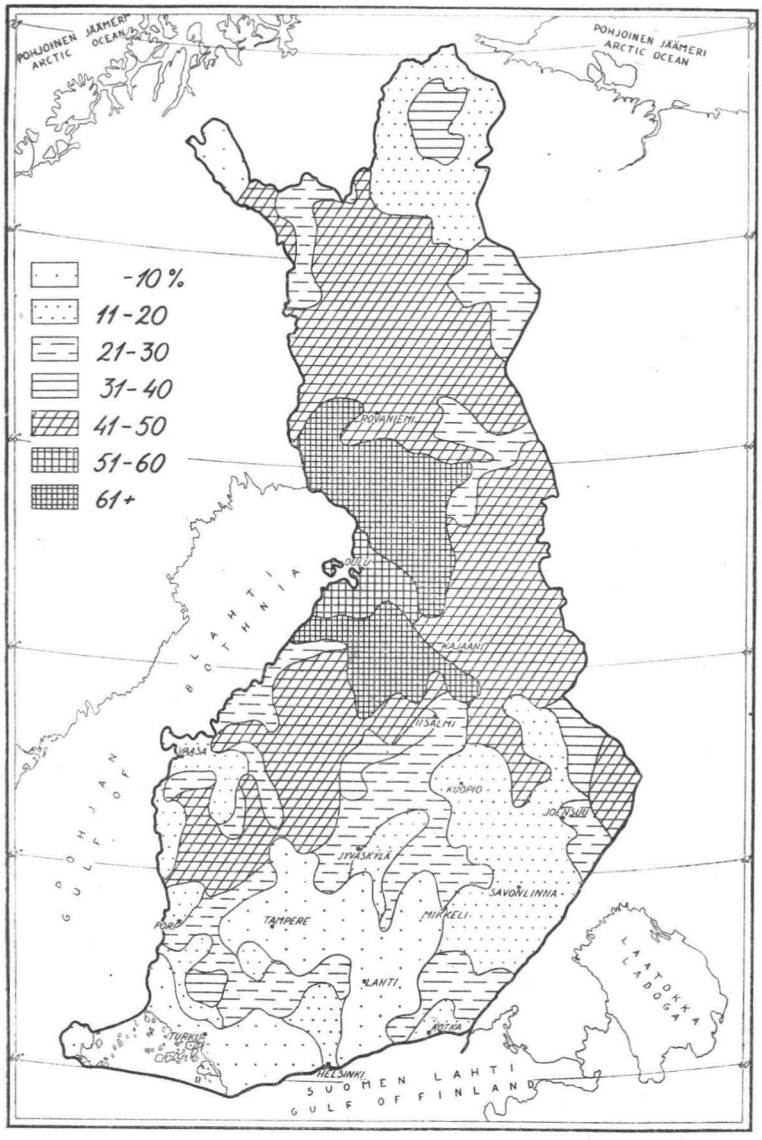
Maan metsäalasta suot käsittävät 27.3 % eli 5.9 milj. ha. Kun niistä kuitenkin nykytilassaan yli puolet on huonokasvuisia metsämaita, ovat kovat metsämaat metsätalouden aivan pääasiallisena pohjana. Mutta soiden erityinen merkityshän onkin siinä, että niistä ojittamalla voidaan saada sangen huomattava lisäys tuottoisiin metsämaihin. Metsäpinta-alan suuri väheneminen sodan jälkeen velvoittaa tähän työhön niin pian ja niin suuressa määrässä kuin taloudelliset olot suinkin sallivat.

Soiden laatu kuvataan meillä suotyyppien perusteella. Suotyyppejä erotetaan varsinkin soiden ojituskelpoisuuden arvostelemista varten hyvin suuri määrä. Muutamiksi pääryhmiksi yhdistettyinä ne ovat: korvet, rämeet, nevat ja letot sekä lisäksi omina ryhminään varsinaisista soista poikkeavat ojituksen ainakin jo osittain kuivattamat suot, ns. turvekankaat, ja suopohjaiset luonnon niityt.

Soiden suurin ryhmä on asetelman 5 mukaan rämeet. Lähinnä niitä ovat nevat, mutta maan eteläpuoliskossa erikseen kuitenkin korvet, jotka koko maan keskiarvona jäävät kolmannelle sijalle. Muut ryhmät ovat suhteellisen pienet, mutta pohjoispuoliskossa on kuitenkin myös letoilla merkittävä osa suoalasta.

5. Soiden jakaantuminen suotyyppiryhmiin

Korvet	Rämeet	Nevat	Letot	Turve-kankaat	Suoniityt	Yhteensä
Suomen eteläpuolisko						
26.6	49.8	14.7	0.0	3.6	5.3	100 %
Suomen pohjoispuolisko						
19.2	40.6	31.2	7.0	0.2	1.8	100 %
Koko maa						
22.4	44.7	24.0	3.9	1.7	3.3	100 %
2.3	4.5	2.4	0.4	0.2	0.3	10.1 milj. ha



Kuva 4. Soiden osuus koko maapinta-alasta.

Soiden osuus maa-alasta vaihtelee hyvin paljon Suomen eri osissa. Kartakkeesta 3 nähdään, että maan soisimmat seudut ovat Pohjanlahden perukasta — Torniojoesta Pyhäjoen tienoille saakka — syvälle sisämaahan leviävät alueet. Suot käsittävät siellä yleisesti yli 60 % maapinta-alasta, Oulun—Raahen puolessa kuitenkin runsaanlaisesta viljelyksestä johtuen jonkin verran vähemmän.

Laajoilla alueilla on edelleen n. puolet tai lähes puolet (40—50 %) maa-alasta soihin luettavaa. Näin on asianlaita miltei koko Pohjois-Suomessa, pääasiallisesti tunturiseutuja lukuun ottamatta, joissa soiden sadannes jää huomattavasti pienemmäksi. Vielä niinkin kaukana pohjoisessa kuin osassa Enontekiötä ja Inarijärven takana on joitakin suhteellisen soisia seutuja.

Pohjois-Suomesta jatkuu soisia haarakkeita maan eteläpuoliskoon. Laajin tällainen runsassoinen kaistale leviää pitkin Suomenselkää, toisaalla järvialueen reunamille ulottuvine liepeineen ja toisaalla Pohjanmaan rannikkopuolen viljelysseutuja kosketellen. Toinen lyhyt ja kapea haarake peittää Karjalanselkää Rautavaaran—Juuan—Polvijärven tienoille. Kolmas haarake valtaa itärajan varsia Pielisjärven itäpuolella ja Ilomantsissa.

Muualla maan eteläpuoliskossa suosadannes vaihtelee yleisesti 10—30:n välillä. Lounais-Suomessa on kuitenkin Pyhäjärven eteläpään ympäristössä soisempi seutu ja rannikkopuolella, Uudellemaalle jatkuen, taas vähäsoista aluetta. Tällainen vähäsoinen alue leviää edelleen Helsingin—Loviisan väliltä Lahden—Heinolan kautta toisaalla Mikkeliä kohti ja toisaalla Päijänteestä lähtevänä leveänä vyöhykkeenä Tampereen tienoille.

Metsien puulaji- ja ikäsuhteet pinta-alan mukaisina

Puulajisuhteet

Metsät ryhmitetään tässä puulajisuhteita käsiteltäessä vallitsevan puulajin mukaisesti, joka käsittää suurimman sadanneksen metsikön puuston kuutiomäärästä, mänty-, kuusi-, koivu-, haapa- ja leppävaltaisiin metsiin. Näiden lisäksi osa metsämaan alasta on paljaana hakkuun jälkeen tai muusta syystä. Muita puulajeja, kuten tammea, lehmusta, lehtikuusta jne., esiintyy vallitsevana puustona niin vähän, ettei niillä jo mainittujen rinnalla ole sanottavaa merkitystä. Metsiä muodostavien puulajien vähäisessä määrässä ei kuitenkaan ole valittamisen syytä, sillä pääpuulajimme ovat maailman markkinoilla yleisesti kysyttyjen puunjalosteiden mainioita raaka-aineita, ja puulajien vähälukuisuus yksinkertaistaa metsänhoitoa ja metsätaloutta yleensä.

Suomen metsien ylivoimainen pääpuulaji on mänty. Kuusi jää siitä huomattavasti jälkeen. Yhteisesti nämä havupuut käsittävät 81.0 % metsäalasta, joten havupuuvaltaisuus ja siinä näkyvimpänä mänty on metsiemme yleinen tunnus. Kuusen jälkeen on levinnein puulaji koivu, joka yhdessä niukasti esiintyvien haapa- ja leppävaltaisten metsien kanssa lehtipuuvaltaisina metsinä käsittää 18.1 % metsäalasta. Metsiemme merkitsevien puulajien vähäistä lukumäärää osoittaa se, että kolme pääpuulajia, mänty, kuusi ja koivu, ovat vallitsevina puulajeina 97.8 %:lla koko metsäalasta.

6. Puulajisuhteet vallitsevan puulajin ja pinta-alan mukaan ryhmitettyinä

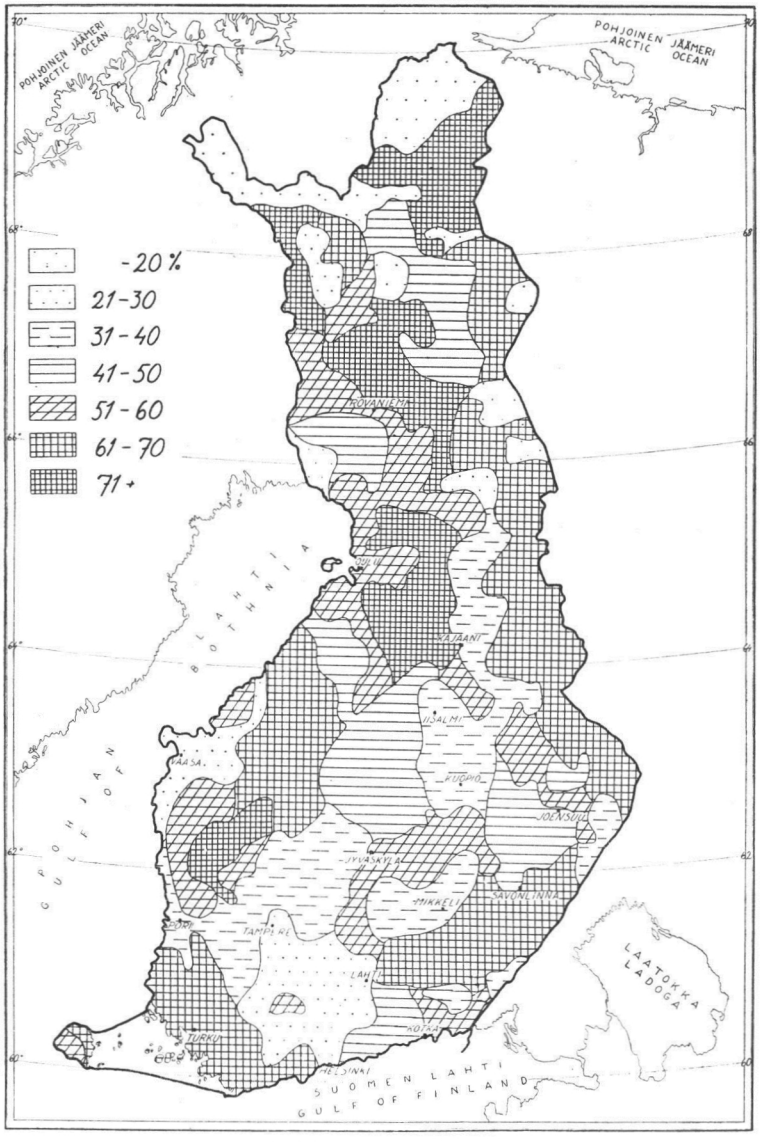
Mänty-	Kuusi-	Koivu-	Leppä-	Haapa-	Paljaita aloja	Yhteensä	
valtaisia metsiä							
Kasvulliset metsämaat						17 085 000	ha
49.0	33.2	15.2	1.5	0.2	0.9	100	%
Huonokasvuiset metsämaat						4 585 000	ha
67.9	8.3	22.4	0.1	0.0	1.3	100	%
Koko metsämaa						21 670 000	ha
53.0	28.0	16.8	1.2	0.1	0.9	100	%

Puulajisuhteet ovat kasvullisilla ja huonokasvuisilla metsämailla huomattavan erilaiset. Männyn ja koivun hallussa on näet huonokasvuisista metsämaista suurempi mutta kuusella taas pienempi osa kuin kasvullisista metsämaista. Tähän on syynä se, että yleisesti mäntyä kasvavat räme- ja kalliomaat sekä tunturimaiden koivualueet käsittävät suuren valtaosan huonokasvuisista metsämaista.

Pohjois-Suomen karuista metsämaista johtuu, että maan pohjoispuoliskon metsät ovat mäntyvaltaisempia kuin eteläpuoliskon metsät. Mutta sekä pohjois- että eteläpuoliskossa esiintyy seuduittain suurta vaihtelua, pääasiallisesti metsämaiden laadun mukaisesti. Tätä vaihtelua osoittavat kartakkeet 4—6, joissa kolmen pääpuulajin esiintymisvahvuutta pyritään kuvaamaan vallitsevimman puulajin perusteella.

Mänty- ja kuusivaltaisten metsien kartakkeet ovat piirteiltään hyvin selvästi vastakkaisia. Osittain on näin myös mänty- ja koivuvaltaisten metsien kartakkeiden suhteen. Mäntyvaltaiset metsät ovat erityisen vallitsevia siellä, missä metsämaat ovat yleisesti laadultaan keskinkertaisia tai karuja, kuusivaltaiset ja osaksi myös koivuvaltaiset taas parempia metsämaita käsittävillä alueilla. Koivun runsaita esiintymisseutuja ovat kuitenkin samalla myöhään kasketut tienoot ja tietenkin pohjoisimman Suomen tunturimaiden koivuvyöhyke.

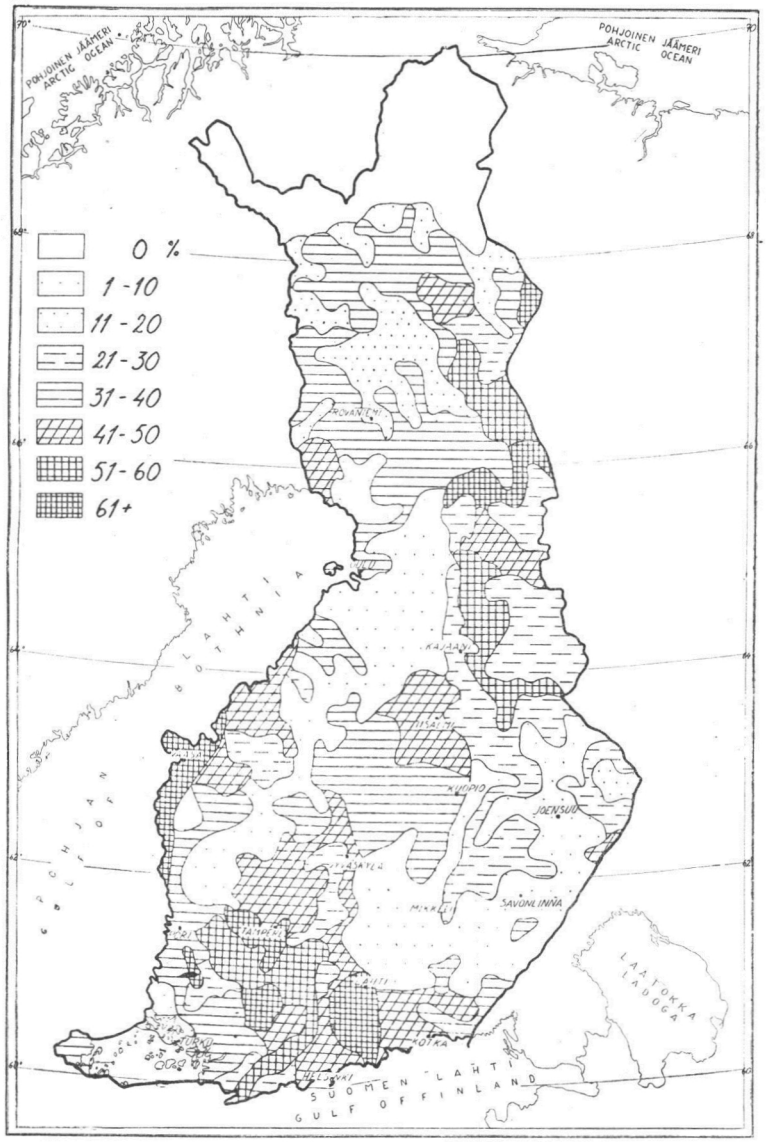
Mäntyvaltaisten metsien erityisen vahvoina esiintymisalueina nähdään kartakkeessa 4 ensiksi etelässä Lounais-Suomen vanhat viljelysseudut, joissa metsälle ovat jääneet pääasiallisesti verraten yleiset karunlaiset alat, pieni Lopen—Tammelan ylänköseutu, Saimaan ja lähimpien siihen liittyvien vesien ympäristöt hyvän matkaa länteen päin menevine jatkeineen sekä Päijänteen rannikot ja sen pohjoispäästä Varkauteen saakka ulottuva leveähkö kaistale. Lännessä havaitaan tällaisina vahvasti mäntyvaltaisina alueina edelleen Suomenselän tienoot ja Pohjanmaa — eteläistä ja etenkin keskistä rannikkopuolta lukuun ottamatta — miltei yhtämittaisena leveänä alueena Perä-Pohjolaan saakka, joka myös on pääosaltaan — siellä täällä suo- ja tunturiseutujen vähentämänä — vankasti



Kuva 5. Mäntyvaltaisten metsien osuus koko metsäalasta.

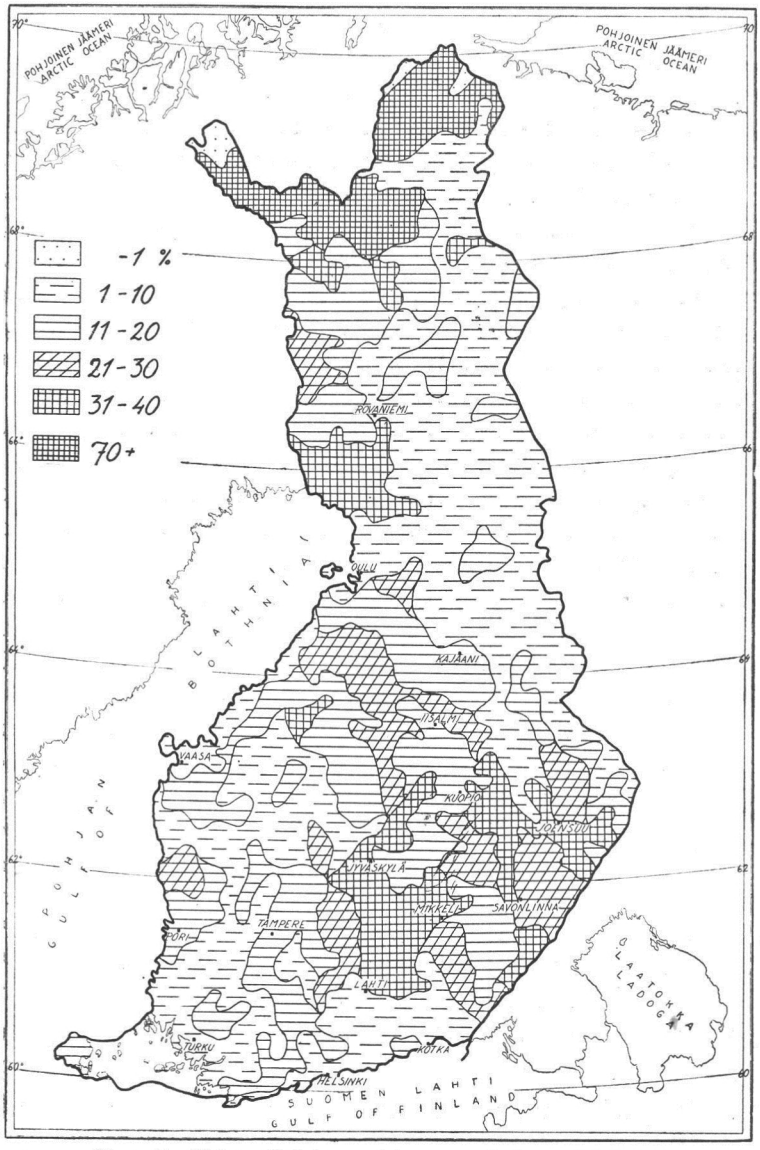
mäntyvaltaista, samoin kuin edelleen hyvin selvästi Inarijärven ympäristö. Täältä saakka lähtien myös itärajan varsi on — parissa kohden Sallassa ja Kuusamossa katketen — kauttaaltaan vahvasti mäntyvaltaisten metsien vyöttämää.

Kuusivaltaisten metsien esiintymisen osoittaa kartake 5 yleensä hyvin niukaksi juuri näissä suurin piirtein hahmoitelluissa männyn valta-alueissa.



Kuva 6. Kuusivaltaisten metsien osuus koko metsäalasta.

Vahvasti kuusivaltaisia ovat vuorostaan Uusimaa ja pääosa Hämettä ynnä niihin liittyvät osat Varsinais-Suomea ja Satakuntaa. Edelleen nähdään sellaisena eteläisen ja keskisen Pohjanmaan rannikkopuoli sekä Kuopion—Iisalmen tienoot. Pohjoisempana pistää silmään kuusivaltainen kapea kaistale Pohjois-Karjalan ja Kainuun rajoilla sekä tästä jatkuvana Sotkamon—Ristijärven—Puolangan—Suomussalmen—Taivalkosken



Kuva 7. Koivuvaltaisten metsien osuus koko metsäalasta.
(70 + %:n alue pohjoisessa on kokonaan tunturikoivua).

kautta Kuusamon ja Sallan itärajoille, missä kuitenkin varsinainen laaja kuusialue jäi sodan jälkeen uuden rajan taakse. Vielä siellä täällä Perä-Pohjolassa havaitaan pienehköjä kuusivaltaisia alueita.

Koivuvaltaisten metsien esiintyminen nähdään kartakkeesta 6 hyvin vahvaksi vain pohjoisessa koivuvyöhykkeessä, jossa metsä on heikkolaatuista tunturikoivikkoa. Muualla koivuvaltaisten metsien runsain

esiintyminen jää n. 30—40 %:n välille metsämaan alasta. Tällaisia seutuja ovat pääasiallisesti Päijänteen ympäristöt ja niistä Mikkelin seudulle saakka ulottuva laajahko alue sekä suurelta osaltaan Kuopion—Joensuun —Tuupovaaran—Kiteen—Savonlinnan seudut ynnä Tornio—Kemijokien alajuoksujen—Simo—Kuivajokien väliset alueet. Tavallista runsaammin koivuvaltaisia metsiä on myös Porin—Kristiinankaupungin väliltä sisämaahan päin leviävällä alueella, Suur-Saimaan itä- ja länsipuolella sekä Pohjois-Savosta ja Keski-Suomesta kapeina kaistaleina Pohjanmaalle ulottuvalla ja siellä laajenevalla alueella ynnä vielä pohjoisessa pienehköillä aloilla Turtolan—Kolarin sekä Kittilän ja Sodankylän seuduissa.

Suomen metsien puulajisuhteissa tapahtui merkittävää muutosta I valtakunnan metsien arvioinnin ajasta II arvioinnin aikaan kuluneena 15-vuotiskautena. Kuusivaltaiset metsät lisääntyivät 759 000 hehtaarilla mänty- ja leppävaltaisten sekä paljaiden alojen kustannuksella. Tämä oli erityisesti paperipuukysymyksen kiristymisen herättämän voimakkaan kuusen mainonnan ansiota. Siihen päästiin suosimalla kuusta hakkuissa, vapauttamalla kuusialikasvoksia ja suuresti lisäämällä kuusen viljelyä. Tulos osoittaa, että määrätietoisella metsänhoidolla voidaan lyhyessäkin ajassa paljon saavuttaa. Kun sodan jälkeisessä rauhanteossa menetetyt alueet olivat puulajisuhteiltaan koko maan keskimäärän mukaisia, ei puulajisuhteissa ennen sotaa ja sen jälkeen ole mainittavia eroja.

Puulajisuhteiden vastaisesta kehittymisestä ja kehittämisen tarpeesta ei ainakaan pitkälle voida sanoa. Jos pääpaino pannaan biologisiin edellytyksiin ja tuottokykyyn, niin kuusen lisääntymistä olisi — kuten asetelmasta 7 saatetaan päätellä — edelleen tapahtuva maan eteläpuoliskon parhailla metsämailla. Samoin olisi tällaisilla kasvupaikoilla ilmeisesti koivulla ja haavalla hyviä mahdollisuuksia. Karuilta mailta kuusen ja koivun tulisi yhä enemmän väistyä männyn hyväksi, erityisesti Pohjois-Suomessa, jossa mänty on oleva metsien yleisesti vallitseva puulaji. Eri puulajien jalostamisen mahdollisuudet ja hintasuhteet saattavat kuitenkin aiheuttaa poikkeuksia tällaisista yleisistä suunnista ja pyrkimyksistä.

7. Eri puulajien metsien jakaantuminen metsätyypeittäin

Maan osa	Mänty-	Kuusi-	Koivu-	Leppä-	Haapa-
	valtaista metsää, 1 000 ha				
Suomen eteläpuolisko					
Lehtomaa ja lehtomainen maa	245	605	493	147	9
Mustikkatyypin maa	1 308	2 020	803	99	18
Puolukkatyypin maa	2 062	284	108	—	2
Kanerva- ynnä jäkälätyypin maa ..	416	4	2	—	—
Kasvulliset korvet	88	644	349	4	2
Kasvulliset rämeet	504	43	71		

Maan osa	Mänty-	Kuusi-	Koivu-	Leppä-	Haapa-
	valtaista metsää, 1 000 ha				
Suomen pohjoispuolisko					
Lehtomaa ja lehtomainen maa	4	52	31	—	—
Mustikkatyypin maa	172	458	151	—	—
Paksusammaltyypin maa	—	524	59	—	—
Puolukka- ynnä variksenmarja-puolukkatyypin maa	816	239	86	—	—
Variksenmarja-mustikkatyypin maa .	1 122	343	244	—	—
Kanerva-, varpu-jäkälä- ynnä jäkälätyypin maa	1 238	25	67	—	—
Kasvulliset korvet	15	410	121	—	—
Kasvulliset rämeet	355	29	11	—	—

Ikäsuhteet

Metsien ikäsuhteilla on metsien tarkastelussa sekä biologiselta että myöskin taloudelliselta kannalta tärkeä merkitys. Varsinkin kun metsiä käsitellään metsätyypeittäin, on ikä huomattavassa määrässä puuston kehitysvaihetta kuvaava tekijä. Iän rinnalla on etenkin läntisissä naapurimaissa tässä mielessä käytetty ns. hakkuu- tai hoitoluokkaa, joka onkin kuvaukseen hyvä täydennys. Tässä rajoitutaan ikäsuhteiden esittelyyn, mutta täydennetään sitä likimääräisellä syntymävuosien luokituksella senkin johdosta, että arvioimisvuosista on jo kulunut pitkä aika.

8. Metsien likimääräiset syntymäajat ja ikäsuhteet (v. 1938)

Paljaita aloja	Syntymävuosiluokka, v. 1917—37	1897—1916	1877—96	1857—76	1837—56	1817—36	1777—1816	—1776
	Ikäluokka, v. (1938) —20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—160	161+
	Kasvullisen metsämaan pinta-alasta, %							
Suomen eteläpuolisko								
1.0	6.3	19.5	36.5	24.2	8.4	2.6	1.2	0.3
Suomen pohjoispuolisko								
0.5	2.6	3.8	7.0	15.8	17.0	13.0	19.9	20.4

Asetelmassa 8 esitetään metsien likimääräiset syntymäajat ja ikäsuhteet arvioimisaikaan kohdistuvina sekä erikseen maan pohjois- ja eteläpuoliskolle, koska metsien kehitys on edellisessä yleisesti paljon hitaampaa kuin jälkimmäisessä.

Eteläpuoliskossa ovat n. vuosina 1857—1916 syntyneet, siis arvioinnin suoritusaikana ikäluokkiin 21—40, 41—60 ja 61—80 v. kuuluneet metsät niin yleisiä, että ne yhteisesti käsittävät kasvullisen metsämaan pinta-alasta 80.2 %. Näistä metsistä on hyvin suuri osa syn-

tynyt entisille kaskialoille. Taimikkoikäluokan, 20 v. saakka, silmään pistävä niukkuus johtuu siitä, että vanhojen metsien hakkuu on ollut kovin suuressa määrässä varovaisen harsinta- ja poimintahakkauksen luonteista, jolloin taimikko ei saa riittävästi tilaa noustakseen.

Vanhojen, täysin hakkuukypsien metsien osalla on varsinkin yksityismailla suhteellisen pieni pinta-ala. Hakkuut kohdistuvat sen vuoksi usein liian suuressa määrässä nuorempiin metsiin ja muodostuvat monesti lyhyin väliajoin, jopa toisinaan vuodesta vuoteen toistuviksi ja usein vielä kovin voimakkaiksi harventelemisiksi. Onneksi hakkuukypsyyttä lähestyviä metsiä on melkoisen runsaasti. Tarttumalla näihin käsiksi uudistusta valmistelevin hakkauksin ja erityisesti harvoiksi ja aukkoisiksi käyneissä metsissä suorastaan rohkein uudistushakkauksin voidaan nuoria, kasvuisia metsiä säästää kyllin tiheinä ja tuottoisina.

Maan pohjoispuoliskossa metsien ikäsuhteet ovat aivan toisenlaiset kuin eteläpuoliskossa. Siellä ovat erityisesti vanhat ikäluokat niin paljon yleisempiä, että esim. ennen n. vuotta 1837 syntyneet, siis arvioinnin aikaan yli 100-vuotiset metsät käsittävät 53.3 % mutta eteläpuoliskossa vain 4.1 % kasvullisen metsämaan pinta-alasta. Vanhimpien ikäluokkien pinta-ala on kuitenkin suuresti vähentynyt viime aikana etenkin yli-ikäisten metsien laajentuneiden uudistushakkausten johdosta. Niinpä yli 160-vuotisten metsien osuus pinta-alasta pieneni I arvioinnista II:een lähes puolella.

Sodan jälkeen Karjalasta, Sallasta ja Petsamosta luovutetut alueet aiheuttivat vähäisen pienenemisen vanhojen metsien sadanneslukuihin. Eteläpuoliskossa pienenivät myös kahden nuorimman ikäluokan sadannesluvut Karjalan kannaksen suhteellisen runsaiden nuorimpien metsien johdosta, joten keskittyminen keski-ikäluokkiin kävi yhä vahvemmaksi.

Metsien kasvava puuvarasto

Metsien puuvarastoon on luettu vain elävä, kasvava puuvarasto. Kuivuneiden ja maahan kaatuneiden puiden kuutiomäärä on selvitetty erillisenä. Seuraavassa käytetään puuvaraston suuruutta ja rakennetta esiteltäessä mittana kuorellista kiintokuutiometriä ja sen merkkinä m^3.

1. Keskikuutiomäärä

Puuvaraston suuruus keskimäärin metsämaan hehtaaria kohden eli ns. keskikuutiomäärä on nyky-Suomen metsissä 63.2 m^3. Ennen sotaa saatu luku oli 62.8 sekä I:ssä valtakunnan metsien arvioinnissa saatu 64.3 m^3. Viimeksi mainittu oli kuitenkin laskettu silloin käytettävissä olleiden kuutioimistaulukoiden perusteella lehtipuiden osalta hieman liian suureksi;

myöhempiin lukuihin vertauskelpoisena se oli 63.1 m^3. Keskikuutiomäärä on siis pysynyt samana sekä I arvioinnista II:een että myös nyky-Suomelle laskettuna.

Keskikuutiomäärän suuruutta on omiaan valaisemaan vertailu Ruotsiin ja Norjaan. Muunnettaessa luvut keskenään vertauskelpoisiksi saatiin — kunkin maan I arvioinnin tulosten perusteella — seuraavat kuorettomat keskikuutiomäärät: Suomi 58.4, Ruotsi 59.1 ja Norja 41.1 m^3.

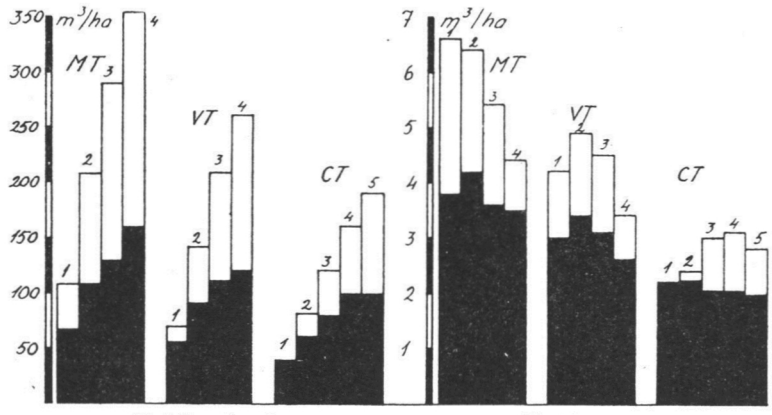
Kasvullisille metsämaille erikseen laskettuna keskikuutiomäärä on 75.2 m^3 ja huonokasvuisille metsämaille 17.7 m^3. Viimeksi mainittujen puusto on tavallisesti niin harvaa ja pienikokoista, että niiden kuutiomäärä jää kasvullisiin metsämaihin verrattuna varsin vaatimattomaksi. Kasvullisilla metsämailla keskikuutiomäärä on yleensä sitä korkeampi, mitä parempi metsätyyppi on. Poikkeuksia tästä luonnollisesta suhteesta esiintyy kuitenkin paljon, erityisesti siitä syystä että parhaiden metsätyyppien maista huomattava osa on heikkopuustoisina hakamaina.

Keskikuutiomäärä vaihtelee suuresti maan eri osissa, kuten taulukosta 2 päävesistöalueiden keskiluvuista nähdään. Yksityiskohtaisemmin tätä vaihtelua osoittaa kuva 9, johon on pyritty muodostelemaan keskikuutiomäärän suhteen suuripiirteisiä yhtenäisiä alueita. Vaihtelu aiheutuu metsämaiden laadun, puulaji- ja ikäsuhteiden, tiheyden ja metsien käsittelyn erilaisuudesta, mihin vielä maan pohjoisissa osissa tulee lisäksi metsän kasvulle epäedullisempi ilmasto.

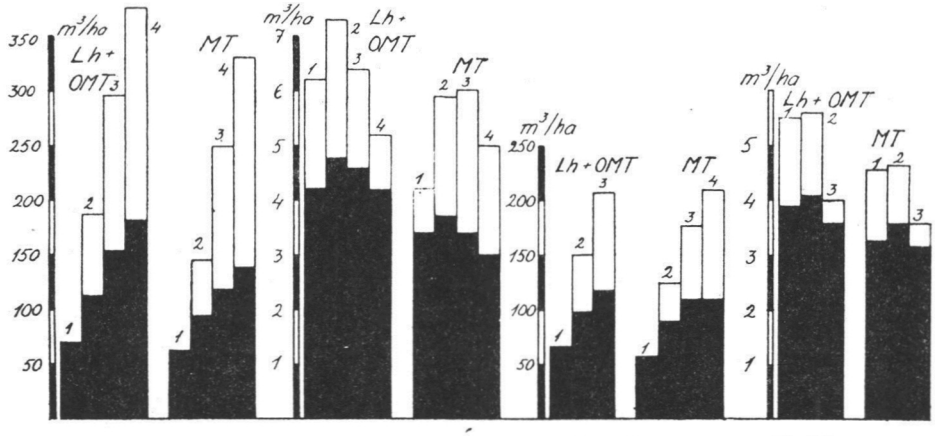
Kartakkeesta 9 nähdään, että kasvava puuvarasto on maan eteläpuoliskon metsissä yleisesti huomattavan paljon suurempi kuin pohjoispuoliskossa. Pohjanmaa liittyy kuitenkin tässä suhteessa pääosaltaan pohjoispuoliskoon.

Lähemmin kartaketta tarkasteltaessa siinä havaitaan melkoista kirjavuutta, mikä kuvastaa keskikuutiomäärän hyvin tuntuvaa vaihtelua seuduittain. Samanlaisellakin viivoituksella peitetyllä alueella esiintyy tietenkin vaihtelua, mutta alue on suurin piirtein samanlaista ja eroaa yleiskuvaltaan toisella tavalla peitetyistä lähialueista.

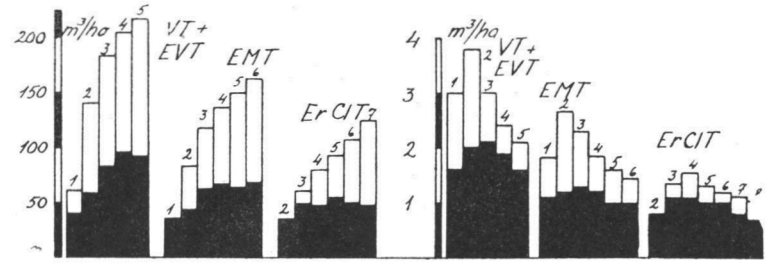
Korkeimpia keskikuutiomääriä (yli 90 m^3/ha) on laajalla alueella varsinkin pääosassa Hämettä ja siihen liittyvissä osissa Varsinais-Suomea ja eteläistä Satakuntaa. Edelleen tällaisia seutuja on Päijänteen pohjois-osan ympäristössä sekä itäisellä Uudellamaalla ynnä Pielisjärvellä ja vielä Valtimon—Kuhmon tienoilla. 81—90 m^3:n välillä vaihteleva keskikuutiomäärä on eteläpuoliskossa jonkin verran edellisiä tavallisempi. Sitäkin yleisempi on etenkin Itä-Suomessa, mutta paikoitellen myös muualla luokka 61—80 m^3. Pohjanmaalla on vain vähän tämän yläpuolelle kohoavia seutuja, mutta paljon enemmän sellaisia, joissa keskikuutiomäärä on vain 41—60 m^3 tai sellaisiakin, esim. Oulun eteläpuolella, joissa keskikuutiomäärä on ainoastaan 21—40 m^3.



Keskikuutiomäärä Keskikasvu
Suomen eteläpuoliskon mäntyvaltaiset metsät



Keskikuutiomäärä Keskikasvu Keskikuutiomäärä Keskikasvu
Kuusivaltaiset metsät Koivuvaltaiset metsät
Suomen eteläpuolisko



Keskikuutiomäärä Keskikasvu
Pohjois-Suomen mäntyvaltaiset metsät

Kuva 8. Nykymetsien (pylväiden musta osa) keskikuutiomäärä ja keskikasvu verrattuina vastaavaan kohtuullisesti arvioituun luonnon normaalien — täysitiheiden mutta hoitamattomien — metsien (koko pylväät) keskikuutiomäärään ja keskikasvuun.
Kuvassa esiintyvät metsätyyppien merkit MT, VT jne. saavat selityksensä asetelmasta 3 siv. 13. Pylväiden numerot tarkoittavat ikäluokkia seuraavasti: 1 = 21—40 v., 2 = 41—60 v., 3 = 61—80 v., 4 = 81—100 v., 5 = 101—120 v., 6 = 121—160 v., 7 = 161—200 v. ja 8 = yli 200 v.

Pohjois-Suomessa nähdään yleisimpänä keskikuutiomäärä 41—60 m³. Sitä korkeampia tavataan pääasiallisesti Kainuussa ja Rovaniemen tienoilla. Utajärveltä Ranualle ulottuva erityisen soinen seutu sekä jotkin pienehköt alueet Perä-Pohjolassa ynnä pääosa varsinaista Lappia jäävät luokkaan 21—40 m³. Inarijärven seutu tekee merkittävän poikkeuksen tästä ylöspäin ja pohjoisimmat metsät taas alaspäin.

Myöskin eri omistajaryhmien metsien välillä on keskikuutiomäärässä melkoista eroa. Samassa osassa maata ja samanlaisilla metsämailla keskikuutiomäärä on yleisesti suurin valtion metsissä. Tämä aiheutuu niiden runsaista vanhoista ikäluokista ja syrjäisillä seuduilla, joissa valtion metsät pääasiallisesti sijaitsevat, lisäksi suhteellisen hyvin säilyneistä puuvaroista. Valtion metsien jälkeen keskikuutiomäärä on yleensä suurin seurakuntien metsissä, joita myöskin on pyritty käsittelemään taloussuunnitelmien mukaisesti, ja sitten yhtiöiden metsissä sekä pienin kuntien ja yksityisten metsissä.

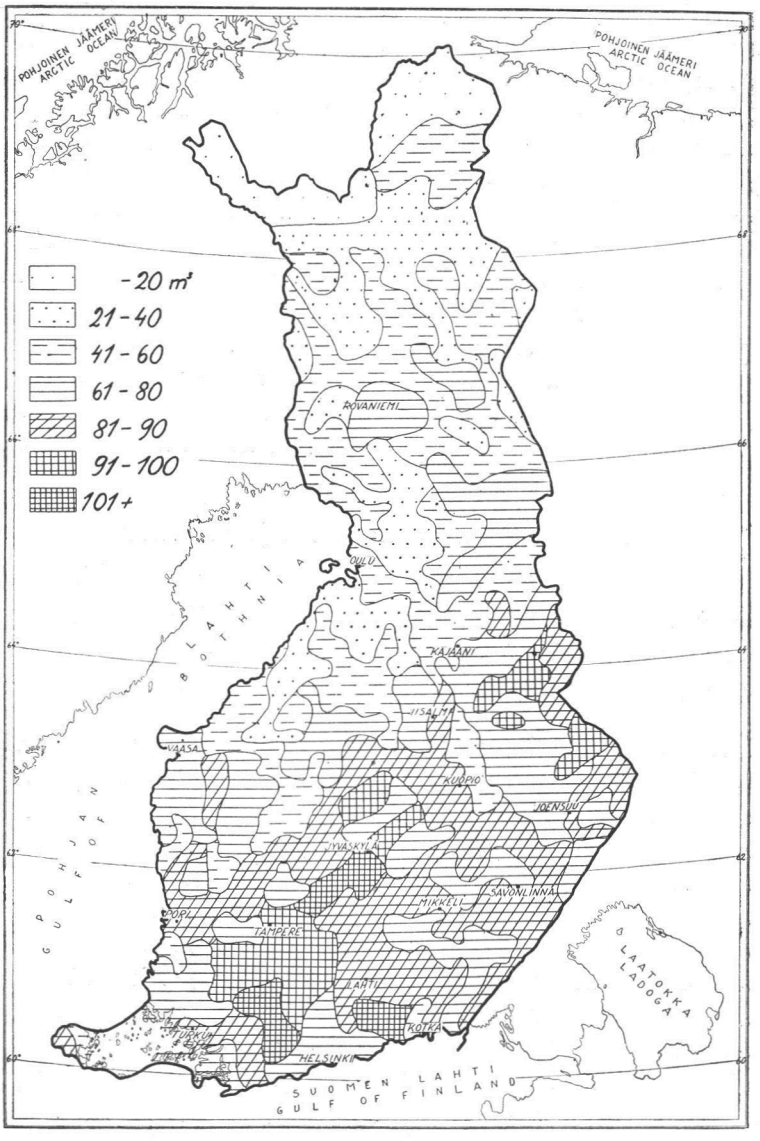
9. Keskikuutiomäärä omistajaryhmittäin

	Yksityiset	Valtio	Yhtiöt	Kunnat	Seurakunnat
	Keskikuutiomäärä, m³/ha kuorineen				
Koko maa	64.3	56.7	79.8	79.3	90.7
Suomen eteläpuolisko	69.5	94.1	82.1	—	—
» pohjois »	45.0	47.2	59.7	—	—

Tällainen omistajaryhmien välinen suhde häviää kuitenkin tarkasteltaessa koko maan keskiarvoja, kuten asetelmasta 9 nähdään. Valtion metsien pääosa on näet maan pohjoisosissa, missä keskikuutiomäärä karujen luonnonsuhteiden takia on paljon pienempi kuin etelämpänä. Yksityismetsien keskikuutiomäärään vaikuttaa alentavasti ennen muuta suurialaisten hakamaiden heikko puusto. I arvioinnista II:een yksityismetsissä oli havaittavissa keskikuutiomäärän pieni kohoaminen.

Vaikka keskikuutiomäärä Suomen metsissä on jotakuinkin sama kuin Ruotsissa ja huomattavasti suurempi kuin Norjassa, niin kuitenkin on sanottava, että se on pieni. Tätä osoittaa havainnollisesti kuva 8, jossa nykymetsien keskikuutiomäärää verrataan puulajeittain, metsätyypeittäin ja ikäluokittain vastaaviin kohtuullisesti arvioituihin luonnon normaalien — täysitiheiden mutta hoitamattomien — metsiköiden keskikuutiomääriin. Siitähän nähdään, että keskikuutiomäärä voisi olla paljon nykyistä suurempi, jos metsien puuston tiheys ja rakenne olisi nykyistä tyydyttävämpi.

Metsiin käydään jo varhaisella iällä käsiksi kovilla hakkuilla, ja, kuten jo aiemmin mainittiin, hakkuut palaavat voimakkaina samoihin metsiin verraten tihein väliajoin, taikka sitten samaa metsää harvennellaan miltei joka vuosi. Tästä on seurauksena, että esim. puolukkatyypin männikön keskikuutiomäärä koko maan eteläpuoliskon keskiarvona kohoaa 55 m³:stä



Kuva 9. Metsien kasvava puuvarasto keskimäärin metsähehtaaria kohden eli keskikuutiomäärä, m³/ha.

21—40 v. iällä vain 120 m³:iin 81—100 v. iällä, siis 2.2 kertaiseksi. Luonnon tilassa, siis hakkaamattomassa, täysitiheässä metsässä vastaava nousu on 70 m³:stä 262 m³:iin, siis 3.7 kertainen.

Suorittamalla uudistushakkaukset aikanaan riittävän nopeassa tahdissa ja uudistamalla erityisesti vajaatuottoiset metsät saataisiin käyttöpuuta

siinä määrin, että nuoret ja keski-ikäiset kasvuisat metsät voitaisiin säilyttää korkeampikuutioisina, mikä vaikuttaisi myös niiden kasvun määrää lisäävästi. Tässä suhteessa havaittiin I:stä arvioinnista II:een tuntuva parannus, keskikuutiomäärän kohoaminen nuorimman (21—40 v.) harvennusikäluokan metsissä esim. mustikka- ja puolukkatyyppien mailla n. 15 %:lla. Tätä vanhemmissa ikäluokissa keskikuutiomäärä sitä vastoin yhä pieneni, ja sodan ajasta lähtien toimitetut ankarat polttopuunhakkuut lienevät ainakin monissa seuduissa aiheuttaneet jatkuvaa pienenemistä. Metsiemme hakkuiden ja toisaalta metsien kehityksen erityisen heikko kohta on, kuten jo edellisestä ilmeni, juuri tässä uudistushakkausten välttelemisessä ja kasvuisien metsien liiallisessa harventelemisessa.

Taulukko 2. *Kuutiomäärä, tukkipuunrunkojen määrä ja vuotuinen kasvu keskimäärin hehtaaria kohden*

Päävesistöalue	Kuutiomäärä, kuorineen			Tukkipuunrunkojen lukumäärä		Tukkikuutiomäärä		Vuotuinen kasvu, kuoretta		
	Kasvullinen	Huonokasv.	Koko	Kasvullinen	Koko	Kasvullinen	Koko	Kasvullinen	Huonokasv.	Koko
	metsämaa m³/ha			metsämaa kpl/ha		metsämaa kj/ha		metsämaa m³/ha		
Ahvenanmaa	87.5	18.8	64.3	77.9	59.2	554	414	2.32	0.49	1.59
Lounaisen rannikon	89.7	24.9	74.1					3.41	0.80	2.79
Eteläisen »	89.0	28.1	80.5	77.9	68.6	579	503	3.51	0.83	3.13
Kokemäenjoen läntinen	91.7	22.3	81.8	77.4	68.6	540	476	3.21	0.75	2.85
» itäinen	103.6	29.7	98.2	81.3	76.3	633	592	4.00	0.90	3.77
Päijänteen eteläinen	90.6	28.6	84.3	73.4	68.6	499	464	3.71	0.90	3.43
» pohjoinen	91.6	22.1	82.8	59.0	54.9	382	355	3.03	0.63	2.72
Saimaan eteläinen	81.2	31.6	76.8	60.0	56.4	430	402	3.35	0.96	3.13
» pohjoinen	78.5	20.8	71.2	56.9	49.8	387	337	2.61	0.60	2.36
Pielisen	92.8	21.6	81.7	77.8	69.2	665	585	2.53	0.57	2.22
Pohjanmaan eteläinen	81.5	22.1	70.2	50.6	41.0	323	261	2.66	0.68	2.28
» pohjoinen	58.3	15.1	47.0	35.6	26.9	250	188	1.72	0.47	1.40
Suomen eteläpuolisko	84.5	22.2	75.0	64.0	55.7	458	396	2.98	0.68	2.62
Oulujoen	79.4	18.1	66.2	65.0	52.8	498	401	1.83	0.42	1.53
Simo—Ii—Kiiminkijokien	65.9	13.9	52.8	47.2	37.7	344	273	1.39	0.35	1.15
Tornio—Muoniojokien	53.7	15.1	42.8	43.0	29.3	327	221	0.89	0.31	0.73
Kemijoen	57.9	17.9	48.3	47.0	34.5	362	263	0.88	0.33	0.75
Jäämeren	46.0	10.6	30.0	46.8	30.7	340	234	0.74	0.26	0.51
Suomen pohjoispuolisko	60.8	14.6	47.7	50.2	36.8	379	277	1.13	0.32	0.90
Nyky-Suomi	75.2	17.7	63.2	59.0	47.6	429	345	2.26	0.47	1.88

2. Koko kasvava puuvarasto

Nyky-Suomen metsien koko kasvava puuvarasto on II arvioinnin tulosten perusteella laskettuna 1 370 milj. m³ kuorineen ja 1 149 milj. m³

kuoretta. Sodan edellisen koko Suomen ja rauhanteon jälkeisen nyky-Suomen ero on 190 milj. m³. Maa-alueiden luovuttaminen ei merkinnyt juuri tätä vähennystä, sillä metsien puusto heikkeni huomattavassa osassa näitä alueita sotatoimien johdosta. I:stä arvioinnista II:een metsien puuvarasto pieneni — samoilla perusteilla laskettuna — 28 milj. m³. Tämän voidaan sanoa johtuneen pääasiallisesti metsäalan jatkuvasta raivaamisesta viljelys-, tontti-, tie- yms. alueiksi.

Suomen metsien puuvarasto on varsinkin rauhanteon johdosta vähennyttyään jäänyt pienemmäksi kuin Ruotsin. Samanlaisilla perusteilla laskettuina, kuorettomina, vertauskelpoiset luvut ovat: nyky-Suomi 1 159 milj. m³, Ruotsi (I arvioinnin mukaan vv. 1923—29) 1 417 milj. m³ ja Norja (I arvioinnin mukaan vv. 1919—1930) 320 milj. m³. Ruotsissa menossa oleva II arviointi ei todennäköisesti osoita ainakaan entistä suurempaa puuvarastoa, mutta Norjassa sitä vastoin jommoinenkin suureneminen lienee odotettavissa.

Keskimäärin asukasta kohden laskettuna metsien puuvarasto on, samoin kuin metsäpinta-ala, suurin Suomessa. Se on näet nyky-Suomessa 305 m³, Ruotsissa 232 m³ ja Norjassa 113 m³, kahdessa viimeksi mainitussa jälleen I arvioinnin tuloksen mukaan.

Metsien puuvarasto jakaantuu eri p u u l a j i e n kesken huomattavasti toisin kuin aiemmin nähtiin pinta-alan jakaantumisesta vallitsevan puulajin mukaan. Männyllä on hallussaan karuja metsämaita suhteellisesti enemmän kuin muilla puulajeilla. Tästä johtuu, että männyllä on metsien puuvarastosta pienempi osa kuin metsäpinta-alasta, päinvastoin kuin muilla puulajeilla. Mänty käsittää kuitenkin puuvarastosta lähes puolet, 45.5 %. Kuusen osalla on jotakuinkin kolmannes, 32.2 %, koivulla 18.8 %, ja lopuksi haapa (1.9 %) ja leppä (1.6 %) ovat verraten pienenä täydennyksenä.

10. Metsien kasvava puuvarasto puulajeittain

	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa	Leppä	Yhteensä
				milj. m³ kuorineen		
V. 1922	777	481	290 (318)	21 (23)	19 (21)	1 588 (1 620)
» 1938	706	503	295	29	27	1 560
Nyky-Suomi	624	441	257	26	22	1 370

Sulkeissa mainitut alkuperäiset luvut on korjattu myöhempiin vertauskelpoisiksi.

Männyn osuus puuvarastosta pieneni I:stä arvioinnista II:een 48.0 %:sta 45.3 %:een ja kuusen suureni 29.6 %:sta 32.2 %:een. Muiden puulajien suhteen ei tapahtunut mainittavaa muutosta. Lepän puuvaraston suureneminen leppävaltaisten metsien vähenemisestä ja lepän ankarasta hakkuusta

huolimatta on selitettävissä siten, että lepiköt ovat olleet parhaassa kasvuiässä, eikä uusia lepiköitä liene paljoakaan syntynyt.

Taulukko 3. *Koko kasvava puuvarasto päävesistöalueittain (kuorineen)*

Päävesistöalue	Puulaji											
	Mänty		Kuusi		Koivu		Haapa		Leppä		Yhteensä	
	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%
Ahvenanmaa	3.3	*45.8*	3.0	*41.7*	0.7	*9.7*	0.0	*0.2*	0.2	*2.6*	7.2	*100*
Lounaisen rannikon	27.6	*45.5*	26.1	*43.0*	5.5	*9.1*	0.7	*1.1*	0.8	*1.3*	60.7	*100*
Eteläisen »	24.7	*35.5*	34.2	*49.2*	8.3	*11.9*	1.2	*1.7*	1.2	*1.7*	69.6	*100*
Kokemäenjoen läntinen	34.5	*36.1*	47.7	*49.9*	11.6	*12.1*	0.9	*1.0*	0.9	*0.9*	95.6	*100*
» itäinen	16.4	*31.7*	24.5	*47.3*	8.6	*16.6*	1.0	*1.9*	1.3	*2.5*	51.8	*100*
Päijänteen eteläinen	41.3	*47.8*	18.4	*21.3*	21.0	*24.3*	2.2	*2.5*	3.5	*4.1*	86.4	*100*
» pohjoinen	47.3	*42.9*	31.7	*28.7*	25.6	*23.2*	3.1	*2.8*	2.6	*2.4*	110.3	*100*
Saimaan eteläinen	56.5	*50.6*	20.1	*18.0*	27.3	*24.5*	2.8	*2.5*	4.9	*4.4*	111.6	*100*
» pohjoinen	26.6	*31.9*	30.8	*36.9*	20.5	*24.6*	2.6	*3.1*	2.9	*3.5*	83.4	*100*
Pielisen	46.1	*48.9*	27.5	*29.2*	17.3	*18.3*	2.0	*2.1*	1.4	*1.5*	94.3	*100*
Pohjanmaan eteläinen	37.5	*45.1*	29.1	*35.0*	13.9	*16.7*	1.8	*2.2*	0.8	*1.0*	83.1	*100*
» pohjoinen	37.3	*51.1*	17.7	*24.3*	14.7	*20.1*	2.4	*3.3*	0.9	*1.2*	73.0	*100*
Suomen eteläpuolisko	399.1	*43.1*	310.8	*33.5*	175.0	*18.9*	20.7	*2.2*	21.4	*2.3*	927.0	*100*
Oulujoen	46.0	*48.6*	33.1	*35.0*	14.0	*14.8*	1.4	*1.5*	0.1	*0.1*	94.6	*100*
Simo—Ii—Kiiminkijokien	43.5	*42.4*	37.6	*36.6*	19.4	*18.9*	1.9	*1.9*	0.2	*0.2*	102.6	*100*
Tornio—Muoniojokien	16.4	*59.0*	5.2	*18.7*	5.6	*20.2*	0.4	*1.4*	0.2	*0.7*	27.8	*100*
Kemijoen	72.9	*46.2*	51.6	*32.7*	32.0	*20.3*	1.3	*0.8*	0.0	*0.0*	157.8	*100*
Jäämeren	45.6	*75.8*	2.9	*4.8*	11.4	*18.9*	0.3	*0.5*	0.0	*0.0*	60.2	*100*
Suomen pohjoispuolisko	224.4	*50.7*	130.4	*29.4*	82.4	*18.6*	5.3	*1.2*	0.5	*0.1*	443.0	*100*
Nyky-Suomi	623.5	*45.5*	441.2	*32.2*	257.4	*18.8*	26.0	*1.9*	21.9	*1.6*	1 370.0	*100*

Sen johdosta että metsänomistussuhteet aiemman maininnan mukaisesti ovat vuoden 1938 jälkeen erityisesti asutustoiminnan johdosta huomattavasti muuttuneet, ei vuoden 1938 omistussuhteilla metsien puuvarastonkaan suhteen ole enää likimainkaan täyttä merkitystään. Mutta kun uusia lukuja ei kuitenkaan toistaiseksi saada, esitetään asetelmassa 11 nyky-Suomen metsien puuvaraston jakaantuminen omistajaryhmittäin vuoden 1938 metsänomistussuhteiden mukaisena.

11. Puuvaraston jakaantuminen omistajaryhmittäin

Omistajaryhmä	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa	Leppä	Yhteensä
	milj. m³ kuorineen					
Yksityiset	326	250	152	15	19	762
Valtio	221	126	73	7	1	428
Yhtiöt	58	47	25	3	1	134
Kunnat ja seurakunnat	19	18	7	1	1	46

Luvut on likimääräisinä pyöristetty täysiksi miljooniksi.

Sodan jälkeisessä rauhanteossa luovutetut alueet merkitsivät suurinta metsien puuvaraston menetystä valtion osalla ja pienintä yksityismetsien osalla. Valtion metsien puuvarasto väheni näet 17.2 %, seurakuntien 13.6 %, yhtiöiden 13.5 %, kuntien 10.3 % ja yksityisten 8.9 %.

I arvioinnista lähtien valtion metsien puuvarasto on pienentynyt 29.0 %:lla. Tähän on mainitun sodan aiheuttaman menetyksen lisäksi vaikuttanut hyvin paljon valtion metsämaiden asuttaminen ja osaksi myös entistä enemmän suoritetut uudistushakkaukset valtion suhteellisen runsaissa vanhoissa metsissä. Sotaa seurannut laaja asutustoiminta on kiihdyttänyt valtion sekä samaten yhtiöiden, seurakuntien ja kuntien metsien puuvarastojen supistumista, v. 1948 alkuun mennessä jo yhteensä arviolta n. 50 milj. m^3. Siirtymistä tapahtuu yksityismetsien osalle, joissa vuorostaan keskimäärin pienimpiä keskikuutiomääriä käsittävä pienmetsänomistus vahvasti lisääntyy.

Puuvaraston jakaantuminen ikäluokkiin kuvaa suurin piirtein hakkuukypsän, uudistushakkauksin käsiteltävän puuston ja kasvuisan, harvennushakkauksin käsiteltävän puuston määriä. Suomen etelä- ja pohjoispuolisko erosivat arvioinnin tuloksissa tässäkin suhteessa jyrkästi toisistaan. Eteläpuoliskossa pääpaino on aivan selvästi harvennus- ja väljennyshakkauksia edellyttävien metsien kohdalla. Pohjoispuoliskossa taas myös vanhat, uudistushakkauksia kaipaavat metsät sisältävät hyvin huomattavan osan kasvavasta puuvarastosta.

12. Puuvaraston jakaantuminen ikäluokkiin kasvullisilla metsämailla (v. 1938)

	Ikäluokka, v.						
—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—160	161+
Suomen eteläpuolisko							
1.7	13.2	38.1	29.9	11.5	3.5	1.6	0.5 %
Suomen pohjoispuolisko							
0.7	1.9	5.3	16.4	18.8	14.1	21.0	21.8 %

Puuvaraston jakaantuminen vahvuusluokkiin kuvaa yhä lähemmin puuston rakennetta. Käytettäessä 20 cm:n läpimittaa rinnankorkeudelta kuoren päältä mitattuna pienen puuston ja järeän puuston vahvuusrajana saadaan tulokseksi, että koko maan metsien kasvavasta puuvarastosta on pientä puustoa 60.5 % ja järeätä puustoa 39.5 %. Maan etelä- ja pohjoispuolisko eroavat huomattavasti toisistaan. Eteläpuoliskossa näet pienen puuston osuus on 64.2 % ja järeän puuston 35.8 %, mutta pohjoispuoliskossa vastaavasti 52.7 % ja 47.3 %. Jälkimmäisen suurempaan järeään puustoon on selityksenä se, että Pohjois-Suomen metsien pääosa on verraten säilyneitä valtion metsiä, joissa hakkuu on monesti syrjäisen sijainnin takia ollut vähäisempää kuin muualla.

13. Koko puuvaraston jakaantuminen vahvuusluokkiin

	Vahvuusluokka rinnankork. (1.3 m), cm					
	—10	10.1—15	15.1—20	20.1—25	25.1—30	30+
	milj. m³ kuorineen					
Eteläpuolisko	141	213	242	190	91	50
Pohjoispuolisko	52	87	94	82	61	67
Nyky-Suomi	193	300	336	272	152	117

Pienen puuston ja järeän puuston keskinäinen suhde muuttui I arvioinnista II:een siten, että pienen puuston sadannesosuus koko puuvarastosta kohosi 56:sta 60:een ja järeän puuston osuus väheni vastaavasti 44:stä 40:een. Sodan jälkeiset maa-alueiden luovutukset muuttivat suhdetta edelleen siten, että nyky-Suomen luvut ovat arvioimistulosten mukaan, kuten jo aiemmin mainittiin: pientä puustoa 60.5 % ja järeätä puustoa 39.5 %. Valtion metsistä luovutetuilla alueilla järeätä puustoa oli huomattavan paljon, mutta vastapainoksi Karjalasta luovutetuissa yksityismetsissä ja pohjoisessa luovutukseen sisältyneillä huonokasvuisilla metsämailla pienen puuston osuus oli korkea. Samanlaista pienen puuston lisääntymistä järeän puuston kustannuksella on ollut havaittavissa Ruotsin II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa, mutta ei kuitenkaan siinä mitassa kuin Suomessa.

3. Tukkipuusto

Järeistä puista saadaan yleensä tukkeja saha-, vaneri- ym. teollisuuden raaka-aineeksi. Mutta osa järeistä puista on kuitenkin rungon huonon muodon tai jonkin vian takia tukeiksi kelpaamattomia. Tukkipuuston määrän kuvaamiseksi on tästä syystä suorastaan niihin kohdistuva selvitys tarpeen. Tällöin on luettu tukkipuiksi sellaiset rungot, joista saadaan ainakin yksi sahattavaksi tai vaneri- ym. teollisuuteen kelpaava tukki, edellinen kooltaan vähintään 18′ × 6″ ja jälkimmäinen vähintään 14′ × 7″.

Nyky-Suomen metsissä on sanotun vähimmän mitan täyttäviä ja sitä suurempia tukkipuita keskimäärin metsähehtaaria kohden 47.6 runkoa. Kasvullisilla metsämailla erikseen lukumäärä on 59.0. Tämän keskiluvun vaihtelu päävesistöalueittain nähdään taulukosta 2. Tukkipuunrungoista latvaläpimitan mukaan saatava ns. teknillinen tukkikuutiomäärä on keskimäärin metsähehtaaria kohden 345 kuutiojalkaa ja kasvullisen metsämaan hehtaaria kohden 429 kj. Tämänkin luvun vaihtelu päävesistöalueittain on esitetty taulukossa 2.

Nyky-Suomen metsien tukkipuunrunkojen lukumäärä kohoaa kaikkiaan 1 031 miljoonaan. Luku on 139 milj. pienempi kuin koko Suomessa ennen sotaa. Tukkipuunrunkojen lukumäärästä on 63.6 % eli 656 milj. runkoa mäntyjä, 30.1 % eli 310 milj. runkoa kuusia ja 6.3 % eli 65 milj. runkoa koivuja ynnä niihin yhdistettyjä, vähäisessä määrässä esiintyviä haapoja ja leppiä.

Tukkipuut ovat pääosaltaan verraten pienikokoisia, sillä lähes kaksi kolmannesta (62.7 %) niistä on rinnankorkeudelta 20—25 cm vahvuisia ja vielä runsas neljännes (26.3 %) 25.1—30 cm vahvuisia; luokka 30.1—35 cm käsittää 7.8 % ja yli 35 cm vahvuiset ainoastaan 3.2 %. Jatkuvasti tapahtuu tietenkin kasvun johdosta siirtymistä vahvuusluokasta toiseen, ja alin luokka saa yhtämittaisesti vahvistusta pienpuuston ylärajalta. Tällaisen siirtymisen nopeuden valaisemiseksi mainittakoon, että rinnankorkeudelta n. 20—30 cm vahvuisten puiden 10-vuotisen paksuuskasvun keskiarvoksi saatiin vuosiin 1927—1936 kohdistettujen kasvututkimusten perusteella: Suomen eteläpuoliskossa mänty 3.0 cm, kuusi 3.3—3.6 cm ja koivu 2.9 cm sekä pohjoispuoliskossa vastaavasti 1.5—1.7 cm, 1.3—1.4 cm ja 1.3 cm.

Taulukko 4. *Tukkipuunrunkojen määrä*

Päävesistöalue	Mäntyjä	Kuusia	Koivuja	Yhteensä					Rungon keskikuutio			
				Kaikkiaan	Rinnank. läpim., cm				Mänty	Kuusi	Koivu	Keskimäärin
					20.0—25.0	25.1—30.0	30.1—35.0	35.1 +				
	miljoonaa kpl.								kuutiojalkaa			
Lounaisen rannikon ynnä Ahvenanmaa	29.9	23.3	2.2	55.4	35.8	13.8	4.3	1.5	7.0	7.0	6.8	7.0
Eteläisen rannikon..	27.0	28.5	4.2	59.7	40.6	14.5	3.6	1.0	7.4	7.4	6.9	7.3
Kokemäenjoen länt.	36.8	39.9	3.5	80.2	56.6	18.5	4.0	1.1	6.9	7.0	6.9	6.9
» itäin.	18.1	18.4	3.7	40.2	27.0	10.2	2.2	0.8	7.8	7.9	7.0	7.8
Päijänteen eteläinen	47.7	12.9	9.6	70.2	50.1	16.7	2.5	0.9	6.8	6.8	6.5	6.8
» pohjoinen	47.9	17.7	7.5	73.1	54.2	15.3	2.8	0.8	6.7	6.3	5.8	6.5
Saimaan eteläinen ..	59.3	12.5	10.2	82.0	55.8	21.7	3.6	0.9	7.3	6.7	6.5	7.1
» pohjoinen .	31.7	20.7	5.9	58.3	39.6	14.2	3.3	1.2	6.6	7.1	6.3	6.8
Pielisen	53.4	20.6	5.9	79.9	48.6	21.1	7.3	2.9	8.8	8.2	6.5	8.5
Pohjanmaan etel. ...	25.7	19.6	3.3	48.6	37.0	9.9	1.5	0.2	6.1	6.7	6.2	6.3
» pohj. ..	29.5	9.6	2.7	41.8	27.8	10.1	2.8	1.1	7.0	6.9	6.7	7.0
Suomen eteläpuolisko	407.0	223.7	58.7	689.4	473.1	166.0	37.9	12.4	7.2	7.1	6.5	7.1
Oulujoen	53.6	20.1	1.7	75.4	44.3	21.6	6.8	2.7	7.8	7.2	5.9	7.6
Simo—Ii—Kiiminkijokien	43.1	27.1	2.9	73.1	39.4	21.1	8.9	3.7	7.4	7.0	6.6	7.2
Tornio—Muoniojokien	17.0	1.9	0.1	19.0	9.5	5.9	2.5	1.1	7.6	6.8	5.7	7.5
Kemijoen	76.4	34.9	1.3	112.6	53.2	36.8	14.7	7.9	8.0	6.9	5.5	7.6
Jäämeren	59.2	2.6	0.0	61.8	27.4	20.2	9.4	4.8	7.1	6.9	—	7.1
Suomen pohjoispuol.	249.3	86.6	6.0	341.9	173.8	105.6	42.3	20.2	7.6	7.0	6.1	7.4
Nyky-Suomi	656.3	310.3	64.7	1 031.3	646.9	271.6	80.2	32.6	7.4	7.1	6.4	7.2

Tukkipuiden määrää koskevien lukujen vaihtelu päävesistöalueittain nähdään taulukosta 4. Kertomalla tukkipuunrunkojen lukumäärät vastaavilla rungon keskikuutiota osoittavilla luvuilla on saatu näiden runkojen sisältämien tukkien kuutiojalkamäärät. Nämä kuutiomäärät ovat tukkien

latvaläpimitan mukaisia teknillisiä kuutiomääriä. Asetelmaan 14 on tästä tehty nyky-Suomea ja rauhanteosta aiheutunutta muutosta koskeva yhdistelmä.

14. Tukkien kokonaiskuutiomäärä

	Mänty-	Kuusi-	Koivu-	Yhteensä	6-	7—8-	9—10-	11+
	tukkeja		milj. kj		tuumaisia tukkeja milj. kj.			
Nyky-Suomi	4 853	2 201	417	7 471	2 136	3 289	1 414	632
V. 1938	5 582	2 544	473	8 599	2 393	3 746	1 652	808

Puuston vuotuinen kasvu

Tutkittaessa puiden ja puuston vuotuista kasvua kasvun tutkiminen perustetaan tavallisesti viiden tai kymmenen viime vuoden kasvuun ja oletetaan, että saatu tulos osoittaa kasvun suuruuden edelleen tutkimusvuotena ja jonkin aikaa sen jälkeenkin. Asianlaita ei kuitenkaan ole aina näin, sillä kasvu vaihtelee ilmastollisista syistä ja metsän käsittelyn johdosta sekä vuodesta toiseen että ajanjaksoittain. II:ssa valtakunnan metsien arvioinnissa kasvun tutkiminen tapahtui arviointia edeltäneen 10-vuotiskauden, pääosalta vuosien 1927—1936 kasvun pohjalla. Seuraavassa esitettävät tulokset perustuvat siis tämän ajan kasvuun, mutta lopuksi tarkastetaan, missä määrin saatu tulos näyttää kuvaavan kasvun keskimääräistä kulkua ja tehdään siitä johtuvat päätelmät. Kaikki kasvua koskevat luvut tarkoittavat kiintomittaa kuoretonta puuta.

1. Kasvusadannes

Käytännössä kasvun laskenta suoritetaan yleisimmin siten, että ensiksi selvitetään kasvusadannes, joka osoittaa vuotuisen kasvun suuruuden sadanneksina kuorettomasta kuutiomäärästä ja jonka perusteella siis saadaan kuutiokasvu kuorettomana.

Suomen metsien kuutiokasvusadannes on koko maan keskiarvona laskettuna 3.8 %. Maan eteläpuoliskossa (4.2 %) se on miltei kaksinkertainen pohjoispuoliskoon (2.3 %) verrattuna. Korkein (4.8—5.1 %) sadannesluku on sisä-Suomen järvialueen eteläosassa, missä metsät ovat keskimäärin nuorempia kuin muualla, ja alin (1.9 %) Taka-Lapissa, missä metsämaat ovat karuimmat ja metsät yleensä vanhoja.

Metsien pelkästään kuutiokasvullaan puustopääomalle tuottama korko on siis huomattavan korkea, vaikka otetaan näin kaiken laatuisten ja ja kaiken ikäisten metsien yhteinen keskiarvo. Määrän kasvun ohella metsän puilla on laadun kasvu niiden varttuessa vähitellen mitoiltaan yhä arvokkaammiksi rungoiksi. Tämä suurentaa edellisessä mainittuja sadanneksia tuntuvasti, joten metsän tuottama korko ei ole suinkaan väheksyttävä.

2. Keskikasvu

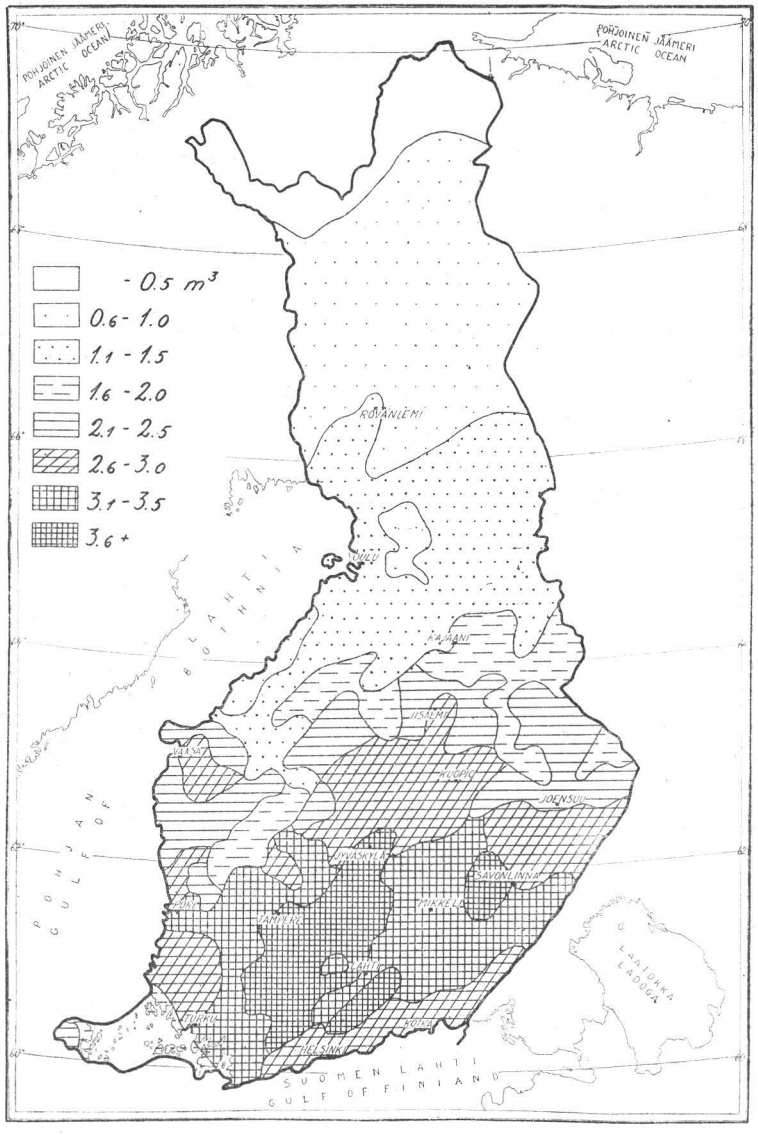
Puuston vuotuinen juokseva kuutiokasvu keskimäärin metsähehtaaria kohden, jota nimitetään keskikasvuksi, on koko maan keskiarvona 1.88 m^3. Ennen sotaa, koko Suomeen kohdistuneena, keskiarvo oli 1.84 m^3, ja I arvioinnissa saatu tulos oli sama, kun se alkuaan saadusta 1.77 m^3:stä korjattiin II arvioinnin tulokseen vertauskelpoiseksi. Muunnettuina saman käsitteisiksi Suomen, Ruotsin ja Norjan metsien keskikasvua osoittavat luvut, kaikki I arvioinnin tuloksina, olivat: 1.91 m^3, 1.99 m^3 ja 1.35 m^3.

Vaikka keskikasvu onkin Suomen metsissä jotakuinkin sama kuin Ruotsissa ja huomattavasti suurempi kuin Norjassa, niin se on — samoin kuin keskikuutiomäärä — melkoista pienempi kuin se hyvin voisi olla, jos metsien tila olisi nykyistä tyydyttävämpi ja kasvava puuvarasto sen mukaisesti nykyistä suurempi. Tätä osoittaa havainnollisesti kuva 8, jossa nykymetsien keskikasvua verrataan puulajeittain, metsätyypeittäin ja ikäluokittain vastaaviin kohtuullisesti arvioituihin luonnon normaalien — täysitiheiden mutta hoitamattomien — metsiköiden keskikasvuihin.

Keskikasvu on kasvullisilla metsämailla erikseen 2.26 m^3 ja huonokasvuisilla ainoastaan 0.47 m^3. Tämä osoittaa yhä selvemmin kuin pintaalojen ero kasvullisten metsämaiden ratkaisevan merkityksen metsiemme puun tuottajina. Keskikasvu on edelleen kasvullisilla metsämailla sitä korkeampi, mitä parempi metsämaa on. Esim. Suomen eteläpuoliskossa keskimäärin keskikasvu on yhtä desimaalia käyttäen ilmaistuna: lehtomaalla ynnä lehtomaisella maalla 4.0 m^3/ha, mustikkatyypin maalla 3.3, puolukkatyypin 2.6 ja kanervatyypin metsämaalla 1.9 m^3/ha. Erot eri metsätyyppien välillä ovat paljon pienemmät kuin tiheydeltään ja rakenteeltaan normaaleissa metsiköissä. Tämä johtuu, paitsi metsien yleisestä verraten epätyydyttävästä tilasta ja liian pienestä keskikuutiomäärästä, erityisesti siitä, että hyvien metsätyyppien maista melkoinen osa käsittää suhteellisen heikkokasvuisia hakamaametsiä (vrt. s. 47).

Keskikasvu vaihtelee maan eri osissa hyvin huomattavasti. Kuten taulukosta 2 nähdään, se on pienin, 0.51 m^3, Jäämeren vesistöalueessa ja suurin, 3.77 m^3, Kokemäenjoen itäisessä vesistöalueessa. Keskikasvun erilaisuuteen vaikuttavat useat tekijät, ennen kaikkea maantieteellinen sijainti, metsämaiden laatu, puulaji- ja ikäsuhteet sekä metsien käsittely.

Kuvassa 10 esitetty kartake osoittaa keskikasvun vaihtelua maan eri osissa yksityiskohtaisemmin kuin päävesistöalueiden keskiarvot. Maan eteläosa Porin—Jyväskylän—Savonlinnan seuduille saakka pohjoiseen erottuu suurin piirtein korkeimman, yli 3 m^3/ha, keskikasvun alueena. Rannikkopuoli jää yleisesti vähän tämän keskimäärän alle, mm. kasvuisimpien maiden viljelykseen oton ja rannikkoseudun kalliokkometsien vaikutuksesta. 2.5 m^3:n keskikasvun yläpuolelle kohoavat edelleen järvi-



Kuva 10. Metsien vuotuinen kasvu keskimäärin metsähehtaaria kohden eli keskikasvu, m³/ha.

alueen seudut Iisalmea—Joensuuta myöten sekä Vaasan tienoo. Näiltä vaiheilta ja Pohjanmaalla jo etelämpää alkaa 1.5—2.5 m³:n vyöhyke, joka lännessä jo keskiseltä Pohjanmaalta ja idempänä Suomenselän takaa vaihtuu 1.1—1.5 m³:n vyöhykkeeksi, Pohjanmaalla paikoin tämän allekin. Soiden lisääntyminen ja metsämaan käyminen karummaksi aiheuttaa

tämän. Kun metsissä lisäksi pohjoiseen päin vanhat, jo hidaskasvuiset ikäluokat tulevat yhä yleisemmiksi, laskee keskikasvu Rovaniemen vaiheilta lähtien edelleen 1 m³:n alapuolelle.

Edellisessä ilmenneistä syistä johtuen keskikasvu on erilainen eri omistajaryhmien metsissä. Muista poikkeavat enimmin valtion metsät, joiden pääosa käsittää Pohjois-Suomen karuja metsämaita ja muuallakin keskimäärää heikompia maita sekä yleisesti verraten runsaasti vanhaa, kasvussaan jo hidastunutta puustoa.

15. Keskikasvu omistajaryhmittäin, m³/ha kuoretta

	Yksityiset	Valtio	Yhtiöt	Kunnat	Seurakunnat	Keskimäärin
Eteläpuolisko	2.7	2.2	2.7			2.62
Pohjoispuolisko	1.0	0.8	1.4			0.90
Nyky-Suomi	2.3	1.1	2.5	2.7	2.7	1.88

3. Kokonaiskasvu

Suomen metsien vuotuinen kokonaiskasvu oli ennen sotaa 45.7 milj. m³. Tästä määrästä tuli rauhanteossa luovutettujen alueiden osalle 4.9 milj. m³, joten nyky-Suomen metsien vuotuiseksi kasvuksi näin laskettuna jää 40.8 milj. m³. Menetyksen sadannesmäärä, 10.8 %, oli vähän pienempi kuin metsäalan ja puuvaraston suhteen, syystä että kasvu oli Pohjois-Suomesta luovutetulla laajalla alueella pieni.

I valtakunnan metsien arviointi osoitti vuotuisen kokonaiskasvun suuruudeksi 44.4 milj. m³. Kun tähän tehtiin kasvun laskentatavan ja lehtipuiden kuutioimisen erilaisuudesta aiheutuva korjaus, saatiin myöhempiin tuloksiin vertauskelpoinen luku 45.3 milj. m³. Kasvun kokonaismäärässä ei siis tapahtunut muutosta arviointien välisenä 15-vuotiskautena. On näet huomattava, että pieni ero sisältyy kokonaan virhemahdollisuuden piiriin.

16. Puuston vuotuinen kokonaiskasvu puulajeittain

	Mänty	Kuusi	Koivu	Haapa	Leppä	Yhteensä
			milj. m³ kuoretta			
V. 1922	19.7	12.3	10.3	0.7	1.4	44.4
» » (korjattuna)	20.5	12.8	9.9	0.7	1.4	45.3
V. 1938	19.1	14.8	9.6	0.9	1.3	45.7
Nyky-Suomi	17.1	13.4	8.4	0.8	1.1	40.8

Suomen metsien vuotuinen kasvu oli ennen sotaa vain 4 % pienempi kuin Ruotsin metsille niiden I arvioinnissa saatu luku 47.6 milj. m³ ja lähes viisinkertainen Norjan metsille samaten I arvioinnissa saatuun lukuun, 9.9 milj. m³, verrattuna. Rauhanteon aiheuttamien menetysten

johdosta Suomi on jäänyt kaikkiaan 14 % Ruotsista jälkeen. Suhteellisesti otettuna Suomen metsien kokonaiskasvu on kuitenkin verraten suuri, sillä se on keskimäärin kutakin maan asukasta kohden laskettuna 10.7 m^3, mutta Ruotsissa taas 7.8 m^3 ja Norjassa 3.5 m^3; molemmissa viimeksi mainituissa I arvioinnin mukaan.

Vuotuisesta kasvusta on p u u l a j e j a erikseen tarkastellen mäntyä 41.9 %. Tämä on huomattavasti pienempi osa kuin puuvarastosta (45.5 %) ja metsäalasta (53.0 %), mikä johtuu siitä että mäntyvaltaiset metsät käsittävät keskimäärää karumpia metsämaita. Kuusen osalla on vuotuisesta kasvusta 32.8 %, mikä on jotensakin sama osuus kuin puuvarastosta (32.2 %) ja kuusen keskimäärää parempien metsämaiden ansiosta suurempi kuin metsäalasta (28.0 %). Keskimäärin suhteellisen hyvistä metsämaista ja runsaista nuorista ikäluokista johtuu, että myös kaikkien lehtipuiden osuus on kasvusta huomattavasti suurempi kuin puuvarastosta ja metsäalasta.

Aiemmin jo mainittiin, ettei I arvioinnista II:een kuluneena n. 15-vuotiskautena tapahtunut selvää muutosta vuotuisen kasvun kokonaismäärässä. Mutta männyn ja kuusen kasvuissa erikseen tarkastellen havaittiin huomattavaa muutosta. Kun eri arviointien tulokset tehtiin keskenään vertauskelpoisiksi, väheni männyn kasvu 1.4 milj. m^3 eli 6.8 %, mutta kuusen kasvu taas suureni 2.0 milj. m^3 eli 15.6 %. Nämä erot voitiin kylläkin selittää suurin piirtein mäntyvaltaisten metsien pinta-alan vähenemisestä ja kuusivaltaisten lisääntymisestä johtuviksi. Mutta ilmaston vaihteluista johtuvia vuotuisia ja ajoittaisia k a s v u n v a i h t e l u i t a koskeva erikoistutkimus toi asiaan uutta valaistusta, joka ansaitsee tässä lyhyen kertauksen arvioinnin pääjulkaisun esityksestä.

Kuten aiemmin mainittiin kasvun tutkiminen perustetaan tavallisesti 10 tai 5 viime vuoden kasvuun ja oletetaan, että näin saatu tulos pitää paikkansa edelleen tutkimusvuotena ja jonkin aikaa sen jälkeenkin. Kun kasvun kulku suuren alueen keskimääränä on ainakin säännöllistä metsätaloutta harjoitettaessa luonnostaan melkoisen tasaista, olisikin tämä ajatus yleensä pidettävä oikeana, elleivät ilmaston vaihtelut ja jotkin ihmisenkin suorittamat erikoiset toimenpiteet, kuten laajat vanhojen metsien hakkuut ja soiden ojitukset, aiheuttaisi muutoksia.

Kasvun vaihteluita selvittelevä tutkimus osoitti, että I arvioinnin kasvuntutkimusten perusteena ollut 10-vuotiskausi 1913—22 oli männyn paksuuskasvun suhteen keskimääränä otettuna n. 8 % korkeamman kasvun aikaa, kuin kasvun keskimääräisen kulun mukainen taso olisi edellyttänyt. II arvioinnin kasvuntutkimuskausi 1927—36 oli taas parhaassa tapauksessa kasvun normaalitason aikaa tai vähän sen alapuolella. Nämä eri suuntiin käyvät poikkeukset peittävät hyvin aiemmin mainitun 6.8 % suuruisen männyn kasvun vähenemisen I arvioinnista II:een.

Ellei sanotunlaista kasvun vaihtelua keskitasosta olisi esiintynyt, männyn kasvu olisi todennäköisesti pysynyt II arvioinnissa suunnilleen samana, kuin se oli I:ssä. Näin olisi ollut siitä huolimatta, että mäntyvaltaisten metsien hallussa oleva pinta-ala väheni tänä aikana lähes 10 %. Tätä ei voitane muuten selittää, kuin että II arvioinnissa havaittu huomattava metsänhoidon paraneminen yhdessä nuorten mäntyikäluokkien joltisenkin vahvistumisen kanssa vaikutti kohottavasti männyn kasvuun.

Kuusen kasvun suureneminen I arvioinnista II:een 2.0 milj. m³ on merkittävä tulos. Kasvun vaihtelun tarkastelu osoitti kuusen kasvuntutkimusvuosien 1913—22 ja 1927—36 olleen, päinvastoin kuin männyn, eri arvioinneissa pääosalta kasvun keskimääräisen tason aikaa, Pohjois-Suomessa II arvioinnissa kuitenkin jonkin verran alle keskitason. Tämän perusteella voidaan pitää varmana, ettei II arvioinnissa havaittu 15.6 % lisäys kuusen kasvussa johdu kasvun vaihtelusta, vaan kuusen hyväksi tehdystä toiminnasta.

On muistettava, kuten jo aiemmin mainittiin, mitenkä 1930 vaiheilla monella taholla kriitilliseksi väitetty kuusiraakapuukysymys sai aikaan voimakkaan kuusen mainonnan. Kuusen pinta-ala lisääntyi, metsänhoito

Taulukko 5. *Puuston kokonaiskasvu päävesistöalueittain (kuoretta)*

Päävesistöalue	Puulaji										Yhteensä	
	Mänty		Kuusi		Koivu		Haapa		Leppä			
	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%	milj. m³	%
Ahvenanmaa	0.07	*40.0*	0.08	*44.0*	0.02	*12.0*	0.00	*0.0*	0.01	*4.0*	0.18	*100*
Lounaisen rannikon	0.99	*43.1*	1.01	*43.9*	0.24	*10.4*	0.03	*1.3*	0.03	*1.3*	2.30	*100*
Eteläisen »	0.84	*31.0*	1.41	*52.0*	0.34	*12.5*	0.05	*1.9*	0.07	*2.6*	2.71	*100*
Kokemäenjoen länt.	1.09	*32.6*	1.73	*52.1*	0.44	*13.2*	0.03	*0.9*	0.04	*1.2*	3.33	*100*
» itäin.	0.57	*28.5*	0.99	*49.8*	0.32	*16.4*	0.04	*1.9*	0.07	*3.4*	1.99	*100*
Päijänteen eteläinen.	1.59	*45.2*	0.75	*21.3*	0.92	*26.1*	0.08	*2.4*	0.17	*5.0*	3.51	*100*
» pohjoinen	1.46	*40.1*	1.03	*28.4*	0.93	*25.6*	0.09	*2.5*	0.12	*3.4*	3.63	*100*
Saimaan eteläinen ..	2.19	*48.0*	0.82	*18.0*	1.16	*25.5*	0.11	*2.4*	0.28	*6.1*	4.56	*100*
» pohjoinen..	0.85	*30.6*	0.97	*35.1*	0.71	*25.7*	0.08	*3.0*	0.15	*5.6*	2.76	*100*
Pielisen	1.19	*46.6*	0.66	*25.7*	0.58	*22.6*	0.05	*2.1*	0.08	*3.0*	2.56	*100*
Pohjanmaan eteläin.	1.13	*41.7*	1.02	*37.9*	0.46	*17.0*	0.06	*2.3*	0.03	*1.1*	2.70	*100*
» pohjoin.	0.98	*45.0*	0.61	*28.4*	0.48	*22.0*	0.07	*3.2*	0.03	*1.4*	2.17	*100*
Suomen eteläpuol. ..	12.95	*40.0*	11.08	*34.2*	6.60	*20.4*	0.69	*2.1*	1.08	*3.3*	32.40	*100*
Oulujoen	1.07	*49.0*	0.72	*33.2*	0.36	*16.4*	0.03	*1.4*	0.00	*0.0*	2.18	*100*
Simo—Ii—Kiiminkijokien	0.98	*44.2*	0.76	*34.2*	0.44	*19.8*	0.04	*1.8*	0.00	*0.0*	2.22	*100*
Tornio—Muoniojokien	0.25	*53.8*	0.10	*21.2*	0.11	*23.1*	0.01	*1.9*	0.00	*0.0*	0.47	*100*
Kemijoen	1.11	*45.7*	0.71	*29.0*	0.59	*24.2*	0.03	*1.1*	0.00	*0.0*	2.44	*100*
Jäämeren	0.73	*69.5*	0.06	*5.7*	0.26	*24.8*	0.00	*0.0*	0.00	*0.0*	1.05	*100*
Suomen pohjoispuol.	4.14	*49.5*	2.35	*28.1*	1.76	*21.1*	0.11	*1.3*	0.00	*0.0*	8.36	*100*
Nyky-Suomi	17.1	*41.9*	13.4	*33.0*	8.4	*20.5*	0.8	*2.0*	1.1	*2.6*	40.8	*100*

parani, kuusen viljely laajeni suuresti, ja kuusen nuoret ikäluokat vahvistuivat. Kun tämä kaikki tapahtui pääosalta 1930-luvun puolella, oli mainittu suuri saavutus enintään n. 10 vuoden työn tulos. Voimakkailla toimenpiteillä voidaan siis, kuten jo aiemmin puulajisuhteita esiteltäessä sanottiin, todella metsätaloudessakin nopeasti saavuttaa huomattavaa tulosta.

Lopuksi esitetään kasvun omistajaryhmittäinen jakaantuminen vuoden 1938 metsänomistussuhteiden perusteella mutta rauhanteon aiheuttamat menetykset huomioon ottaen. Yksityisten osalla on kasvusta paljon suurempi ja valtion osalla pienempi sadannes kuin puuvarastosta ja metsäalasta. Selitys tähän on sama kuin keskikasvua tarkasteltaessa mainittiin. Asutustoiminnan johdosta siirtyy yksityisten ryhmään huomattava osa, v. 1948 alkuun mennessä jo arviolta yhteensä n. 1.7 milj. m^3, muiden omistajaryhmien metsien kasvusta.

17. Kokonaiskasvun jakaantuminen omistajaryhmittäin

Yksityiset	Valtio	Yhtiöt	Kunnat	Seurakunnat	Yhteensä
26.75	8.33	4.31	0.85	0.56	40.8 milj. m^3
65.6	20.4	10.5	2.1	1.4	100 %

Puuston tiheys

Metsän puuston tiheys arvosteltiin metsiemme arvioinnissa 10-jakoista asteikkoa soveltaen siten, että maan tuottokyvyn täysin määrin hyväksi käyttävä, normaalin täysitiheä puusto merkittiin luvulla 1.0 ja paljas ala luvulla 0. Tiheysaste 1.0 voi olla sekä luonnon normaali täysitiheys että säännöllisesti harvennetun puuston täysitiheys.

Tiheysasteet voidaan yleiskatsausta varten yhdistää tiheysluokiksi esim. seuraavasti: 0.8—1.0 = hyvä — täysi tiheys, 0.6—0.7 = välttävä — tyydyttävä (paremmissa tapauksissa) tiheys sekä 0.5 ja sen alle = heikko — huono tiheys. Hakkausaloilla, esim. siemenpuiden suhteen, tiheys saatetaan eri näkökohtia silmällä pidettäessä arvostella eri tavoilla.

Monista syistä, erityisesti puuston käsittelyn erilaisuuden johdosta, tiheyden yhtenäinen ja täsmällinen määrittely on vaikeata. Tästä aiheutuu, että tiheyden arvostelu jää metsän arvioimisessa ja kuvauksessa enemmän arvostelijan henkilökohtaisen käsityksen varaan kuin muiden puuston tunnusten arvostelu. Tiheyden käsite vaihtelee myös kasvupaikan mukaan. Samoin maantieteellinen sijainti vaikuttaa, jopa siinä määrin että Pohjois-Suomen metsät ovat varsinkin niukempien siemenvuosien ja usein varhaisempien aikojen palojen johdosta yleisesti luonnostaan harvempia kuin maan eteläpuoliskon metsät.

Asetelmasta 18 nähdään, että pääosa metsien puustosta on tiheydeltään välttävää—tyydyttävää. Maan eteläpuoliskossa esiintyy myös hyvää tiheyttä melkoisen runsaasti, mutta pohjoispuoliskossa sitä vastoin verraten niukasti.

18. Kasvullisten maiden metsien jakaantuminen tiheysluokkiin

Tiheysluokkaa:	—0.5	0.6—0.7	0.8—1.0
Suomen eteläpuolisko	14.5	50.7	34.8 %
» pohjoispuolisko	27.8	53.5	18.7 »

Yleisesti voidaan sanoa, että puutteellinen tiheys on Suomen metsien suurimpia heikkouksia. Tätä ei niinkään helposti huomaa metsässä tarkastellessa, sillä alikasvos ja muu pieni pohjapuusto haittaavat usein varsinaisen puuston selvää havaitsemista. Mutta jos metsiä silmäilee ylhäältä käsin esim. lentokoneesta, niin metsien puuston harvuus on silmään pistävä. Puiden latvukset irroittuvat yleensä huomattavasti toisistaan. Latvuskatos olisi oleva melkoista tiiviimpi, ilman että mitään ahtautta syntyisi.

Metsien puuston tiheyttä voidaan parantaa järkevällä metsänhoidolla. Nuorten ja keski-ikäisten metsien puusto tihenee itsestään varttuessaan vanhemmaksi ja kookkaammaksi ellei sitä jatkuvasti poimien epäsäännöllisesti harvennella, kuten liian yleisesti on tapana. Käsittelemällä tällaisia kehityskykyisiä metsiä vain säännöllisin harvennushakkauksin ja keskittämällä voimakkaat, nopeasti uudistukseen johtavat hakkuut erityisesti tiheydeltään heikkoihin metsiin voidaan tiheyttä piankin korjata.

Metsien käsittely ja metsänhoidollinen tila

Valtakunnan metsien arvioinnissa pyrittiin selvittämään, mitenkä maan metsiä on arviointia edeltäneenä aikana käsitelty, minkälainen metsien metsänhoidollinen tila tällaisen käsittelyn jälkeen on, ja millä toimenpiteillä siihen olisi yritettävä saada parannusta aikaan. Näiden kysymysten selvittely ei voinut tapahtua lukuisien arvioimisryhmien toimittamana niin yhtenäisesti kuin varsinainen metsän arvioiminen. Suoritettujen ja tarvittavien toimenpiteiden sekä metsänhoidollisen tilan yhtenäinen määritteleminen kovin monella tavalla käsitellyissä ja erilaisissa metsissä sekä erilaisissa olosuhteissa on näet yksityiskohtaisistakin ohjeista ja ohjauksesta huolimatta vaikeata. Arvioinnissa kerätty suuri aineisto on kuitenkin antanut käyttökelpoisen pohjan näidenkin kysymysten tarkastelulle.

Seuraavassa tehdään näitä kysymyksiä koskeva tarkastelu nyky-Suomea silmällä pitäen. Tarkastelu rajoitetaan vain kasvulliset metsämaat

käsittäväksi. Huonokasvuisia metsämaita ei tässä suhteessa ole helppo yhdistää, sillä soilla on yleisesti määräävimpänä ojitus ja kallio- ja tunturimailla taas ennen kaikkea niiden säilyttäminen metsää kasvavina.

1. Metsien käsittely arviointia edeltäneenä 10-vuotiskautena

Arvioinnin vuosista 1936—38 oli 1937 päävuosi, jolloin yli puolet arvioinnin maastotöistä suoritettiin. Arviointia edeltäneen 10-vuotiskauden metsien käsittely kohdistui siis lähinnä vuosiin 1927—36. Tähän, pääterajaltaankin jo yli 10 vuotta takanapäin olevaan aikaan kohdistuva tarkastelu saattaa poiketa paljonkin siitä, mitä sen jälkeen seurannut 10-vuotiskausi osoittaisi. Mutta kun se kuvaa metsiemme käsittelyä viimeisenä sotaa ja sen seurauksia edeltäneenä, rauhan aikaisena kautena, on lyhyt katsaus siihen puolustettavissa. Asetelmassa 19 on esitetty koko 10-vuotiskauden summat. Jakamalla ne 10:llä saadaan luvut keskimäärin vuotta kohden.

Kasvullisten maiden metsistä oli Suomen pohjoispuoliskossa lähes kolme neljännestä ja eteläpuoliskossakin likimain puolet sellaisia, joissa tarkasteltu 10-vuotiskausi oli mennyt todennäköisesti mitään tekemättä. Ainakaan ei ollut havaittavissa mitään silmin nähtävää jälkeä jostain toimenpiteestä. Tämä ei merkitse sitä, että metsä olisi ollut kaikissa näissä tapauksissa koskematonta luonnon metsää, sillä ennen arvioinnissa tutkittua 10-vuotiskautta on hakkuita ja muita toimenpiteitä saattanut olla miten paljon tahansa.

19. Metsien käsittely n. 10-vuotiskautena 1927—1936

Käsittelytapa	Eteläpuolisko		Pohjoispuolisko		Koko maa	
	ha	%	ha	%	ha	%
Kylvö tai istutus ..	85 000	0.8	27 000	0.4	112 000	0.6
Taimikon hoito	31 000	0.3	7 000	0.1	38 000	0.3
Harvennus- tai väljennyshakkaus ..	4 226 000	40.5	1 036 000	15.6	5 262 000	30.0
Uudistushakkaus ..	981 000	9.4	691 000	10.4	1 672 000	9.7
Epämääräinen hakk.	406 000	3.9	80 000	1.2	486 000	2.8
Hävityshakkaus ...	156 000	1.5	40 000	0.6	196 000	1.1
Todennäköisesti ei mitään tehty	4 550 000	43.6	4 764 000	71.7	9 314 000	55.5

Muissa metsissä yleisin käsittelytapa on ollut harvennus- tai väljennyshakkaus. Erityisen yleinen tällainen käsittely oli maan eteläpuoliskossa, jossa juuri näitä hakkauksia edellyttävät ikäluokat olivat aivan ylivoimaisesti vallitsevina. Pohjoispuoliskossa tällaiset ikä-

luokat olivat huomattavasti vähäisemmässä määrässä esiintyviä, ja kun harvennushakkaukset siellä monin paikoin, pienen puun menekin puutteessa, eivät olisi olleet taloudellisesti kannattavia, on tämän käsittelyryhmän osuus pienempi kuin eteläpuoliskossa. Harvennus- ja väljennyshakkauksiksi merkityt metsän käsittelyt eivät aina ole olleet laadultaan edes välttävästi suoritettuja, mutta ne ovat kuitenkin olleet parhaiten tähän ryhmään luettavia.

U u d i s t u s h a k k a u k s e t käsittivät tutkittuna 10-vuotiskautena sekä etelä- että pohjoispuoliskossa n. $^1/_{10}$ kasvullisen metsämaan pinta-alasta. Niiden ryhmässä olivat erilaiset harsinnan luonteiset hakkaukset yleisimmät (60 %). Tämä ei suinkaan ollut oikein, koska näihin hakkauksiin yleensä huonosti soveltuvat mänty- ja koivuvaltaiset metsät käsittävät miltei $^2/_3$ kasvullisen metsämaan alasta. Lähinnä yleisin (28 %) oli siemenpuuhakkaus. Tämä hakkaustapa olisi järkevän metsänhoidon mukaisesti ollut oleva paljon yleisempi, sillä erityisesti mänty- ja koivumetsät olisi kasvutappioiden välttämiseksi kasvatettava riittävän tiheinä uudistusikään saakka ja sitten kehityskykyisen, tasaisen taimikon pikaista aikaan saamista silmällä pitäen uudistettava nopeammassa tahdissa kuin pitkään venyvissä harsinnan luonteisissa hakkauksissa. Paljaaksihakkaus on ollut uudistushakkauksena vähän käytetty (6 %), ja muut, vielä mainitsemattomat uudistushakkaukset ovat olleet ainakin selvästi todettuina yhä niukempia.

Harvennus- ja väljennyshakkausten sekä uudistushakkausten rinnalla esiintyy l a a d u l t a a n e p ä m ä ä r ä i s i ä h a k k a u k s i a, joissa ei havaita jälkeä jostain varsinaisesta hakkaustavasta, vaan metsää on vain hakattu pitämättä siinä silmällä muuta kuin puun saantia. Edelleen tapahtui h ä v i t y s h a k k a u k s i a, joissa suorastaan rikottiin metsälain määräyksiä vastaan. Vaikka näiden ryhmien sadannekset asetelmassa ovat pienet, niin ne käsittivät kuitenkin hehtaareina huomattavan suuren pinta-alan.

Sellaiset metsänhoidolliset toimenpiteet, jotka merkitsevät vain kustannuksia, k y l v ö ja i s t u t u s, tai antavat kustannuksiin verrattuna parhaassakin tapauksessa aivan pienen välittömän tulon, t a i m i k o n h o i t o, supistuivat varsin vaatimattomiin määriin. Tämä osoittaa, että suoranaiset uhraukset metsien kunnostamiseksi olivat vähäisiä. Kuitenkin on sanottava, että huomattavaa kehitystä parempaan päin oli 1930-luvulla havaittavissa, erityisesti hyvään alkuvauhtiin saadun metsänparannustyön ansiosta.

O m i s t a j a r y h m i t t ä i n tehdyt vertailut osoittivat, että laadultaan huonoimpia hakkauksia, epämääräisiä hakkauksia ja hävitys-hakkauksia, oli tutkittuna aikakautena tehty enimmin yksityismetsissä ja vähimmin yhtiöiden ja valtion metsissä. Kustannuksia vaativia kylvö-

ja istutustöitä sekä taimikon hoitotöitä esiintyi suhteellisesti vähimmin yksityismetsissä. Tämä kaikki on ymmärrettävää, sillä yksityismetsät ovat yleisesti saaneet vähimmin ammatillista valvontaa ja hoitoa osakseen.

Vertaamalla I:n ja II:n valtakunnan metsien arvioinnin tuloksia keskenään voidaan saada käsitystä metsien käsittelyn kehityksestä n. vuosista 1912—21 n. vuosiin 1927—36. Tässä vertailussa (asetelma 20) pistää erityisesti silmään harvennus- ja väljennyshakkausten suuri lisääntyminen ja harsinnan — melko yleisesti poiminnan — luonteisten hakkausten väheneminen. Tämä varsinkin maan eteläpuoliskon runsaita harvennus- ja väljennysikäisiä metsiä ajatellen oikea ja ilahduttava kehitys oli ensi sijassa pienpuun menekin paranemisen ansiota. Mutta huomattava osansa siinä oli varmasti myös metsänhoidon tehostamiseksi monessa muodossa tehdyllä työllä. Sama edullinen kehitys ilmeni siinä, että huonot hakkaukset vähenivät, uudistushakkaukset siirtyivät parempiin hakkaustapoihin päin ja metsänviljelyalat suurenivat, vaikka vielä verraten vaatimattomassa määrässä.

20. Metsien käsittelyn kehitys

Käsittelytapa noin vv.	Eteläpuolisko 1912—21	Eteläpuolisko 1927—36	Pohjoispuolisko 1912—21	Pohjoispuolisko 1927—36
	Kasvullisen metsämaan pinta-alasta %			
Kylvö, istutus, taimikon hoito	0.1	1.1	0.0	0.5
Harvennus- tai väljennyshakkaus ..	8.8	39.0	0.9	14.0
Harsinnan luonteinen hakkaus	28.3	5.9	12.0	5.6
Muu uudistushakkaus	2.9	3.7	1.1	3.6
Epämääräinen hakkaus ..... / Metsän pilannut hakkaus ..... / Hävityshakkaus	11.7	5.4	9.5	1.5

2. Metsien metsänhoidollinen tila

Vuosina 1936—38 toimitettu tutkimus metsien metsänhoidollisesta tilasta osoitti tämän tilan paitsi edellisen vuosikymmenen myös vanhempien hakkausten ja toimenpiteiden seurauksena, ja lisäksi siihen tietenkin oli vaikutuksensa monien metsien syntymisellä puutteellisen tiheinä, puulajeiltaan epätyydyttävinä jne. sekä myrskyillä, kuloilla yms.

Silloista metsien metsänhoidollista tilaa kuvaa asetelma 21, jossa on käytetty seuraavanlaista arvosteluryhmitystä:

1. hyvä, joka merkitsee että metsikköä on käsitelty täysin metsänhoidon edellyttämällä tavalla ja että käsittelyn suoritustapa täyttää kohtuulliset vaatimukset;

2. tyydyttävä, välttämättömistä toimenpiteistä on huolehdittu ja ne on suoritettu niin, ettei metsikön tila ole joutunut huonosta suorituksesta tai liiallisesta lykkäämisestä kärsimään;

aste h y v ä on lisäksi yleensä edellyttänyt puuston tiheyden 0.8—1.0 ja aste t y y d y t t ä v ä vähintään 0.7, paitsi hakkuualoilla, joilla hakkuun laatu ja siitä aiheutunut tila on ollut määräävä;

3. e p ä t y y d y t t ä v ä, metsikkö on hakkuulla tai välttämättömiä toimenpiteitä viivyttämällä saatettu selvästi epätyydyttävään tilaan, taikka se on puutteellisen alkutiheyden tai luonnonvaurion takia sellainen, mutta sopivin toimenpitein on mahdollista vielä korjata metsikkö tyydyttäväksi ja ehkä lopulta hyväksikin;

4. p i l a t t u, metsikkö on huonosti suoritetulla hakkuulla saatettu kehnoon tilaan eikä sitä enää uusilla hakkuilla voida korjata tyydyttäväksi;

5. h ä v i t e t t y, metsikkö on hakattu selvästi vastoin metsälain määräyksiä.

Nyky-Suomen osalla oli kasvullisten maiden metsistä vain 14.4 % metsänhoidollisen tilan puolesta hyvien ryhmään luettavia. Eteläpuoliskossa tämän ryhmän osuus oli yli kaksinkertainen verrattuna pohjoispuoliskoon, jossa pienen puun heikompi menekki on monin paikoin haitannut esim. harvennushakkausten järkevää suoritusta, ja jossa metsät useinkin ovat mm. niukemman siemennyksen ja vanhoissa ikäluokissa varhaisempien palojen johdosta harvempia kuin eteläpuoliskossa.

21. Metsien metsänhoidollinen tila kasvullisilla metsämailla

	Eteläpuolisko ha	%	Pohjoispuolisko ha	%	Koko maa ha	%
Hyvä	1 962 000	18.8	538 000	8.1	2 500 000	14.4
Tyydyttävä	5 238 000	50.2	3 436 000	51.7	8 674 000	50.8
Epätyydyttävä ...	2 671 000	25.6	2 525 000	38.0	5 196 000	30.8
Pilattu	324 000	3.1	106 000	1.6	430 000	2.5
Hävitetty	240 000	2.3	40 000	0.6	280 000	1.5

Ryhmään *hyvä* luettaessa vaatimukset ovat olleet huomattavan korkeat sellaisissa oloissa kuin meillä vielä on ollut, metsänhoidon hyväksi tehtävän työn vasta aivan viime vuosikymmeninä voimakkaammin tehostuessa. Tähän viittaa sekin, että seuraava ryhmä, *tyydyttävä*, käsittää puolet kasvullisten metsämaiden pinta-alasta. Näistä metsistä voitaneen ehkä pääosa sopivin metsänhoidollisin toimenpitein saada ajan mittaan siirretyksi hyvien ryhmään.

Epätyydyttävien metsien suuri määrä ja yli 700 000 ha suorastaan pilattuja ja hävitettyjä metsiä osoittaa, kuinka valtavan suuri työ metsänhoidon parantamiseksi on edessä. Se antaa samalla aavistusta siitä, kuinka suuresti Suomen metsien tuottoa voitaisiin kohottaa metsänhoitoa kiireisesti ja voimakkaasti tehostamalla. Epätyydyttävistä metsistä saatetaan onneksi huomattava osa näin vielä korjata tyydyttäviksi ja ehkä hyviksikin. Mutta pilatut ja hävitetyt metsät odottavat vain uuden taimikon perustamista tilalleen.

Eri omistajaryhmien metsien välillä oli tarkastettuun aikaan melkoista eroa metsänhoidollisen tilan suhteen. Yhtiöiden metsät olivat parhaat, lähinnä niitä valtion ja seurakuntien, sitten kuntien, ja heikoimmat olivat yksityismetsät. Esim. Suomen eteläpuoliskossa oli hyviä tai tyydyttäviä yhtiöiden metsistä 80.2 %, valtion metsistä 77.8 % ja yksityismetsistä ainoastaan 63.3 %. Epätyydyttävät käsittivät samassa järjestyksessä luetellen 18.3, 21.4 ja 29.4 % sekä pilatut ja hävitetyt 1.5, 0.8 ja 7.3 %.

Tästä ilmenee jälleen, että yksityismetsät, jotka ovat pääasiallisesti maatilametsiä, ovat saaneet vähimmin ammatillista valvontaa ja ohjausta osakseen. Tämän suuren epäkohdan korjaaminen käy entistä välttämättömämmäksi, kun sotaa seuranneessa valtavassa asutustoiminnassa laajat alat hyvin hoidettuja metsiä siirtyy muilta omistajilta — useinkin tässä yhteydessä heikentyvässä tilassa — yksityisten omistamiksi maatilametsiksi.

Maatilametsien muita heikompaan metsänhoidolliseen tilaan on huomattavalta osalta syynä metsien verraten yleinen käyttö hakamaina. Hakamaametsistä on 95 % yksityismetsiä, ja yksityismetsien koko pinta-alasta ne merkitsevät, hakamaa-käsitteen verraten ahtaastikin ottaen, 10 %. Niiden keskikuutiomäärä on vain n. puolet muiden metsien keskikuutiomäärästä ja keskikasvu vain ½—⅔ muiden metsien vastaavasta määrästä. Lisäksi nämä metsät käsittävät runsaasti leppää ja huonoa koivua, ja paljaat alatkin ovat yleisiä. Esim. leppävaltaisia metsiä ja paljaita aloja niistä on 20 % muiden metsien 2 % vastaan. Metsänhoidollista tilaa valaisevat asetelman 22 luvut osoittavat, että hakamaametsät vaikuttavat todella suuressa määrässä heikontavasti yksityismetsien metsänhoidolliseen tilaan. Tästä aiheutuva tappio on sitäkin suurempi, kun hakamaat ovat yleensä paraslaatuisia metsämaita.

22. Hakamaametsien ja muiden metsien metsänhoidollinen tila

	Hakamaametsät	Muut metsät
Hyvä tai tyydyttävä	28.6 %	66.2 %
Epätyydyttävä	45.3 »	29.2 »
Pilattu tai hävitetty	26.1 »	4.6 »

Yksityismetsien lisääntyminen muiden omistajaryhmien metsien kustannuksella johtaa metsiemme heikkenemiseen, ellei samalla ryhdytä voimakkaasti tehostamaan näiden metsien hoitoa. 1930-luvulla hyvään alkuvauhtiin päässyt mutta sodan aikana keskeytynyt metsänparannustyö on tavalla tai toisella saatava nopeasti laajassa mitassa käyntiin.

3. Metsien hahmoiteltu käsittely arviointia seuranneena lähiaikana

Valtakunnan metsien arvioinnissa pyrittiin selvittämään, missä määrin erilaiset metsänhoidolliset toimenpiteet olivat tarpeen arviointia seuranneena 10- tai 20-vuotiskautena. Kun ensimmäinen 10-vuotiskausi on jo kulunut sodan ja sen jälkeisen ajan epäsäännöllisissä oloissa, jolloin arvioinnin osoittamia suuntaviivoja ei ole voitu pitää silmällä, ovat suoritettavista toimenpiteistä saadut tulokset menettäneet paljon merkitystään. Kuitenkin ne saattavat edelleen siinä määrin valaista tarkoittamaansa asiaa, että muutamien pääkohtien esittäminen niistä voi täydentää metsien tilasta saatua kuvaa.

Nyky-Suomen osalla kasvullisilla metsämailla suoritettavien metsän kylvöjen ja istutusten vuosittaiseksi pinta-alaksi saatiin 96 000 ha. Tämä on yli kahdeksankertainen vuosien 1927—36 keskimäärään verrattuna ja 3—4-kertainen myös sodan edellisvuosien 1936—38 rinnalla. Sodan aikana ja sen jälkeen kylvö- ja istutustöitä on tehty aivan vähän, joten suoritettava määrä on arvioinnissa saadusta todennäköisesti kasvanut.

Taimikon hoitoa osoittava luku on asetelmassa 23 pieni, mutta sekin on moninkertainen aikaisempaan verrattuna. Luvun pienuuteen vaikuttaa se, että kunnollisia taimikoita esiintyy nopeasti uudistukseen johtavien hakkausten välttelemisen johdosta niukasti, sekä edelleen se, että tällaiset toimenpiteet edellyttävät kustannuksia.

23. Metsien hahmoiteltu käsittely arviointia seuranneena lähiaikana

	Eteläpuolisko Keskimäärin vuotta	Pohjoispuolisko kohden, kasvullista	Koko maa metsämaata ha
Kylvö tai istutus	80 000	16 000	96 000
Taimikon hoito	18 000	3 000	21 000
Harvennus- tai väljennyshakkaus	426 000	175 000	601 000
Uudistushakkaus	105 000	101 000	206 000
Puhdistushakkaus tai hakkuualan kunnostaminen	33 000	33 000	66 000

Harvennus- ja väljennyshakkaukset ovat nuorenpuoleisten ja keski-ikäisten metsien runsauden vaikutuksesta metsien yleisin käsittelytapa. Sodan aikana ja jälkeen metsien harvennusta on hyvillä menekkiseuduilla tapahtunut polttopuun hankkimiseksi kovin suuressa mitassa. Tämä on voinut vaikuttaa tarvittavien harvennus- ja väljennyshakkausten määrää vähentävästi. Mutta ammatillisen ohjauksen puute ja monessa tapauksessa harvennuksen raju suoritus tarvittavien puumäärien hankkimiseksi ovat epäilemättä jättäneet hakkuualoille paljon paikatta-

vaa. Syrjäisillä seuduilla, joista kuljetus on vaikeata, metsät ovat taas päinvastoin tihentyneet ja kaipaisivat entistä enemmän harvennus- ja väljennyshakkauksia.

Suoritettavien uudistushakkausten ala saatiin arvioinnissa suuruudeltaan n. kolmannekseksi harvennus- ja väljennyshakkausten alasta, pohjoispuoliskossa runsaiden vanhojen metsien johdosta suhteellisesti paljon suuremmaksi kuin eteläpuoliskossa. Hakkuuikää lähestyvien metsien suuri määrä merkitsee uudistushakkausten tarpeen vähittäistä lisääntymistä.

Metsänhoidollisten toimenpiteiden tarve on suuri. Asetelman 23 lukujen mukaan olisi vuosittain käsiteltävä n. 1 milj. hehtaaria. Metsänhoidon yleinen syrjäytyminen sodan aikana ja sen jälkeen on ilmeisesti tätä tarvetta yhä lisännyt. Ellei metsänhoito pääse voimakkaassa mitassa ja taitavasti suoritettuna tehostumaan, on seurauksena metsien metsänhoidollisen tilan heikkeneminen, suoritettavien metsänhoidollisten toimenpiteiden jatkuva kasautuminen ja metsien tuoton väheneminen toivotun ja hyvin suuressa määrässä mahdollisen kohoamisen sijasta.

Arvioinnissa suunnitellut toimenpiteet jakaantuivat eri omistajaryhmien kesken toisin kuin kasvullisen metsämaan pinta-ala. Niinpä suunnitelluista kylvö- ja istutusaloista tuli yksityismetsien osalle 77 %, valtion metsien 16 %, yhtiöiden metsien 5 % sekä kuntien ja seurakuntien metsien osalle yhteisesti 2 %. Uudistushakkauksista sitä vastoin tuli — hyvin runsaiden vanhojen ikäluokkien vaikutuksesta — valtion metsien osalle 54 %, yksityismetsien 36 %, yhtiöiden metsien 7 % sekä kuntien ja seurakuntien metsien osalle yhteisesti 3 %. Laajan asutustoiminnan johdosta maanomistussuhteissa tapahtuvat siirrot muuttavat paljon näitä sadanneslukuja.

4. Hakkuumäärä

Metsien käsittelyä suunniteltaessa arvioitiin linja-arvioinnissa samalla linjakuvioittain, kuinka suuri hakkuumäärä suunnitelluista hakkauksista kertyisi, jos hakkaukset suoritetaan tiettynä aikana ja nimenomaan metsänhoidollista käsittelyä silmällä pitäen. Tämä hakkuumäärä, jota nimitettiin metsänhoidolliseksi hakkuumääräksi, tähtäsi metsien tilan nopeaan parantamiseen, nuorten ja keski-iän alkupuolen ikäluokkien liian heikkojen puuvarojen kartuttamiseen korkeamman kasvun aikaan saamiseksi sekä vähätuottoisten ja etenkin liian vanhojen metsien nopeaan uudistamiseen.

Kun metsien käsittely ei ole tapahtunut metsänhoidollisen hakkuumäärän edellyttämällä tavalla, ei tätä hakkuumäärää osoittavalla luvulla nykyoloissa ole sanottavaa merkitystä. Mainittakoon kuitenkin, että se nyky-Suomen osalla oli arviointia seuraavaa n. 20-vuotiskautta silmällä pitäen n. 31 milj. m^3 vuotta kohden sekä siinä tapauksessa, että käyttö-

kelpoiset pystyyn kuivuneet puut olisi lisäksi kaikkialta saatu talteen korjatuksi, n. 34 milj. m³. Metsien ikäluokkasuhteiden perusteella laskettuna hakkuumäärä olisi silloisten laskelmien mukaan nyky-Suomen osalla ollut n. 33—34 milj. m³. Lihtonen on kehittämäänsä tuottohakkauslaskelmaa soveltaen saanut vv. 1948—57 vuotuiseksi »normaali»hakkuumääräksi 34.5 milj. m³.[1]) Tätä määrää ei kuitenkaan voida toistaiseksi saada kokonaisuudessaan käyttöön, kuten Lihtonen huomauttaa, koska eräät osat Pohjois-Suomen metsistä sijaitsevat hakkuumahdollisuuksien takana.

Lisättäessä edellisessä mainittuihin hakkuumääriin metsien itseharvenemisesta aiheutuva puiden lahoaminen kasvupaikalleen, joka voitaneen arvioida 1.5—2 milj. m³:ksi, saadaan jonkinlainen laskennallinen koko puun poistuma metsistä. Eri hakkuumäärälukuja käyttäen tällainen »normaali»poistuma kohoaisi nyky-Suomen käytön piiriin sisältyvien metsien osalla n. 34 milj. m³:iin. Lihtosen laskemaa lukua sellaisenaan soveltaen päästäisiin n. 36 milj. m³:iin.

Asetelmassa 24 on verrattu keskenään todellista poistumaa, metsien vuotuista kasvua ja äsken saatua »normaali»poistumaa. Kaikki luvut on vertailussa pyöristetty lähimpään täyteen miljoonaan. Kasvu on tässä otettu koko määränsä suuruisena, vaikka siitäkin tietysti osa, tosin Pohjois-Suomen syrjäisimmissä, yleensä vanhoissa metsissä hyvin pieni osa, jää metsien nykyisen käytön piirin ulkopuolelle. Kerrattakoon samalla kasvun suhteen tunnettuna tosiasiana, että se oikeastaan soveltuu poistuman vertaussuureeksi vain silloin, kun metsien ikäluokkasuhde on tasainen. Nyky-Suomessa nuorehkot ja keski-ikäluokat ovat kasvun suuren pääosan käsittävässä maan eteläpuoliskossa niin vallitsevat, että »normaali» poistuma on huomattavasti kasvun määrää pienempi.

24. Todellisen poistuman, kasvun ja »normaali»poistuman keskinäinen suhde

Aika	Poistuma keskimäärin vuotta kohden,	Kasvu	»Normaali»poistuma milj. k-m³ (kuoretta)
1924—37	41	46	—
1935—39	38	46	—
1940—44	30	46	—
1945—47	n. 48	41	34(—36)

Ennen II maailman sotaa Suomen metsien vuotuinen kasvu peitti vuotuisen poistuman, joka tosin asetelmassa 24 esiintyy — täydellisen määrän laskentavaikeuksista johtuen — todennäköisesti minimimääränä.

[1]) V. Lihtonen, Valtakunnan metsätalouden järjestely metsiemme poistuman ja tuottohakkausmäärän valossa. (Acta forestalia fennica 53.3). Helsinki 1946.

Erityisesti asianlaita oli näin sota-aikana, jolloin hakkuut metsäteollisuuden ja sen tuotteiden viennin suuresti supistuessa vähenivät. Silloin syntyi sellaisille seuduille, joista sodan aikana tarvittuja entistä paljon suurempia polttopuumääriä ei voitu kuljetusvaikeuksien takia hakata, metsien puuvarastoa lisäävää kasvun ylijäämää. Tämä ylijäämä on kuitenkin saattanut hakkuun yhä viivästyessä monessa tapauksessa merkitä metsän liiallista tihentymistä ja sitä seurannutta suurenevaa itseharvenemista, joten ylijäämä hakkuun lopulta paikalle ehtiessä ei enää ole läheskään kokonaisuudessaan käytettävissä.

Sotaa seuranneessa rauhanteossa tapahtuneista alueiden menetyksistä aiheutui melkoinen kasvun väheneminen. Poistuma taas sodan jälkeen lisääntyi paljon jälleenrakentamisen, sotakorvausten ja viennin elpymisen johdosta. Niin poistuma kohosikin sotaa seuranneina vuosina huomattavasti kasvua suuremmaksi ja paljon kasvua pienemmän »normaali»poistuman yläpuolelle. Asetelman 24 poistumaluku n. 48 milj. m^3 on varmastikin liian pieni, sillä erityisesti asutustoimintaan liittyvä valtava jälleenrakentaminen näyttäisi nielevän paljon normaalin käytön ylittävää puuta.

Suomen metsien sodan jälkeiseen suureen hakkuumäärään on ollut syynä välttämätön pakko. Sodan aikaiset säästöt ovat epäilemättä jossain määrin siihen oikeuttaneet. Mutta metsien puun poistuman, vuotuisen kasvun ja »normaali»poistuman epäedullisen suhteen jatkuessa on seurauksena metsien kasvavan puuvaraston ja samalla kasvun väheneminen. Näin tapahtuu ainakin ellei nykyisin käytön piirin ulkopuolelle jääviä metsiä saada käyttöön, ellei hakkuita suoriteta järkevästi ja ellei metsänhoitoa muutenkin voimakkaasti tehosteta siihen tapaan, kuin tutkimustyö ja kokemus jo varmalla pohjalla tietä viittovat.

Suoritetut tutkimukset antavat aavistusta siitä, mihin tätä tietä eteenpäin pyrkien vuorostaan voidaan päästä. Luonnon normaalien metsiköiden kasvuntutkimusten perusteella saatetaan laskea, että koko maan metsien vuotuinen puun tuotto olisi luonnon normaalia vastaavassa tilassa — täysitiheinä mutta hoitamattomina — ainakin n. 50 % nykyistä suurempi. Tästä antaa käsitystä kuva 8, joka osoittaa nykypuuvaraston ja nykykasvun suhdetta kohtuullisesti arvioituun luonnon normaaliin määrään. Järkevällä metsänhoidolla ja ojittamalla veden vaivaamat suot arvioidaan voitavan saavuttaa nykymäärään likimain toinen 50 %:n lisäys. Tämä merkitsisi nykyisen puun tuoton kaksinkertaistumista. Se on tietenkin teoreettinen tulevaisuuden kuva. Mutta sitä kohti on metsätaloudesta ratkaisevasti riippuvaisessa maassamme pyrittävä.



Kuva 11. Kuva osoittaa kartakkeiden 2—7, 9 ja 10 laatimistapaa. Oikealla nähdään arvioimislinjoja numeroituine 10 km-osasineen ja kuvattavan tekijän runsausmerkintöineen (osasten alapuolella). Vasemmalla ylhäällä kukin 10 km-osanen on saanut runsautta vastaavan tummuusasteensa puoliväliin saakka linjan molemmin puolin. Vasemmalla alhaalla on yhdistelty likimäärin samanlaisia osasia suuripiirteisiksi alueiksi.

METSÄTIETEELLISEN TUTKIMUSLAITOKSEN JULKAISUJA 35.6
COMMUNICATIONES INSTITUTI FORESTALIS FENNIAE 35.6

THE FORESTS OF PRESENT-DAY FINLAND

A DESCRIPTION BASED ON THE NATIONAL FOREST SURVEYS

YRJÖ ILVESSALO

HELSINKI 1949

Helsinki 1949. Valtioneuvoston kirjapaino

Contents

	Page
Introduction	5
Natural conditions of forestry	7
The Forest Resources	11
The methods of surveying	11
Forest area	12
Proportional division of tree species according to area	21
Age conditions of the forests	25
Growing stock of the forests	26
The mean volume	28
The total growing stock	29
Annual growth of the forests	33
The mean annual growth	33
The total annual growth	35
Probable reliability of the results regarding the forest area, the growing stock and the annual growth	37
Treatment and silvicultural condition of the forests	38
The treatment of the forests during the 10-year period preceding the survey	38
The silvicultural condition of the forests	40
The outlined treatment of the forests during the time immediately after the survey	41
The felling quantity of the forests	43
The utilisation of wood	45
Forest ownership	48
Organisation of forestry	50
Forest administration and forestry organisation	50
Forestry legislation	52
Forestry education and research work	54

Introduction

The repair of the great destruction caused by the war and the starting of a new period of development puts the accessible forest resources of the world to a severe test. In many countries the forests have suffered greatly from war damage and from the exceptionally hard, often ruthless wartime felling — still going on in some countries.

There is an obvious decrease in the forest resources whereas the demand for wood is even greater than before. From the point of view of a systematic utilization of the forest resources of the world and a systematic supply of the wood required, an investigation into the forest resources and their utilization in all countries should be of value. To do so with regard to present-day Finland is the purpose of this paper, which is mainly limited to the forest resources. For the sake of comparison certain features of forest utilization are presented and, finally, those main points of forestry organization that are attached to the forest resources and their utilization and to the development of both.

A complete uniform exposition of Finland's forest resources was obtained for the first time soon after the country had reached her independence, on the basis of the National Forest Survey carried out in the years 1921—1924. This investigation, comprising all the forests of the country, was performed by applying the so-called line-survey method. The information thus obtained was used in a variety of ways for the benefit of the country's forestry and woodworking industry and even from the viewpoint of national economy it proved absolutely indispensable.

For nearly ten years these reports were used as such. But by-and-by as time went on one began to question their sufficient reliability. A development of unforeseen intensity in all fields of economic and intellectual activity in the newly-liberated country demanded firm support from her all-but-only natural wealth, the forests. The rapidly expanding woodworking industry placed steadily increasing demands on raw materials and in general there was a great demand for wood. The felling increased and caused changes in the forest resources. Simultaneously, as time went

on, there were natural changes in the forests, some forests aging and others producing young growth through regeneration. On the other hand more attention was paid to the treatment of the forests and in many ways forest improvement work was carried out.

In order to explain the development of the forest resources some control calculations were made to begin with. But before long they became unsatisfactory and in 1936—1938 just before the outbreak of the second world war a new investigation, the second National Forest Survey, was carried out.

The new survey, too, was made according to a combination of the line-survey and circular sample plot methods. The survey methods, however, were further developed in many respects. In doing so one tried to obtain as many-sided results as possible at the same time limiting the ensuing costs. Particular attention was to an increasing degree paid to the silvicultural condition of the forests and to measures aiming at its improvement and further to the examination of the future felling quantity and the investigation of periodical growth variations.

The present author has described the methods used in the National Forest Survey and in the calculation of the results as well as the results of the surveys for pre-war Finland in the following works, which are published in the periodical of the Finnish Forest Research Institute (Communicationes Instituti Forestalis Fenniae) either with an English summary or in English.

Volume 9: The Forests of Finland. Forest Resources and the Condition of Forests. Helsinki 1924.

Volume 11: Suomen Metsät. *Summary:* The Forests of Suomi (Finland). Results of the General Survey of the Forests of the Country carried out during the years 1921—1924. Helsinki 1927.

Volume 13: Suomen päävesistöalueiden metsät. *Summary:* The forest resources of the main watershed areas of Finland. Helsinki 1929.

Volume 15: Suomen metsät viljavuusalueittain kuvattuina. *Summary:* The forests of Finland described by areas of fertility. Helsinki 1930.

Volume 22.5: II:n valtakunnan metsien arvioinnin suunnitelma ja ulkotyöohjeet. *Summary:* Instructions for field work of the II National Survey of the Forests of Finland. Helsinki 1936.

Volume 28.7: The Forest Resources of Finland in 1936—1938. A Summary of the main results of the second National Survey of the Forests. Helsinki 1940.

Volume 30: Suomen metsävarat ja metsien tila. *Summary:* The forest resources and the condition of the forests of Finland. The second National Forest Survey. Helsinki 1942.

In the above publications the forests of Finland have been treated within the frontiers that the country had before the outbreak of the second world war. In the peace treaty concluded after the war Finland lost 4 347 800 hectares (10 743 000 acres) of her land area to the Soviet

Union. This meant a considerable reduction of the forests and accordingly the publications referred to no longer give a correct picture of the country's forest resources and the condition of the forests. For this reason the results of the last National Forest Survey performed were re-calculated in the main immediately after the war but owing to the circumstances their publication has been delayed.

The present statements as to Finland's forest resources and the condition of the forests are thus founded on a survey of the forests already performed over 10 years ago. During that time considerable changes may have taken place in the forests. Chiefly to secure the supply of firewood in war and post-war-time and to cover the requirements of reconstruction and war reparations the forests in some regions have been heavily cut whereas in others the felling has been less extensive owing to transport difficulties. Exceptional conditions have made it impossible to continue along those lines that were proposed, on the basis of the forest survey, for fellings, forest improvement and silvicultural development.

Until the third National Forest Survey is carried out, probably in the years 1951—1953, it is impossible to obtain fresh information on the forests of present-day Finland. For this reason it has been thought necessary to publish the re-calculated statements in the description of the forests of Finland that is included in the present account.

The account is completed by certain maps illustrating the variation of the forests in various parts of the country within small districts outlined with, broadly speaking, natural boundaries. First, these districts are marked out on large scale maps on which the survey lines divided into 10 km (about 6 miles) sections have been accurately drawn. On each section, the number of which was c. 2 500, the proportion of forest land in the total land length of the section was calculated, and also the proportions of the forests dominated by pine, spruce or birch in the total length of forest land on the section etc. Each section, represented as a strip, has been shaded the darker the greater the proportion of, for instance, forest land. Next, adjacent approximately similar sections have been combined inside somewhat roughly drawn limits. On the map the resulting districts have received a grade of darkness according to the average of the sections that fall within each district (see Fig. 15).

Natural conditions of forestry

With a length of c. 1 160 km (720 miles) Finland extends from latitude 60° N in the South far beyond the Arctic Circle to latitude 70° N in the North. This accounts for the great variability of the conditions of nature. But almost everywhere the forest is the most striking character of the Finnish landscape. Only in the northernmost fjeld regions and on more

extensive cultivated areas here and there or on open swamps the forest lies somewhat more hidden from view. There is no inhabited region to speak of where the population suffers from a shortage of wood.

In general there are good natural conditions for forestry everywhere in the country.

Finland, belonging to the zone of coniferous forests, has a climate that is propitious for the growth and also for the utilization of forests. Those species of trees for which demand is greatest in the world markets thrive well or, at least, satisfactorily, and they yield useful raw materials to the forest industry at a reasonably fast rate. In winter the ground and the

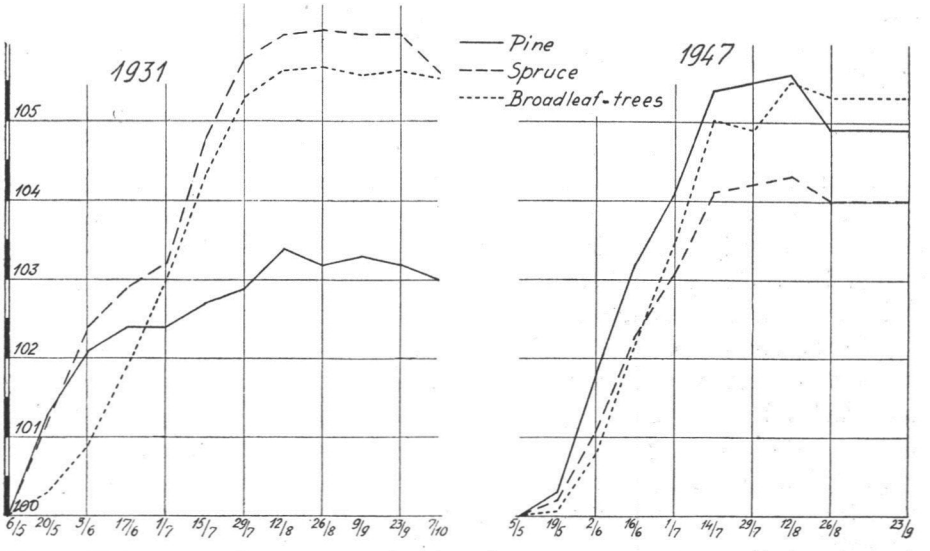


Fig. 1. The progress of the growth of the basal-area at breast height during the summer period in some sample stands measured at two week intervals in South Finland. The result of the first measurement is taken as 100. — The sample stands in 1931 and 1947 are not the same.

waters are frozen and whatever small unevennesses exist in the terrain are levelled by the covering of snow, all of which renders the transportation of timber, even from distant backwoods, possible and comparatively cheap in winter.

By far the greatest part of the Finnish soil, almost exclusively podsol, consists of forest soil. Of the area classed as forest soil 73 per cent consists of mineral soil and 27 per cent of peat lands belonging to the swamp group and to a great extent capable of improvement by draining. Of the former group the main part (80 %) is moraine drift, next come sandy and fine sandy soils (15 %), a small amount of clay and silt soils (3 %) and gravelly soils (2 %). The forest land is generally so stony and meagre that even

when considering the far future with an increase of the population, profitable agriculture is not likely to use and need more than a relatively small part of it and not more than one fifth of the total land area of Finland. The forest, on the other hand, if properly taken care of, can yield a considerable produce at low cost.

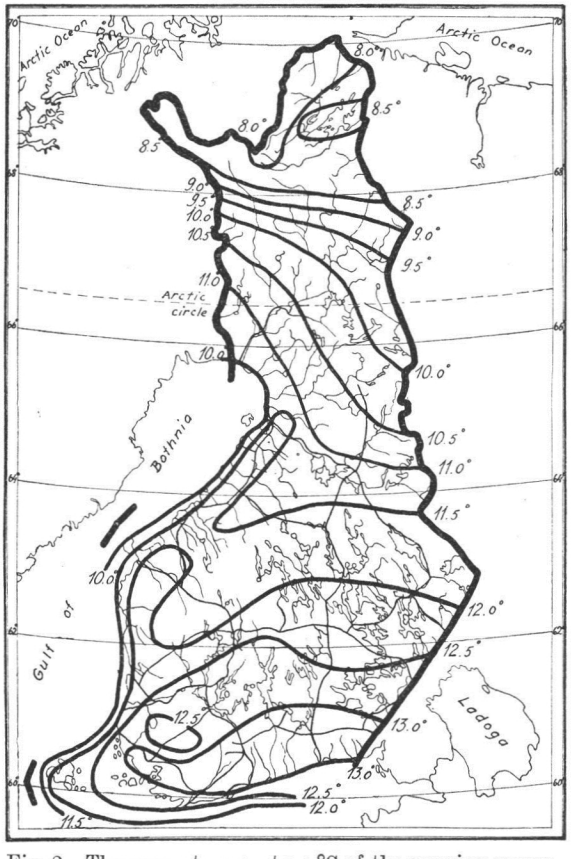


Fig. 2. The mean temperature °C of the growing season, May—August (in South Finland, see Fig. 1), of the forests, reflected in the basal-area growth. — According to J. Keränen.

A favourable climate and soil as well as the tree species which during thousands of years have become acclimatized to them afford an easy natural regeneration of the forests if advantage is taken of this when felling. This makes the forestry expenditure generally fairly low. And further, naturally regenerated forests in general withstand fungi and insect damage better than less hardy, artificially established forests.

The innumerable watercourses of Finland branch with their networks almost everywhere. They comprise about 40 000 km (25 000 miles) of

maintained floating channels which collect timber from most forest regions and convey it at minimum expense, as a rule, to places of consumption and manufacturing plants. They comprise numerous lakes which level the water resources and their direction is favourable, almost everywhere towards the south, south-west and west. Thus in spring they melt in the

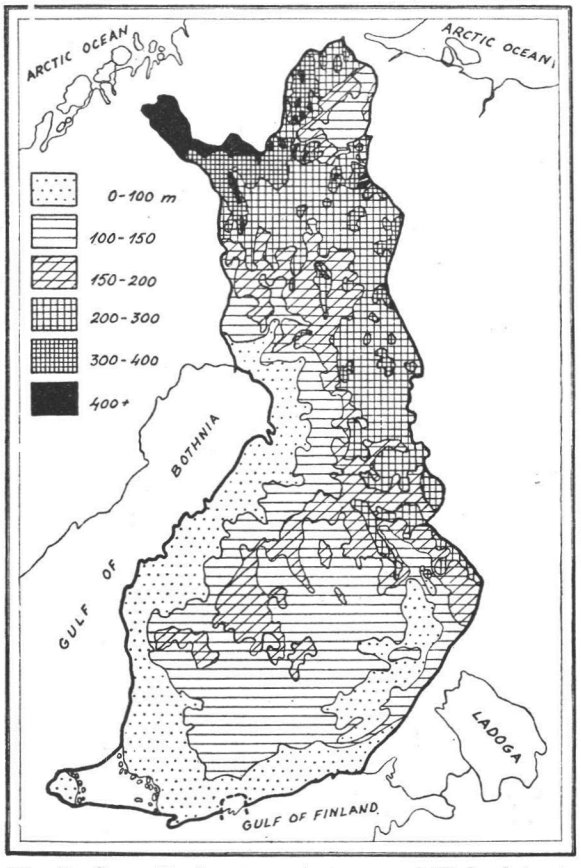


Fig. 3. Generalized orographical map of Finland (metres above the sea-level), made according to V. Tanner, reflects the plain feature of the surface of the country. This flatness makes the treatment and the utilization of the forests relatively easy and likewise, to a great extent, facilitates a general line-survey of the forests of the country.

right order from the mouth of the water system towards the upper watercourse convenying the timber towards the markets as raw material. This propitious state of affairs was shattered when after the war the east frontier was moved west thus isolating the biggest water system area from the sea. This accounts for the increase in truck and railway transports which,

moreover, particularly owing to the rise of wages, have come into more general use than earlier.

Along the way and especially at the mouth of the water system and in the neighbourhood of the long coast-line the waters in their numerous rapids offer cheap natural energy to the woodworking industry. In such places large centres of industry have generally been established. Noticeably such industries are to be found in the inland parts of Finland too, close to the big rapids. And especially smaller saw mills are quite frequently situated at a greater distance, close to the raw materials in which case the products are transported to ports and places of consumption by rail. From the good ports along the coast, the biggest of which the war however left on the other side of the new frontier, the finished products are shipped to European countries less rich in forests and they even venture to compete in countries beyond the oceans.

The good natural conditions for forestry and life with the forest everywhere so close at hand seem mainly to account for the fact that the country has produced capable forest workers. One of the fundamental conditions of forestry is that by continuously improving their housing and living conditions one can persuade these experienced workers to remain at their work.

The Forest Resources

Natural conditions alone, however good, are of no great value to a country noted for forestry unless the country possesses forest resources to be used at home and to be sold elsewhere. As is absolutely necessary to a country noted for forestry, information on the forest resources and their utilization has been obtained in Finland on the basis of various investigations. This makes it possible to estimate the country's present possibilities and also to plan for the future.

The methods of surveying

Since Finland became independent, inventories of all the forests of the country have twice been made together with an examination of the silvicultural condition of the forests. Likewise the utilization of wood has been investigated twice. The first National Survey of the forests was carried out in the years 1921—1924, the second one 15 years later in 1936—1938.

As was mentioned before, these surveys were made by using a combination of the line-survey and the circular sample plot methods. Parallel survey lines were drawn across the country as appears from Fig. 13 on

which are roughly outlined those groups of main water system areas from which the waters finally flow along the same big river or along several adjacent outfalls. Last time the survey lines numbered 62, the distance between them being 13 km (c. 8 miles) in the main part of the country. The total length of the lines was c. 25 000 km (c. 15 500 miles). All soils and forests on these lines were examined from many angles.

The data collected in the field work comprised c. 200 000 survey forms containing a variety of information about soil and growing stock and the silvicultural condition of the stand. The results as well as the methods applied in the field work and in calculating and checking the results are described in more detail in the papers mentioned in the introduction, particularly in the two last ones.

The utilization of wood in the country was also examined twice by other nationwide investigations in 1927 and 1938.[1]) In these investigations the main object was to examine the household use of wood among the rural population on the farms which at that time numbered c. 300 000. 1 900 of these farms were chosen at random as sample farms where under the supervision of a forest expert during one year regular and uniform accounts of the wood consumption were kept. The rest of the rural wood consumption as well as the amounts of wood consumed by municipalities, industry, traffic etc. were examined separately by collecting due statistics.

Forest area

In Finland the land area is habitually divided according to its use from the forestry point of view into the following four main groups:

I. productive forest land, comprising such firm lands and swamps as in their present state are capable of growing fair wood crops;

II. poorly productive forest land, represented by such swamps, stony and rocky grounds and fjeld and sandy grounds as in their present state are capable of producing only poorly developed, generally smallsized wood;

III. waste land, represented by swamps, stony ground, rocks, fjelds and sandy ground, treeless or covered by a few stunted trees, which, in their present condition at least, are incapable of producing forests;

---

[1]) Eino Saari, Puun käyttö Suomessa. *Summary:* Wood utilization in Suomi (Finland). Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 14. Helsinki 1934.

E. E. Erkkilä, Maaseutuväestön puunkäytön kokonaismäärä ja sen kehitys. *Referat:* Der Gesamtholzverbrauch der Landbevölkerung und seine Entwicklung. Comm. Inst. Forest. Fenn. 32.1 Helsinki 1943.

N. A. Osara, V. Pöntynen, E. E. Erkkilä, Suomen puun käyttö ja metsätase. *Summary:* Wood utilization and forest balance in Finland. Comm. Inst. Forest. Fenn. 36.4. Helsinki 1948.



Fig. 4. Forests and lakes — characteristic of Finland. — Photo E. Vesterinen.

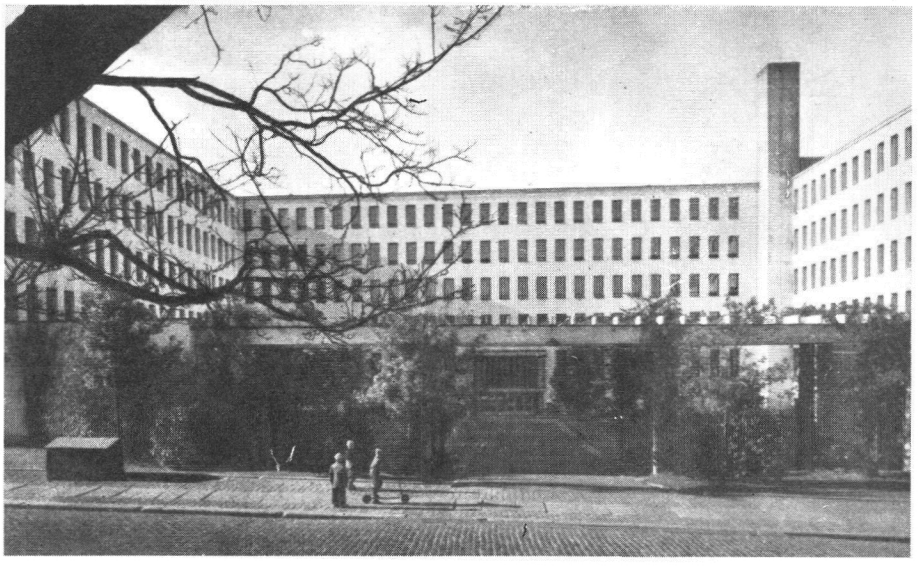


Fig. 5. The forestry education and research building in Helsinki. — Photo P. Kyytinen.



Fig. 6. Natural regeneration is easy in Finland if this advantage is well exploited in felling. — Photo T. Rancken.



Fig. 7. The snow-covered ground renders the transportation of logs comparatively cheap. — Photo E. Vesterinen.

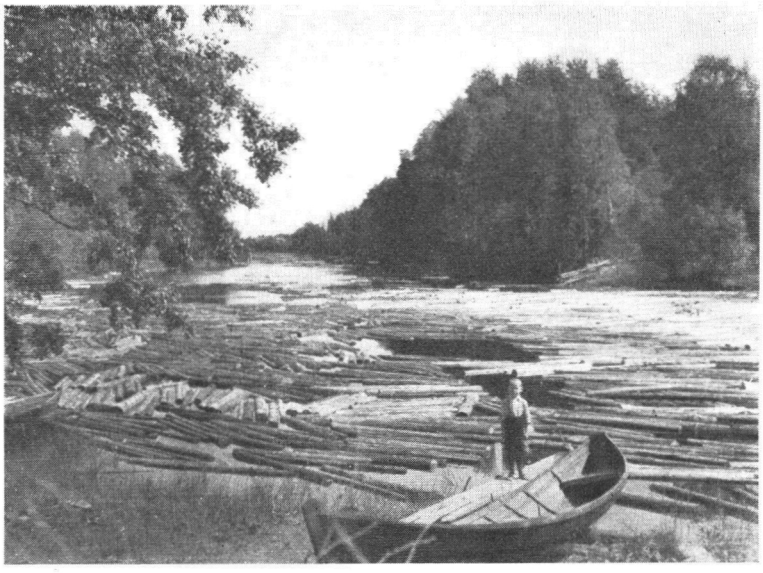


Fig. 8. The water systems comprising about 40 000 km (25 000 miles) of floating channels are an invaluable asset to forestry. — Photo Y. Ilvessalo.



Fig. 9. The forest area can be much enlarged by draining open swamps and the yield increased by draining poorly growing swamps. The drained open Sphagnum swamp in the picture has been afforested by the bordering forest. — Photo E. K. E. Saarinen.



Fig. 10. A line-survey group at work on the National Forest Survey. — Photo Y. Ilvessalo.



Fig. 11. The compass man of a survey group.



Fig. 12. Measurement of the breast height diameter on survey sample plot.

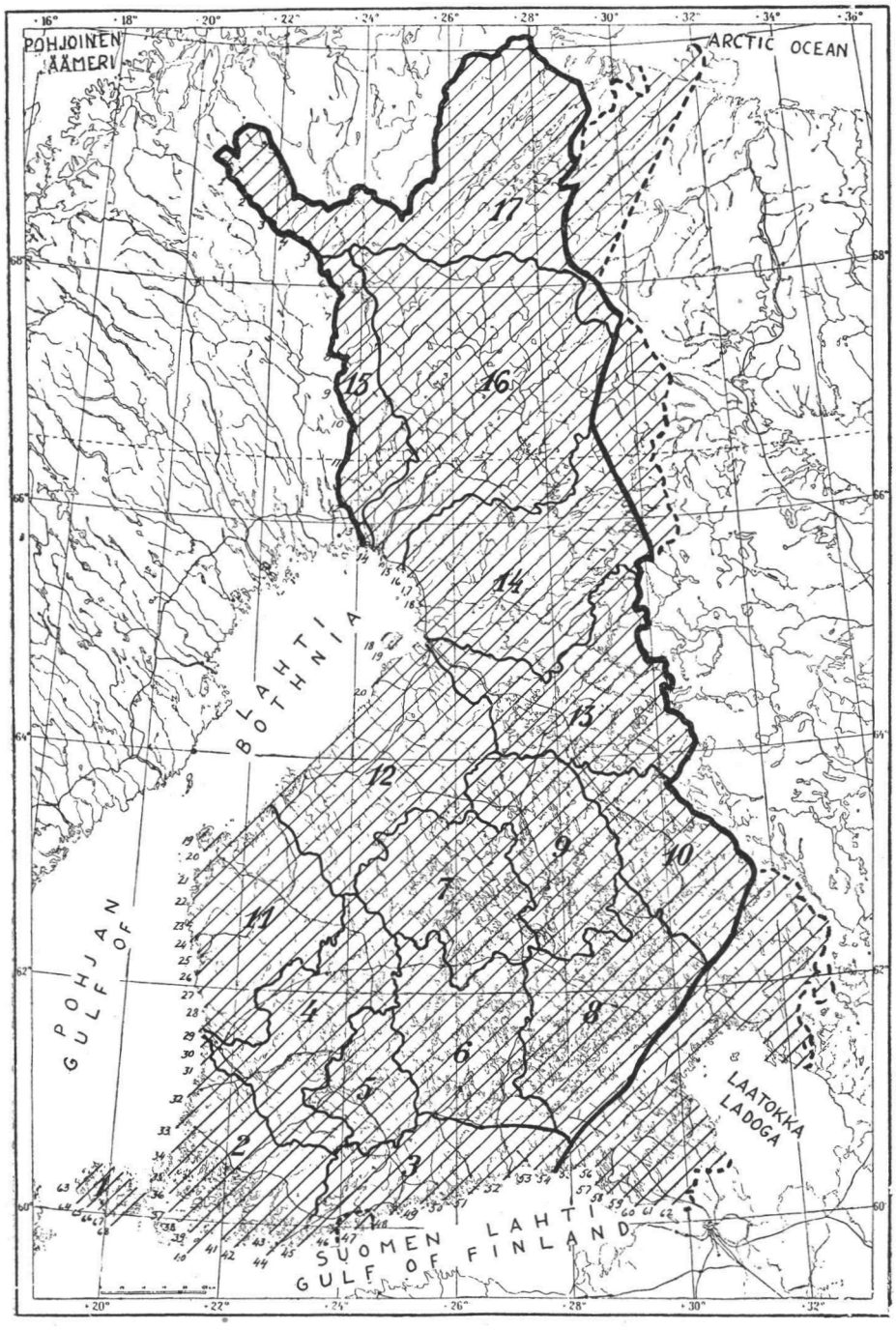


Fig. 13. Survey lines and the main water system areas.

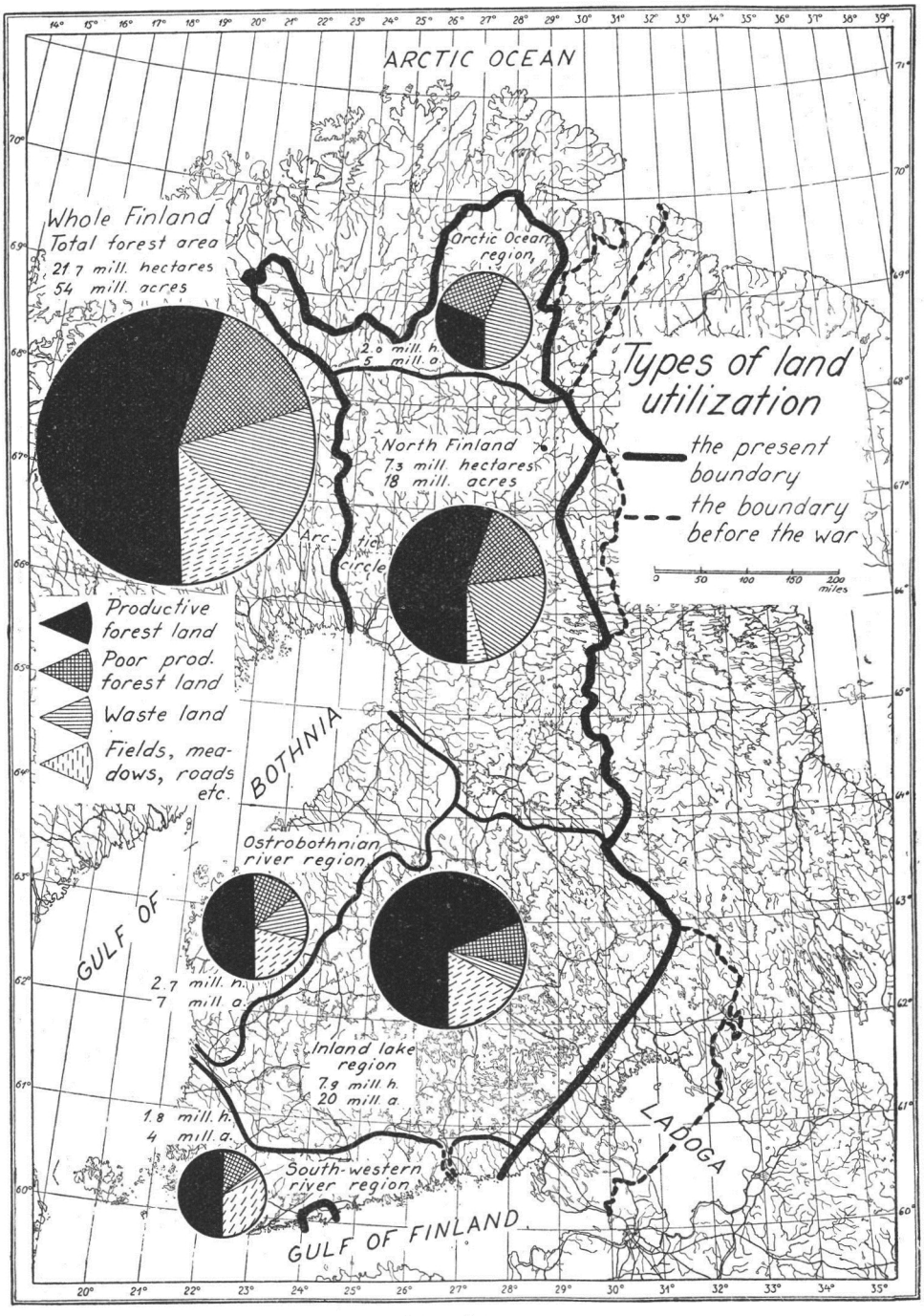

ARCTIC OCEAN
Whole Finland
Total forest area
21.7 mill. hectares
54 mill. acres
Arctic Ocean region,
2.0 mill. h.
5 mill. a.
North Finland
7.3 mill. hectares
18 mill. acres
Arctic circle
Types of land utilization
the present boundary
the boundary before the war
0 50 100 150 200 miles
Productive forest land
Poor prod. forest land
Waste land
Fields, meadows, roads etc.
BOTHNIA
Ostrobothnian river region
GULF OF
2.7 mill. h.
7 mill. a.
Inland lake region
7.9 mill. h.
20 mill. a.
1.8 mill. h.
4 mill. a.
South-western river region
LADOGA
GULF OF FINLAND

Fig. 14.



Fig. 15. The figure shows the method of preparing figures 12—18, 20 and 21. On right side, survey lines divided into 10 km sections are shown and under each section a figure giving the abundance of the matter to be described. In the upper part of the left side each 10 km-section has been shaded to a depth corresponding to the abundance, to half way on both sides of the line. Down on the left approximately similarly darkened sections have been combined into areas which are roughly speaking homogeneous.

IV. cultivated fields, meadows, building plots and roads and, further, parks that by their very nature are clearly distinguishable from the forest proper and, also, power lines, gravel pits etc.

Table 1. Types of land utilisation

	1938 (before the war)		Present-day Finland (since 1944)		
	Mill. hectares	Mill. acres	Mill. hectares	Mill. acres	Per cent
Productive forest land	19.58	48.38	17.08	42.20	56.0
Poorly prod. » »	5.26	13.00	4.58	11.32	15.0
Total forest land	24.84	61.38	21.66	53.52	71.0
Waste land	5.70	14.08	5.00	12.36	16.3
Fields, meadows, roads, etc.	4.31	10.65	3.89	9.61	12.7
Total land area	34.85	86.11	30.55	75.49	100.0

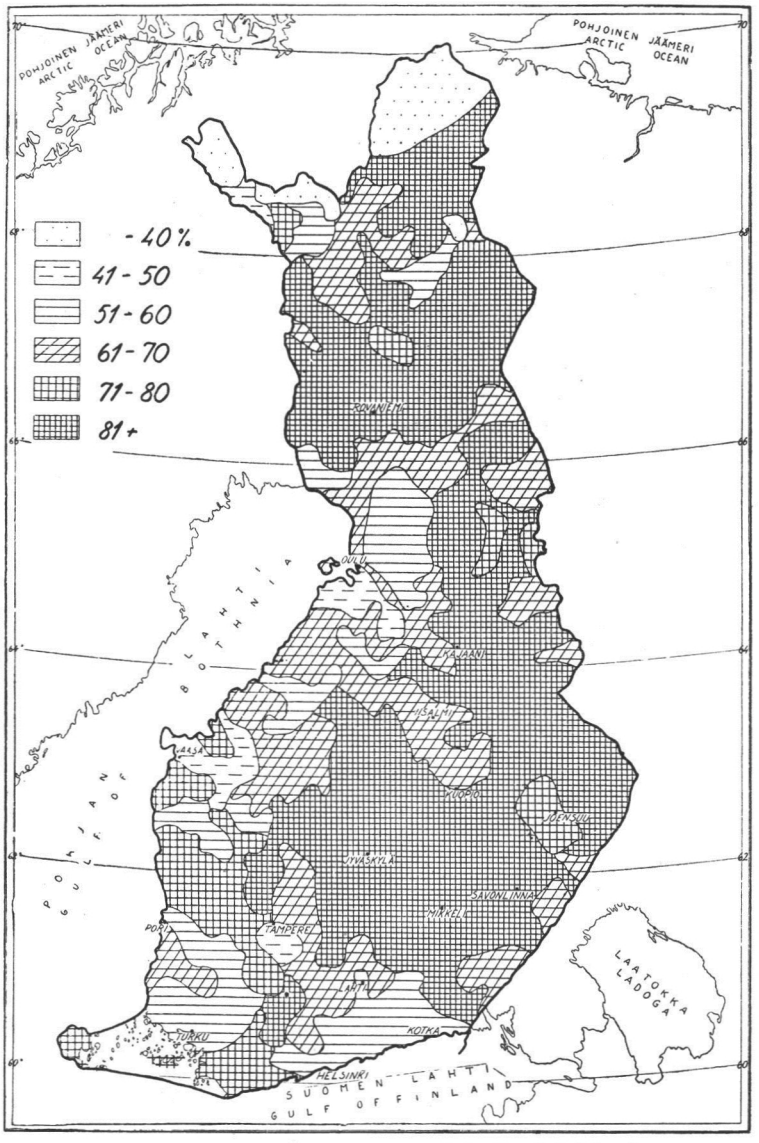


Fig. 16. The proportion of forest land in the total land area.

Of these groups the first two comprise forest land; from group II a considerable part may be transferred to group I by draining swamps fitted for forest growth. Similarly part of the land classed as waste land may by drainage be converted into productive forest land, thereby enlarging group I.

Table 1 shows that by far the greater part of Finland is forest-clad. Next to the vast Soviet Union, Finland owned the largest forest area in Europe before World War II. But the postwar cessions of territory re-

duced the forest area by 3.18 million hectares (7.86 million acres) or by 12.8 per cent. Among the European countries Finland now comes third, 2—3 million hectares behind Sweden.

In Finland the forest percentage (71) is higher than in any other country. Converted so as to be comparable (67 per cent) it is considerably higher than the corresponding percentages for Sweden and Norway which, according to the first National Survey completed in these countries about 1930 were 56 and 23 per cent respectively. In Finland the forest percentage varies greatly in different parts of the country. In the best cultivated southern and western parts it amounts to 50—60 per cent. The same applies to some regions comprising numerous open swamps and to the northernmost fjeld regions. Elsewhere on very extensive areas it exceeds 80 per cent.

The average forest area per inhabitant also indicates the abundance of forests. In Finland the figure for this is 5.1 ha (12.6 acres). Next among the European countries lies Sweden where around 1930 the corresponding figure was 3.6 ha (8.9 acres). At that time it was 2.5 ha (6.2 acres) in Norway while in Central and Western Europe for instance, it was mostly 0.3 ha (0.7 acres).

As a complementary addition it may be mentioned that among the classes of the F. A. O.-questionnaire the total area of Finland is divided as shown by Table 2 — the figures converted so as to comply roughly with the conceptions of the questionnaire.

Table 2. Total area and land area by classes of F. A. O.-question form

	Million hectares	acres	Per cent	
1. Forested lands				
a. productive forest	20.70	51.15	67.8	
b. non » »	0.96	2.37	3.1	
2. Nonforested lands				
a. arable land	2.60	6.43	8.5	
b. meadow, pastures	0.83	2.05	2.7	
c. brush lands	0.58	1.43	1.9	
d. open rocks and fjelds	0.72	1.78	2.4	
e. swamps and bogs	3.70	9.14	12.1	
f. other lands	0.46	1.14	1.5	
3. Total land area	30.55	75.49	100.0	90.6
4. Fresh water area	3.16	7.81		9.4
5. Total area	33.71	83.30		100.0

The distribution of the forest area among the groups of main water system areas is shown in Fig. 14.

The quality of the forest lands varies considerably within the above distinguished groups »productive» and »poorly productive» forest lands.

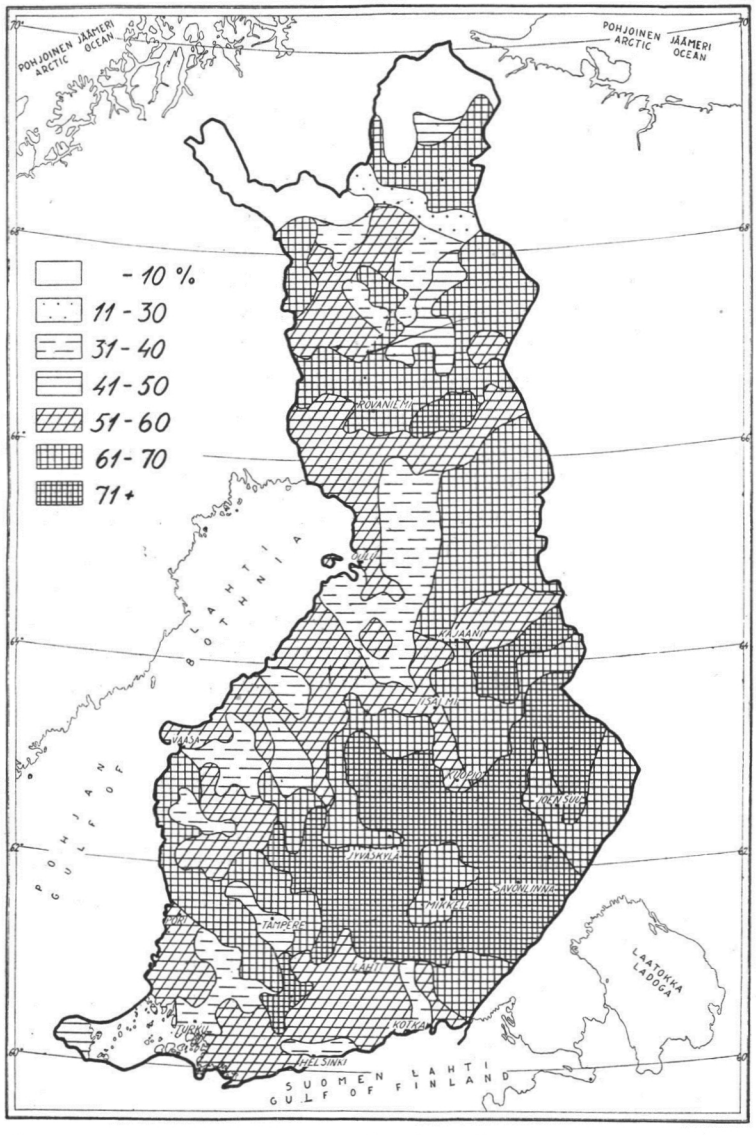


Fig. 17. The proportion of productive forest land in the total area of forest land.

In Finland the productive forest lands are divided into forest site types, according to A. K. CAJANDER's theory of forest types, distinguished from each other mainly on the basis of the ground vegetation. Table 3 shows the Myrtillus *(Vaccinium myrtillus-)* type to be the most common forest site type. This type comprises forest lands somewhat above the average, the growing capacity of which in the naturally normal state is about 5-6 cub.

Table 3. Distribution of the productive forest land into forest site types

	Southern half of Finland, per cent	Northern per cent
Grass-herb types	0.9	0.2
Oxalis-Myrtillus type (OMT)	13.7	1.1
Myrtillus type (MT)	41.4	12.8
Hylocomium-Myrtillus type (HMT)	0.0 [1])	8.7
Vaccinium type (VT)	23.3	4.3
Empetrum-Vaccinium type (EVT)	0.4	13.5
Empetrum-Myrtillus type (EMT)	0.0	25.1
Calluna type (CT)	3.4	3.2
Ericaceae-Cladina type (ErClT)	0.0	14.9
Cladina type (ClT)	0.2	1.0
Productive swamp types	16.7	15.2
Total	100.0	100.0

metres per hectare (70—100 cub. feet per acre) in the southern half of Finland. The only forest lands superior to the Myrtillus type are the grass-herb forests and the Oxalis-Myrtillus (+ in North Finland Geranium-Dryopteris-Myrtillus) type. Average forest land is represented by the Vaccinium

Table 4. Distribution of poorly productive forest land and waste land into sub-classes

Poorly productive forest land				Waste land			
Rock-	Fjeld-grounds	Swamp-	Total per cent	rocks	Open fjelds	swamps	Total per cent
Southern half of Finland							
23.4	—	76.6	100.0	5.6	—	94.4	100.0
Northern half of Finland							
9.5	27.2	63.3	100.0	1.8	27.9	70.3	100.0

(V. vitis idaea) type which next to the Myrtillus type is the commonest forest site type.

The poorly productive forest lands mainly consist of swamps. In Northern Finland, though, the fjelds, and along the south-west coast and in the inland lake regions the rockbound forests too form a considerable group. The waste lands are to an even greater extent made up of swamps. In the northernmost parts of the country, however, the main part of the waste lands consists of open and shrub growing fjelds. In the southern half of the country, again, open rocks are abundant in those very regions where, as was previously mentioned, poorly productive rockbound forests occur more commonly than usual.

[1]) 0.0 means a figure less than 0.1.

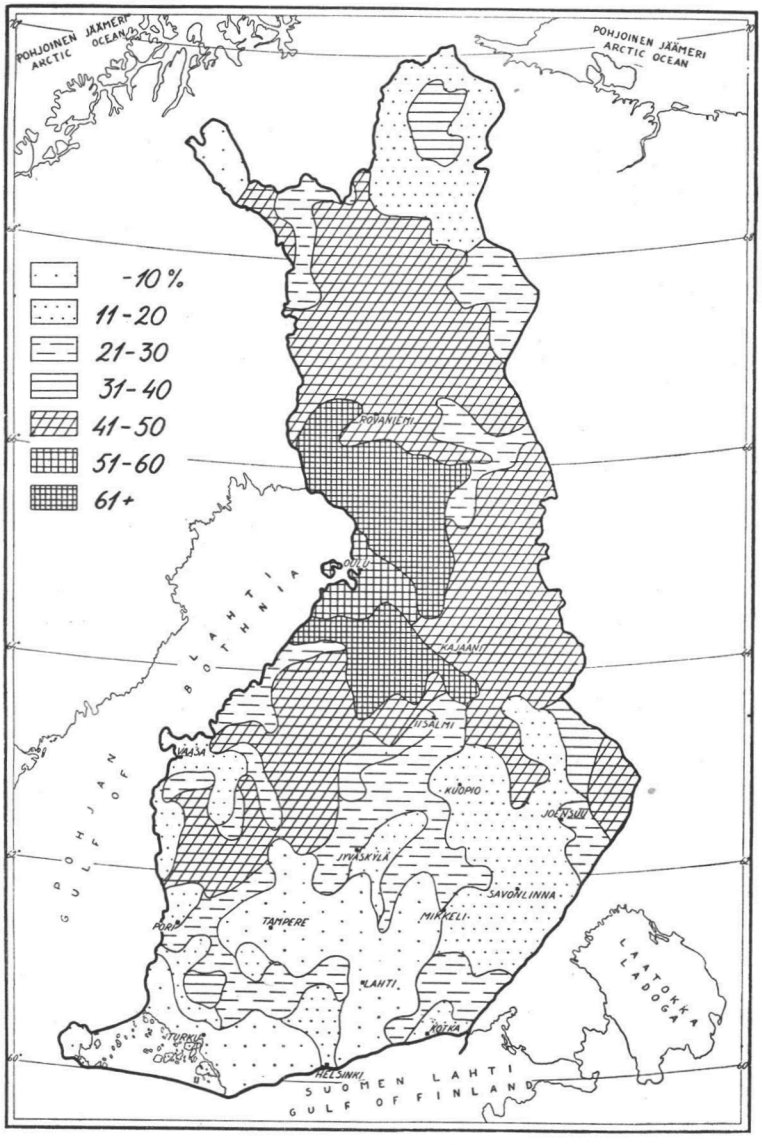


Fig. 18. The proportion of swamps in the total land area.

In Finland the *swamp area* is very extensive. If all lands with a surface bearing even a little bog peat are classed as swamps their area amounts to 10.1 mill. hectares or 33.1 per cent of the total land area. It has been estimated that c. 4 million hectares (about 10 mill. acres) of the swamps are drainable for forest growth and therefore by draining one may considerably improve and increase the area of forest land.

Proportional division of tree species according to area

With regard to species of trees the Finnish forests are poor in comparison with many other countries. But those three species, viz. pine *(Pinus silvestris)*, spruce *(Picea excelsa)* and birch *(Betula alba)* which comprise 97.8 per cent of the country's forest area are useful species and in great demand in the world markets. Pine and spruce are excellent raw materials for the saw milling and prefabricated house industries and for the pulp and paper industries alike. Birch is a most valuable raw material for the plywood, furniture, and bobbin industries.

Considering the northern position of the country there is no reason to complain of the variety of trees in Finland. Besides, the treatment of forests containing a few species of trees only is much simpler than is the case with mixed forests of many species. The monotony of the forests is moreover modified by the occurrence of species such as aspen, gray and black alder and, in the southern parts of the country, to some extent, oak, basswood, elm, ash, maple etc. In addition certain foreign tree species are experimentally grown here and there.

In grouping the forests according to the predominating species, comprising the main share of the growing stock of the stand, one arrives at a division of the forest area into forests dominated by pine, spruce, birch, aspen, and alder and an additional forest area that is clear on account of felling or for some other reason. The pine greatly predominates, the spruce falling considerably behind it. Altogether the forests dominated by coniferous trees cover 81.0 per cent of the forest area. The share of forests dominated by broadleaf-trees is 18.1 per cent. Fairly often, however, forests dominated by coniferous trees are mixed with broadlef-trees and vice versa. Allowing a maximum mixture of 30 per cent the forests may

Table 5. Frequency of principal tree-species

Forests dominated by:	Mill. hectares	Mill. acres	Per cent
Pine	13.17	32.54	53.0
Spruce	6.95	17.18	28.0
Total conifers	20.12	49.72	81.0
Birch	4.17	10.30	16.8
Alder	0.30	0.74	1.2
Aspen	0.03	0.07	0.1
Total broadleaf-trees	4.50	11.11	18.1
Clear areas	0.22	0.55	0.9
Grand total	24.84	61.38	100.0

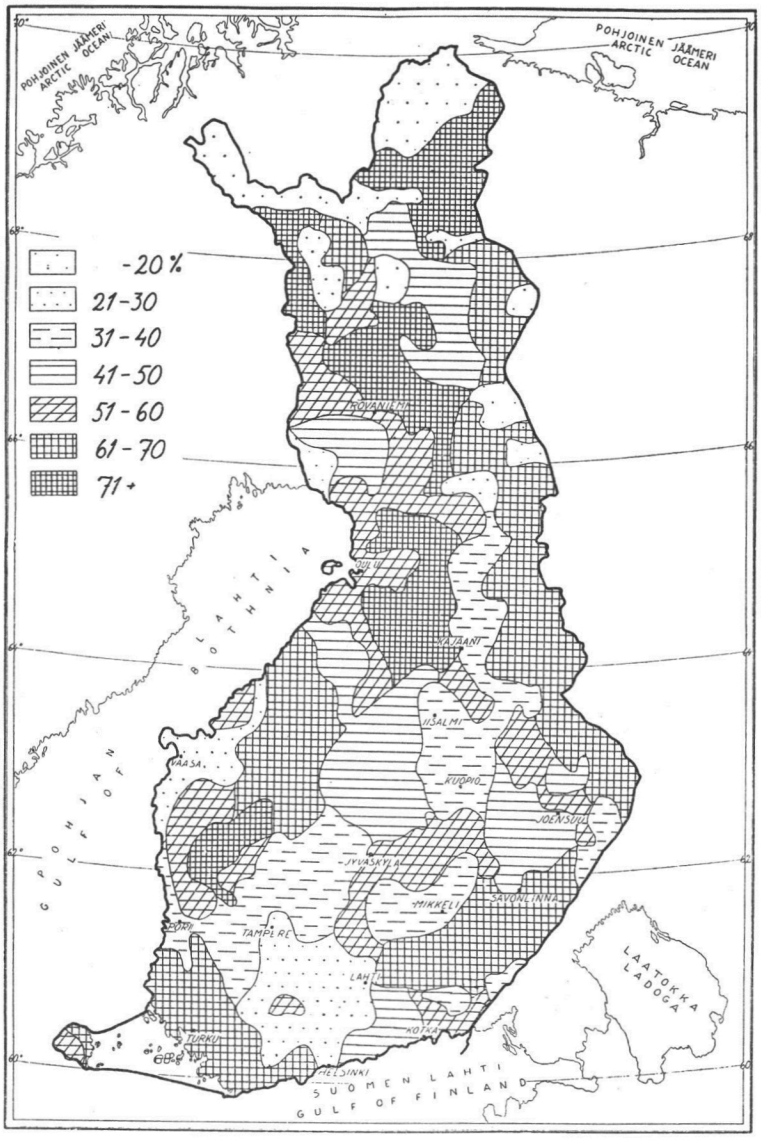


Fig. 19. The proportion of forests dominated by *pine* in the total area of forest land.

be grouped into the following principal groups according to the predominating species:

coniferous (softwood) forests	...	14.90	mill.	hectares	(	36.82	mill.	acres)
broad-leaved (hardwood)	» ...	3.73	»	»	(	9.22	»	»)
mixedwood	» ...	2.07	»	»	(	5.11	»	»)

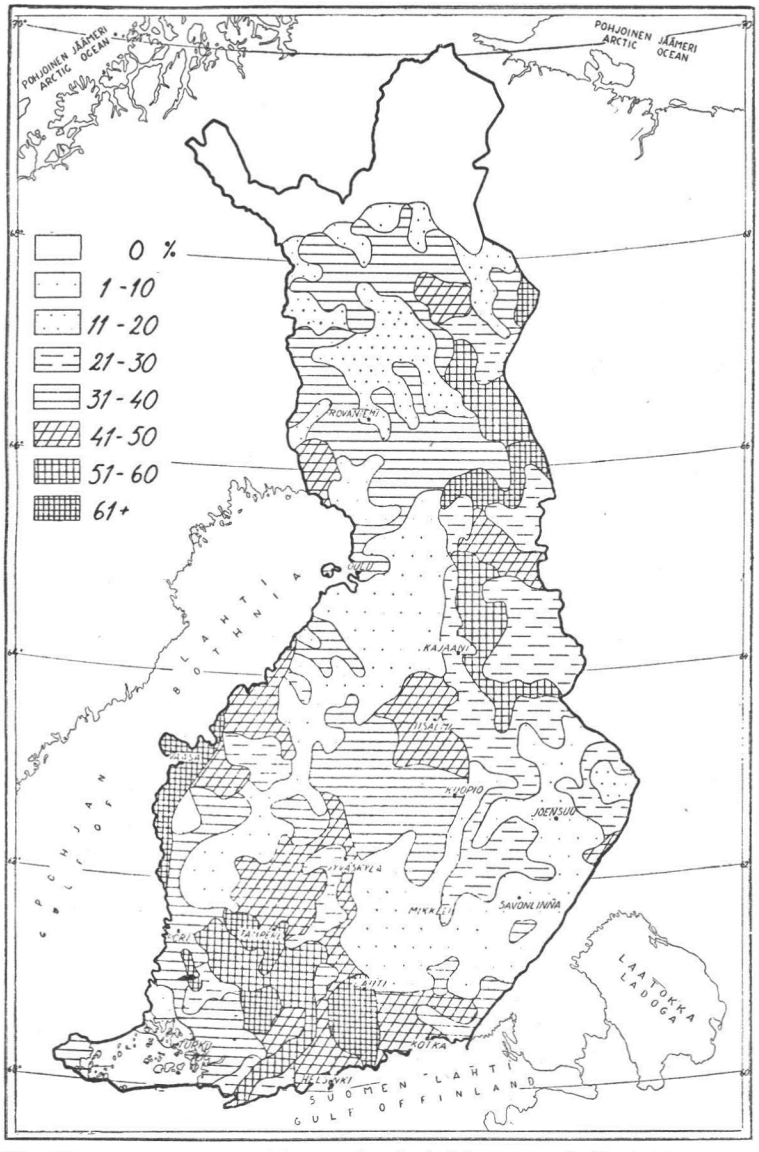


Fig. 20. The proportion of forests dominated by *spruce* in the total area of forest land.

In the composition of tree species a notable change took place during the 15-year period lying between the first and second National Survey of the forests: the spruce-dominated forests increased at the cost of pine, grey alder and clear areas. This is mainly due to spruce undergrowth liberation and to the fact that spruce has in general been favoured in fellings and, further, to the great increase in the artificial reproduction of spruce.

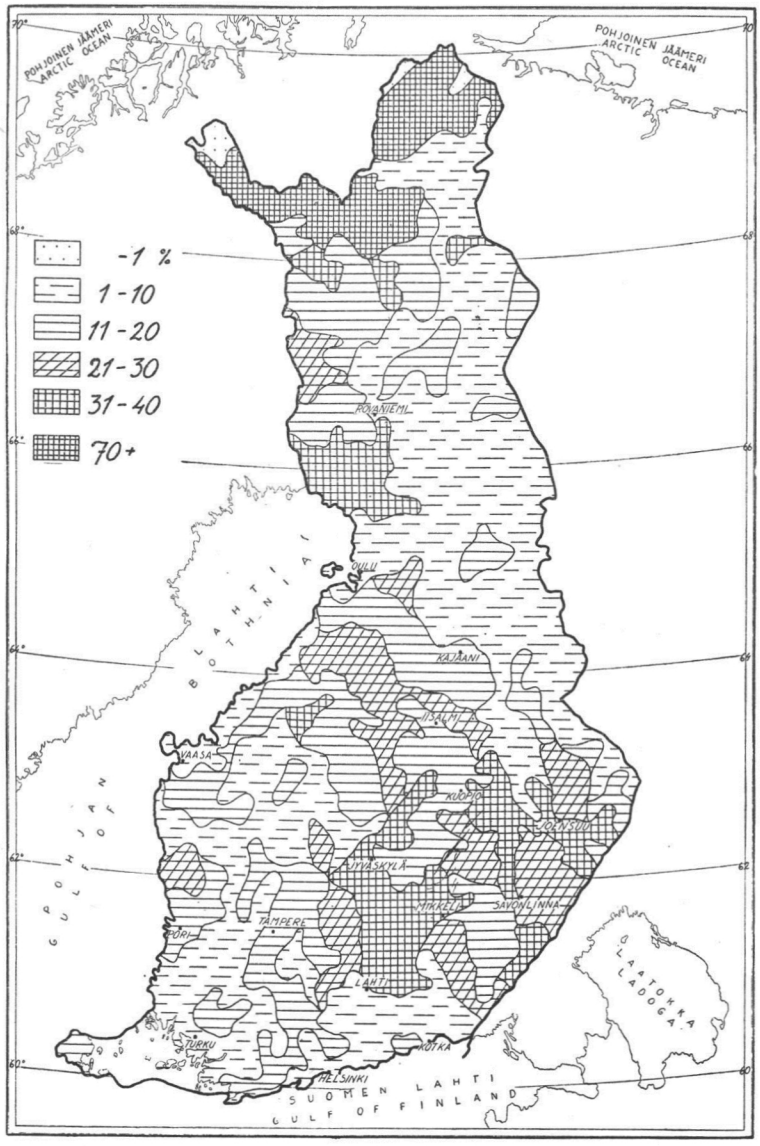


Fig. 21. The proportion of forests dominated by *birch* in the total area of forest land. (The area 70 + % in the North is fjeld birch).

This had been the object of energetic efforts ever since the rapidly expanding paper industry started demanding more spruce for raw material and one began to worry about sufficient supply. The forests predominated by spruce having increased in the whole country by 13 per cent, the result, even in as short a time as 15 years, must be considered very remarkable.

As to the future development of the proportions of the tree species and the need for such a development one can hardly say much. It is impossible to know beforehand what the manufacturing possibilities and the price relations of various species will be in the future. But if the chief stress is laid upon biological conditions and the yield capacity on different soils, the recent development in favour of spruce should still to some extent be continued in Southern Finland. In North Finland, on the other hand, where the forest soil is generally of a barren character, the development should be directed towards a strong increase of pine.

Age conditions of the forests

In a description of the forests the age conditions are significant both from a biological and an economical point of view. Owing to the geographical location and the more barren forest soils the development of the forests in the northern half of Finland is much slower than in the southern half even to such a degree that the northern forest requires nearly twice as much time as the forests in Southern Finland to reach exploitability, based on the size of the trees.

In the southern half of the country forests that have developed since 1850 are by far predominating. They are chiefly middle-aged or approaching the felling age, the rather young ones, too, forming a considerable part whereas the fully mature forests and the very young ones, belonging to the seedling age, are scantily represented. In the northern half of the country the age conditions are quite different. There close to 70 per cent of the forests have arisen before 1850 and half of the forest area, at least, may be considered as fully mature.

Table 6. Origin of the forests

(Per cent of productive forest land area)

	Origin before 1730	1730—1800	1800—1850	1850—1900	1900—
Southern Finland	—	1	11	63	25 %
Northern Finland	7	30	31	26	6 »

The age conditions in the southern half of the country have been strongly influenced by the burning of forests for cropping purposes, a practice that was still very widespread in the last century but which was completely abandoned with the beginning of the present century. Owing to the relatively small value of the forests, the young and weaker ones particularly were burnt for cropping, from the burnt-over area a few crops were taken and after this it was left to reforestation once more.

The forests that grew up on these areas were mostly fine, even-aged pine and birch forests. In later times felling has strongly influenced the development of the forests. Since, to a very great extent, felling has consisted of selection cutting the seedling stands often have not had space enough to develop and consequently the seedling stand areas are scarce.

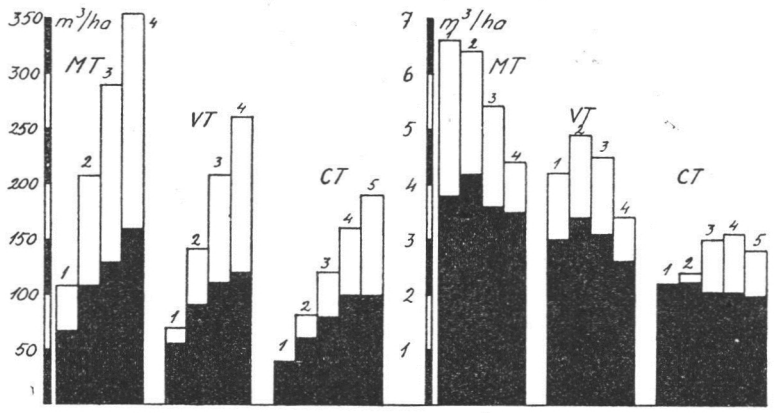
In the northern half of the country the age conditions of the forests have been strongly affected by the frequent forest fires in earlier times. In later times, again, these forests have been sparingly cut and left to age on account of their remoteness. Of late, however, the fellings in these regions have increased to such an extent that, during the 15-year period between the first and second National Survey, the proportion of forests over 160 years of age was reduced by nearly half.

In general it might be said that the age conditions of the forests deviate greatly from the normal age-class distribution according to which each age-class should be more or less equally represented right up to normal felling age. Nowadays, when, in order to meet the great demand for wood and maintain the country's economy, the fellings have to exceed the normal amount it is an advantage firstly, that in Northern Finland the old age-classes are plentiful and, secondly, that in Southern Finland the forests approaching felling age form a strong reserve which, in case of need, may be resorted to thereby saving forests in their best growth from too severe thinning.

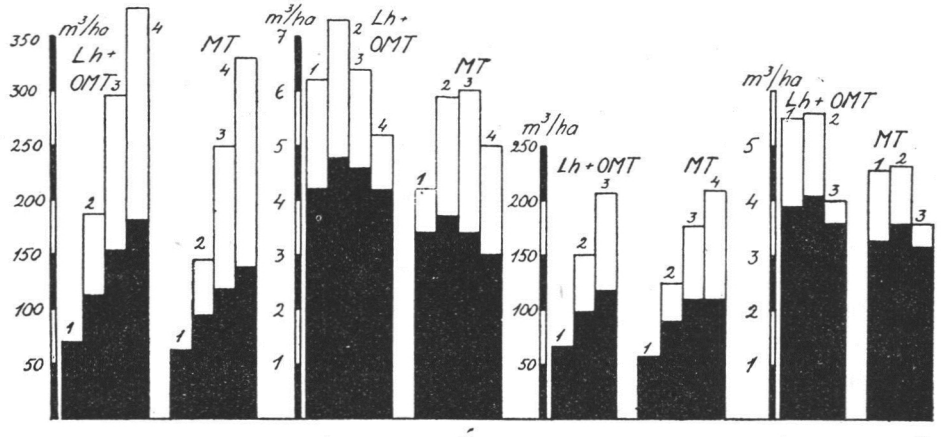
Growing stock of the forests

Toward the end of the last century the general opinion on the growing stock of the Finnish forests was that owing to burning over for cropping, forest fires and felling it was continually decreasing. Indeed, from these causes the growing stock of the forests had grown very weak in many regions and as these were mostly situated close to populated places too farreaching conclusions were drawn. With the present century the burning for cropping has ceased and compared with earlier times the forest fires have been fairly limited. Felling, on the other hand, has greatly increased, owing to the growth of the population and the very strong development of the woodworking industry, leading in their turn to consumption of the growing stock.

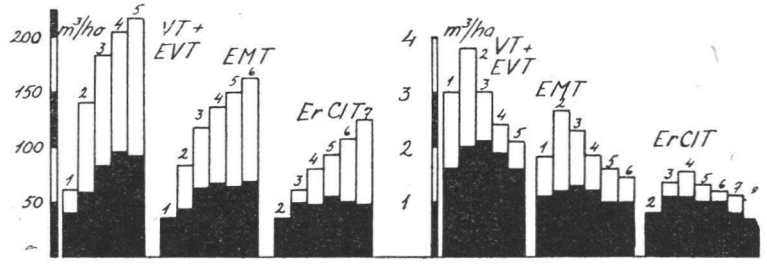
Not until the first National Survey in 1921—1924 was a reliable description obtained as to the volume and structure of the growing stock of the forests. The subsequent development of the growing stock was demonstrated by the results of the second National Survey of the forests in 1936—1938. When, in the following, the growing stock is examined on the basis of these investigations, by »growing stock» is meant only the living stock of the forests, trees dried out on the stump and windfalls,



Mean volume Average annual growth
Forests dominated by pine in southern half of Finland



Mean volume Average growth Mean volume Average growth
Forests dominated by spruce Forests dominated by birch
Southern half of Finland



Mean volume Average annual growth
Forests dominated by pine in Northern Finland

Fig. 22. Mean volume and average annual growth of the present-day forests (black part of the column) as compared with moderately defined mean volume and growth of naturally normal — fully-stocked but unthinned — forests (whole column).
Concerning the signs of forest types MT, VT etc. see table 3 (Lh = grass – herb types). The figures above the columns indicate age-classes: 1 = 21—40 years, 2 = 41—60, 3 = 61—80, 4 = 81—100, 5 = 101—120, 6 = 121—160, 7 = 161—200 and 8 = over 200 years.

the volume of which was calculated at 56.4 million m^3 (1992 cub. feet), having been excluded. The trees of true — generally thinly stocked — parks and building plots and the insignificant growing stock of waste lands have likewise been left out of the calculations.

The mean volume

For the purpose of calculating the growing stock the mean volume, i. e. the volume of the growing stock on an average per hectare (acre), has first been estimated. Such averages have been calculated on productive, poorly productive and total forest land as well as on various forest site types, various species of trees and various age-classes.

In the forests of the whole country the mean volume, including bark, averages 63.2 cub. m. per hectare (903 cub. feet per acre). Owing to variations in geographical location, quality of forest soil, age, density and treatment of the forests the mean volume varies considerably in different parts of the country (Fig. 23). The highest mean volume, 98.2 cub. m./ha (1 403 cbf per acre), is found in one of the main water system areas in Central Finland and the lowest one, 30.0 cub. m./ha (429 cbf per acre), in the northernmost part of the country, in the area of the waters flowing into the Arctic Ocean.

Taking forest land according to the conception appearing in the first Swedish and Norwegian national forest surveys, completed around 1930, the following comparable figures of the mean volume excluding bark are obtained: present-day Finland 58.4, Sweden 59.1 and Norway 41.4 cub. m./ha (835, 845 and 592 cbf per acre). The figure for Norway will probably rise in the second survey just going on.

In general, the mean volume of the Finnish forests is much lower than it could be if the forests were fully stocked and properly taken care of[1]). In farm forests, particularly, the growing stock is already at a fairly young age exposed to such heavy felling that with advancing age the increase of the growing stock is very slow. In the commonest forest type of Southern Finland, the Myrtillus type, for instance, the development of the mean volume of pine forests, taken as an average, is as follows:

age-class	21—40	41—60	61—80	81—100 years
mean volume	68	107	129	160 cub. m./hectare
» »	972	1 529	1 844	2 287 cbf/acre

The annual growth of this forest type being c. 3.5—4 cub.m./ha (50—60 cbf/acre) a very small part of it is left to increase the growing stock. By rational silviculture much improvement could be brought about in such a way as to increase the growing stock and thereby the yield while at

[1]) The figures on p. 27 show the difference between the present stands and the naturally normal stands according to the Finnish yield tables prepared for the last mentioned.

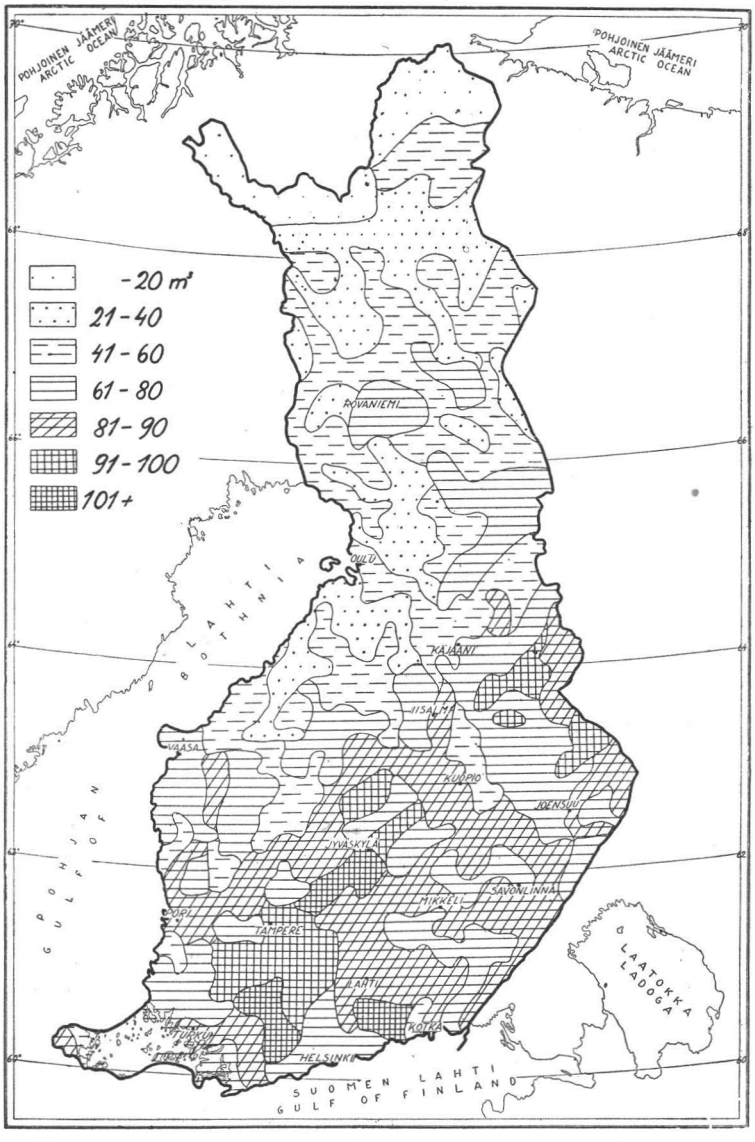


Fig. 23. Growing stock of the forests on an average per hectare of forest land, cbm/hectare, including bark.

the same time great quantities of wood for consumption could be obtained already during the growing period of the forests.

The total growing stock

As appears from Table 7, the total growing stock of the forests of present-day Finland is 1 370 million cub. metres (48 384 million cub.

feet) inclusive and 1 149 million cub. metres (40 580 million cbf) exclusive of bark. If the trees of parks, building sites and waste land are included the growing stock amounts to 1 159 million cub. m. (40 932 million cub. feet) excluding bark.

The pre-war growing stock amounting to 1 560 million cub. metres (55 094 million cbf) and that of post-war Finland being only 1 370 million cub. metres (48 384 million cbf) the loss caused by the war amounts to 190 mill. cub. metres (6 710 million cbf). The difference between the 1st and the 2nd survey, in 1921—1924 and 1936—1938, respectively, was mainly due to c. 300 000 hectares (741 300 acres) of the forest area having been cleared for cultivation or transformed into roads or building plots.

Table 7. Growing stock of the forests

(Including bark)

Species of tree	1922	1938	Present-day Finland (since 1944)			
	Mill. cbm.	Mill. cbm.	Mill. cub. m.	Mill. cub. feet	Per cent	Saw logs Mill. cub. feet
Pine	777	706	624	22 038	45.5	4 853
Spruce	481	503	441	15 575	32.2	2 201
Birch	290	295	257	9 076	18.8	417
Aspen	21	29	26	918	1.9	
Alder	19	27	22	777	1.6	
Total	1 588	1 560	1 370	48 384	100.0	7 471

Since the war the growing stock of the Finnish forests is smaller than that of the forests of Sweden, according to the survey completed around 1930 (1 417 million cub. m.), but it still considerably exceeds the then growing stock of Norway (320 million cub. m.). The population of Finland being considerably smaller than that of Sweden, Finland still has the greatest growing stock per inhabitant, 305 cub. m. (10 772 cbf) excluding bark, among these three northern countries and similarly among all the European countries. In 1930 the corresponding figure for Sweden was 232 cub. m. (8 193 cbf) and for Norway 113 cub. m. (3 991 cbf).

As the forests dominated by pine form the great majority, nearly half the growing stock consists of pine. Next comes spruce and birch lies third but far behind spruce. Other tree species represent altogether only a mere 3.5 per cent. During the 15-year period falling between the 1st and the 2nd survey the proportion of pine was reduced while that of spruce considerably increased, a development parallelled by that of the area, as mentioned before.

The division of the growing stock into age classes illustrates on broad lines the amounts of the growing stock of the mature forests to be treated with regeneration cuttings and that of the younger, vigorous forests to

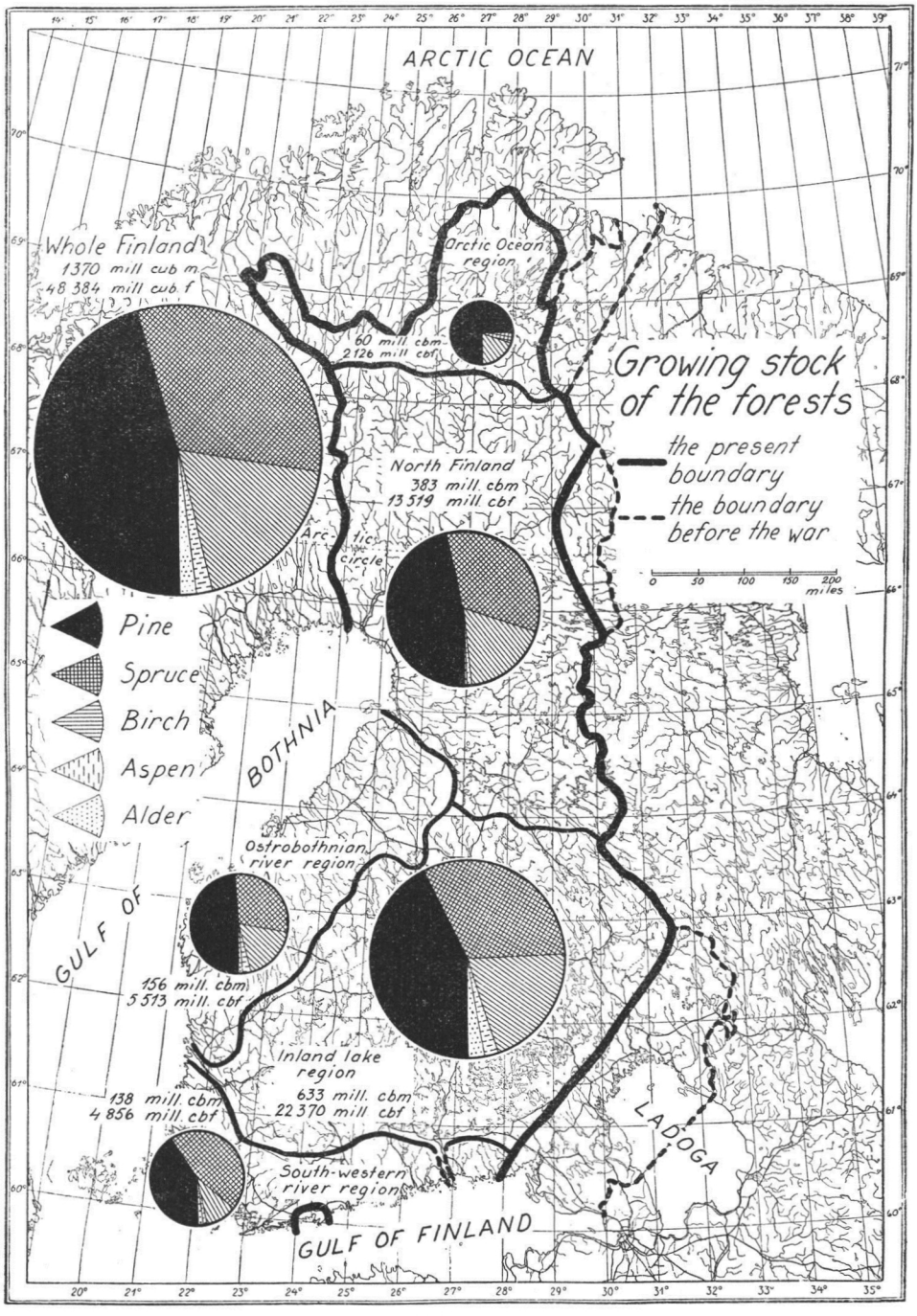

ARCTIC OCEAN
Whole Finland
1370 mill cub m
48 384 mill cub f
Arctic Ocean region
60 mill cbm
2126 mill cbf
Growing stock of the forests
the present boundary
the boundary before the war
0 50 100 150 200 miles
North Finland
383 mill. cbm
13519 mill cbf
Arc-tic circle
Pine
Spruce
Birch
Aspen
Alder
BOTHNIA
Ostrobothnian river region
GULF OF
156 mill. cbm
5513 mill. cbf
Inland lake region
633 mill. cbm
22370 mill cbf
138 mill. cbm
4856 mill. cbf
South-western river region
LADOGA
GULF OF FINLAND

Fig. 24.

be treated by thinning. In this respect the southern and northern halves of the country differ sharply from each other. In the former the chief stress is very clearly laid upon the forests to be treated by thinning and

Table 8. Distribution of the growing stock into age classes

	Age-class (in 1938), years:						
—20	21—40	41—60	61—80	81—100	101—120	121—160	161 +
Southern half of Finland							
1.7	13.2	38.1	29.9	11.5	3.5	1.6	0.5 %
Northern half of Finland							
0.7	1.9	5.3	16.4	18.8	14.1	21.0	21.8 %

interlucation whereas in the North even the older forests in need of speedy regeneration cuttings, contain a fairly large proportion of the growing stock even though the difference in regard to age-class conception is considered.

The structure of the growing stock is illustrated by its division into diameter classes better than by the distribution among the age-classes. Adopting 20 cm (= c. 8 inches) at breast height as diameter limit between small trees and large (timber) trees the result is that 60.5 per cent of the growing stock of the forests consists of small trees and 39.5 per cent of large (timber) trees. In North Finland — where a large part of the State forests have been spared on account of their remoteness — the proportion differs greatly from that in the southern half of the country, as indicated in Table 9.

Table 9. Distribution of the growing stock into D. bh-classes

D. bh-class, cm:	—10	10.1—15	15.1—20	20.1—25	25.1—30	30 +	Total
Southern half	15.2	23.0	26.1	20.5	9.8	5.4	100.0 %
Northern »	11.7	19.7	21.2	18.5	13.8	15.1	100.0 »
The whole country	14.1	21.9	24.5	19.9	11.1	8.5	100.0 %

Of late the growing stock of large timber has decreased whereas that of small trees shows an increase. The consequence has been that the sawmill industry which requires large timber for raw material has not expanded any further whereas the pulp and paper industries, being content with small-sized raw wood, expanded and developed enormously before the war.

The structure of the growing stock of large timber is further illustrated by the amount of logs suited for raw material which it contains. The minimum size for saw logs has been put at 18′×6″ and that for veneer logs at 18′×7″ (in exceptional cases until 14′×7″). The log volume per hectare is on productive forest lands 429 cub. feet and the total log volume 7 471 mill. cub. feet; pine 4 853 mill., spruce 2 201 and birch 417 mill. cub. feet.

Annual growth of the forests

The growth is usually studied on the basis of the growth of the trees during the last 5 or 10 years and it is assumed that the result obtained indicates the extent of the further growth during the year of investigation and later. This is, however, not always the case, for the growth varies owing to climatic conditions and the treatment of the forests, as well as from year to year and periodically. The second National Survey of the Finnish forests was carried out principally on the basis of the growth for the 10-year period, 1927—1936, preceding the survey. The results are given below in accordance with this, but at the end the results are examined in the light of the variations of the growth.

Table 10. Growth per cent of the forests

(Excluding bark)

Pine	Spruce	Birch	Aspen	Alder	Average
Southern half of Finland					
3.8	4.2	4.5	4.1	6.6	4.2 %
Northern half of Finland					
2.2	2.2	2.7	2.7	(4.3)	2.3 %

The mean annual growth

On the average for the whole country the current annual volume of growth, or the mean annual growth, is 1.88 cub. m./ha (26.9 cub. feet per acre), without bark. This is equivalent to an average growth of 3.8 %.

Table 11. Annual growth of the forests

(Excluding bark)

Species of tree	1922 Mill. cbm.	1938 Mill. cbm.	Present-day Finland (since 1944) Mill. cub. m.	Mill. cub. feet	Per cent
Pine	20.5	19.1	17.1	604	41.9
Spruce	12.8	14.8	13.4	473	32.8
Birch	9.9	9.6	8.4	297	20.6
Aspen	0.7	0.9	0.8	28	2.0
Alder	1.4	1.3	1.1	39	2.7
Total	45.3	45.7	40.8	1 441	100.0

The mean annual growth varies very much in different parts of the country, from 4 cub. m./ha (57 cbf/acre) in the best areas to about 0.5 cub. m. (15—20 cbf) in the northernmost forests. Similarly, the volume growth percentage varies between 5.1—1.9. For the sake of comparison it may be mentioned that, as comparable figures, the mean annual growth is 1.95 cub. m./ha in Finland, 1.99 in Sweden and 1.35 in Norway (27.8, 28.4 and 19.3 cbf/acre).

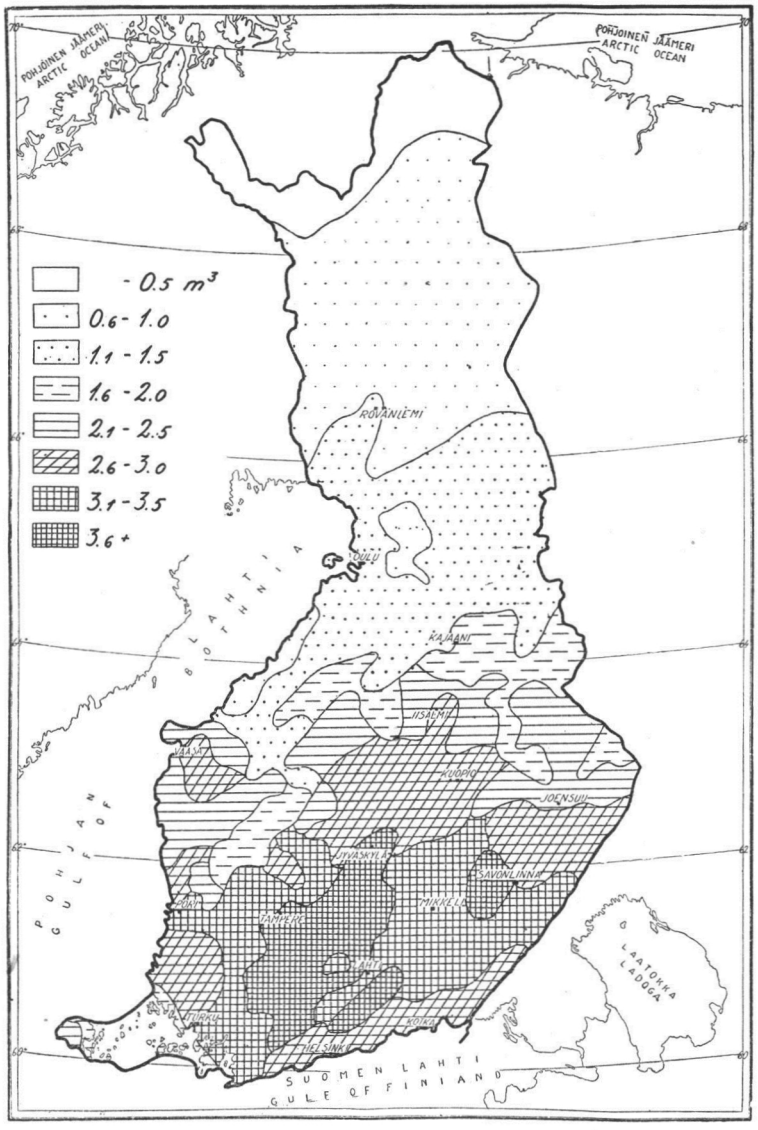


Fig. 25. Annual growth of the forests on an average per hectare of forest land, cbm/hectare, excluding bark.

On the average per inhabitant the annual growth in Finland is 10.7 cub. m. (378 cbf). In Sweden according to the 1st forest inventory it was considerably less, or 275 cbf, and in Norway 124 cbf. In other European countries the growth figure is lower: in Central and Western Europe and the Mediterranean countries in general below 1 cub. m. (below 35 cbf) and in many countries even below 0.5 cub. m. (below 17.5 cbf).

The total annual growth

The total annual growth of the forests in present-day Finland, calculated on the basis of the results of the survey, is 40.8 million cub. metres (1 441 million cbf), without bark. It will be seen in Table 11 that the growth is 4.9 million cub. m. (173 million cbf) less than before the war, so that the cession of territory due to the war caused a reduction of 10.8 % in the extent of the annual growth. The annual growth during the interval of 15 years between the first and second National Surveys of the forests remained more or less unaltered, though the rapidly developing woodworking industry required raw materials on a constantly increasing scale. For the sake of comparison it should be stated that the annual growth of the Swedish forests was 46.7 million cub. m. (1 649 million cbf) according to a survey completed about 1930 and of the Norwegian forests 9.9 million cub. m. (350 million cbf).

Just as the proportion of pine in the forest area and growing stock is much higher than that of spruce, its proportion in the annual growth is also appreciably higher than that of spruce or other species of trees. The difference is, however, not nearly so great as regards the annual growth owing to the forests dominated by pine occurring on forest soils that are poorer than the average and consequently less able to support growth than the forest soils of other species.

During the 15 years that elapsed between the first and second National Surveys there was no change worth mentioning in the extent of the annual growth of broadleaf-trees, but in the growth of pine and spruce, on the contrary, a considerable change is seen in Table 11. The growth of pine fell off by 1.4 million cub. m. (49 million cbf) or 6.8 %, while the growth of spruce increased by 2.0 million cub. m. (71 million cbf) or 15.6 %. This difference might be explained as being due to the area of forests dominated by pine having been reduced and the area of forests dominated by spruce having increased, but investigations into the periodic variations of the growth, made in connection with the National Survey and based on the microscopic measurements of the increment core of several thousands of trees, shed a fresh light on the subject which deserves a brief reference as having to be taken into consideration in growth studies.

The 10-year period 1913—1922, which formed the basis of the growth studies of the first survey, was, as regards the radial growth of pine, a period of growth about 10 % larger than the normal course of growth would have called for. The period of growth studies of the second survey, 1927—1936, was, on the other hand, more unfavourable, being at its highest in accordance with the normal course of growth. This general divergence in the level of growth, which is thought to be due principally to the climatic conditions — perhaps chiefly to the thickness of the soil

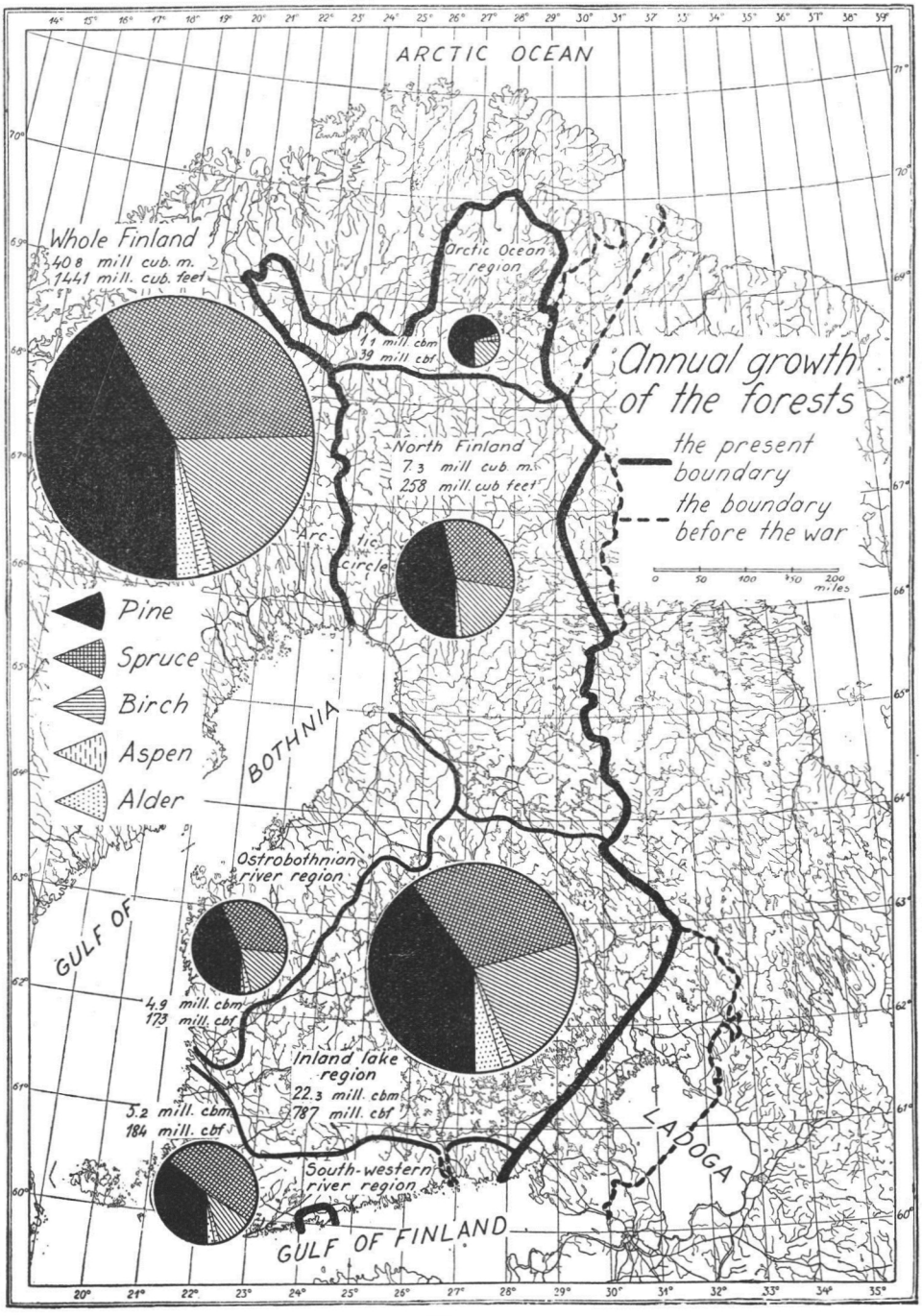

ARCTIC OCEAN
Whole Finland
40.8 mill cub. m.
1441 mill. cub. feet
Arctic Ocean region
1.1 mill cbm
39 mill cbf
North Finland
7.3 mill cub m.
258 mill. cub feet
Arc- tic circle
Annual growth of the forests
the present boundary
the boundary before the war
0 50 100 150 200 miles
Pine
Spruce
Birch
Aspen
Alder
BOTHNIA
Ostrobothnian river region
GULF OF
4.9 mill. cbm
173 mill. cbf
Inland lake region
22.3 mill. cbm
787 mill. cbf
5.2 mill. cbm
184 mill. cbf
South-western river region
LADOGA
GULF OF FINLAND

Fig. 26.

ice and its rapid thawing — covers the aforesaid difference of 6.8 % in the growth of pine.

On the basis of this result it may be concluded that, if such a large variation had not occurred in the course of the growth of pine, the growth in the second survey would probably have been half a million more than in the first survey in spite of the forest area dominated by pine decreasing during that time by close on 10 %. This can hardly be explained otherwise than that, between the two surveys, noticeably improved silviculture in combination with the fair increase in the young age-classes of pine influenced the growth of pine in an upward direction.

The increase of 2.0 million cub. m (71 million cbf) in the growth of spruce already referred to has been explained as being due to the increase in the area of spruce in consequence of energetic propaganda, the improvement in silviculture and the increase in the young age-classes of spruce. Studies of the variation of the growth showed that the years — 1913—1922 and 1927—1936 — to which the growth studies on spruce mainly referred were, in the main, of the normal course in both the surveys. On the basis of this it could be considered certain that the increase of about 16 % in the growth of spruce, obtained in the second survey, was not due to the variation in growth, but must in reality be the result of the spruce-favouring silvicultural activities carried out.

Probable reliability of the results regarding the forest area, the growing stock and the annual growth

Results presented above regarding the forest area, the growing stock and the annual growth have been checked by statistical analysis. The methods adopted have been explained in the second and the last publications mentioned in the introduction. They are, of course, restricted to showing the possible errors caused by the distance between the lines.

These calculations seem to confirm that an accuracy of up to one per cent or better has been attained in respect of the principal results for the whole country. In each of the seventeen main watershed areas separately treated in the calculations an accuracy not inferior to 2—5 per cent was probably reached.

As an example, the following results, for the whole country, with their standard errors, may be mentioned: forest percentage 71.1 ± 0.31; mean volume of the growing stock per hectare 63.2 ± 0.29 m^3; mean annual growth per hectare 1.88 ± 0.007 m^3.

The standard errors are relatively low in spite of the distance between the survey lines being as large as 13 kilometres. This is evidently caused by the flatness of the major part of the country and, depending on that

fact, the lesser variations in the forests than in a country where differences in altitude are large.

Treatment and silvicultural condition of the forests

An important task in the Finnish National Forest Survey has been to obtain light on the weak aspects of the treatment of the forests, and on the question of what — in consequence of these — the silvicultural condition of the forests is, and by what measures we ought to try to bring about improvement in this very important respect.

The treatment of the forests during the 10-year period preceding the survey

The examination of the recent treatment of the forests referred to the 10-year period before the survey, i. e., 1927—1936. By combining into large groups the measures of treatment that approximated each other, the area of productive forest land could be classified during the 10-year period investigated in the manner shown in Table 12. The totals of average annual figures are obtained by dividing the figures presented in the table in parentheses by 10.

In the northern half of Finland about three-quarters, and in the southern half approximately half of the forests formed a category in which the 10-year period investigated had probably passed without any measures having been adopted in them. At all events no traces of these could be seen. This does not mean that in all these cases the forest was untouched natural forest, for before the 10-year period conserned there may have been any amount of felling and other measures.

In the other forests the most general method of treatment consisted of t h i n n i n g or i n t e r l u c a t i o n. This method of treatment was especially prevalent in the southern part of the country, where the age-classes requiring such cuttings predominated greatly. In the northern half these age-classes are scarcer and in many places thinning was economically unprofitable in view of the absence of demand for small wood.

Of the r e g e n e r a t i o n f e l l i n g s which refer to about $^1/_{10}$ of the area of productive forest land, cuttings in the nature of different kinds of selection were the most general (60 %). This was by no means correct from the point of view of rational silviculture, because pine- and birch-dominated forests that are generally rather ill-suited for such felling methods represent approximately $^2/_3$ of the area of productive forest land. The next most general felling method was shelter-wood cutting (28 %). From the point of view of rational silviculture this felling method should have been much more general. For, to avoid losses in the growth, the pine and birch forests, in particular, should be allowed to grow up sufficiently dense to the age of regeneration and should then be regene-

Table 12. Treatment of the forests during the decade about 1927—36

(Average per year on productive forest lands)

Kind of treatment	Southern half, %	Northern half, %	The whole country hectares	acres	per cent
Seeding or planting	0.8	0.4	about 12 000	30 000	0.6
Tending of seedling stand	0.3	0.1	4 000	10 000	0.3
Thinning or interlucation	40.5	15.6	526 000	1 300 000	30.0
Regeneration felling	9.4	10.4	167 000	413 000	9.7
Indefinite cutting	3.9	1.2	49 000	121 000	2.8
Devastation cutting	1.5	0.6	20 000	49 000	1.1
Probably no treatment ..	43.6	71.7	931 000	2 300 000	55.5
Total, per cent	100.0	100.0			100.0
(Total areas 10 438 000 ha	6 647 000 ha		17 085 000 ha	42 200 000	acres)

rated, with a view to the speediest achievement of an even seedling stand capable of development, at a quicker pace than usually happens in prolonged fellings of the nature of selection. Clear cutting was little employed (6 %) for regeneration felling, and other regeneration fellings, not yet mentioned, were still scarcer.

Further groups of fellings are formed by indefinite cutting, in which the only purpose of the cutting has been to get wood, and devastation cutting, in which the forest was cut in direct opposition to the forestry laws.

The areas of seeding and planting, involving nothing but expense, and those of tending seedling stands, giving at best a small immediate net income, were reduced to scanty figures.

In comparing the results of the first and second surveys a considerable improvement is noticeable in the treatment of forests from about 1912—1921 to about 1927—1936. In particular, the treatment of the forests with cuttings of the nature of selection — often diameter limit cutting — formerly quite general, decreased very much, and thinnings gained ground instead. This was, to a large extent, due to the improvement in the demand for small wood, but a considerable part was also due to the work done in promoting silviculture. The same favourable trend is visible in the fact that the worst fellings were reduced, regeneration cuttings were exchanged for better felling methods and artificial reproduction areas increased, though still on a modest scale.

The level of silviculture was not high, especially in private forests, which received the least professional treatment and control. Seeding and planting were probably done comparatively well in most cases, but their subsequent care was neglected to such an extent that only about 30—35 % of the seeding and planting area could be estimated to be fully good. Of

the thinnings about 30—40 % could be estimated to have been silviculturally well and successfully carried out, and of the regeneration cuttings about 25—30 %, so that the treatment of forests calls for great intensification in control and guidance. In Southern Finland these figures are considerably higher than in Northern Finland, where forest is very plentiful per head of population, the development of the forests is relatively slow, the demand for small wood is often comparatively poor and a considerable part of the most northern forests still consists of carefully treated protection forests.

The silvicultural condition of the forests

On the basis of the above it can well be realised that the silvicultural condition of the forests is by no means good, but that there is much room for improvement. Studies made in 1936—1938 showed the condition of the forests consequent upon cuttings and other measures at an earlier date, besides the preceding 10 years. In addition, this was, naturally, affected by the fact that many forests had grown up insufficiently dense, unsatisfactory in regard to species etc. Besides, storms, forest fires and other destructive causes exerted their influence.

The silvicultural condition of the forests during the period of the latest survey in 1936—1938 is illustrated in Table 13 in which the following classification — as a brief summary — has been employed:

1. g o o d, the stand having been treated fully in accordance with silviculture and the manner of treatment having fulfilled reasonable requirements;

2. s a t i s f a c t o r y, the necessary silvicultural measures having been undertaken and having been carried out in such a manner that the condition of the stand has at any rate not suffered from their execution or postponement;

The grade »good» furthermore implied the density figure 0.8—1.0 and the grade »satisfactory» not less than 0.7, excepting felling areas in which the quality of the felling and the present condition caused thereby were the deciding factors;

3. u n s a t i s f a c t o r y, the stand having been allowed to get into an obviously unsatisfactory condition by cutting or by retarding the necessary measures, or this being due to insufficient initial density or to damage, but it still being possible to restore the stand to a satisfactory state or possibly even finally to a good state by the adoption of proper measures;

4. s p o i l e d, the stand having been allowed to get into poor condition by badly executed cutting and it no longer being possible to restore it to a satisfactory condition by fresh fellings;

5. devastated, the stand having been cut in such a way that a breach of the forest law has occurred.

Only 14.4 % of the forests could be included in the »good» class in regard to their silvicultural condition. In the southern half of the country the figure is higher than in the northern half, where the poorer demand for small wood already referred to has had an adverse influence in many places, e. g., on the rational execution of the thinning, and where the forests are often thinner owing, among other things, to sparser self-sowing and earlier forest fires.

Table 13. Silvicultural condition of the forests

	Southern half	Northern half	The whole country
Good	18.8 %	8.1 %	14.4 %
Satisfactory	50.2 »	51.7 »	50.8 »
Unsatisfactory	25.6 »	38.0 »	30.8 »
Spoiled	3.1 »	1.6 »	2.5 »
Devastated	2.3 »	0.6 »	1.5 »

The conditions for inclusion in the class »good» were high, especially when it is remembered that work in the interests of silviculture was more energetically intensified only during the two last decades before the war. This is emphasized also by the fact that the next class »satisfactory» embraces half of the area of productive forest land. The greater part of these forests can, perhaps, be transferred to the »good» class by means of suitable silvicultural measures.

The large quantity of unsatisfactory forests and over 700 000 ha of actually spoiled and devastated forest indicate the enormous amount of work to be done in Finland for improving silviculture. At the same time they give an idea of how much the yield of the forests could be increased by the rapid and energetic intensification of silviculture. For a considerable part of the unsatisfactory forests can fortunately still be restored to a satisfactory state, and perhaps even to a good state, but the spoiled and devastated forests will have to await the establishment of a new seedling stand.

The outlined treatment of the forests during the time immediately after the survey

In the National Survey of the forests an attempt was made, by examining the stands touched by the lines, to establish to what extent different silvicultural measures were necessary during the next period of 10 or 20 years following the survey. The first 10-year period has, however, already elapsed in the exceptional conditions of the war and the post-war

period, during which the guiding lines indicated by the survey could not be followed in the treatment of the forests. The results obtained have therefore not called for much attention. Some of their main points may, however, supplement the picture of the condition of the forests.

The annual average area of seeding and planting was 96 000 ha (237 000 acres). This is more than eight times what was done in 1927—1936 (about 12 000 ha) and also 3—4 times as much as during the pre-war years 1936—1938. Seeding and planting work should therefore be greatly increased in endeavouring to improve the forests.

The area comprising measures for the tending of seedling stands was also more than five times as large as in 1927—1936. This area will increase still further as the scanty area of good seedling stands is extended by regeneration cutting and seeding and planting.

Thinnings and interlucation are still the most general methods of treatment influenced by the plentifulness of youngish and middle-aged forests. As there was a great shortage of professional guidance in felling during the war and thinning was in many cases done violently for the sake of obtaining the required quantity of timber, rational thinnings will have an important task to perform in improving the condition of the forests.

The need for regeneration fellings is to some extent greater than in 1927—1936. A considerable area of the forests is approaching the felling age and young stands of poor production should also be quickly regenerated.

The studies made give an idea of what can be achieved by intensified silviculture. Fig. 22 shows that the growing stock and the annual growth differ very much in the Finnish forests from what they would be, if the forests were naturally normal, i. e., untreated, but fully dense. By rational silviculture the forests can again attain their degree of growth or even more without endeavouring to reach the volume level of naturally normal forests. Numerous permanent sample plot series indicate this clearly. But at the same time they indicate that a very considerable increase is obtained, especially in the monetary yield, by means of silviculture. Among the parallel sample plots, the rise in the monetary value of the growing stock and the income from thinnings combined have been considerably higher on those plots on which the forest has been treated by regular thinnings than the increase in the value of the growing stock in that part of the sample plot series that was left without silvicultural treatment for the sake of comparison.

Further, calculations made on the basis of a series of investigations show that by rational silviculture and by draining swamps it would be possible to raise the yield of the Finnish forests to twice the present level. This is, of course, a theoretical prospect for the future, but a great advance in that direction could be made by means of intensified silviculture.

The felling quantity of the forests

In planning the future treatment of the forests in the survey in every stand touched by the line it was also estimated how large a total felling quantity would accumulate from the fellings planned in each stand. From the results of these estimates, with which calculations of the growth of the felling quantity up to the year of felling were connected, a certain estimate of the future felling quantity of the Finnish forests was obtained, known as the silvicultural felling quantity. The objects of arriving at this felling quantity were a rapid improvement in the condition of the forests, an increase in the low growing stock in the young and middle-aged stands in order to attain a higher growth, and a speedy regeneration of over-mature stands and of stands giving a low yield owing to their poor silvicultural condition.

The size of the silvicultural felling quantity arrived at for present-day Finland for the two 10-year periods following the survey was an annual average of 31 million cub. m. (1 095 million cbf) and, in the event of trees dried out on the stump being cut everywhere, 34 million cub. m. (1 201 million cbf). This felling quantity may be considered the minimum sustained felling quantity. Calculating on the basis of the age conditions of the forests, the corresponding figure obtained was about 33—34 million cub. m. (1 165—1 200 million cbf). It should also be mentioned that Dr. L i h t o n e n, by applying the rental cut method developed by himself and taking as his basis the results of the same National Survey, arrived at the figure of 34.5 million cub. m. (1 218 million cbf) for 1948—1957 for the annual felling quantity, which may be regarded as the sustained felling quantity[1]). This quantity cannot, however, be employed in full for the present, because some parts of the forests in Northern Finland are situated beyond any possibility of felling.

Table 14. The »growth balance» of the Finnish forests

(Stem wood, green, excl. bark)

Average of the years	Removal		Growth		»Normal» removal			
	Mill. cub. metres	Mill. cub. feet	Mill. cub. metres	Mill. cub. feet	Mill. cub. metres		Mill. cub. feet	
1923—38....	41	1 448	46	1 624	38		1 342	
1935—39....	42	1 483	46	1 624	38		1 342	
1940—44....	33	1 165	46	1 624	38		1 342	
1945—47....	48 [2])	1 695 [2])	41	1 448	34	—36	1 201	(—1 271)

[1]) V. LIHTONEN, Regulation of Finnish forestry in the light of removal and rental cut. English summary. (Acta forestalia fennica 53.3). Helsinki 1946.

[2]) This figure is uncertain and in any case a big part of the stocks of wood then cut is still unused thus easing the necessity of fellings at present.

If the decaying of trees on their growing site, owing to the self-thinning of the forests, mostly in remote regions, is added to the felling quantity mentioned above, an annual average of 34—36 million cub. m. (1 201—1 271 cbf) as a certain calculated »normal» removal of wood is obtained.

In Table 14 the actual removal of wood from the Finnish forests, the annual growth of the forests and the »normal» removal of wood just referred to are compared with each other. With regard to the growth, however, the known fact must be emphasised that it can be used as a point of comparison with the removal of wood, only when the forests are evenly divided between the different age-classes until maturity. This is not the case in present-day Finland, the youngish and middle-aged classes predominating so much in the southern half of the country, which embraces the great majority of the growth, that the »normal» removal of wood would have to be considerably less than the quantity of growth.

Before the second world-war, the annual growth of the Finnish forests was more than sufficient to cover the annual removal, which is probably given in the table — owing to the difficulty of calculating the full quantity — as a minimum. During the war, when exports of products of the woodworking industry fell off very much, the felling quantity was considerably less. Thus a surplus of growth, which increased the growing stock, occurred, especially in the remotest regions.

The cession of territory in Carelia and Northern Finland in accordance with the peace treaty caused an appreciable reduction in the growth figure. On the other hand, the removal of wood after the war increased greatly on account of the reconstruction of war-damaged buildings, the re-settlement of Carelian people, war reparations and the rapid rise in exports of products of the woodworking industry. The removal of wood therefore exceeded the growth considerably in the post-war years and was far above the »normal» removal, which was less than the growth.

The large amount of post-war felling in the Finnish forests was unavoidable for the reasons just mentioned. The savings during the war justified this to some extent. If the unfavourable relations between the removal of wood from the forests, the annual growth and the »normal» removal continue, the consequence will be, however, a reduction of the growing stock and of the growth. Felling appears now to be falling off appreciably, mainly owing to the supply of fuel from abroad to replace firewood and to the unconsumed stocks of wood accumulated by the heavy felling in recent years. And, as the proposed measures for utilising the forests that are outside the present sphere of utilisation are carried out by improving means of communication, and felling becomes rational by improved guidance and control, and silviculture is greatly intensified in other respects thanks to research work and experience, the excessive cutting of the forests can well be avoided.



Fig. 27. Pine *(Pinus silvestris)* forest opened up, with spruce *(Picea excelsa)* under, in Central Finland. Pine: age 89 years, dominant height 26.5 m (87 feet), mean diameter b. h. 28.5 cm (11.1 inch.), volume per hectare 308 cbm (per acre 4 402 cbf), annual growth per hectare 6.1 cbm (per acre 87 cbf). — Photo O. E. Töyry.

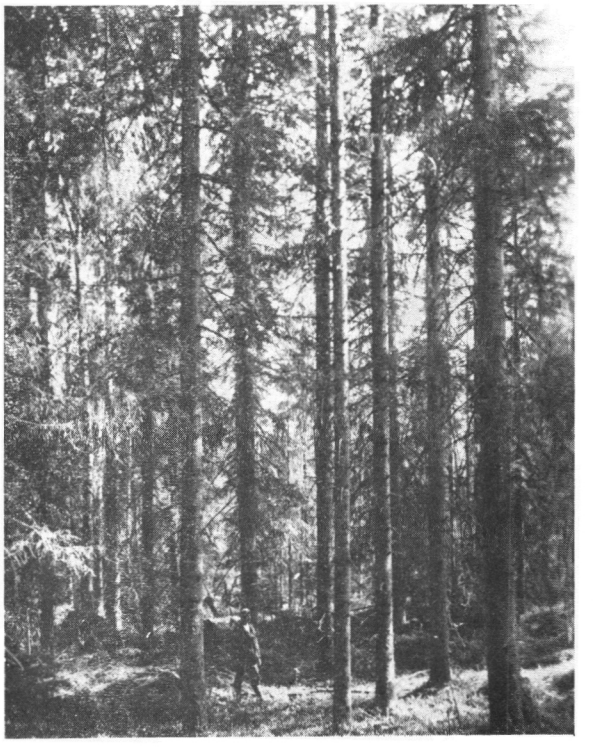


Fig. 28. Middle-aged spruce *(Picea excelsa)* forest in Central Finland.

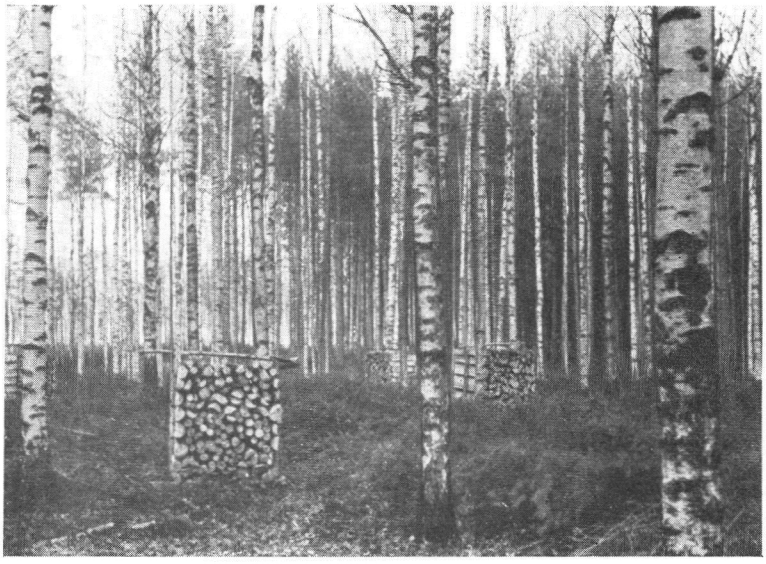


Fig. 29. Heavily thinned pruned birch *(Betula alba)* forest of about 40 years of age. — Photo E. Vesterinen.



Fig. 30. Mixed forest of birch, pine and spruce. Gives good raw material for birch plywood. — Photo E. Vesterinen.



Fig. 31. Pine *(Pinus silvestris)* forest on the most common site type in Northern Finland, inside the Arctic circle. Age 156 years, dominant height 18.6 m (61 feet), mean diameter b. h. 22.9 cm (8.9 inch.), volume per hectare 194 cbm (per acre 2 772 cbf). — Photo U. Metsänheimo.

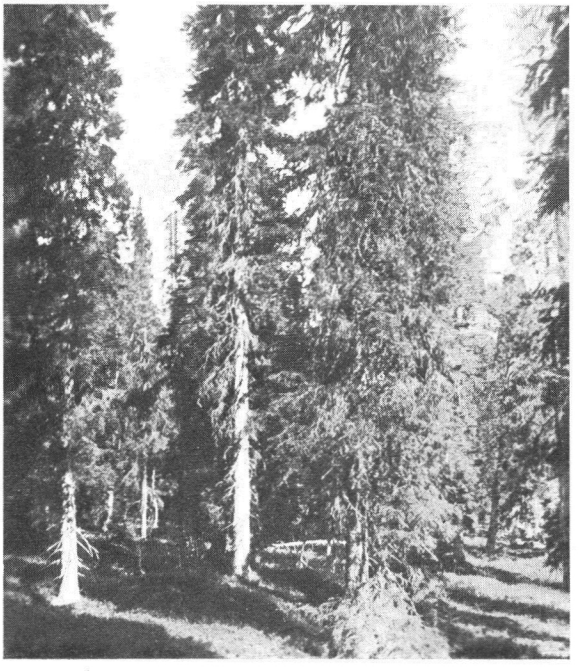


Fig. 32. Spruce *(Picea excelsa)* forest on thickmoss site type in Northern Finland, inside the Arctic Circle. Age 200 years, dominant height 18.5 m (61 feet), mean diameter 19.2 cm (7.5 inch.), volume per hectare 178 cbm (per acre 2 544 cbf).



Fig. 33. Birch *(Betula odorata)* forest far to the north of the Arctic circle. Age 84 years, dominant height 16.0 m (53 feet), mean diameter 11.5 cm (4.5 inches), volume per hectare 127 cbm (per acre 1 815 cbf). — Photo Br. Auersalo.



Fig. 34. Fjeld birch in northernmost Finland at about latitude 69° N. Average age 120 years, dominant height 8.5 m (28 feet). — Photo O. E. Töyry.

The utilisation of wood

The study of the total felling quantity of the forests is closely connected with the utilisation of wood, i. e., the division of the felling quantity for various purposes. As already mentioned, a study of the utilisation of wood from the Finnish forests, as of the forest resources, was made on two occasions, of the former in 1927 and 1938.

Like the total quantity of wood utilised, its division for various purposes fluctuates at different times and in different years. Although household use of wood by the rural population is considerable, the bulk of the wood cut is destined for the woodworking industries which are chiefly based on exports and therefore sensitive to the fluctuating demand for manufactured wood products in other countries.

Table 15 illustrates the principal uses of wood. It should be noted that the total in the table does not represent the same as the total removal of wood from the forests. To obtain the latter, the natural removal caused by self-thinning and the logging waste (about 1.1 million cub. m. = 39 million cbf), as well as some minor items (see Table 16), should be added to the felling quantity.

The figures in Table 15 refer to the 16-year period 1923—1938. For the sake of comparison data have been added for the last pre-war year, 1938, and for the war years 1940—1944, when exports shrunk and shortage of foreign fuel made it necessary to burn much more wood than usual. Since the end of the war the different uses of wood are gradually regaining their mutual pre-war proportions.

Table 15. Utilization of wood

(Stem wood, green, excl. bark)

	Average per year in 1923—38		1923—38	1938	1940—44	1946
	mill. cbm	mill. cbf	per cent	per cent	per cent	per cent
Raw materials for industry ...	16.4	579	44.4	47.8	25.4	31.4
Firewood » » ...	1.1	39	3.1	3.2	9.1	9.1
Household use by rural population	12.7	448	34.2	30.7	37.7	32.9
Exports of unmanufactured wood	3.1	110	8.4	7.7	2.8	4.2
Means of communication	1.4	50	3.6	3.7	10.2	9.3
Other purposes	2.3	81	6.3	6.9	14.8	13.1
Total	37.0	1 307	100.0	100.0	100.0	100.0

The expansion of exports, however, has been greatly hampered by reconstruction in Finland and by the war reparations, and in addition the

difficulty of obtaining coal has still made it necessary to burn more wood than normally. In 1948 a change is occurring in this respect. Coal has been imported into the country on a fairly plentiful scale and more wood will be available for manufacturing purposes, provided the very great rise in wages does not increase costs to such an extent that the ability of Finnish woodworking products to compete in foreign markets is reduced.

Table 16. Composition of the wood removed from the forests in 1938

	Mill. cub.m.	Mill. cbf	Per cent
Utilization for different purposes	38.0	1 342	90.9
Logging waste	1.5	53	3.6
Loss in floating	0.3	10	0.7
Self-thinning without utilization	2.0	71	4.8
Total	41.8	1 476	100.0

The continued export of products of the woodworking industry is a vital condition for Finnish economy, for, before the war, these products represented 80—90 % of the total value of exports and in 1947 this proportion rose to over 90 %. Thus Finland pays for the essential goods imported from abroad almost entirely by means of timber products. Forestry and the woodworking industry based on it are therefore of decisive importance for the country's subsistence.

Forest is also usually indispensable to the economy of Finnish farms; farms possessing no forest are rare and generally very small. Most farms have a forest area of less than 40 hectares (about 100 acres) which is reduced still further since the war by the re-settlement of several hundred thousand people displaced from the territories ceded to the Soviet Union.

Table 17. Wood utilization by the farms

(Stem wood, green, excl. bark)

	Mill. cbm	Mill. cbf	Per cent
Firewood	5.43	191.8	69.8
Construction wood	1.79	63.2	23.0
Fencing wood	0.42	14.8	5.4
Implements etc. (tools, hay-poles, etc.)	0.14	4.9	1.8
Total	7.78	274.7	100.0

The forest yields wood for household use, which is relatively large in Finland, and in addition the farmer makes a handsome profit by selling wood, which, in most parts of the country, is essential, if the farm is to yield a profit. Although the farms use — excluding sawn timber from industrial mills — an average of 7.8 million cub. m. (about 275 million cbf) of stem wood excluding bark yearly for household purposes, or 5.3 cub. m.

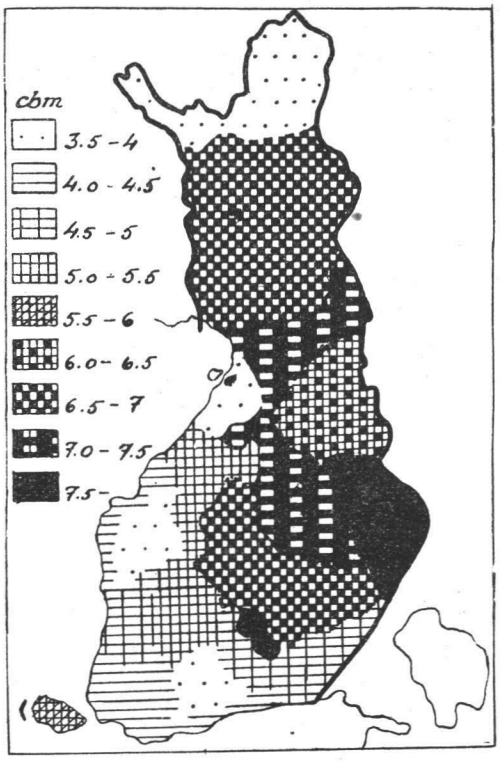


Fig. 35. Household use of wood (stem wood, green, excl. bark) of the farms per farm inhabitant. — According to E. E. Erkkilä.

(187 cbf) per inhabitant, — quantities which have been decreasing lately — most of the wood cut in farm forests is sold and thus serves other purposes.

As indicated in Table 18, in normal times the largest group in the utilisation of wood consists of raw materials for industrial purposes. The woodworking industry is Finland's most natural and self-supporting branch of industrial production. The forests provide the raw material and fuel, and the rapids the power. Sawmilling is not only the largest, but also the

Table 18. Raw materials for forest industry

	1922—30	1931—38	1938	1940—44	1946
	Per cent				
Sawmill industry	76.2	59.3	50.5	53.9	52.0
Pulp and paper industry	20.2	35.8	43.6	39.7	41.8
Plywood »	2.2	3.7	4.8	5.1	5.0
Other industries	1.4	1.2	1.1	1.3	1.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

oldest form of woodworking industry. Since the 1930's, however, it has not developed any further, having reached the limit set for it by the natural supplies of raw materials (Table 18). The woodpulp and paper industry is much younger, but in the past decades it has expanded in a most spectacular manner. The same applies to the plywood industry, and during very recent times industry manufacturing prefabricated wooden houses and their components and the furniture industry, as well as the fibre and rayon industries, have developed very rapidly.

During the war the whole of the woodworking industry was compelled to work on a greatly reduced scale, but since then the recovery has been very satisfactory. A large number of woodworking mills situated in the territory ceded to the Soviet Union were lost, and as the forest resources were reduced for the same reason, Finland's woodworking industry cannot be expected, for some time at least, to attain its former compass.

Forest ownership

The conditions of forest ownership in Finland were investigated in 1936—1938 in connection with the National Forest Survey. By means of notes on the maps, made in advance, and with the help of local guides the class of ownership of every land (map) figure touched by the line was marked on the survey form in field work. Thus the survey, at any rate approximately, was carried out according to classes of owners. At the same time statistics of land ownership were compiled by means of questionnaires and on the basis of information regarding land ownership. As the area results agreed well, a survey was obtained which was, at all events, satisfactory as regards classes of ownership.

The owners were divided into the following classes: p r i v a t e o w n e r s, consisting of farm forests mostly; the S t a t e, including State-owned land administered by the Board of Forestry and other Government departments; c o m p a n i e s, mainly representing land belonging to companies engaged in the woodworking industry; c o m m u n i t i e s, including land owned by rural and municipal communes; and the C h u r c h, representing the forests in the possession of congregations.

The distribution of the forest area, referring to 1938, is shown in Table 19. A second series of figures in the table was obtained by deducting the areas ceded according to the peace treaty. The third series illustrates the approximate distribution at the beginning of 1948, when a considerable part of the population evacuated from the territory ceded to the Soviet Union had been re-settled in other parts of Finland by purchasing or requisitioning land from different classes of owners for this purpose. As the total population of this territory was evacuated, very large areas of land are required for such re-settlement. Seeing that this re-settlement is still

proceeding and that it includes the re-settlement of men who served at the front as well as war-widows and the enlargement of farms that are considered to be too small, such changes in land ownership still continue, and thus the private forest ownership, especially in the form of small-holdings, is still increasing.

The quality of forest lands varies, as regards ownership classes, particularly in the fact that the State forest lands, mostly situated in the northern part of the country and elsewhere generally in watershed districts, are on an average considerably poorer than the forest lands of other classes of owners. The best in quality are generally the privately owned forest lands which are usually situated in good, populated districts.

Table 19. Ownership of the forests

a. Forest area

Group of owners	Before the war (1938)		After the war (1944)		In the beginning of 1948 [1]	
	Hectares	Per cent	Hectares	Per cent	Hectares	Per cent
Private	13 074 000	52.6	11 810 000	54.5	12 410 000	57.3
State	9 204 000	37.0	7 600 000	35.1	7 400 000	34.2
Companies	1 954 000	7.9	1 720 000	7.9	1 480 000	6.8
Communities	365 000	1.5	330 000	1.5	240 000	1.1
Church	243 000	1.0	210 000	1.0	140 000	0.6
Total	24 840 000	100.0	21 670 000	100.0	21 670 000	100.0

b. Growing stock

	Before the war		After the war	
	Mill. cbm	Per cent	Mill. cbm	Per cent
Private	836	53.6	762	55.6
State	517	33.1	428	31.2
Companies	156	10.0	134	9.8
Communities	29	1.9	27	2.0
Church	22	1.4	19	1.4
Total	1 560	100.0	1 370	100.0

c. Annual growth

Private	29.67	64.9	26.75	65.6
State	9.53	20.9	8.33	20.4
Companies	4.90	10.7	4.31	10.5
Communities	0.96	2.1	0.85	2.1
Church	0.64	1.4	0.56	1.4
Total	45.7	100.0	40.8	100.0

[1] When a part of the population evacuated from the area ceded to the Soviet Union had been re-settled.

The growing stock of the forests and their growth were distributed in 1938, as regards present-day Finland, among the different ownership classes as shown in Table 19. The cession of territory after the war represents the largest reduction in the case of the State forests and the least in the case of private owners. The extensive work of re-settlement of the evacuated population and others has further reduced the growing stock of the forests owned by the State, companies, the Church and communities in favour of private owners by about 50 million cub. m. at the beginning of 1948 and reduced their annual growth, also in favour of private owners, by about 1.7 million cub. m.

The transfer of the forests to the unsettled population has impeded the improvement of silviculture owing to the fact that those owners who have been liable to surrender land did not know, which parts of their forests would be expropriated for this purpose and which they would be allowed to retain. The resettled persons, on the other hand, are often forced to cut the forests they have obtained to a considerable extent, as they have to build their new farms.

Organisation of forestry

In order to supplement the description of the Finnish forests, with which it is closely connected, a brief sketch of the organisation of Finnish forestry is added, some of the principal features of which call for reference.

Forest administration and forestry organisation

The maintenance and improvement of the forests depends, above all, on whether the forest administration of a country is satisfactorily organised. In Finland the public forest administration is centralised in the *State Board of Forestry* whose duty it is to guide the progress of forestry and wood management, administer the forest property of the State and control the observance of the laws for the utilisation and treatment of other forests. The Board of Forestry is subordinated to the Ministry of Agriculture, but in some respects some other ministries also deal with questions concerning forestry, viz., the Ministry for Social Affairs is concerned with forest workers' camps and the control of wages, the Ministry of Communications and Public Works with manpower and labour exchange questions, and the Ministry of Supply — during the war and the post-war period — with ensuring the supply of wood.

The State forests under the administration of the Board of Forestry are divided into four districts and each of these into 2 or 3 inspection areas. The inspection areas are divided into supervisory areas of which there are 82 in all. The control, utilisation and treatment of each super-

visory area are is in the charge of a fore stsupervisor, assisted by University-trained junior and assistant foresters and forest technicians with lower-grade training in forestry. The preparation of working plans and the supervision of extensive swamp drainages in the supervision area constitute the duties of specially appointed foresters.

The supreme supervision of other than State forests is also in the hands of the Board of Forestry, but for their actual guidance *central forest associations* have been formed as central organisations. Such organisations, which are not Government organs, but work mainly on Government funds, consist of Keskusmetsäseura Tapio (the Central Forest Association »Tapio») for the Finnish-speaking areas (about 95 % of the total forest area of the country) and Föreningen för Skogskultur (the Central Forest Association »Forest Culture») for the Swedish-speaking areas (about 5 % of the forest area).

The central forest associations act as fundamental links of the *Local Forestry Boards*, which are local organs for controlling private forests and for promoting private forestry. Of these Local Forestry Boards, which are also not Government organs, but work, like the Central Forestry Associations, mainly on Government funds, there are 18 and their districts are precisely defined. Each Local Forestry Board consists of 3—5 members who are chosen by the agricultural societies in the district of the local board for a term of three years, with the exception of one who is nominated by the Central Forestry Association. A Communal Forestry Board, elected by the communal council to assist the Local Forestry Board, is appointed for each commune.

As the majority of the forests are private forests, the activities of the Central Forestry Associations and the Local Forestry Boards are of decisive importance for the promotion of forestry, and especially of farm forestry. Each of them has engaged the services of several foresters and forest technicians who have passed through a lower forestry school. The companies, communities and the Church also employ numbers of such professional men for the supervision, utilisation and treatment of their forests.

In addition to the above it is worth mentioning that the forest owners have themselves formed some organisations for promoting silviculture and forestry.

The efforts of the Local Forestry Boards are supported very much by *Local Forestry Associations* founded by forest owners. Such an association comprises usually one community and it is aimed to get the forest owners generally to join such associations by means of a new law. In 1947 about 28 % of all the private forests belonged to them. The associations tax their members on the basis of their forest area to defray the association's expenses. Each of them employs a forest technician who has been trained

in a school of forestry and who plans the fellings and other measures to be undertaken in the members' forests and gives professional assistance in carrying them out and in making sales of timber. At the same time the associations endeavour in many ways to inspire interest in silviculture and in raising the standard of treatment of the forests.

Efforts are made to encourage the Local Forestry Associations to combine in forming leagues according to the districts of the Local Forestry Boards, with a University-trained forester as chairman. In some districts the forest owners have combined their forests into private supervisory areas in which they employ the services of a forester.

The organisations for the benefit of private forestry referred to above are supplemented by the forest owners' *commercial organisations*, the chief organ of which is the co-operative society Metsäliitto (Forest League). Its objects are to organise its members' forestry, especially their trade in forest products, in a manner that is economically, technically and silviculturally advantageous and to support in other ways the activities of the local forestry associations and other organisations engaged in the promotion of private forestry.

Some *professional associations* of foresters, forest technicians etc. are also active in the promotion of silviculture and forestry, publishing periodicals, arranging lectures and forestry excursions and so forth. Particularly general enlightenment on forestry, spreading the knowledge of silviculture and forestry on a large scale, is carried out by the Metsätaloudellinen Valistustoimisto (Forestry Enlightenment Bureau) maintained jointly by some forestry organisations.

Forestry legislation

Efforts have been made to ensure and develop the maintenance and improvement of the forests by means of legislation.

Although the old *Forest Law* of 1886 is still partly in force in Finland, its provisions and objects have been greatly extended by new laws. The most important of these is the *Private Forests Law* of 1928 which aims at maintaining the continued natural regeneration of the forests and at protecting young forests from cutting which is contrary to rational thinning. If the law is transgressed, the forest may be, either partially or entirely, closed to cutting. For controlling the cutting the owner of the forest or of the logging rights is obliged, before starting the cutting, to submit certain information regarding the felling to the Local Forestry Board through the Communal Forestry Board. This obligation does not apply, however, when the landowner carries out cutting for household needs or even a rational thinning for purposes of sale on his own behalf, or when the forest is to be cut in accordance with a plan approved by the Local Forestry Board.

Nevertheless, the Private Forests Law of 1928 has not proved sufficiently effective nor does it fulfil present-day requirements, so that its thorough amendment is being prepared at present by a State Committee. The object aimed at in particular is to intensify the treatment of forests energetically and to prevent the devastation of forests by stricter measures.

The *Forest Improvement Law*, passed in 1928, is concerned with the increase of forest resources and the improvement of the condition of the forests. By this law public funds are granted for planning and assisting forest improvement work. The special aim is to drain poor growing and open swamps in order to improve the forest growth or to start it and to reafforest clear areas and to improve young forests. Before the war a good start had been made, but the work was interrupted during the war and the years immediately after. Now the work is being continued and its objects include a fresh task, viz., to facilitate the transport of timber prepared in the forests by improving old roads and building new ones.

During the war efforts were made to introduce efficient means of obtaining firewood, in view of the shortage of labour and the deterioration in conditions of transport, by concentrating fellings in forests of poor production. Heavy felling, aiming at regeneration, was undertaken in these forests, so that a plentiful supply of firewood was provided from small areas on suitable places and the reproduction of the forests was guaranteed with the help of the State. This law, which also released such felled areas from taxation for a certain period, was called the *law concerning the regeneration of forests of poor production.*

Owing to the preservation of forests in some of the northernmost parts of the country and on the sea-coast being difficult, but indispensable, laws were passed *concerning ordinary protection forests in the north* and for the *protection of forests against natural catastrophes.* These laws restrict the treatment of such forests and provide official assistance for their treatment.

Legislation also attempts to benefit forestry by *improving the welfare of forest workers.* The large annual cuttings and other forest work on a wide area demand a very large number of labourers. These are partly annual labourers, but to a far greater extent members of the rural population, chiefly smallholders, who earn a considerable part of their income by doing forest work, when they are not otherwise employed. Of late, efforts have been made to improve the welfare of such labourers in many ways, by improving and maintaining housing, feeding, clothing, amusements and equipment, and by the prevention of accidents and the control of wages.

Legislation also endeavours to prevent forest fires which have for many years been confined to a comparatively small total area. In this respect much good work has been done by the *forest insurance companies* that are run by private individuals, mainly forest owners themselves. At

present about 40 % of the forests of a private character are insured against fire, and in recent years insurance against damage by storms has also been introduced.

Forestry education and research work

All silviculture and forestry activity is based and developed on education in forestry and research work.

Higher forestry education is provided by the Faculty of Agriculture and Forestry of Helsinki State University. There can be taken the forestry examination, a professional examination, generally requiring four years with practical training during summertime and partly in winter and spring, too. For instructing foresters tuition is divided into a general line, a swamp line, a technical line and an economic line. Students who are preparing themselves specially for trade in timber are taught in the timber trade section.

For entering the faculty a matriculation examination and not less than 6 months' practical training in forestry are required. For the silvicultural section 30 pupils and for the timber trade section 20 are selected annually as students.

In addition to the forestry examination, students can qualify for the degree of Master of Forestry and subsequently for a Doctor's degree which, of course, demands also the writing of a thesis.

For *lower forestry education* there are six State Forestry Schools in Finland with a two years' course. The qualifications for admission are the completion of a full elementary school course, good health and constitution, and not less than one year's preliminary practical training in forestry. The pupils are usually chosen by an entrance examination from a very large number of applicants. One of the schools is a normal (standard) forestry school in which foresters who are preparing to be teachers are trained.

In addition to the State forestry schools there are three schools of forestry founded by companies engaged in the woodworking industry and a sawmill industry school which trains foremen for forestry work, timber floating and the woodworking industry. Besides these, instruction in forestry is provided in many agricultural schools and by various courses for professional men, forest owners and men disabled in the war who are being trained for forest work.

Forest research work, which forms the basis of silviculture and forestry and develops them in every direction, has attained fairly large dimensions in Finland within a comparatively short time.

Above all, this is performed by the *State Forest Research Institute*, founded in 1917. The outstanding importance of forestry in the economy of the country has led to a relatively rapid development of this institute

which is subordinated to the Ministry of Agriculture. There are six sections: a research section for silviculture and its foundations and forest biology and for forest injuries, a section for forest mensuration and national forest surveys, and research sections for forest soils, swamps, forest technology and forest economics. A professor is at the head of each section, supported by ordinary assistants and research and laboratory assistants.

Experimental forests and experimental stations dealing with the State forests and representing the natural conditions of the different parts of the country are administered by the Forest Research Institute. In these experimental forests long-term experiments have been started for investigating and developing the establishment, treatment and utilisation of forests. The Forest Research Institute has also established series of sample plots in other places, in the forests of different classes of owners, with a view to elucidating various practical questions on a scientific basis. Nature reservations established for preserving their original character are also under the control of the Institute.

The researches made by the Forest Research Institute are mostly published in the Institute's periodical »Communicationes Instituti Forestalis Fenniae». They are accompanied by summaries in English or German, if the study is not published entirely in those languages. The Institute also issued a popular periodical »Metsätietoa» (Forestry Information) which had a large circulation among professional forestry men, as well as forest owners, but the war interrupted its publication.

Forest research work is carried on independently by the members of the *Society of Forestry in Finland*, founded by the famous Finnish forest scientist *A. K. Cajander* in 1909 and mainly developed by him in the course of thirty years. This society, which carries on its activities with the help of Government grants and occasional donations, is composed of members elected from among forestry research workers and men interested in forestry research. It publishes three periodicals: »Acta Forestalia Fennica», of which there are already nearly 60 fairly thick volumes; »Silva Fennica», which deals with minor studies etc.; and »Communicationes Forestales», the contents of which consist of researches made by Finns abroad or made by foreigners, closely applicable to Finnish forestry.

The importance of forest research work in Finland is also indicated by the fact that one of the ten members of the Academy of Finland, established by the State in 1948, was chosen from among the forestry scientists.

Besides the actual forest research work, *wood technical* and *wood chemical* research work is carried on in Finland on a large scale. The former is mostly centralised in the State Technical Research Institute and the latter in the Central Laboratory Limited, maintained by the woodworking

industry. It is to the woodworking industry, too, that the office for research into forest work »Metsäteho» (Forestry Efficiency), a young, but energetic institution engaged in studying the rationalising and promotion of forest work, owes its being and scope. Similar work is being done by the forestry section of the »Työtehoseura» (Working Efficiency Society).

The intensive development of education in forestry and forest research work prove that Finland is endeavouring, while shouldering heavy burdens, to maintain the most stable foundation of her economy, her forests, in the conviction that they are by no means a *mine*, but, both in their treatment and utilisation, a *crop* that calls for devoted and industrious labour.

A State Committee has been appointed in 1949 to work out a plan for the comprehensive development of Finnish forestry and for increasing the forestry production of the country.